

Ing. Václav NOVOTNÝ¹⁾
 Ing. Jakub MAŠČUCH, Ph.D.²⁾
¹⁾ ČVUT v Praze, Fakulta strojní,
 Ústav energetiky
²⁾ ČVUT v Praze, Univerzitní
 centrum energeticky efektivních
 budov

Recenzent
 doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.

Model malého rodinného domu s mikrokogenerační jednotkou

Model of Small Family House with Micro Cogeneration Unit

Mikrokogenerace je jedním z pilířů decentralizovaného zásobení energiemi jako součást konceptu tzv. Smart Grids. Ekonomika nasazení mikrokogenerační jednotky se Stirlingovým motorem v podmínkách České republiky v roce 2012 a 2015 je zhodnocena na parametrickém bilančním modelu rodinného domu, pro který byly k dispozici údaje o spotřebě energií. Byl zde uvažován případ použití jednotky samostatně a se zařazením skladování vyrobené elektřiny. Výsledky výpočtu ukazují relativně vysokou absolutní úsporu prostředků, avšak prostá návratnost mikrokogenerační jednotky je ve všech případech přes 26 let, což prozatím dělá mikrokogeneraci pro rodinné domy těžko aplikovatelnou. Výsledky se však mohou velmi lišit s ohledem na skutečný diagram odběru elektrické energie. Obecně lze říci, že se jednotka hodí pro objekty s větší spotřebou tepla i elektrické energie.

Klíčová slova: mikrokogenerace, domácí kogenerace, smart grids

Micro Cogeneration is one of the pillars of the decentralized energy supply, as a part of the so called Smart Grids concept. The economy of deployment of a micro cogeneration unit based on Stirling engine is evaluated for the conditions of the Czech Republic in the years 2012 and 2015, using a parametric balance model of a family house with known data about the energy consumption. There were considered two cases, with standalone unit and in parallel with electricity accumulation. The results of the calculation show relatively high absolute values of savings, but the simple payback period for the micro cogeneration unit is over 26 years in all cases, which makes the micro cogeneration for family houses still hardly applicable. Results may however significantly vary with respect to the actual diagram of the electric energy demand. In general, the unit is suitable for buildings with higher consumption of both heat and electricity.

Keywords: micro cogeneration, home cogeneration, smart grids

ÚVOD

Energetika se jako odvětví v posledních letech ve velké míře zaměřuje nejen na obnovitelné zdroje a minimalizaci vlivů na životní prostředí, ale také na celkovou racionalizaci výroby, distribuce i spotřeby energií (elektrické energie a tepla). Toto může být v elektroenergetice spojeno s novým konceptem distribučních sítí, tzv. Smart Grids. Uplatnění principů Smart Grids by mělo přinést snížení distribučních ztrát, zvýšení spolehlivosti dodávek a možnosti aktivního zapojení dnes pasivních odběratelů do energetického trhu [1].

Jedním z uvažovaných a perspektivních způsobů vyššího využití lokálních zdrojů v rámci Smart Grids je kombinovaná výroba elektrické energie a tepla nízkého výkonu, tzv. mikrokogenerace (μKVT). Mikrokogenerace nabízí množství potenciálních výhod pro zásobení obytných budov energiemi ve smyslu vyšší účinnosti využití primární energie (úspora nákladů na primární zdroje) a nižších ekologických dopadů. Úspory by mělo být dosaženo při komfortu obsluhy srovnatelném s obsluhou zařízení pro běžné vytápění v domácnostech [1].

Za mikrokogenerační zařízení lze podle [2] považovat zařízení s elektrickým výkonem do 3,5 kW_e v případě jednofázového a do 11 kW_e v případě třífázového výstupu. Při připojení zařízení do rozvodné sítě je uvažováno s provozem na nízkém napětí 230 V (popř. 110 V). Evropská směrnice [3] považuje za limitní instalovaný výkon pro mikro zdroje 50 kW_e a pro malé zdroje 1 MW_e. Dále uvádí klasifikaci a rozdělení výroben, které spadají pod kogeneraci a které ne, avšak v ČR v roce 2012 bylo nejnížší výkonové rozmezí až do 1 MW [4]. V současné době je nejnížší výkonová hladina s nejvyšším výkupním Zeleným bonusem citelněji níže, na hladině instalovaného výkonu 200 kW [5].

Na trhu se nachází několik mikrokogeneračních jednotek vhodných pro nasazení v běžných rodinných domech, přičemž řada z nich je založena na principu Stirlingova motoru. Pro posouzení možnosti nasazení takového zařízení v malém rodinném domě v podmínkách České republiky (platných v roce 2012 a 2015) byl sestaven parametrický bilanční model, na němž byla zhodnocena ekonomika mikrokogenerační jednotky.

MODEL

Model byl sestaven pro vybraný rodinný dům v podmínkách ČR (Ostrava) v roce 2012 a následně 2015. Vytápění v rodinném domě je realizováno plynovým kotlem a pro hodnocení je srovnáván případ pořízení kondenzačního kotle nebo mikrokogenerační jednotky. Mikrokogenerační jednotka je jediným zdrojem tepla a dostává se svým výkonem bez špičkového spalovacího zařízení. Pro nasazení do lokalit, kde výpočtový ztrátový výkon objektu spolu s výkonem potřebným pro přípravu teplé vody (TV) převyšuje dostupný tepelný výkon jednotky (i s uvažováním akumulace), by bylo nutné zařadit doplňkový hořák. Dále model předpokládá, že je jednotka provozována v režimu „zapnuto/vypnuto“ (plný/nulový výkon) po určené časové úseky v rámci dne dle vytvořeného algoritmu. Otopná soustava tedy musí být vybavena dostatečně velkou tepelnou akumulací. Vzhledem k pořizovací ceně mikrokogenerační jednotky a logickému požadavku na její vysokou provozní účinnost je tepelná akumulace nutnou podmínkou ekonomického provozu. Dalším efektem nasazení tepelné akumulace je možnost využití příspěvku pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla ve vysokém tarifu (VT) platném dle cenového rozhodnutí ERÚ pro rok 2012 [4]. Podle současného cenového rozhodnutí ERÚ [5] bez VT již tento efekt akumulace nehraje roli,

naopak hraje roli celková doba provozu a akumulace slouží hlavně pro provoz jednotky v optimálním režimu. Vliv změny podmínek na základě aktuálně platného cenového rozhodnutí a stavu z roku 2012 na výsledky je pro srovnání diskutován v závěru příspěvku.

