

Obsah

1. Úvod	3
2. Zadání, metodika zpracování	3
3. Biouhel a pyrolýzní technologie – základní pojmy	5
O biouhlu	5
O pyrolýze	5
4. Přehled sériově vyráběných zařízení dostupných v EU.....	7
Carbonauten.....	7
Pyreg.....	10
Polytechnik	13
Stiesdal	15
3R-BioPhosphate Ltd.	17
Aqua Green.....	19
Pyronet	21
Syncraft.....	23
Biogreen / Vow	24
BIOMACON	26
Carbo Force	27
Carbofex Oy	29
Carbon Technik Schuster	30
Next Generation Elements	31
3R Systems.....	33
Airex Energy.....	34
Eqtec	35
Xylergy	36
Haffner Energy.....	37
MASH Makes	38
Meva Energy	39
PyroCore	40
SOLER Group.....	41
Doplnění – světová scéna	43
Závěrečné zhodnocení kapitoly	43
5. Trendy a perspektivy ve vývoji pyrolýzních zařízení	43
Customizace.....	43

Modularita	44
Kombinace benefitů	44
6. Příklady fungujících pyrolýzních zařízení v Evropě	45
Helsingborg, Švédsko	45
Darmstadt, Německo	46
Stockholm, Švédsko	47
Innsbruck, Rakousko	49
Helsinky, Finsko	50
Spolupráce Bratislavy se soukromou firmou Biograda	52
7. Rešerše provozů výroby biouhlu v ČR a SR	55
Dr.Uhli	55
Equidomus	56
Preol Lovosice	57
ČOV Trutnov	58
Biograda	58
Závěrečné shrnutí	59
8. Legislativa a předpisy v ČR ve vztahu k biouhlu a pyrolýze	59
Legislativa vztahující se na energetické zdroje	59
Legislativa vztahující se k biouhlu	60
Legislativa vztahující se na odpady	61
Závěrečné shrnutí	61
9. Problematika zpracování odpadu z nábytku na biouhel	61
Biouhel a cirkulární ekonomika	61
Biouhel z nábytku	62
Výroba biouhlu z palet a homogenního nábytku	63
Závěrečné shrnutí	63
10. Uhlíkové kredity	64
Úvod do offsetů a uhlíkových kreditů	64
Uhlíkové kredity z biouhlu a jejich cena v porovnání s ostatními kredity	65
Proces nákupu a prodeje uhlíkových kreditů z biouhlu	66
Proces získání certifikátu – příklad metodiky Puro.Earth	67
Závěrečné shrnutí	69
11. Závěry a doporučení pro město Praha	70
12. Přílohy	73

1. Úvod

Představitelé hlavního města Prahy jsou si vědomi postupující globální klimatické změny a konkrétních a nepřehlédnutelných dopadů, které klimatická změna má na město a jeho obyvatele. Jedním z důležitých dokumentů, který toto řeší, je Strategie adaptace hl. m. Prahy na klimatickou změnu (tzv. Adaptační strategie) a na ni navazující Implementační plán na roky 2020-2024.

Strategický důraz je kladen na ekosystémově založená opatření, hospodaření s dešťovou vodou, odolnou a funkční zeleň, krizové řízení a další priority. Zároveň si je Praha vědoma svého vlastního příspěvku k emisím skleníkových plynů a analyzuje možnosti snižování své environmentální stopy. Slibným a v praxi opakovaně osvědčeným materiálem jak pro prvky modro-zeleno-šedé infrastruktury tak pro ukládání uhlíku je **biouhel** (někdy též *biochar*). Zpracování předkládané rešerše je důsledkem snahy Prahy zmapovat možnosti vlastní produkce biouhlu. Rešerše se soustředí na mapování dostupných zařízení na výrobu biouhlu a přináší tak v rámci ČR poprvé ucelený pohled na tuto problematiku.

BIOCHAR MOVES CARBON TO WHERE IT IS NEEDED¹

2. Zadání, metodika zpracování

Předložená rešerše je zpracována na základě zadání a objednávky Magistrátu hlavního města Prahy z března 2025.

Hlavním cílem této rešerše bylo vyhledat a identifikovat firmy dodávající průmyslové a praxí ověřené technologie na výrobu biouhlu. Současně bylo nutné doplnit kontext, právní rámec, příklady existujících provozů a další fakta a informace postihující širší problematiku.

Zde je nutné podotknout, že téma výroby, zpracování a využití biouhlu je velmi živé a rychle se vyvíjí. Rešerše je tedy předkládána s vědomím, že obsahuje informace dostupné k červnu 2025. V případě delšího časového odstavu bude žádoucí informace ověřovat. Za tímto účelem jsou důsledně uváděny použité zdroje a citace.

