

# **VIDA! školám - propojení formálního a neformálního vzdělávání**

**CZ.02.3.68/0.0/0.0/16\_032/0008290**

## **Program: Dva dny s energií**

Podkladový materiál – informační karty pro hru v ekocentru Alternátor ve variantě pro střední školy. Cílové informace jsou stejné jako pro žáky ZŠ, ale je potřeba se zorientovat ve větším množství textu a dokázat jej kriticky zhodnotit, tedy získat potřebné informace.

Karty je vhodné zalaminovat do fólie.



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

**MS  
MT**  
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

# Jak to frčí v tepelné elektrárně

Emanuel Sapropel, energetický redaktor

Když se večer setmí, jdete a rozsvítíte si, koukáte na televizi a máte potraviny v lednici? Jestliže ano, tak je jisté, že skoro polovina odebrané elektrické energie kvám proudí z tepelných elektráren. V každé zemi je tento podíl trochu jiný, ale v celosvětovém průměru je to asi polovina výroby.

Základní princip fungování uhelné elektrárny je založen na přeměně energie tepelné na mechanickou (spalování uhlí, plynu nebo ropných produktů) a mechanické na elektrickou. Teplo uvolněné v kotli ohřívá vodu procházející trubkami uvnitř kotle a mění ji v páru. Pára proudí do turbíny, jejím lopatkám předá svou pohybovou energii a roztočí ji. Vzhledem k tomu, že je turbína pevně spojena s generátorem, roztáčí se i ten a přeměňuje mechanickou energii na elektřinu. V elektrárenském generátoru rotuje elektromagnet, vinutí, v němž se indukuje napětí a proud, je umístěno na statoru okolo něj. Celé soustrojí se otáčí rychlostí 3000 otáček za minutu. Pára vycházející z turbíny je vedena do kondenzátoru, kde zkondenzuje, tj. z plynu se stane opět kapalina. Z kondenzátoru je voda vedena zpět do kotle, kde celý cyklus začíná znovu. Pára vyrobená v kotli může sloužit i k vytápění přilehlých obcí a měst.

Paroplynová turbína pro spalování zemního plynu. foto: Siemens, na adrese

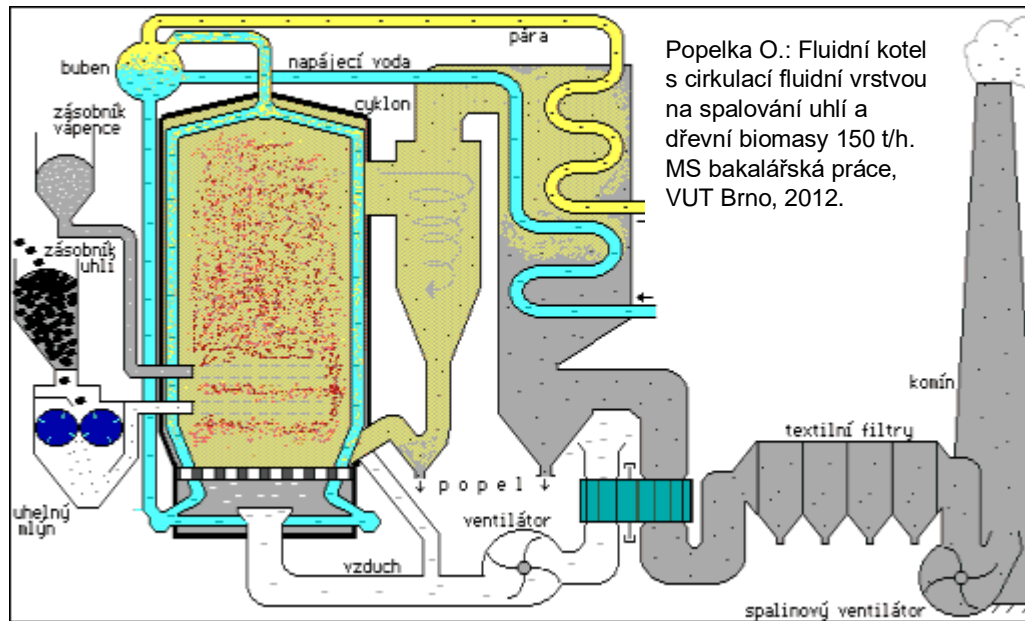
<http://www.hybrid.cz/i/auto/paroplynova-elektrarna-turbina-siemens.jpg>

Fyzikálním jevem, na němž je ve většině typů elektráren založena výroba elektrického proudu, je elektromagnetická indukce. Podle Faradayova zákona o elektromagnetické indukci se na koncích smyčky, která se otáčí v magnetickém poli, indukuje střídavé elektrické napětí. Uzavřeme-li obvod, prochází smyčkou střídavý elektrický proud. Platí, že čím rychleji vodičem v magnetickém poli pohybujeme, tím je indukované napětí větší.