Model byl využit pro hodnocení dvou případů provozu, kde první spočíval v přímém připojení jednotky k rozvodné síti a druhý počítal s částečným skladováním elektrické energie v rámci domácnosti.

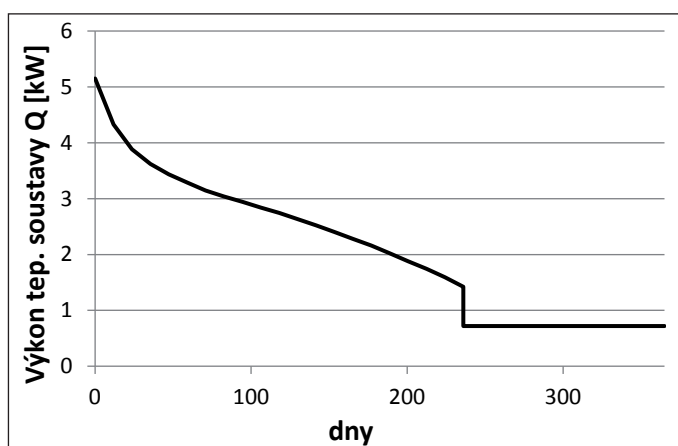
Jako modelovaná mikrokogenerační jednotka byla zvolena jednotka „EU1 microCHP Unit“ od společnosti Whispergen. Tato jednotka byla vybrána, protože již byla na trhu a byly dostupné její specifikace a cena. Jednotka spaluje zemní plyn. Výstup jednotky se pohybuje v pěti (fakticky ale jen ve třech) diskretních výkonových hladinách [6], přičemž při nejvyšším výkonu je produkováno 8 kW_{el} a 1,2 kW_{te}. V této hladině je dosaženo maximálního poměru mezi elektrickým a tepelným výkonem (fakticky nejvyšší elektrická účinnost). Proto bylo také uvažováno s provozem jednotky v režimu „zapnuto/vypnuto“. Pořizovací cena jednotky v roce 2011 byla cca 256 000 Kč. V ekonomickém hodnocení je srovnávána s referenčním případem pořízením kondenzačního kotle o ceně cca 45 000 Kč, takže jednotka představuje doplňkovou investici ve výši 211 000 Kč [1].

Analýza potřeb tepla

Pro modelování byl použit rodinný dům, u kterého byly k dispozici údaje o spotřebě energií. Roční potřeba tepla Q_h ve výši 17,5 MWh/rok a elektrické energie Q_{el} ve výši 3,0 MWh/rok. Potřeba tepla na přípravu teplé vody je uvažována konstantní v průběhu roku a činí 6,3 MWh/rok. Pro stanovení potřeby tepla na vytápění se předpokládá venkovní výpočtová teplota $t_{ev} = -15\text{ °C}$, vnitřní výpočtová teplota $t_i = 19\text{ °C}$, průměrná teplota venkovního vzduchu je 3,8 °C a délka otopného období 236 dní. Na základě těchto informací byl pomocí univerzálního diagramu trvání teplot v ČR sestaven diagram trvání výkonu pro uvažovaný objekt (obr. 1), ze kterého následně model vychází.

Otopné období bylo pro účely výpočtu rozděleno na 20 stejně dlouhých období a jedno období letní, kdy otopná soustava slouží pouze k přípravě teplé vody, tedy celkem je uvažováno 21 období, která pokrývají celý rok. Pro každý z uvedených 21 intervalů byl vytvořen modelový týden s danou potřebou tepla, která je poté zadaným poměrem rozdělena do potřeby tepla v pracovních dnech a o víkendu. Předpokládá se poněkud vyšší spotřeba o víkendu rozložená do průběhu celého dne, v pracovních dnech nastává největší odběr odpoledne a večer.

Na základě empirických zkušeností autorů s provozem vybraného objektu byl tento poměr uvažován 60 % energie pro 5 pracovních dní a



Obr. 1 Diagram trvání tepelného výkonu

Fig. 1 Diagram of the thermal performance

40 % pro 2 víkendové (v pracovním dnu se spotřebuje 12 % týdenní spotřeby, ve víkendovém 20 %). Při provozu jednotky v režimu zapnuto/vypnuto je možné vydělením denní potřeby tepla výkonem jednotky získat počet provozních hodin v jednotlivých dnech τ_0 . Denní diagramy potřeb tepla se pro různé rodinné domy mohou velmi lišit, prezentované výsledky tak není možné bez patřičných přepočtů zobecnit.