Vyhledávání firem dodávajících technologie na výrobu biouhlu

Pro identifikaci relevantních firem byly využity následující tři klíčové zdroje:

- **Biochar Zero**² je německá poradenská společnost specializující se na rozvoj projektů v oblasti biouhlu. Na svých webových stránkách nabízí nástroje pro vyhledávání výrobců a dodavatelů technologií na výrobu biouhlu. K dubnu 2025 zde bylo uvedeno 82 firem z celé Evropy, zahrnujících výrobce a prodejce biouhlu, technologických zařízení a konzultačních služeb.
- **European Biochar Certificate (EBC)**³ je evropský certifikační systém, který zajišťuje udržitelnou výrobu, zpracování a využití biouhlu. Byl vyvinutý Ithaka Institutem a je spravovaný společností Carbon Standards International. EBC stanovuje vědecky podložené

¹ <https://biochar-international.org/why-biochar/>

² <https://biochar-zero.com/producer-finder/>

³ <https://www.european-biochar.org/en/companies>

standardy pro kvalitu biouhlu, sledování emisí a udržitelnost výrobních procesů. Certifikace EBC je dobrovolná, avšak v některých zemích, jako je Švýcarsko, je povinná pro biouhel určený pro zemědělské využití. Na jejich webu bylo k dubnu 2025 uvedeno 93 evropských firem zabývajících se biouhlem, včetně výrobců technologií, výrobců biouhlu a konzultačních firem.

- **European Biochar Market Report 2022/2023⁴**, vydávaná **European Biochar Industry Consortium (EBI)**, poskytuje přehled o stavu a vývoji trhu s biouhlem v Evropě. EBI je nezisková organizace podporující rozvoj sektoru biouhlu, která sdružuje desítky členů z řad výrobců technologií, provozovatelů zařízení, výzkumných institucí a dalších zainteresovaných subjektů v oblasti biouhlu. Ze zprávy vydané pro roky 2022/23 bylo identifikováno 20 firem specializujících se na výrobu a prodej technologií na biouhel.

Některé firmy se vyskytovaly ve dvou nebo i ve všech třech zdrojích. Ve výsledku se tak jednalo o 131 firem, které byly projity. U těch, jejichž webové stránky jasně uváděly, že nabízejí technologie na výrobu biouhlu, nebo kde to nebylo zcela zřejmé, ale existovala pravděpodobnost, že se výrobou technologií zabývají, byly kontaktovány e-mailem. Plné seznamy posuzovaných firem nejsou kvůli rozsahu součástí této rešerše a jsou k dispozici u zpracovatele.

Celkem bylo takto osloveno 39 firem, jejichž výčet je uveden v přílohách. V e-mailu byla přiložena jednotná tabulka (také ukázána v přílohách) s žádostí o její vyplnění. Tato tabulka obsahovala technické parametry zařízení na výrobu biouhlu a byla navržena tak, aby umožnila následné srovnání jednotlivých technologií mezi sebou.

Na základě této iniciativy bylo získáno osm relevantních odpovědí (od společností: **Carbonauten; Pyreg; Stiesdal; Aqua Green; Pyronet; Syncraft; Polytechnik; 3R-BioPhosphate Ltd.**), které posloužily jako podklad pro vypracování kapitoly věnované *sériově vyráběným technologiím dostupným v Evropě*. Část oslovených firem odpověděla s tím, že se na prodej technologií nezaměřují a od některých odpověď ani po urgenci nedorazila.

Na webových stránkách **Biochar zero** a v prezentaci **European Biochar Market Report 2022/2023** bylo explicitně uvedeno dalších 16 firem prodávajících technologii na výrobu biouhlu (**3R Systems GmbH; Airex energy; Biogreen/Vow; Biomaccon; Carbo Force; Carbofex; CTS (Carbon Technik Schuster); Eqtec; GreenWin/XYLERGY; Haffner energy; Mash makes; Meva energy; NGE; Perpetual next; PyroCore; Soler/Carbonex**). Tyto firmy neodpověděly na email, a tak byly jejich stránky znovu projity. Tyto firmy byly následně stručně popsány v kapitole o *sériově vyráběných technologiích dostupných v Evropě* a když se podařilo dohledat prospekty k jimi nabízeným technologiím, byl přepsán do unifikované tabulky používané v této rešerši a rovněž zařazen do kapitoly.

Vyhledávání příkladů municipalit vyrábějících vlastní biouhel

Součástí rešerše bylo také hledání příkladů municipalit, které si samy vyrábějí biouhel. Původně bylo cílem identifikovat tyto příklady v rámci již zmíněného seznamu 131 firem. Tímto způsobem se však podařilo nalézt pouze několik málo případů, které nebyly dostatečně reprezentativní. Dotaz na spolupracující municipality byl rovněž zahrnut v e-mailech rozeslaných 35 firmám, ale ani z těchto odpovědí se nepodařilo získat dostatek relevantních informací pro sestavení samostatné kapitoly o municipalitách.