Většina uhelných elektráren je uspořádána do tzv. výrobních bloků. Elektrárenský výrobní blok znamená samostatnou jednotku skládající se z kotle, turbíny a příslušenství, z generátoru, odlučovačů popílku, chladicí věže, blokového transformátoru a v novější době také z odsiřovacího zařízení. Zařízení, která mohou být společná několika blokům, jsou uhelný mlýn,

vodní hospodářství (přivaděče, čerpadla a chemická úprava vody), komín a pomocná zařízení k odběru popílku a odsiřování.

Hybnou silou celého procesu je spalování paliva. Podle jeho typu mohou být kotle určeny pro spalování uhlí a biomasy, plynu nebo ropných produktů (topné oleje). Zemního plynu se používá v tzv. paroplynových elektrárnách a proces přeměny na tepelnou energii probíhá v plynových turbínách. Jako palivo lze použít také kapaliny, např. topný olej.



Princip spalování uhlí ve fluidním kotli, který dokáže odstranit značnou část oxidů síry z vypouštěných spalin.

Kotle pro spalování uhlí mají různou konstrukci. Některé spalují při teplotách 1200 °C a vzniká přitom řada oxidů uhlíku a síry, které unikají do ovzduší. Moderní metodou je spalování ve fluidním loži při teplotách asi 850 °C a díky přidavku mletého vápence je velká část oxidů síry zachycena a převedena do pevného stavu. Odsiřování uhelných elektráren je významným trendem v současné energetice. Objem emisí, které se dostanou do vzduchu, také závisí na typu a kvalitě pevného paliva. Nejčastěji se používá hnědé uhlí – je levnější, ale obsahuje méně hořlaviny a více vody. Oproti tomu černé uhlí je výhřevnější (vyšší účinnost), ale je prodáváno za vyšší cenu. Uhlí je vlastně sluneční energie uložená fotosyntézou do rostlin, ale před 300 milióny let.

Nikdo nepochybuje o tom, že tepelné elektrárny nepřinášejí životnímu prostředí nic dobrého. Jedná se však o velmi výkonné a stabilní zdroje elektrické energie, které není tak snadné nahradit jinými technologiemi výroby. Momentálně by to šlo jen drastickým snížením spotřeby energie na polovinu, ale k tomu není v celosvětovém měřítku potřebná vůle. Nikdo z nás se nechce vzdát svého pohodlí, které stojí právě na elektrické energii.

Burzovní žurnál – časopis sdružení MASO

**Zpráva předsednictva sdružení MASO (Makléřská asociace)  
k vývoji cen uhlí na světové burze a výhled na dalších 10 let**

Zpracováno ke dni 23. 12. 2018

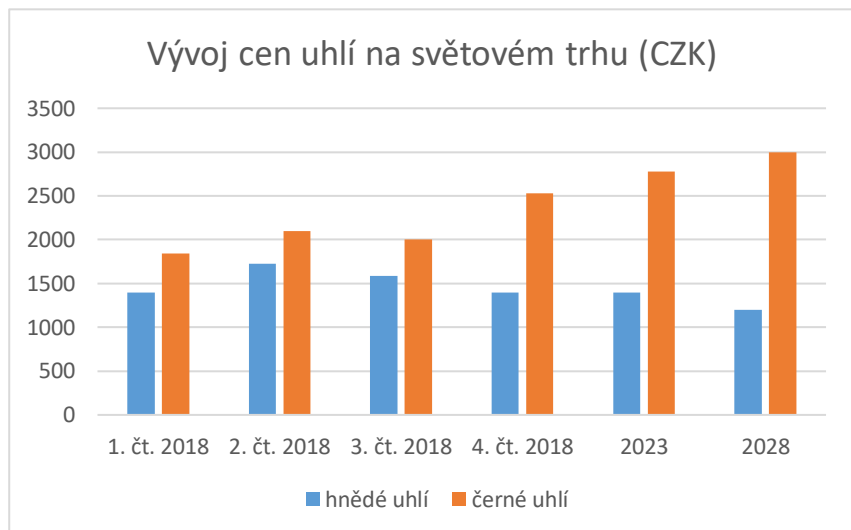
Vývoj cen **hnědého uhlí** v roce 2018 odpovídal dlouhodobým předpokladům. Vzhledem k ustálené poptávce na světových trzích se v prvním čtvrtletí roku pohybovala cena kolem 1 400 Kč za tunu s fluktuací  $\pm 3$  %. Na konci dubna byl zaznamenán nárůst ceny hnědého uhlí na hodnotu kolem 1 725 Kč za tunu a cena se vrátila na jarní hodnotu až začátkem října. Navýšení ceny bylo vyvoláno dočasným výpadkem dodávek ze dvou velkých ložisek v Rusku a Číně.

