

Dřevěné uhlí



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE
DO ROZVOJE
VZDĚLÁVÁNÍ

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

Hoření dřeva se obtížně reguluje, protože nejprve se vyvíjené teplo spotřebovává na odpařování vody, poté nastává zplynování dříví a prudké hoření plynů, a až při dohořívání zuhelnatělých zbytků dříví je vývin tepla rovnoměrný.

Při používání dříví k otopu nebyl nerovnoměrný vývin tepla v procesu hoření problémem, ale pro technologické použití, vyžadující rovnoměrný žár po určitou dobu (výroba kovů z rud a jejich zpracování) byl problémem kritickým.

Řešení bylo nalezeno v přerušení procesu hoření dříví poté, co vyhořel zplynovatelný podíl a zbytky dříví zuhelnatěly.

To je v podstatě princip výroby dřevěného uhlí, které, když je znovu zapáleno (zápalná teplota 300-400°C), hoří pomalu, bez plamene a kouře a vydává intenzivní a stále sálavé teplo.

Dřevěné uhlí

- je lehká ($140-220 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$) silně hygroskopická, tvrdá, drobná až kusovitá, pórovitá, vysoceuhlíkatá nekystalická látka černé barvy, s matným, modravě ocelovým leskem a kovovým zvukem, lasturovitého lomu a s výraznou dřevitou strukturou
- měrná hmotnost (bez pórů) je $1,46 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,
s póry jen $0,4 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$
- obsahuje 80 % uhlíku, 12 % prchavých látek, 2 % popelovin a 8 % vody

Čím vyšší je karbonizační teplota (standard je 400°C), tím je vyšší obsah uhlíku - i přes 90 %. Úměrné výši karbonizační teploty jsou i ztráty na hmotnosti. Při zvýšení na 500°C ztrácí dřevěné uhlí dalších 20 až 25 % hmotnosti a při teplotě 1000°C 30 až 35 %.

**VÝTĚŽNOST DŘEVĚNÉHO UHLÍ
A PODÍL UHLÍKU V NĚM
V ZÁVISLOSTI NA TEPLOTĚ ZUHELŇOVÁNÍ**

Karbonizační teplota °C	Hmotnostní výtěž z absolutní sušiny dřeva %	Obsah uhlíku %
300	51,4	73,2
400	40,6	77,7
500	31,0	89,2
600	29,1	92,2
800	26,7	95,7
1000	26,8	96,7

- **Dřevěné uhlí je produktem tepelného rozkladu dříví v redukční atmosféře (pyrolýzy)**
- **Výhřevnost dřevěného uhlí je $27,2 \text{ MJ.kg}^{-1}$**
- **Dobře vypálené uhlí se dá těžko v rukou lámat, málo černí a po rozlomení se leskne. Při zapálení nehoří plamenem a nekouří.**
- **Lze-li uhlí snadno lámat rukou a přitom černí (maže) znamená to, že bylo páleno dlouho, nebo bylo vyrobeno ze dříví silně narušeného hnilobou.**

- **Nedopálené uhlí je nahnědlé či rezavé a po zapálení z něj vyskakují plaménky a kouří.**
- **Dřevěné uhlí je stále využíváno v technologické oblasti jeho vzniku - v hutnictví kovů, dále při nauhličování ocelí cementačním práškem (s uhličitanem barnatým), v kovářství a při výrobě karbidů a sirouhlíku.**
- **Více se využívá jeho fyzikálně-chemických vlastností jako aktivního uhlí jako absorbentu ve filtrech pro kapaliny a plyny.**

- **Jen malá část dřevěného uhlí je používána jako palivo při grilování pokrmů.**
- **Z dřevěného uhlí vypáleného z lípy a osiky se vyrábějí malířské uhly a křídly.**
- **Nejvíce se drobí uhlí vyrobené z topolu, lípy, olše, javoru a břízy. Nejméně se drobí uhlí z jehličnatých dřevin. Středně drobivé je uhlí z ostatních dřevin.**

Zuhelňování dřeva (do teploty 400°C) vyjadřuje Klason reakční rovnici:



dřevo



dřevěné uhlí



ostatní zplodiny

Aktivní uhlí

Při zuhelnování dřeva přechází neuhlíkaté prvky do plynoparní fáze a tuhý zbytek se obohacuje o uhlík, jehož atomy se seskupují do krystalitů, mezi nimiž jsou dutiny zaplňované vznikajícím dehtem. Proto má vnitřní měrný povrch dřevěného uhlí jen malou absorpční kapacitu.