Z tohoto důvodu bylo přistoupeno k doplňkovému způsobu vyhledávání pomocí klíčových slov ve vyhledávači Google. Tato fáze rešerše probíhala do doby, než byly nalezeny přibližně čtyři

⁴ <https://www.biochar-industry.com/market-overview/>

reprezentativní příklady municipalit, jak bylo předem dohodnuto se zadavatelem řešerše. V průběhu řešerše se podařilo dohledat další dvě inspirativní municipality, a tak po konzultaci se zadavatelem, ve výsledku tato kapitola zahrnuje popis šesti municipalit vyrábějící si vlastní biouhel.

3. Biouhel a pyrolýzní technologie – základní pojmy

O biouhlu

Definici biouhlu stanovila Evropská nadace pro biouhel (European Biochar Foundation) takto: **Biouhel je porézní uhlíkatá látka vyrobená tepelným rozkladem organické hmoty a využítá tak, že obsažený uhlík zůstává dlouhodobě uložen nebo v průmyslové výrobě nahrazuje fosilní uhlík. Biouhel není určen jako palivo.**⁵

Biouhel vykazuje určité klíčové vlastnosti, které jej odlišují od jiných produktů podobného vzhledu či složení: vysoký obsah uhlíku, velký aktivní povrch, pórovitost, nízká objemová hmotnost sušiny, stabilita (odolnost proti rozkladu), vodní kapacita, zadržování (retence) živin a další. Podrobněji jsou vlastnosti biouhlu zmiňovány např. na webu Cirkus C⁶.

Protože biouhel obsahuje velké množství stabilního uhlíku, je považován za perspektivní způsob boje proti klimatické změně. Uhlík je v biouhlu stabilizován díky vysokým teplotám, a proto podléhá dalšímu rozkladu jen velmi pozvolna.

Stručně řešeno tedy biouhel pomáhá jak v půdě (zadržováním vody, podporou půdního života) tak zamezuje emisím skleníkových plynů jako je CO₂ nebo metan.

O pyrolýze

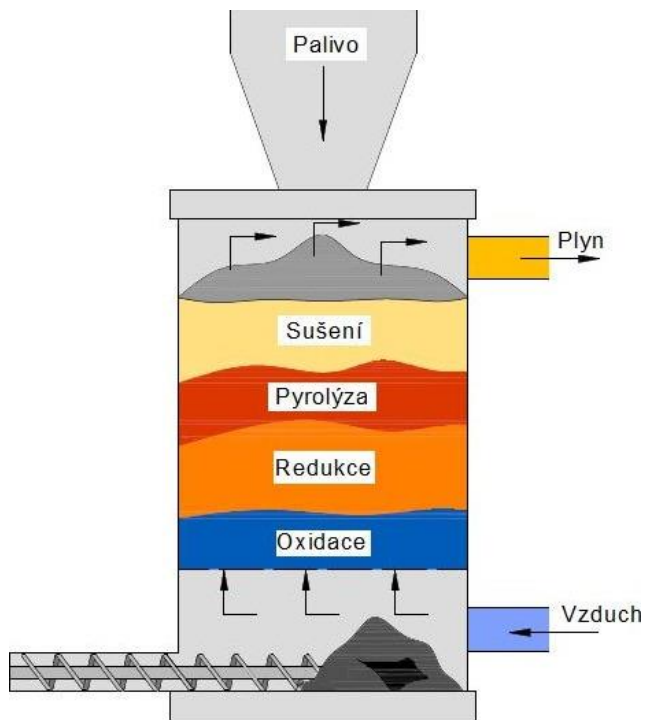
Biouhel vzniká tepelným rozkladem biomasy bez přístupu kyslíku (pyrolýza). Jde o tzv. nedokonalé spalování. Nedokonalost spočívá v tom, že biomasa nemá při hoření dostatek kyslíku, takže v ní obsažený uhlík nemůže být zoxidován a dokonale spálen na popel.

Existuje bezpočet metod a způsobů výroby biouhlu. Základní princip zahřívání za nedostatku kyslíku je však vždy zachován. Velmi přehledně a srozumitelně o tom hovoří např. web TZB-info.⁷ Odtud také pocházejí následující schémata dvou nejčastěji používaných pyrolýzních reaktorů (soproudý a protiproudý).