Předsednictvo sdružení MASO se rovněž zabývalo vývojem cen hnědého uhlí na příštích deset let. Všechny ukazatele svědčí o setrvalé ceně na úrovni 1 400 Kč za tunu. Největší světoví dodavatelé z Ruska, Číny, Austrálie, Ukrajiny a USA mají dostatečné zásoby, které bez problémů pokrývají světovou poptávku komodity. Vzhledem k velkému tlaku na snižování emisí CO<sub>2</sub> je stavba elektráren na hnědé uhlí málo pravděpodobná, takže ke konci příští dekády lze předpokládat pokles poptávky a tím i pád ceny pod hranici 1 200 Kč za tunu.

Vývoj cen **černého uhlí** v roce 2018 zaznamenal postupný vzestup spojený se zvýšenou poptávkou po komoditě, především s ohledem na požadavek kvalitnější suroviny a naplnění předepsaných emisních limitů. V 1. čtvrtletí roku se začalo obchodovat na ceně 1 840 Kč za tunu, která ve druhém čtvrtletí

vystoupala na 2 100 Kč za tunu, během léta s menší spotřebou stagnovala a ke konci tohoto roku se vyšplhala na 2 530,- Kč za tunu černého uhlí.

Prognóza vývoje cen na další dekádu je zde velmi problematická. Největší světoví producenti z Ruska, Číny, Indie, Jihoafrické republiky a USA hlásí sice dostatečné zásoby komodity a ochotu pokrýt světovou poptávku, nicméně útlum hnědouhelných elektráren bude tlačit cenu černého uhlí směrem nahoru, takže za pět let by mohla narůst o 10 % na



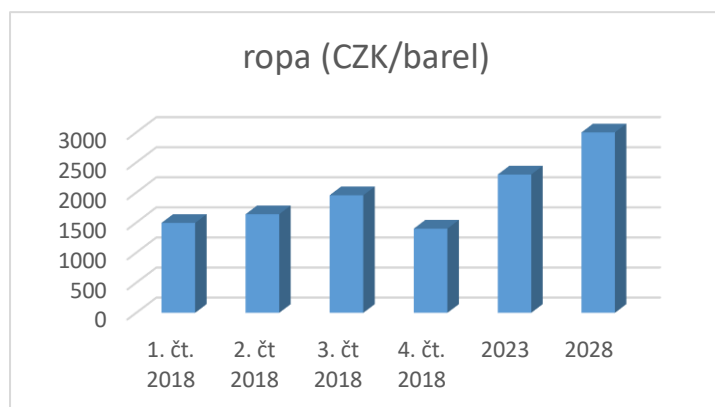
hodnotu 2 780 Kč za tunu a za deset let by mohla cena atakovat hranici 3 000 Kč za tunu černého uhlí. Vyloučit nelze ani situaci, kdy dojde k radikálnímu navýšení podílu výroby elektrické energie z obnovitelných zdrojů a potom by poklesla poptávka po černém uhlí a cena by zůstala na současné hodnotě nebo by mohla oproti současnému stavu klesnout až o 15 %.