Algoritmus pro určení rozložení výroby v rámci dne

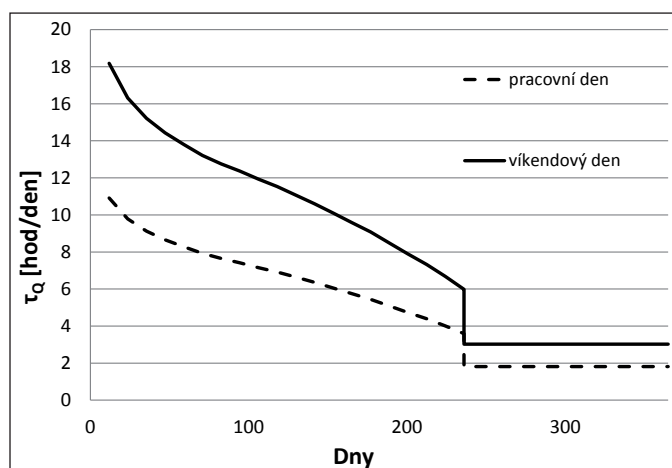
Z důvodu nedostupnosti přesných dat pro denní rozložení výkonu otopné soustavy (model pracuje na základě informací o celkové spotřebě), byl na základě předpokladů sestaven algoritmus pro chod mikrokogenerační jednotky. Významnou roli v jeho tvorbě hrála korelace s nízkým a vysokým tarifem z pohledu nákupu elektřiny.

V pracovním dni předpokládáme potřebu tepla převážně večer, o víkendu je potřeba díky vyšší přítomnosti obyvatel více rozprostřena do dne. Na obr. 2 je graf trvání provozních hodin τ_0 v rámci roku. Pro modelovaný objekt je průměrná denní doba chodu zařízení 6 hodin. Proto je dále počítáno s osmihodinovým tarifem z pohledu příspěvku k výkupní ceně z kombinované výroby podle cenového rozhodnutí ERÚ pro rok 2012 [4]. Podle současného cenového rozhodnutí [5] se příspěvek poskytuje na veškerou vyrobenou elektřinu s cenou odstupňovanou podle provozních hodin, kde v modelovaném případě veškerá výroba spadá do první úrovně končící hranicí 3 000 hodin. Proto v současné situaci VT nehraje roli a smysl má pouze racionalizace výroby s ohledem na domácí spotřebu.

Tab. 1 Algoritmus provozu jednotky pro maximalizaci využití VT a užítí vyrobené energie v rámci domácnosti

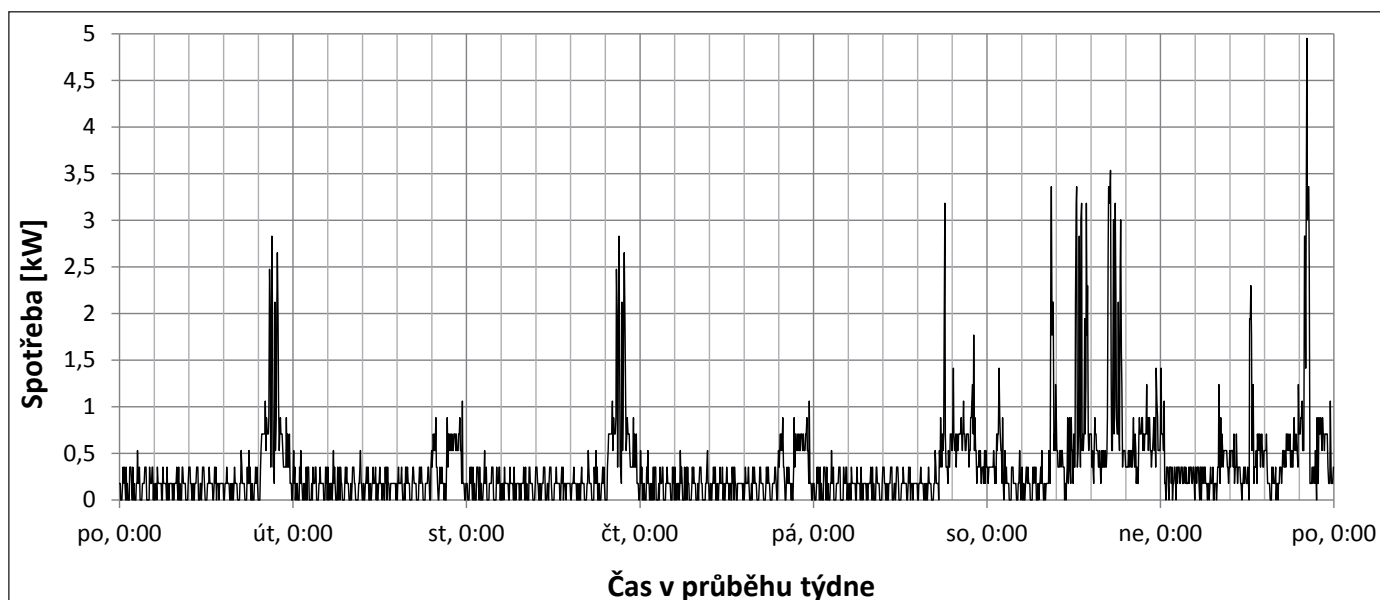
Tab. 1 Algorithm of unit operation for maximal use of high electricity cost tariff and utilization of produced electricity

	Provozní hodiny	Interval provozu	
Pracovní den	$\tau_0 \leq 3\text{ h}$	17.00–17.00+ τ_0	
	$\tau_0 \leq 8\text{ h}$	6.00–6.00+ τ_0	17.00–20.00
	$\tau_0 \leq 12\text{ h}$	6.00–11.00	17.00–20.00 + ($\tau_0 - 8\text{ h}$)
	$\tau_0 \leq 18\text{ h}$	6.00–11.00 + ($\tau_0 - 12\text{ h}$)	17.00–24.00
	$\tau_0 > 18\text{ h}$	(24.00 - τ_0)–24.00	
Víkend	$\tau_0 \leq 8\text{ h}$	6.00–(6.00 + $\tau_0/2$)	17.00–(17.00 + $\tau_0/2$)
	$\tau_0 \leq 14\text{ h}$	6.00–11.00 + ($\tau_0 - 8\text{ h}$)	17.00–20.00
	$\tau_0 \leq 18\text{ h}$	6.00–20.00 + ($\tau_0 - 14\text{ h}$)	
	$\tau_0 > 18\text{ h}$	(24.00 - τ_0)–24.00	