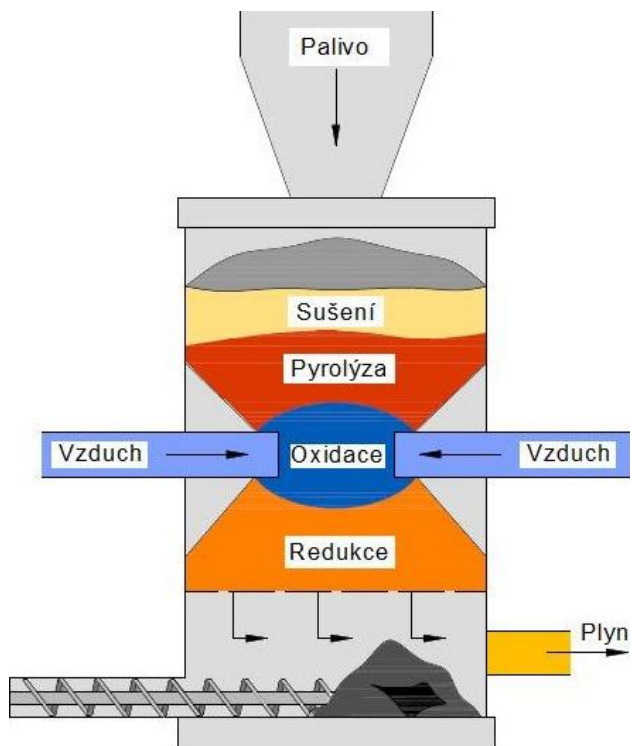
⁵ EBC (2012–2022) 'European Biochar Certificate - Guidelines for a Sustainable Production of Biochar.' European, Biochar Foundation (EBC), Arbaz, Switzerland. (<http://european-biochar.org>). Verze 10.0 z 1. 1. 2022.

⁶ <https://www.cirkusc.cz/co-je-biouhel-vlastnosti-vyuziti/>

⁷ <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-pevnymi-palivy/13729-zplynovani-principy-a-reaktory>



Protiproudý pyrolýzní reaktor



Souproudý pyrolýzní reaktor

4. Přehled sériově vyráběných zařízení dostupných v EU

Tato kapitola přináší ucelený přehled existujících pyrolýzních zařízení vyráběných v evropském prostoru a použitelných pro výrobu biouhlu. Podmínkou pro zařazení do této kapitoly bylo:

- průmyslové měřítko výrobního zařízení, toto kritérium bylo vyhodnoceno případ od případu odborným odhadem
- probíhající výroba těchto zařízení s alespoň jednou fungující realizací
- dostupnost relevantních informací na webu nebo emailovým kontaktem.

Kapitola mapuje stav zhruba v půlce roku 2025.

Carbonauten

Společnost Carbonauten GmbH je německá firma sídlící v Giengen an der Brenz, která představuje průkopnický přístup k dekarbonizaci průmyslu prostřednictvím modulárních a decentralizovaných továren. Tyto továrny využívají vlastní technologii pyrolýzy, která přeměňuje dřevní zbytky na technický biouhel, pyrolýzní oleje a syntézní plyn. Výsledné produkty slouží jako základ pro výrobu, CO₂-negativních materiálů, označovaných jako NET Materials, které nacházejí uplatnění v zemědělství, stavebnictví, chemickém průmyslu a energetice. Firma se specializuje na výstavbu celých fabrik a nenabízí nákup pouze pyrolýzní technologie.

Technologický koncept a provozní parametry

Každý modulární soubor hal je navržen pro zpracování přibližně 24 000 tun dřevní biomasy ročně, což vede k produkci 8 000 tun biouhlu a 8 000 tun pyrolýzního oleje. Továrny jsou provozovány v standardním fondu 8 000 hodin ročně, přičemž generují tepelný výkon 4 MW. Proces pyrolýzy je možný v těchto zařízeních regulovat v teplotním rozsahu 400 až 700 °C.

Konkrétní parametry technologie jsou vidět níže v tabulce.

Modulární konstrukce továren umožňuje snadnou montáž, demontáž a rozšiřování podle potřeby. Nejmenší konfigurace se skládá ze dvou hal spojených protipožární stěnou, zabírajících plochu přibližně 10 000 m². Výstavba takové továrny trvá obvykle 12 až 18 měsíců od schválení projektu. Denně se předpokládá provoz 4 až 6 nákladních automobilů na jeden soubor hal.



Realizace projektů

Jediná realizace pyrolýzního závodu se nachází v Eberswaldu v Německu. Tento závod slouží jako výzkumné centrum. Tento provoz spolupracuje s Deutsche Bahn a vytvářejí plastové komponenty do vlaků s obsahem biouhlu. Podle dostupných zdrojů se od roku 2023 firma podílí na výstavbě továrny v Chibi v Číně. Mělo by jít o největší továrnu produkující biouhlu na světě.