## Zpráva o stavu ložisek a cenách ropy a zemního plynu

Vydalo Sdružení majoritních rafinérií a distributorů (SMRAD), 20. 12. 2018

Sdružení SMRAD zastupující největší těžařské a distribuční firmy provedlo analýzu stavu ložisek ropy a zemního plynu a vypracovalo analýzu předpokládaných cen do nejbližší dekády. Analýza se odráží od současné úrovně těžby surovin, cen na světovém trhu a předpokládané poptávce po obou komoditách v příštích letech.

**Ropa** typu BRENT začala v lednu 2018 na ceně 1 495 Kč za barel a cena zvolna rostla až do 3. čtvrtletí na hodnotu 1 955 Kč za barel. Ke konci roku 2018 zaznamenala pokles na hodnotu 1 400 Kč za barel. V případě cen lehkých topných olejů (LTO) je třeba připočítat 25 % k ceně ropné suroviny.

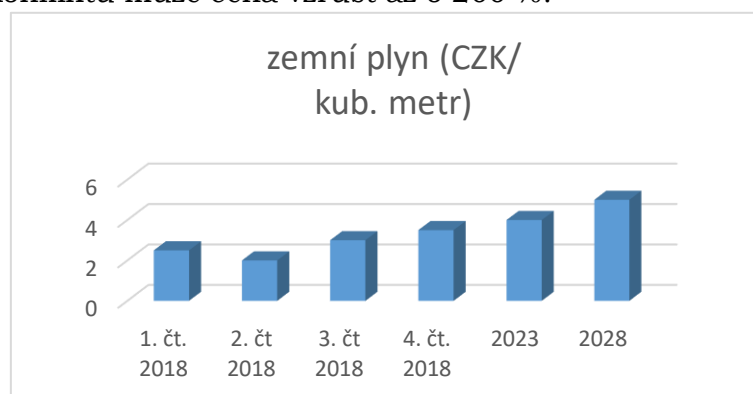


Odhad pohybu cen na další dekádu je velmi komplikovaný. Největší světoví producenti z USA, Ruska, Venezuely, Iráku, Saudské Arábie a Spojených arabských emirátů striktně kontrolují svoji těžbu a podnikají kroky k zachování ceny ropy, zejména omezováním její těžby. Při současném stavu světové spotřeby jsou ve známých

ložiscích uloženy zásoby na zhruba 60 let. Lze však předpokládat zvýšenou poptávku po ropě, takže v horizontu 5 let by cena mohla stoupnout na hodnotu 2 300 Kč za barel a na konci dekády by to mohlo být až 3 000 Kč za barel. Výkyvy cen ropy jsou velmi rychlé a velmi citlivě reagují na politicko-ekonomickou situaci. V případě většího vojenského konfliktu může cena vzrůst až o 200 %.

**Zemní plyn** se začal v roce 2018 obchodovat na ceně 2,5 Kč za m<sup>3</sup>, v 2. čtvrtletí klesl na částku 2 Kč za m<sup>3</sup> a do konce roku 2018 se cena vyšplhala na 3,5 Kč za m<sup>3</sup>.

Odhad cen na příštích deset let je podobně jako u ropy složitý, i když plyn nereaguje tak citlivě na politickou situaci ve světě. Hlavní producenti z Ruska, USA, Kanady, Norska, Alžírsko a Saudské Arábie nezaznamenali v posledních letech vážnější výpadek dodávek a zásoby komodity jsou spočteny na asi 120 let při současné spotřebě. Není rovněž vyloučeno, že budou další ložiska zemního plynu ještě objevena. Do 5 let se nepředpokládá výraznější růst ceny, maximálně na 4 Kč za m<sup>3</sup>, ke konci dekády by to mohlo být kolem 5 Kč za m<sup>3</sup>.



Tepelné elektrárny, míněno zařízení spalující uhlí, plyn nebo ropné oleje, jsou jedním z předních producentů skleníkových plynů, zejména CO<sub>2</sub>, oxidů síry a dusíku. Nezanedbatelný je u uhelných elektráren také příspěvek pevných částic vypouštěných do atmosféry. Všichni víme, jaké škody provoz těchto zařízení působí, ale žádná viditelná opatření se nepodnikají. Není přece nic jednoduššího než výrobu energie z těchto zdrojů omezit nebo zastavit.

Jenže, podíváme-li se do statistik, tyto spalovací technologie nám dodávají téměř polovinu světové produkce elektrické energie. Je tedy řešení skutečně tak jednoduché? Nebo je celý problém výrazně složitější, než by se zdálo? Odpověď na tyto a jiné otázky nám pomůže najít přední odborník v oblasti energetiky Doc. Ing. Mirek Methan, CSc. z Národního energetického institutu.