Obr. 2 Diagram trvání denních provozních hodin vytápění

Fig. 2 Diagram of the daily operating hours of heating



Obr. 3 Diagram odběru elektrické energie modelového objektu

Fig. 3 Diagram of the electric power consumption of the model building

Interval VT je pro případ prodeje přebytků elektřiny do sítě určován distributorem. Doba trvání VT se předpokládá od 6.00 do 11.00 hod. a od 17.00 do 20.00 hod. na základě jiných reálných osmihodinových tarifů [1]. Algoritmus pro stanovení doby provozu ve výpočtu je uveden v tab. 1. První řádek například znamená, že pokud je požadavek na provoz jednotky τ_0 méně než 3 hodiny denně, pak je jednotka v provozu od 17.00 hod. po požadovanou dobu. Čtvrtý řádek s požadavkem na provoz 12–18 hodin udává provoz od 17.00 do 24.00 hod., dále od 6.00 do 11.00 hod. a od 11.00 hod. po dobu ($\tau_0 - 12$ h).

Charakter odběru elektrické energie

Aby bylo možné určit skutečné toky elektrické energie mezi kogenerační jednotkou, domácností a elektrizační soustavou (případně bateriemi), bylo potřeba získat denní diagram odběru elektrické energie pro daný rodinný dům, na kterém bylo provedeno experimentální měření detailně popsané v [1].

Spojením měření od pátečního odpoledne do nedělního večera a opakujících se úseků měření z pracovních dní byl získán diagram odběru elektrické energie. Naměřené hodnoty byly následně korigovány tak, aby součet týdenních spotřeb odpovídal celkové modelové spotřebě elektřiny. Získaný diagram potřeby elektrické energie s pětiminutovým krokem je uveden na obr. 3. Průběh spotřeby elektřiny se pro všechny týdny v roce předpokládá stejný.

Energetická bilance a ekonomika provozu

Vstupní parametry optimalizačního výpočtu jsou následující. V případě roku 2012 byl příspěvek za vyrobenou kWh v KVET ve VT 1,63 Kč/kWh [4], cena za variabilní složku elektřiny 5,60 Kč/kWh (jistíci 3x16 A), výkupní cena elektřiny do distribuční soustavy: 0,6 Kč/kWh (ve VT i NT, u zdrojů s vyšším výkonem předmět smluvního vztahu, u malých zdrojů zatím neznámý a tedy odhadovaný parametr). Cena zemního plynu vychází z ceníku RWE a.s. pro odběr mezi 15 a 20 MWh/rok [1]. Pro rok 2015 je do prvních 3 000 hodin provozu zdroje uvažován příspěvek 1,64 Kč/kWh a k němu doplňková sazba 0,455 Kč/kWh (dohromady 2,095 Kč/kWh) [5]. Cena elektřiny od distributora je vzata z ceníku ČEZ D-Standard D02d [7] pro stejný rezervovaný výkon s variabilní složkou ceny 4,06 Kč/kWh. Cena zemního plynu vychází z aktuálního ceníku RWE pro produkt Extra+ [8].

Pro variantu s akumulací elektrické energie byla na základě výsledné optimalizace zvolena kapacita baterií 2,5 kWh. Dalšími parametry pro posouzení provozu akumulace jsou účinnost střídače a účinnost usměrňování a uložení do baterií, obě uvažovány na úrovni 80 %. Pořizovací cena daných baterií se střídačem, usměrňovačem a potřebnou elektronikou byla odhadnuta na 67 000 Kč [1].

Při výpočtu bylo s pomocí již popsaného algoritmu určeno, zda je jednotka v provozu. Tomu pak odpovídá okamžitá výroba elektrické energie.

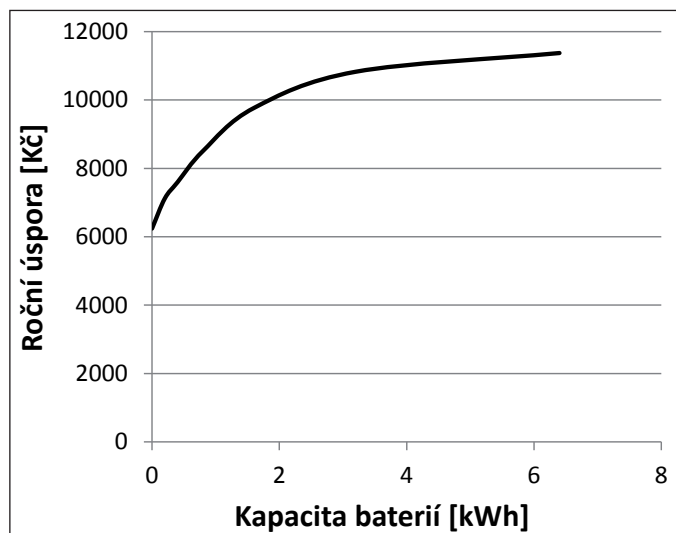
Tab. 2 Přehled plateb za energii pro rok 2012 v referenčním stavu a s mikrokogenerační jednotkou

Tab. 2 Overview of payments for energy in the year 2012 for the reference case and the case with the micro-cogeneration unit