ZDROJE: <https://carbonauten.com/> + zaslané podklady

Parametry pyrolýzní jednotky

	minus CO2 factory	Jednotky
Popis zařízení	Vsázkový reaktor s přímým ohřevem a spalováním paliva. Jde o ucelené řešení včetně pomocných systémů.	
Kontinuální/ vsázkový typ	Vsázkový	
Délka cyklu	6 až 8	h
Typ paliva	dřevní štěpka, pelety	
Maximální vlhkost paliva	20	%
Pomocný výkon	50	kW
Přísun pomocného paliva	-	kg/h
Poměr vstupního dřeva k vyrobenému biouhlu	3:1	kg/kg
Množství vyrobeného biouhlu	1 000	kg/h
Cena jednotky	5 000 000	€
Tepelný výkon	4 000	kW
Elektrický výkon	-	kW
Nároky na obsluhu	20	osob
Zástavbový prostor	3 200	m ²
Pracovní fond	8 000	h

Produktce biouhlu z odpadového dřeva	Ano	
Produktce biouhlu z čistírenských kalů	Ne	
Případy zařízení v provozu	Eberswalde, Německo	
	Chibi, Čína (plánovací fáze)	

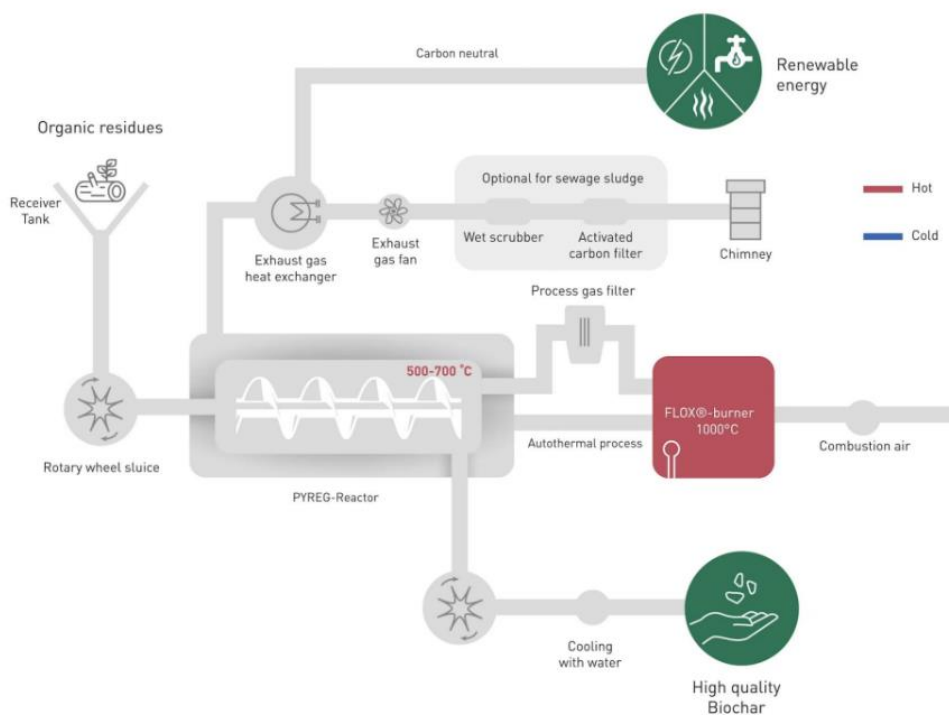
Pyreg

Společnost PYREG GmbH, se sídlem v Dörthu v Německu, je předním výrobcem modulárních pyrolýzních zařízení, která přeměňují organický odpad na vysoce kvalitní biouhel a obnovitelnou energii. Od svého založení v roce 2009 nainstalovala více než 50 zařízení po celém světě, která ročně odstraní přibližně 30 000 tun CO₂ a vyprodukují 75 GWh obnovitelné energie, což odpovídá roční spotřebě přibližně 5 000 domácností. Jsou také držitelé EBC certifikátů.

Technologický koncept a provozní parametry

Jejich portfolio nabízí tři technické provedení pyrolýzní jednotky pro zpracování dřevních materiálů a dvě technické řešení pro zpracování čistírenských kalů. Technologie PYREG je založena na autotermickém karbonizačním procesu, který probíhá při teplotách mezi 500 a 750 °C za omezeného přístupu kyslíku. Tento proces generuje tepelnou energii, kterou je následně možné využít v dalších procesech. Modulární zařízení PYREG, jako jsou modely PX500 a PX1500, jsou navržena pro snadnou integraci do stávající infrastruktury a materiálových toků. Oproti tomu model PX6000 je vhodnější pro realizaci nového projektu.

Konkrétní parametry jednotlivých technologií jsou vidět v tabulkách XXX viz příloha XXX.