Pórovitostí, zvětšením měrného povrchu na 500 až 1500 m²/g, schopné absorbovat plyny a páry ze vzduchu či zbarvující částice z kapalin se dosáhne aktivací dřevěného uhlí.

Aktivování uhlí

Při aktivování se dřevěné uhlí mele na velikost 2 až 40 μm a po smísení v poměru 1:3 s pojivem (škrobem) a katalyzátorem se lisuje tlakem 10 MPa na pelety o průměru 1,8 až 8 mm a délce max. dvojnásobku průměru. Produkt se suší a karbonizuje při teplotě do 650°C. Poté se třídí podle velikosti frakcí a vlastní aktivace se dosáhne vysokou teplotou za přítomnosti kyslíku, vodní parou, a chemickými postupy.

Po aktivaci se uhlí skladuje chráněné inertním plynem



Medicinální uhlí - Carbo medicinalis – Carbo activatus

Vyrábí se obvykle z březového dřeva

Váže na sebe střevní plyny, hnilobné produkty, bakterie, toxiny, produkty látkové přeměny, léčiva, chemické sloučeniny.

„Živočišné uhlí“

- Při pálení materiálů živočišného původu, zejména kostí, obsahujících uhlík ve formě uhličitanu hořečnatého MgCO_3 , vzniká v omezeném množství aktivní uhlí, protože se vznikající dutiny krystalitů uhlíku nezaplňují ihned po jejich vzniku dehtem, který v tomto případě na rozdíl od dřeva chybí.
- I když je obsah uhlíku v kostech nižší než ve dřevě, je výtěž aktivního uhlí poměrně solidní vzhledem k tomu, že měrná hmotnost kostí je $1,9\text{g/cm}^3$, tj. cca 3x vyšší než dřeva.

- **Ohořelé kosti tak byly prvním zdrojem aktivního uhlí používaného v léčitelství.**
- **Pojem „živočišné uhlí“ se pak přenesl i na průmyslově vyráběná léčiva obsahující aktivní uhlí.**
- **Aktivní uhlí z kostí - „černý kámen“, používají lidové léčitelé – šamani, dodnes. Kouzelný černý kámen se nosí jako amulet pro zastrašení hadů, a když k uštknutí dojde, přikládá se na ránu, případně se do naříznuté rány vkládá.**



- **Aktivní uhlí část jedu vstřebává, a pokud se dostane postižený k léčiteli včas - k pokračování léčby přírodními léčivy – může být zachráněn.**
- **Šaman použitý kouzelný černý kámen obřadně vyvaří, což není nic jiného, než opětovné otevření pórů aktivního uhlí pro absorpci. Amulet tak může svoji funkci plnit dále.**

Dřevěné uhlí ve vysokých pecích

- V Brazílii se vyrábí železo v ocelárnách za použití dřevěného uhlí. Projekt je integrací lesnictví (plantáže eukalyptu), přidružené lesní výroby (dřevěné uhlí) a ocelářství.
- Přínosem je omezení produkce CO₂ o 600 kg a SO_x o 3 kg na každou tunu železa.
- V našich podmínkách zní projekt utopicky, ale v Brazílii docilují 22 % produkce železa tímto způsobem a podobný podíl při tavení olova, cínu, niklu a zinku, i při výrobě cementu. S tím koresponduje i tempo zakládání eukalyptových plantáží více než 72 tis.ha, ročně.