Referenční stav		Množství [MWh/rok]	Platba za jednotku	Kč/rok	
Zemní plyn	Dodaný plyn	19,44	1 543,3 Kč/MWh	30 010	
	Stálá platba	-	261,1 Kč/měsíc	3 133	
Elektřina	Dodaná el.	3	5 594,8 Kč/MWh	16 784	
	Stálá platba	-	72,0 Kč/měsíc	864	
Celkem				50 792	
Nový stav		Množství [MWh]	Platba za jednotku	Kč/rok	
Zemní plyn	Dodaný plyn	20,96	1 535,1 Kč/MWh	32 182	
	Stálá platba	-	291,8 Kč/měsíc	3 501	
Elektřina	Nákup a prodej	výroba 2,65 s bateriemi: nákup/prodej: 1,35/0,49 bez baterií: nákup/prodej: 2,25/1,90	nákup 5 594,8 Kč/MWh prodej 600 Kč/MWh příspěvek KVET 1630 Kč/MWh (VT)	3 526 (s bat.)	7 747 (bez bat.)
	Stálá platba	-	72,0 Kč/měsíc	864	
Celkem				40 330 (s bat.)	44 551 (bez bat.)
Roční úspora				10 461 (s bat.)	6 241 (bez bat.)

Z rozdílu produkce a spotřeby je v daném intervalu určen její okamžitý přebytek/potřeba. Pro výpočet bez baterií je z této energie určena v případě přebytku/potřeby platba distributora (0,60 Kč/kWh) či odběratele (5,60 Kč/kWh) za elektřinu.

V případě zařazení baterií je pro interval v nejménějším období určen „počáteční“ stav jejich nabití 75 %. Jednotkou vyrobená elektřina je primárně určena ke spotřebě, následně k dobíjení baterií, dokud nejsou zcela nabité, a nakonec pro prodej do sítě. Na základě exportované a importované energie je určen příjem nebo platba za elektřinu.



Obr. 4 Závislost ročních úspor na kapacitě užitých baterií pro jednotku Whispergen

Fig. 4 Dependence of the annual savings on the capacity of the battery for the Whispergen unit

Tab. 3 Přehled plateb za energii pro rok 2015 v referenčním stavu a s mikrokogenerační jednotkou

Tab. 3 Overview of payments for energy in the year 2015 for the reference case and the case with the micro-cogeneration unit

Referenční stav		Množství [MWh/rok]	Platba za jednotku	Kč/rok	
Zemní plyn	Dodaný plyn	19,44	1 215,8 Kč/MWh	23 641	
	Stálá platba	-	320,8 Kč/měsíc	3 850	
Elektřina	Dodaná el.	3	4 060,4 Kč/MWh	12 181	
	Stálá platba	-	127,1 Kč/měsíc	1 525	
Celkem				41 196	
Nový stav		Množství [MWh]	Platba za jednotku	Kč/rok	
Zemní plyn	Dodaný plyn	20,96	1 215,8 Kč/MWh	25 488	
	Stálá platba	-	320,8 Kč/měsíc	3 850	
Elektřina	Nákup a prodej	výroba 2,65 s bateriemi: nákup/prodej: 1,35/0,49 bez baterií: nákup/prodej: 2,25/1,90	nákup 4 060,4 Kč/MWh prodej 600 Kč/MWh příspěvek KVET 2 095 Kč/MWh	1 202 (s bat.)	4 011 (bez bat.)
	Stálá platba	-	127,1 Kč/měsíc	1 524	
Celkem				30 540 (s bat.)	33 348 (bez bat.)
Roční úspora				10 657 (s bat.)	7 848 (bez bat.)

K celkovému příjmu je následně přičten příspěvek na kombinovanou výrobu (v roce 2012 pouze v době 8h vysokého tarifu).

Pro ekonomické porovnání byl zvolen referenční provoz s kotlem na zemní plyn s účinností 90 %. Spotřeba plynu mikrokogenerační jednotky byla určena na základě uvažované celkové účinnosti 96 % a celkového výstupního výkonu 9,2 kW (součet elektrického a tepelného výkonu). Z toho lze určit účinnost výroby pouze tepla 83,5 % a z ní celková spotřeba plynu. Jednotka je provozována dle výše zmíněného algoritmu pro uspokojení tepelných potřeb objektu s využitím akumulace a racionalizace výroby s ohledem na VT a NT.

Závislost ročních úspor na velikosti baterií (stav 2012) byla vynesena na obr. 4 a jako optimální hodnota bylo zvolena kapacita 2,5 kWh. Výsledky plateb a spotřeby v referenčním a novém stavu jsou shrnuty v tab. 2. Pro nový stav v roce 2015 byla pro jednoduchost ponechána původní kapacita baterií 2,5 kWh a zároveň jsou dále v hodnocení návratnosti ponechány, mj. z důvodu absence novějších dat, pořizovací ceny. Výsledky plateb a spotřeby pro aktuální rok 2015 jsou v tab. 3.

Shrnutí a diskuze získaných výsledků

Mikrokogenerační jednotka má roční využití instalovaného výkonu 25 % (2 187 hodin) a produkci elektřiny ve výši 2,65 MWh. V případě akumulace energie do baterií vyrobená elektřina pokryje 55 % spotřeby elektřiny rodinného domu (1,65 MWh/rok), což znamená 63 % výroby jednotky. Zbytek elektřiny je exportován do sítě (0,49 MWh/rok) a zmařen ve ztrátách spojených s jejím ukládáním (0,51 MWh/rok). Nákup elektřiny ze sítě pak je v objemu 1,35 MWh/rok. Bez baterií odpadají ztráty se skladováním, ale spotřeba rodinného domu je pokryta pouze z 25 % (0,75 MWh/rok), což odpovídá pouze 28 % vyrobené elektřiny. Zbývajících 1,90 MWh vyrobené elektřiny je prodáno do sítě a zároveň je potřeba ze sítě nakoupit 2,25 MWh/rok.