Realizace projektů

Technologie PYREG byla realizována na více než 50 místech po celém světě. Největší projekt v Německu je v Grevesmühlenu, kde dvě jednotky PX1500 odstraňují 3 200 tun CO₂ ročně a vyrábějí teplo pro dálkové vytápění. Dalším velkým zařízením je chystaný projekt v Bochumi se čtyřmi jednotkami, které pokryjí potřeby 26 000 domácností. Ve švýcarské Basileji je nasazena jedna jednotka PX1500 ve spolupráci s energetickou společností IWB, kde produkuje 550 tun biouhlu a 1,5 GWh tepla ročně. Ve Velké Británii vzniká v Royal Wootton Bassett největší britská instalace s plánovaným odstraněním 17 000 tun CO₂ ročně. V USA se technologie používá v Maine ve spolupráci se Standard Biocarbon a v Pittsburghu s firmou Orbital Biocarbon. Ve švédském Hammenhöggu ji

provozuje firma Skånefro AB, na Tchaj-wanu byla jednotka PX500S instalována pro společnost TCHAR a v australském Sydney jsou instalovány dvě jednotky PX1500-S v rámci projektu Riverstone WRRF pod Sydney Water. Další instalace existují také v Číně a v menších německých městech jako Unkel, Lorsbach a Kleve, kde zařízení zpracovávají čistírenské kaly.



ZDROJE: <https://pyreg.com/> + zaslané podklady

Parametry pyrolýzní jednotky

	PX500	PX1500	PX6000	PX500 SH	PX1500 SH	Jednotky
Kontinuální/ vsázkový typ	kontinuální	kontinuální	kontinuální	kontinuální	kontinuální	
Délka cyklu	-	-	-	-	-	h
Typ paliva	štěpka/zem. zbytky	štěpka/zem. zbytky	štěpka/zem. zbytky	čistírenské kaly	čistírenské kaly	
Maximální vlhkost paliva	-	-	-	-	-	%
Pomocný výkon	12,00	38,00	120,00	16,00	48,00	kWh
Přísun pomocného paliva	elektřina	elektřina	elektřina	elektřina	elektřina	kWh
Poměr vstupního dřeva k vyrobenému biouhlu	2,5:1	2,5:1	2,5:1	10:1	10:1	kg/kg
Množství vyrobeného biouhlu	380	900	4000	670	1900	t/rok
Cena jednotky	-	-	-	-	-	€
Tepelný výkon	500	1500	6000	200	575	kW
Elektrický výkon	-	-	-	-	-	kW
Nároky na obsluhu	-	-	-	-	-	osob
Zástavbový prostor	72	91	294	72	91	m ²
Pracovní fond	8 000	8000	8000	7000	7000	h
Produkce biouhlu z odpadového dřeva	Ano	Ano	Ano	Ne	Ne	

Produkcce biouhlu z čistírenských kalů	NE	Ne	Ne	Ano	Ano	
Případy zařízení v provozu	BIONERO GMBH, Thurnau, Německo	STANDARD BIOCARBON, Maine, USA	NOVOCARBO Grevesmühlen, Německo	WWTP LORSBACH, Abwasserzweckverband Main-Taunus, Německo	WWTP KLEVE, Umweltbetriebe der Stadt Kleve AöR Kleve, Německo	