- **Pro plánovanou roční produkci 600 tis.tun železa je potřeba 65 000 ha eukalyptových plantáží s obmýtní dobou sedm let, poskytujících průměrně 25,9 tuny dendromasy z hektaru za rok. Pro zásobení každé minioceárny dřevěným uhlím stačí oblast o poloměru 65 km, za předpokladu, že v tomto prostoru budou plantáže jen na 5 % stávající zemědělské půdy, aby nedošlo ke změně vzhledu krajiny. (Podle brazilské lesnické politiky má být na každý 1 ha plantáží zalesněno 0,35 ha lesem blízkým přírodě). Průměrná dovozní vzdálenost dřevěného uhlí nepřekračuje 15 km a rozptýlením ocelářských kapacit se zkrátily i přepravní vzdálenosti hotových výrobků. Návratnost projektu byla 4 roky!**



Plantáže eukalyptu

Výroba dřevěného uhlí

- patří k nejstarším způsobům chemického zpracování dříví
- při zuhelnování dříví v milířích se získává jen dřevěné uhlí, a plynné a kapalné produkty pyrolýzy unikají do ovzduší a půdy
- to představuje značnou ekologickou zátěž, přičemž některé plynné exhaláty jsou jedovaté (formaldehyd, acetaldehyd, glyoxal, akrolein) a dehtový kondenzát obsahuje i látky karcinogenní (fenoly, benzopyren)
- využití tekutých derivátů bylo známo již v Egyptě při balzamování mrtvol protihnilobnými prostředky
- využití plyných složek je známo od roku 1798, kdy Francouz Lebon vyráběl ze dřeva svítiplyn

Výroba dřevěného uhlí

- **V současnosti se vyrábí téměř výhradně z tvrdého listnatého dříví, lze však vyrábět i z dříví jehličnatého.**
- **Produkt se liší měrnou hmotností, která je cca 1/4 hmotnosti dříví, ze kterého bylo vyrobeno. U uhlí z tvrdého listnatého dříví je to 180-220 kg/m³, a u uhlí z jehličnatého dříví 140-180 kg/m³.**
- **Z hlediska přepravní náročnosti proto bývala výroba dřevěného uhlí vhodným způsobem zužitkování dříví při kalamitách a v lesích dopravně nepřístupných, protože bylo snazší dopravovat dřevěné uhlí vyrobené v pasece, než dopravovat dříví.**

Dříví pro pálení dřevěného uhlí

- **má mít co nejméně suků**
- **nemá být napadeno hnilobou**
z důvodu nižší výtěžnosti, i proto, že uhlí ze dříví napadeného hnilobou dlouho žhne po vyjmutí z karbonizační pece, pomalu vychládá a často se samovolně vznítí
- **má být na vzduchu proschlé**
doporučuje se ponechat dříví vysychat na slunci a průvanu ve vysokých hraních nejméně půl roku po těžbě - při pálení v milířích se nechávalo vysychat dva roky i déle. Proces vysychání lze urychlit štípáním polen a zakrytím hrání

Průběh pyrolýzy dřeva

je rozdělován na 4 časová stádia:

1. 120-150°C

- **probíhá vysychání dřeva**
- **uvolňuje se vodní pára**
- **chemický rozklad**
je prakticky zanedbatelný
- **proces je endotermický**

2. 150-275°C

- dřevo tmavne, snižuje se jeho pevnost,**
- začínají jeho první chemické změny, uvolňují se plyny (hlavně CO₂ a CO) a organické kyseliny (hlavně kyselina octová)**
- proces je endotermický**

3. 275-380 (resp. 450°C)

- nastává bouřlivý exotermický rozklad dřeva a uvolňuje se hlavní podíl kondenzovatelných zplodin**
- proces je exotermický**

4. 380-500 (resp. 450 až 550°C)

- při nižších teplotách je rozklad dřeva téměř ukončen a "dobíhá" exotermická reakce.**
- při vyšších teplotách se produkty pyrolýzy dále štěpí a tepelnou energii je třeba dodat zvenčí**

- **Stádia nejsou přesně ohraničená a u jednotlivých způsobů pyrolýzy se mění i teplota do které probíhají.**
- **Obvykle se řízená pyrolýza vede do teploty 400 až 450°C, kdy má dřevěné uhlí obsah uhlíku cca 80 %.**

Způsoby výroby

- **Nejjednodušší způsob výroby dřevěného uhlí byl v jamách, cca 1 m hlubokých, v nichž bylo založeno otevřené ohniště a přikládáno stále nové dříví poté, kdy hořící ohniště přestalo kouřit. Po zaplnění jámy se ohniště pokrylo drny a zemí a nechalo 1-2 dny chladnout. Hoření tak probíhalo za přístupu vzduchu, proto byla výtěž dřevěného uhlí ze spáleného dříví malá.**

Jedná se o způsob ve světě stále užívaný!