Míra využití vyrobené energie se liší od výsledků měření téměř totožné jednotky (bez baterií) v Severním Irsku, kde se podařilo v rodinném domě využít 67 % vyrobené elektřiny. Jednotka ale byla častěji provozována v režimech s částečným zatížením, což v důsledku vede k nižšímu množství vyrobené elektřiny k teplu (2,1 MWh_e a 20 MWh_t ve srovnání s výsledky prezentovaného modelu 2,65 MWh_e při 17,5 MWh_t). Zároveň mělo obydlí více než dvojnásobnou spotřebu elektřiny, což způsobilo pokles odběru elektřiny ze sítě s mikrokogenerační jednotkou pouze o 20,8 % [1, 9]. Další publikované práce předpokládají vlastní využití výroby 50 % pro totožnou jednotku, nebo 85 % pro 1 kW_e/6kW_t jednotku a 45 % pro 3 kW_e/9kW_t jednotku. Rozdílné hodnoty jsou možné z důvodu vyššího cíleného propojení výroby a spotřeby elektřiny, rozdílného rozložení odběru elektřiny, které je velice specifické pro každý případ, nebo se předpokládá instalace jednotek s doplňkovým hořákem v lokalitách s výrazně vyšší spotřebou energií [1].

Byla provedena citlivostní analýza výsledků modelu na vybrané vstupní parametry. Na obr. 5 je závislost roční úspory na spotřebě elektrické energie dokazující vyšší úsporu při vyšší úrovni této spotřeby. Charakter modelového diagramu odběru elektřiny zůstal stejný.

Obr. 6 ukazuje podobnou závislost na potřebě tepla. Na obr. 7 je uvedena závislost úspor na ceně za odběr silové elektřiny. Pro případ akumulace elektřiny je charakteristika výrazně strmější. To je zapříčiněno poměrně vysokou cenou elektrické energie a zároveň efektem jejího skladování, které umožňuje více než dvojnásobné využití vyrobené elektřiny v rámci rodinného domu.

Finanční příspěvek pro kombinovanou výrobu má vliv v podobě rostoucí lineární závislosti na úsporu nákladů (obr. 8). S ohledem na to, že oba uvažované případy mají v důsledku totožnou výrobu elektřiny, je zřejmá stejná směrnice. Zvyšování ceny paliva (obr. 9) má vliv opač-

ný v důsledku vyšší výrobní ceny vlastní elektřiny. Nicméně závislost úspory na ceně není příliš strmá, což ukazuje na limitovaný prostor i pro potenciální mikrokogenerační jednotky na výrazně levnější paliva. Díky opačnému efektu těchto dvou parametrů a vývoji cen je z tabulek 2 a 3 patrná podobná míra úspory prostředků pro podmínky v roce 2012 a 2015.

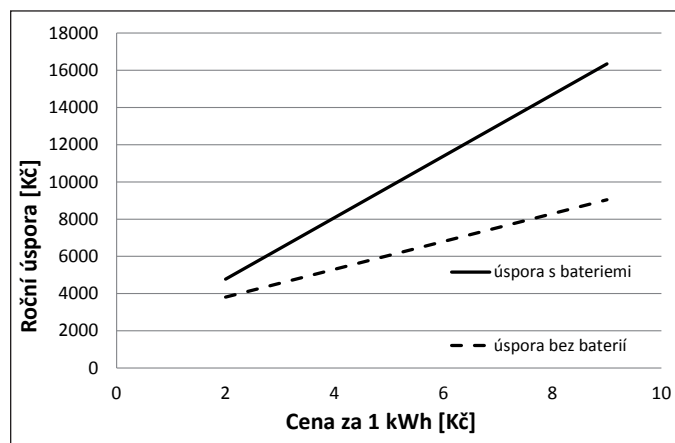
ZÁVĚR

Provozní ekonomika komerčně vyráběné μ KVET jednotky v podmínkách ČR v roce 2012 a 2015 byla zhodnocena na modelu rodinného domu s roční potřebou tepla 17,5 MWh tepla a 3 MWh elektrické energie. Byla uvažována možnost přímého připojení na síť a skladování elektrické energie v rámci lokality.

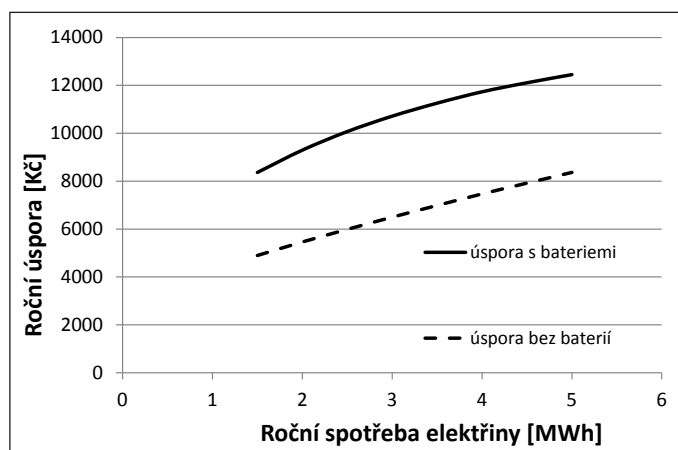
Vyrobená elektřina pokryla 63 % potřeby rodinného domu při jejím skladování a 28 % při přímém připojení na síť. Roční využití instalované kapacity jednotky je 25 %. Ekonomika provozu je výrazně závislá na průběhu spotřeby elektrické energie a jejím případném sledování výrobou μ KVET jednotky. Zároveň má výrazně vyšší potenciál v případech vyšší spotřeby tepla a vyššího využití elektrické energie, nebo při použití jednotky s doplňkovým hořákem v objektech s vyšší spotřebou energií.