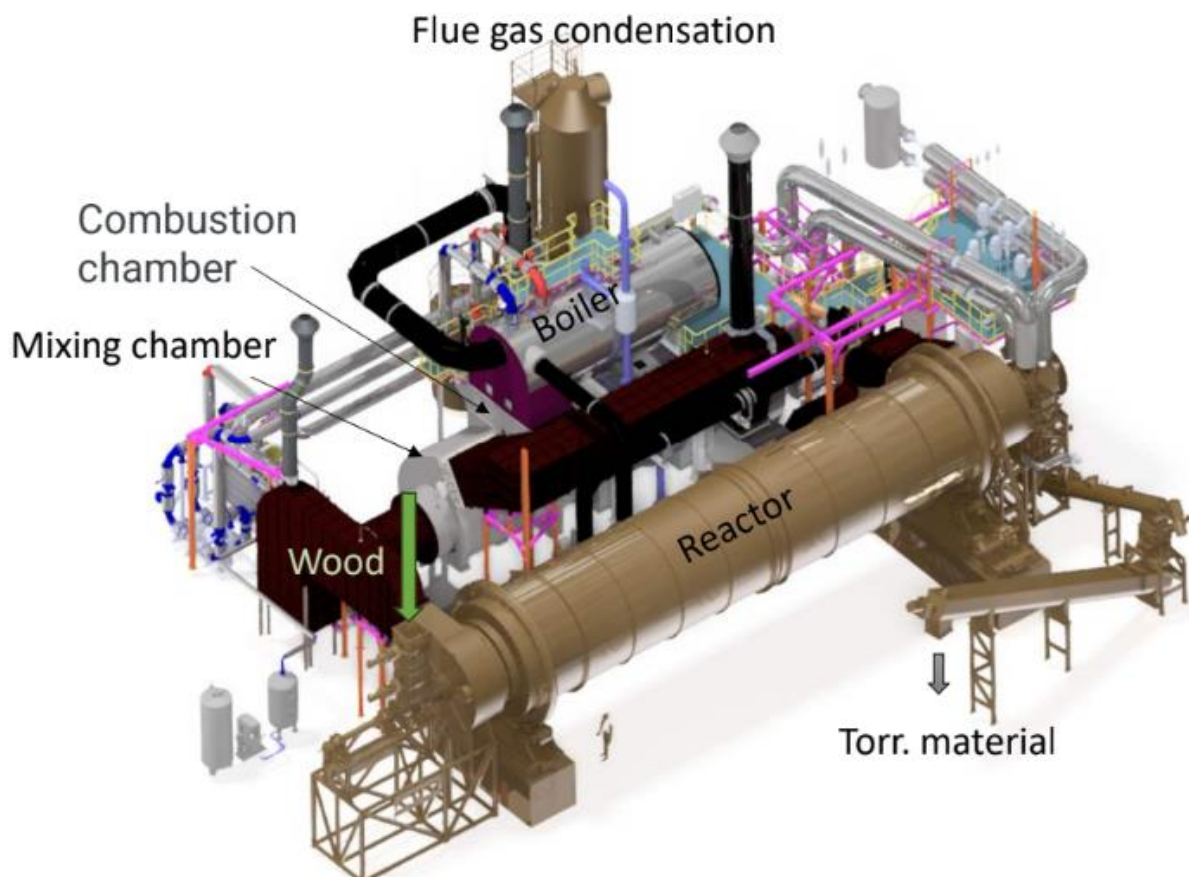
Polytechnik

Společnost Polytechnik Luft – und Feuerungstechnik GmbH je rakouský výrobce technologií pro energetické využití biomasy s více než 60letou historií a více než 3000 referenčními projekty ve více než 25 zemích. V posledních letech přišli také s pyrolýzní technologií pro výrobu biouhlu. Firma se specializuje na technologie torrefakce a karbonizace biomasy, které umožňují efektivní využití organických zbytků k výrobě uhlíkatých produktů a obnovitelné energie.

Technologický koncept a provozní parametry

Torrefakce, označovaná jako „lehké pražení“, probíhá při teplotách do 300 °C a vede k výrobě materiálu s výhřevností kolem 20–23 MJ/kg a obsahem uhlíku přibližně 50–60 %. Naopak karbonizace („tmavé pražení“) probíhá při vyšších teplotách nad 300 °C a produkuje vysoce karbonizovaný materiál s výhřevností až 30 MJ/kg a obsahem uhlíku přes 75 %. Polytechnik tyto procesy zvládá v plně automatizovaných zařízeních, která zahrnují kroky jako sušení, plnění retort, předehřev, karbonizaci, chlazení a finální zpracování produktů. Technické řešení Pyrolýzní fabriky je komplexní provoz využívající kontinuální produkci biouhlu díky rotačnímu reaktoru. Polytechnik využívá širokou škálu surovin – od dřevních štěpek, pilin a odpadního dřeva až po kokosová vlákna, slupky a další zemědělské zbytky. Její zařízení lze propojit s kogeneračními jednotkami typu ORC pro současnou výrobu tepla a elektřiny. Celý provoz je automatizovaný, s možností vzdáleného řízení.

Ze zaslaných podkladů nejsou jasné přesnější technické specifikace pyrolýzního zařízení, a proto tato technologie nemá vlastní tabulku specifikací.



Realizace projektů

Od roku 2016 provozuje Polytechnik pilotní závod na karbonizaci v Německu s roční kapacitou 3 000 tun. Jde o první plně automatizovanou stanici na světě, která díky vysoké účinnosti odstraňuje z atmosféry více než 10 000 tun CO₂ ročně. Firma má aktuálně rozpracovaný projekt průmyslového závodu pro metalurgický průmysl s kapacitou 15 000 tun ročně. Co se týče torrefakce, Polytechnik právě uvádí do provozu největší evropskou torrefikační linku ve Finsku s roční kapacitou 60 000 tun, zaměřenou na zpracování dřevní biomasy. Ve fázi projektování je rovněž srovnatelný závod v Německu, určený pro cementářský průmysl. Od roku 2009 navíc firma provozuje výzkumný torrefikační závod v Rakousku, kde testovala široké spektrum různých biomas.

ZDROJE: <https://polytechnik.com/en/> + zaslané podklady

Stiesdal

Společnost Stiesdal A/S je dánská klimatická technologická firma založená v roce 2016 zaměřující se na vývoj a komercializaci inovativních řešení pro zmírnění změny klimatu. Dceřiná společnost Stiesdal Fuel Technologies vyvinula technologii SkyClean, která představuje inovativní řešení pro dekarbonizaci zemědělství a průmyslu prostřednictvím výroby biouhlu a obnovitelných paliv. Tato technologie kombinuje pyrolýzu organického odpadu s produkcí bioenergie, čímž umožňuje efektivní zachycování a ukládání uhlíku.