**Dobrý den, pane docente, hned na úvod bych se ráda zeptala, proč jsou tepelné elektrárny tak škodlivé pro naše prostředí?**

V první řadě si musíme říci, co to vlastně tepelná elektrárna je. Toto zařízení vyrábí elektrický proud přeměnou tepelné energie na rotační pohyb v generátoru. Toto teplo může pocházet z různých zdrojů, ale nejčastěji vzniká cíleným spalováním některých přírodních materiálů – nerostných surovin.

**O jaké suroviny se nejčastěji jedná a které z nich jsou nejvíce používány?**

Nejčastěji jsou spalovány různé typy uhlí. Nejhorší kvalitu a tepelný zisk má lignit, nejčastěji používané je hnědé uhlí a největší energetickou výtěžnost má černé uhlí. Kromě této suroviny může být spalována biomasa. Spalované suroviny však nemusí být jen pevné, ale používá se i zemní plyn (obsahuje převážně metan) a topné oleje získávané z ropy.

**Co tedy nejvíce negativně ovlivňuje naše životní prostředí při spalování těchto surovin?**

Pokud vezmeme uhlí, je to surovina obsahující 50-80 % uhlíku. Spálením jedné tuny uhlíku vznikne asi 3,6 tuny oxidu uhličitého a ten je vypuštěn do atmosféry. Oxid uhličitý je významný skleníkový plyn, který se podílí na oteplování klimatu planety. O trochu lepší situace je při spalování topných olejů a zemního plynu, zde je produkce CO<sub>2</sub> asi poloviční.

**V čem je tedy lepší biomasa, při jejím spalování se také uvolňuje CO<sub>2</sub>?**

Biomasa jsou rychle rostoucí plodiny, které odebírají z atmosféry oxid uhličitý a zabudovávají ho během fotosyntézy do svých těl. My je pak spálíme a CO<sub>2</sub> vrátíme do ovzduší – je to takový krátkodobý uzavřený cyklus. Uhelná hmota však představuje uhlík uložený do země před mnoha milióny let a ten my dnes ve velkém množství vracíme do atmosféry, a tím narušujeme současnou rovnováhu.

**Čím ještě škodí tepelné elektrárny našemu životnímu prostředí?**

Zde musíme rozlišovat elektrárny podle paliva. Uhelné elektrárny je potřeba zásobovat uhlím, ročně to může být až 3 milióny tun. Toto množství musíte nejen

JOULE, energetický magazín, duben 2017

k elektrárně navozit, ale nejprve ho musíte vytěžit a upravit. A to jsou technologie

spojené se vznikem prachu, hluku a zásahy do okolní krajiny. Navíc spálením uhlí

nevznikají jen oxidy uhlíku, ale i oxidy síry, dusíku a další plynné exhalace. Kromě toho vzniká velké množství škváry a popílku. Tady je ale potřeba upozornit, že nově budované uhelné elektrárny mají velmi účinné odlučovače popílku a díky technologii spalování ve fluidním loži jsou výrazně omezeny také emise oxidů síry.

### **To byly uhelné elektrárny, jak je to s elektrárnami, které spalují zemní plyn?**

Paroplynové elektrárny spalující zemní plyn produkují oproti uhelným elektrárnám jen poloviční množství emisí CO<sub>2</sub>, o 70 % méně oxidů síry a prakticky žádný popílek. Navíc mají mnohem větší účinnost. Také dopravní zásobení je mnohem přívětivější k životnímu prostředí, stačí jen jedno přívodní potrubí, které lze zapustit do země.

### **Je vcelku jasné, že uhelné a méně i paroplynové elektrárny poškozují životní prostředí. Proč se jich tedy nevzdáme a nevyrobíme elektřinu jiným způsobem?**

Z hlediska životního prostředí by to byl vynikající počin, ale na miskou vah musíme ještě položit některé argumenty hovořící pro využívání uhelných a paroplynových elektráren.