Výsledky ukazují relativně vysokou absolutní úsporu. V perspektivě pořizovacích nákladů srovnávaných jako rozdíl oprotiřízení kondenzačního plynového kotle se však jedná o relativně nízkou částku. Tyto

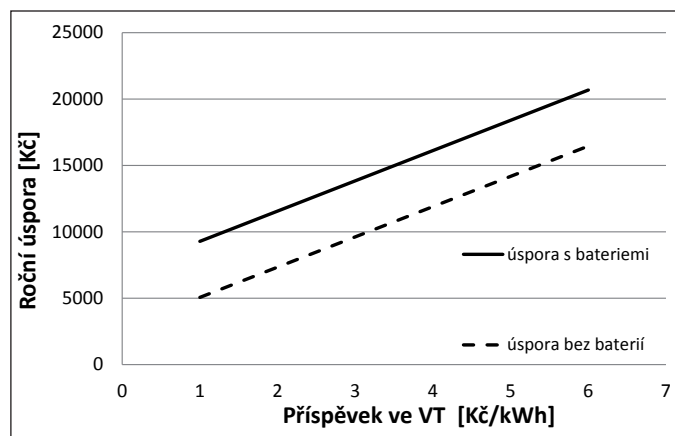
doplňkové pořizovací náklady činí cca 211 000 Kč pro prostou jednotku a cca 278 000 Kč pro jednotku se zařazením skladování vyrobené elektřiny. Roční úspora jednotky je pro případ skladování elektrické energie na úrovni 10 500 Kč (v obou letech, ačkoliv ceny energií se výrazně změnily), což znamená prostou návratnost investice přes 26 let. V případě přímého připojení jednotky na síť se míra potenciální úspory hlavně v důsledku odlišné metodiky podpory KVET částečně zvedla z 6 200 Kč v roce 2012 na 7 800 Kč v roce 2015, přesto současná návratnost takovéto investice je přes 27 let.



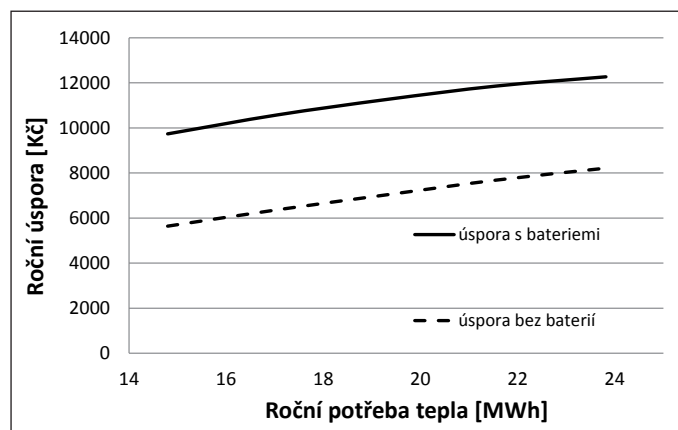
Obr. 7 Závislost roční úspory prostředků na ceně odběru elektřiny ze sítě
Fig. 7 Dependence of the annual savings on the cost of electricity taken from the grid



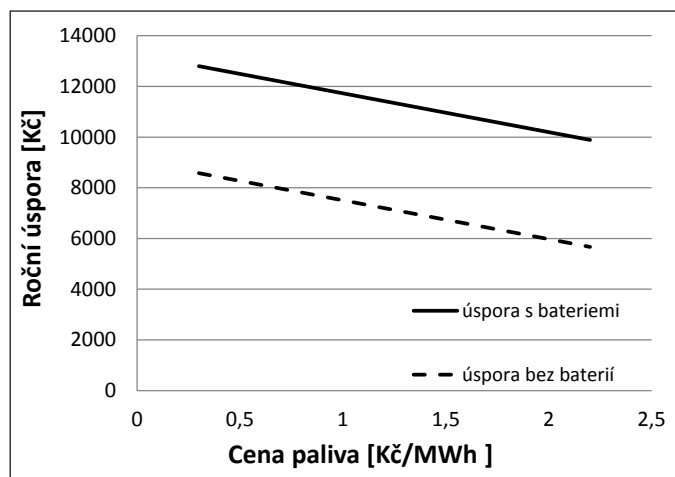
Obr. 5 Závislost roční úspory prostředků na roční spotřebě elektřiny
Fig. 5 Dependence of the annual savings on the annual electricity consumption



Obr. 8 Závislost roční úspory prostředků na výši příspěvku pro KVET
Fig. 8 Dependence of the annual savings on the subsidy for CHP



Obr. 6 Závislost roční úspory prostředků na roční potřebě tepla
Fig. 6 Dependence of the annual savings on the annual heating demand



Obr. 9 Závislost roční úspory prostředků na ceně paliva
Fig. 9 Dependence of the annual savings on the cost of the fuel

Pro současné nasazení ale některé zdroje počítají s cenou mikrokogenerační jednotky kolem 3 500 EUR [9] (cca 95 000 Kč). Rozdílové náklady na takovou jednotku oproti kondenzačnímu kotli ve výši cca 50 000 by pak v současných podmínkách měly prostou návratnost pod 7 let (v případě skladování energie výrazně vyšší, kolem 11 let).