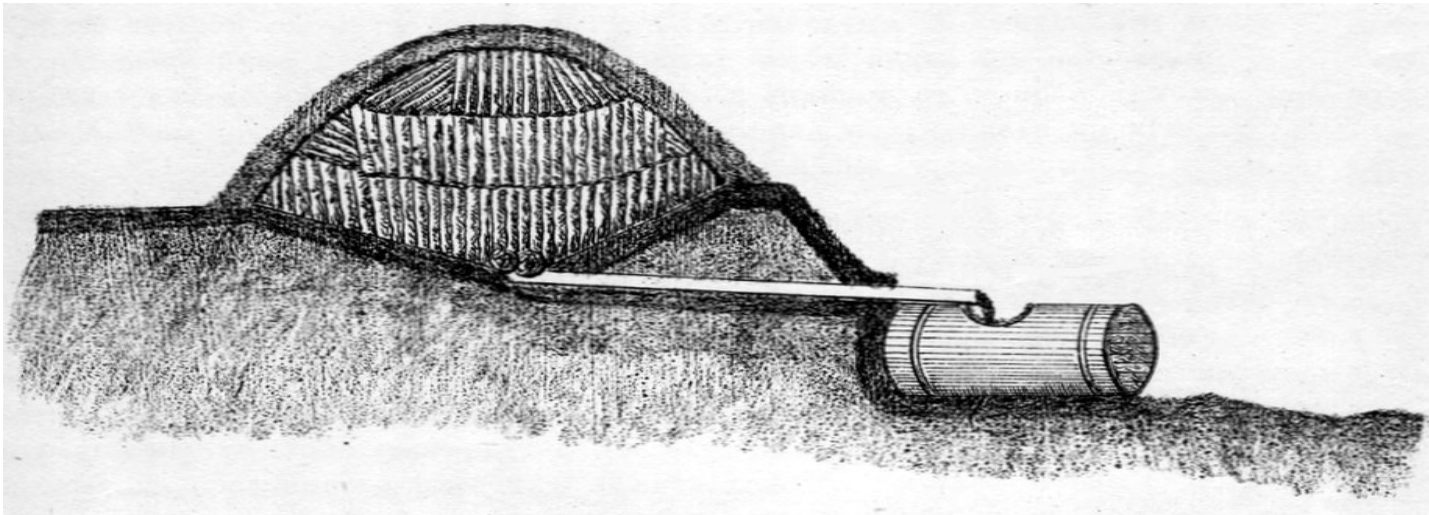
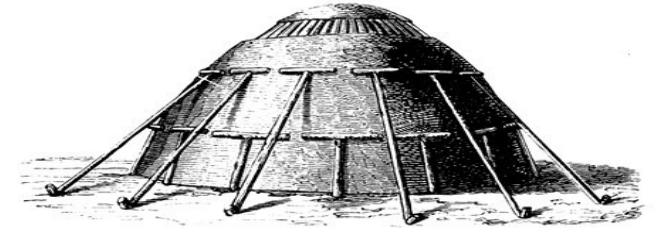