V první řadě je uhelná elektrárna obrovským zdrojem energie zaujímající poměrně malou plochu. Její vhodným umístěním můžeme minimalizovat i dopravní vzdálenost suroviny. Běžná uhelná elektrárna s 2-4 výrobními bloky má výkon kolem 1000 MW, takže vyrobí ročně

až 8,5 TWh elektrické energie, tj. asi 10 % roční spotřeby České republiky. Navíc je tento výkon stabilní, bez výkyvů v dodávce. Moderní spalovací zařízení jsou také schopna částečně regulovat svůj výkon, např. snížením při menším odběru.

Ještě lépe jsou na tom paroplynové elektrárny, které dokáží zásadně měnit svůj výkon během několika minut a vyrovnávat tak výkyvy dodávek solárních a větrných zdrojů elektrické energie.

### **Jaká je tedy budoucnost tepelných elektráren? Dočkáme se někdy jejich úplného odstranění?**

Výstavba uhelné elektrárny je výrazně levnější, než třeba elektrárny jaderné nebo solárního parku o stejném výkonu. Nově budovaná zařízení však podléhají přísným technickým kritériím, takže disponují lepším spalovacím procesem a účinnějšími technologiemi na omezení produkovaných zplodin. Paroplynové elektrárny jsou dražší a velmi často se používají právě pro vyrovnávání výkyvů v elektrické přenosové soustavě.

Osobně si myslím, že tepelné elektrárny budou v horizontu desítek let skutečně odstaveny z provozu. Dovolím si tvrdit, že to bude ve stejný okamžik, kdy bude vyřešen problém ukládání přebytečné energie pro její pozdější využití. To umožní stabilizovat přenosovou soustavu a umožní do ní zapojit neomezený počet solárních a větrných elektráren.

### **Doufám, že tato doba přijde co nejdříve. Pane docente, děkuji Vám za Vaše odpovědi.**

Rozhovor vedla redaktorka Marie Čistotná

## **Vyplatí se tepelná elektrárna a kolik vyrobí energie?**

Marian Znalý, Milena Kotlová

V minulém čísle jsme řešili návratnost investic do solárních elektráren, z řad větších investorů nám byly kladeny dotazy na výstavbu a provoz uhelných a paroplynových elektráren. Pátrali jsme mezi ekonomickými a technickými odborníky a klíčové informace vám zde předkládáme.

Jako první příklad můžeme vzít 2 bloky uhelné elektrárny s celkovým instalovaným výkonem 960 MW. Vybudování stavby a veškerých technologií představuje investici 21 miliard korun. Elektrárna spotřebuje ročně 1,9 miliónů tun hnědého uhlí a vyrobí maximálně 5 TWh elektrické energie. Její roční emise CO<sub>2</sub> představují 2,5 miliónu tun. Do nákladů je potřeba započítat i cenu emisních povolenek na produkci skleníkových plynů. Roční náklady na běžný provoz elektrárny představují částku 60 mil. Kč.

Jeden blok černouhelné elektrárny o jmenovitém výkonu 100 MW s technologií spalování ve fluidním loži může být vybudován investicí 6,6 miliardy Kč. Ročně spálí asi 300 tisíc tun černého uhlí, předpokládaná roční výroba elektrické energie je 500 GWh. Roční náklady na údržbu by neměly přesáhnout 40 mil. Kč. Výhodou elektrárny je její schopnost regulovat svůj výkon rychlostí 4 MW za minutu.

Paroplynová elektrárna s výkonem 820 MW byla postavena s investicí 20 miliard Kč. Její roční provozní náklady jsou 50 miliónů korun. Při plném výkonu má spotřebu zemního plynu 1,5 tuny za minutu. Její emise CO<sub>2</sub> jsou poloviční ve srovnání s uhelnou elektrárnou. Elektrárna může velmi snadno měnit svůj výkon a používá se především k vyrovnávání energetických špiček a propadů. Turbína může spalovat také tekutá paliva (lehký topný olej), při plném výkonu je to 600 litrů topného oleje za minutu.

Posledním příkladem je bioplynová stanice s výkonem 500 kW, z toho 300 kW je výkon elektrický (do sítě dodá ročně 2,3 MWh), zbytek je teplo využitelné k vytápění. Vstupní náklady na stavbu a technologie je 43 mil. Kč. Roční náklady na provoz (obsluha, servis) jsou 2 milióny, roční náklady na vstupní biomasu jsou 5 miliónů Kč. Návratnost se pohybuje od 10 do 15 let, doba životnosti je 20 let.