Kontakt na autora: Vaclav.Novotny@fs.cvut.cz

Použité zdroje:

- [1] NOVOTNÝ, V. 2012. *Perspektivy Stirlingova motoru pro mikrokogeneraci*. Bakalářská práce. ČVUT v Praze, Fakulta strojní. Vedoucí práce Jakub Maščuch. Dostupné z: http://www.researchgate.net/profile/Vaclav_Novotny/publication/277016025_Stirling_Engine_as_a_Perspective_Micro_Cogeneration_Technology_Perspektivy_Stirlingova_Motoru_pro_Mikrokogeneraci/links/555ef6b808ae8c0cab2c8a2e.pdf
- [2] HARRISON, J. Micro Combined Heat & Power. In: *IMEchE seminar* [online]. 6th June 2002 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://www.microchap.info/Micro%20CHP%20I%20Mech%20E.pdf>
- [3] Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2004/8/ES ze dne 11. února 2004 o podpoře kombinované výroby tepla a elektřiny založené na poptávce po užitečném teple na vnitřním trhu s energií a o změně směrnice 92/42/EHS. In: *Úř. věst. L 52, 21. 2. 2004, s. 50*. 2004. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/463070/8_2004/c4d61bd5-da04-4bf3-9c7f-8c9beb4800c3
- [4] Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 7/2011 ze dne 23. listopadu 2011, kterým se stanovuje podpora pro výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů energie, kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných energetických zdrojů. In: *Energetický regulační věstník, částka 8*. 25. listopadu 2011. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/480841/ER+CR+7_20110ZEKVETDZ.pdf
- [5] Cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu č. 1/2014 ze dne 12. listopadu 2014, kterým se stanovuje podpora pro podporované zdroje energie. In: *Energetický regulační věstník, částka 4*. 12. listopadu 2014. Dostupné z: http://www.eru.cz/documents/10540/613886/ERV_4_2014/4f60ee4b-5bfa-4636-846f-5c7dee3d8683
- [6] WHISPER TECH LTD. *AC WhisperGen System – Product Specification*. ©2003. [cit. 2015-05-05] Dostupné z: <http://www.builditsolar.com/Experimental/WhisperGenACmk4Specification.pdf>
- [7] Ceník ČEZ GARANT PLUS, Rok 2015, Produkt D-Standard. ČEZ, a. s. SKUPINA ČEZ [online]. Copyright 2015 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/elektrina/garant-plus/cenik.html>
- [8] CENÍK RWE PLYN EXTRA+ V KATEGORII DOMÁCNOST A MALOODBĚRATEL: platný od 1. 5. 2015 pro zákazníky společnosti RWE Energie, s.r.o. ČEZ, a. s. RWE [online]. © 2015 RWE [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: https://www.rwe.cz/files/ceniky/ZP_CEN_EXT_150501_RWE.pdf
- [9] CONROY, G., A. DUFFY a L.M. AYOMPE. Economic, energy and GHG emissions performance evaluation of a WhisperGen Mk IV Stirling engine μ -CHP unit in a domestic dwelling. *Energy Conversion and Management*. 2014, č. 81, 465-474. [cit. 2015-05-05]. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2014.02.002>. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890414001101>

Zlepšení hladiny hluku u ventilátorů ebm-papst

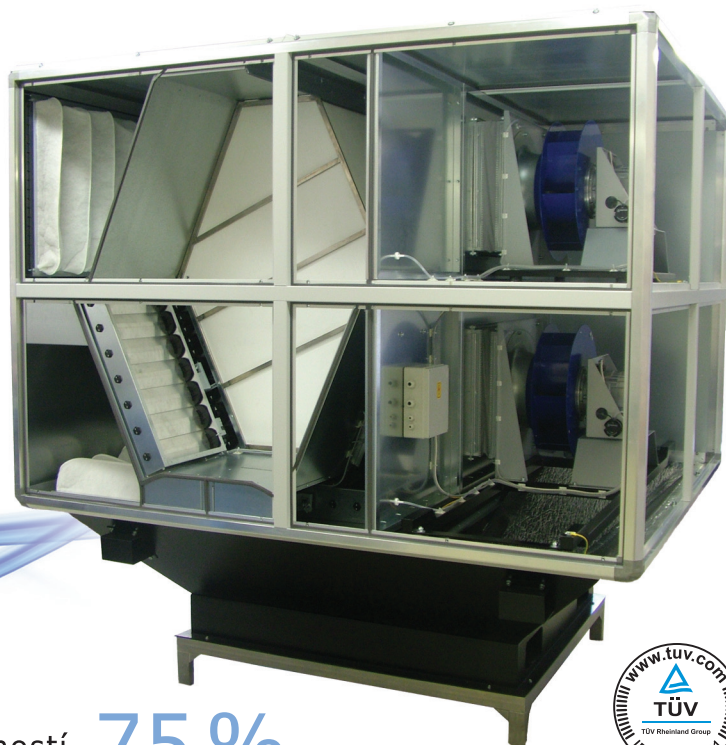
Společnost ebm-papst zaměřila nyní své úsilí vývoje na spolehlivost výrobků po celou dobu životnosti a na jednoduchou a bezpečnou montáž. Výkonové hodnoty ventilátorů byly zlepšeny 2 novými díly příslušenství. První je vstupní mřížka Flowgrid, významně redukuje hladinu hluku. Druhou je difuzor Axitop, starající se lepší výtokové chování a nižší hladinu emisí hluku. Obojí se příznivě projevuje i na výkonu ventilátoru.

Pramen: CCI 01/2015, s. 11

(AB)



BETA 9/8



průmyslové větrání s rekuperací tepla s účinností **75 %**

- větrací a vytápěcí jednotka s nastavitelným vzduchovým výkonem do 8000 m³h⁻¹
- volná oběžná kola s EC motory umožňujícími dvoustupňovou regulaci vzduchového výkonu
- automatické řízení a regulace jednotek s možností připojení k síti ETHERNET a k PC
- protiproudý deskový rekuperační výměník s účinností 75 %
- distribuce čerstvého vzduchu dálkově ovládanou tryskovou vyústkou

Přijměte pozvání do naší expozice: AQUATHERM 1.-4.3.2016, Výstaviště - Praha Letňany, Hala 2 - 220