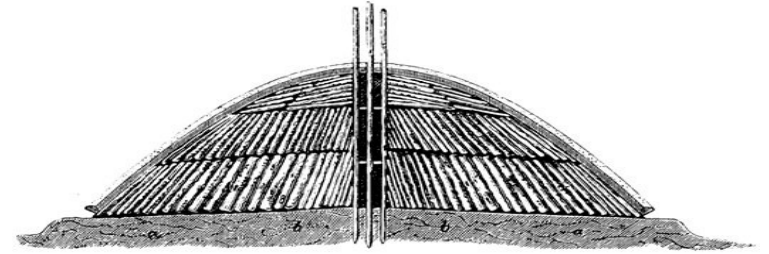
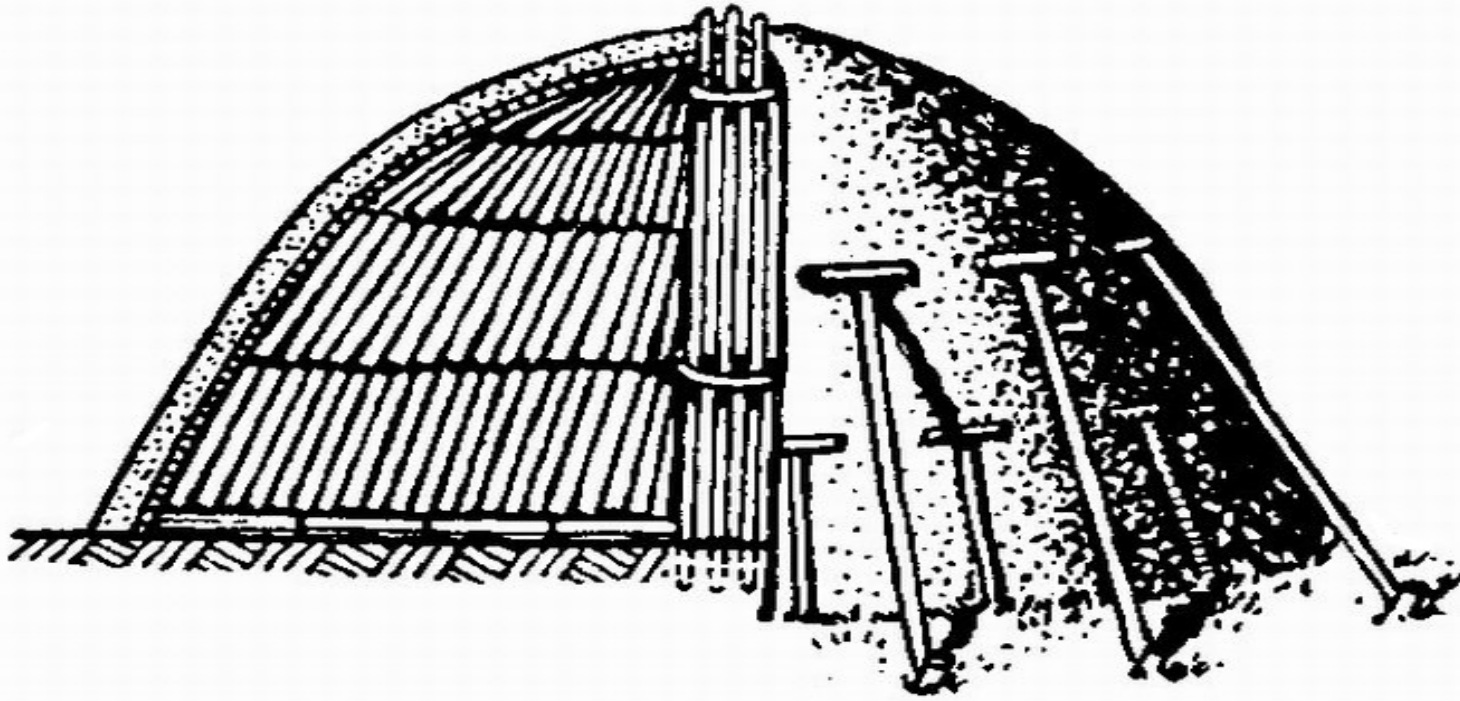


Pálení dřevěného uhlí v jamách



- **Vyšší výtěž dřevěného uhlí poskytuje výroba způsobu vytvářejícími redukční atmosféru, jako je pálení v milířích, karbonizačních pecích a v retortách.**
- **Zásadní rozdíl mezi nimi je ve způsobu dodávání tepla pro tepelný rozklad dříví. U milířů a karbonizačních pecí dodává teplo samo zuhelňované dřevo, zatímco u retort je teplo dodáváno zvenčí - zahříváním pláště retorty. Proto je retortové dřevěné uhlí chemicky nejčistší.**

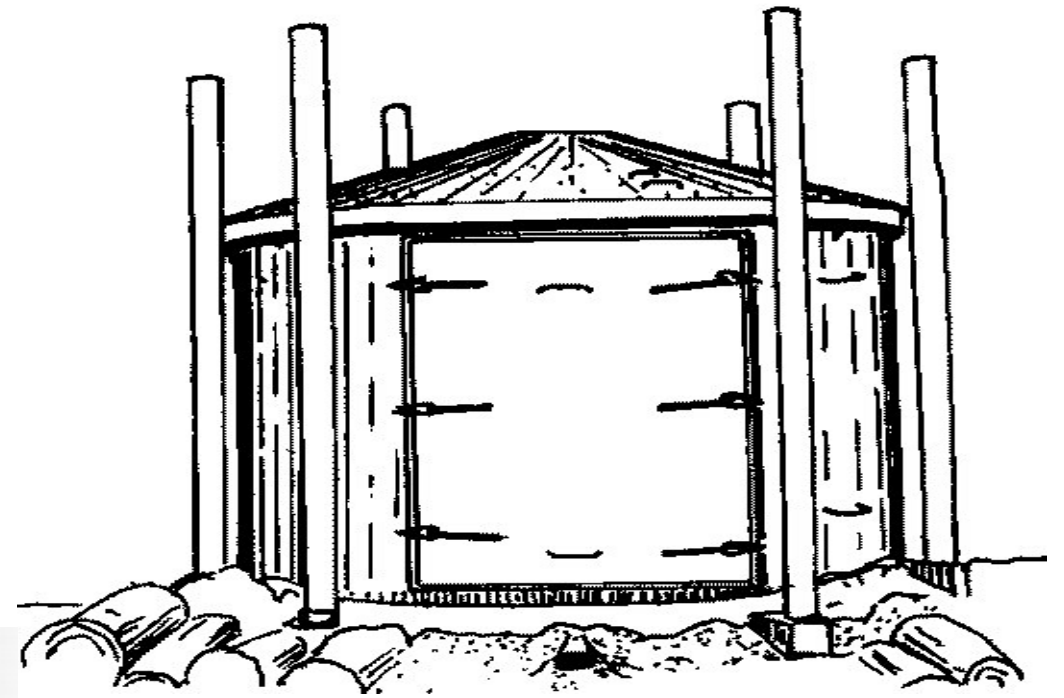
Milíře



Částečné
jímání
kapalných
zplodin



Karbonizační pece



- **V Evropě bylo typické pálení v milířích, hromadách 20-200 m³ dříví narovnaných do tvaru parabolického kuželu (nebo hranolu - ležaté milíře), pokrytých pokrývkou omezující přístup vzduchu.**
- **Milíře se stavěly v pasekách, nebo na uhlištích, kam se dříví dopravovalo. Uhliště byla dopravně přístupná, se zdrojem vody a s možností dočasného ubytování (milíř hoří několik dnů, po které musí být trvale pod dozorem i v noci). Výhodou opakované stavby milíře na stejném místě byla vyšší výtěžnost dřevěného uhlí, protože při každém novém "zauhlení uhelniště" dochází ke ztrátám ve výši 10 až 20 %.**













Ukázka pálení dřevěného uhlí pro veřejnost



VÝTĚŽ DŘEVĚNÉHO UHLÍ

Dřevina	Výtěž dřevěného uhlí (%)	
	hmotnostní	objemová
buk, dub	20 - 22	52 - 56
oříza	20 - 21	65 - 68
borovice	22 - 25	60 - 64
smrk	23 - 26	65 - 75
větve (nespecifikované)	19 - 22	38 - 48

**Pro hrubé kalkulace se uvažuje
s hmotnostní výtěží 25 % a objemovou 50 %.**

Pyrolýzou bukového dříví vznikají

(GOLDSTEIN, 1980)

nekondenzující plyny	CO, CO ₂	15,8%
vodní kondenzát	voda	26,7%
	kyselina octová	6,0%
	metanol	2,1%
	300 dalších látek aldehydy, ketony, kyseliny, dusíkaté látky, atd.	1,0%
dehtovitý kondenzát	fenoly, aromatické uhlovodíky	8,1%
dřevěné uhlí		33-35,0%

- **Plynné zplodiny pyrolýzy se odvádějí do chladičů, kde kapalné podíly kondenzují. Vzniká tak tekutý destilát, skládající se z vodné a dehtové frakce.**
- **Nekondenzovatelné plyny (CO_2 asi 45 %, CO asi 30 %, uhlovodíky metanové řady 17-22 %, vodík asi 2 % a nenasycené uhlovodíky asi 3 %) se mísí se vzduchem a spalují.**

Karbonizační pece

- se na území ČR používají více než šedesát let
- karbonizačních teplot se dosahuje mezi 16. až 26. hodinou po zapálení náplně, v závislosti na dřevině, tloušťce polen a vlhkosti dřeva
- Proces zuhelnňování lze kontrolovat podle dosažené teploty v horní části pece, kdy ke konci procesu může teplota dosahovat až 600°C

- **obsluhu ve srovnání s milířem zjednodušují regulovatelné přívody vzduchu ve spodní části pece, a kontrolní otvory ve víku pece**
- **výrobní kapacita pecí je relativně malá, a proto se používají ve skupinách**
(jedna pec se plní, ve druhé probíhá proces, třetí chladne a čtvrtá se vybírá)
- **mezi menšími vlastníky lesů jsou rozšířeny různé amatérské konstrukce mobilních karbonizačních pecí pro cyklický provoz**

Karbonizační pec „Kořán“



Karbonizační pec „Kořán“



kontrolní otvory
v horní části pece



přívody vzduchu
ve spodní části pece



Výroba v karbonizačních pecích



↑ Vysychající dříví

Plnění pece





Plnění pece



**Těsnění
dveří pece**



Vyskladnění pece





**Chlazení uhlí
na vzduchu**



Big bag



Uhlí na paletě

Uhliště



- **Ekopec firmy EKOMONTI je kovová pec s hmotností 2000 kg a vnitřním obsahem na 9-10 m³ dříví. Pracuje s výtěžností cca 100 kg uhlí z 1 m³ bukového dříví, a to při vysokém stupni požární bezpečnosti, vyšším stupni kultury a hygieny práce a zejména při ekologicky čistém provozu. Dehtové produkty pyrolýzy jsou zachycovány dnem pece, kondenzovatelné látky z plynné frakce jsou sráženy v kondenzátoru a jímány, a zbývající plynná frakce je spalována plynovým hořákem s katalyzátorem, který neutralizuje jedovaté produkty a exhalace CO sníží na méně než 20 % původního množství.**
- **Přesto není výroba dřevěného uhlí hygienicky zcela nezávadná, a proto nelze pece umisťovat a provozovat kdekoliv, ale jen se souhlasem hygienické služby.**



Ekopec



- **Podmínky výroby, dopravy, skladování a dodávek dřevěného uhlí specifikuje ČSN 66 8410 (Drevené uhlie).**
- **Existuje možnost samovznícení, proto musí být uhlí před pytlováním ponecháno 3-4 dny volně na vzduchu, je zakázáno vršit dřevěné uhlí na hromady vyšší 4 m, teplota uskladněného uhlí musí být kontrolována hloubkovými teploměry, a skladovací prostory musí být vybaveny zdrojem požární vody, případně i signalizačním zařízením.**

Dřevěné uhlí se třídí podle zrnitosti na sítích, a to obvykle do tří skupin:

- **uhlí kusové (nad 30 mm)**
- **uhlí drobné (10 až 30 mm)**
- **uhelný prach (pod 10 mm)
nazývaný též podsítná frakce**

Podle požadavku odběratele však mohou být doplněny i jiné velikostní frakce.



- **Při pálení uhlí z drobného odpadu a z jehličnatého dřeva vzniká velký podíl prachového uhlí, využitelného pro výrobu briket. Na rozdíl od dřevných briket je třeba při lisování briket z dřevěného uhlí přidávat pojivo. U dřevných briket přejímá funkci pojiva plastifikující lignín, který u dřevěného uhlí chybí. Při velkovýrobě briket z dřevěného uhlí se jako neškodné pojivo používá škrob, kterého se přidává od 6 do 9 objemových procent. Použitelné jsou i sulfidové výluhy a dehty. V dřívějších malovýrobách se používal jako pojivo popel po pálení dříví. Výsledný objem briket z dřevěného uhlí činí 1/4 z objemu materiálu vstupujícího do výroby dřevěného uhlí.**



Připálení dřevěného uhlí se nyní používá jak způsob cyklický, tak i kontinuální, např. v pecích francouzské firmy LAMBIOTTE.

Velkovýrobní technologie





GRILL

HOLZ

KOHLE

Garantiert nicht aus Tropenholz



Děkuji za pozornost.