Technologický koncept a provozní parametry

SkyClean využívá pyrolýzní proces, při kterém se organický odpad zpracovává při teplotách kolem 600 °C bez přístupu kyslíku. Standardní jednotka SkyClean má kapacitu 20 MW a je schopna zpracovat přibližně 40 000 tun suché biomasy ročně, což vede k produkci až 15 000 tun biouhlu. Tento biouhel je certifikován podle evropského standardu European Biochar Certificate (EBC), což zaručuje jeho vysokou kvalitu a bezpečnost pro použití v zemědělství. Tato technologie je navržena jako modulární a plně automatizovaná, což umožňuje její snadné škálování a integraci do stávajících energetických systémů. Díky své flexibilitě může zpracovávat širokou škálu organických materiálů, včetně zemědělských zbytků, dřevní biomasy a digestátu z bioplynových stanic.

Konkrétní parametry technologie jsou zřejmé z tabulky, viz níže.



Realizace projektů

Společnost Stiesdal A/S realizovala tři klíčové projekty v oblasti výroby biouhlu pomocí technologie SkyClean. Prvním bylo 200kW testovací zařízení v Risø, které ověřovalo funkčnost systému. Následovalo 2MW pilotní zařízení v GreenLabu ve Skive, zaměřené na zpracování slámy a kombinaci s výrobou zeleného vodíku. Největší realizací je 20MW komerční jednotka ve Vrå, otevřená v roce 2024, která zpracovává 40 000 tun biomasy ročně a produkuje až 14 000 tun biouhlu. Projekty demonstrují škálovatelnost a praktické využití SkyClean technologie v energetice a zemědělství.

ZDROJE: <https://www.stiesdal.com/> + zaslané podklady

Parametry pyrolýzní jednotky

	SkyClean	Jednotky
Popis zařízení	Kontinuální pyrolýzní jednotka produkující biouhel a pyrolýzní plyn v plně automatizovaném řešení	
Kontinuální/ vsázkový typ	Kontinuální	
Délka cyklu	-	h
Typ paliva	Pelety průměru 6 až 10 mm	
Maximální vlhkost paliva	14	%
Pomocný výkon	530	kW
Přísun pomocného paliva	elektřina	kWh
Poměr vstupního dřeva k vyrobenému biouhlu	4:1	kg/kg
Množství vyrobeného biouhlu	1 075	kg/h
Cena jednotky	-	€
Tepelný výkon	20 000	kW
Elektrický výkon	-	kW
Nároky na obsluhu	-	osob
Zástavbový prostor	375	m ²
Pracovní fond	8 000	h
Produkce biouhlu z odpadového dřeva	Ano	
Produkce biouhlu z čistírenských kalů	Ano	
Případy zařízení v provozu	Vrã, Dánsko Skive, Dánsko	

3R-BioPhosphate Ltd.

3R-BioPhosphate Ltd. je maďarská společnost zaměřená na výrobu biouhlu a recyklaci fosforu prostřednictvím své patentované technologie 3R Zero Emission Pyrolysis & Phosphorus Recovery. Tato technologie představuje unikátní termochemický proces založený na pyrolýze zvířecích kostí, který umožňuje současnou produkci biouhlu (ve formě kostního uhlí) a bezpečných organických hnojiv bohatých na fosfor, bez emisí a odpadů.

Technologický koncept a provozní parametry

Základní surovinou jsou vedlejší živočišné produkty potravinářské kvality, zejména hovězí kostní moučka, která je již předzpracována při teplotě 133 °C po dobu 20 minut při tlaku 3 bary. Následně je v zařízení 3R podrobena karbonizaci při vysoké teplotě až 850 °C, což zajišťuje úplné odstranění všech organických a proteinových složek. Tento biouhel je díky vysoké porositě a čistotě vhodný nejen jako hnojivo, ale i pro environmentální aplikace, např. jako adsorbent. Technologie 3R má kapacitu až 20 800 tun vstupní suroviny ročně a vyrábí biouhel bohatý na fosfor.

Ze zaslaných podkladů nejsou jasné technické specifikace pyrolýzního zařízení, a proto tato technologie nefiguruje v tabulkách specifikací.



Realizace projektů

Společnost 3R-BioPhosphate Ltd. provozuje moderní pyrolyzní zařízení v západním Maďarsku, kde zpracovává biologický odpad, zejména živočišné kosti a biomasu, na certifikovaný biouhel a organické hnojivo bohaté na fosfor (ABC BioPhosphate). Zařízení je plně bezemisní a energeticky soběstačné. Firma se rovněž aktivně zapojuje do evropských projektů, jako jsou REFERTIL, NUTRIMAN nebo Waste4Soil, které se zaměřují na recyklaci živin, vývoj standardů pro biouhel a zlepšování zdraví půdy.

ZDROJE: <https://biophosphate.net/> + zaslané podklady

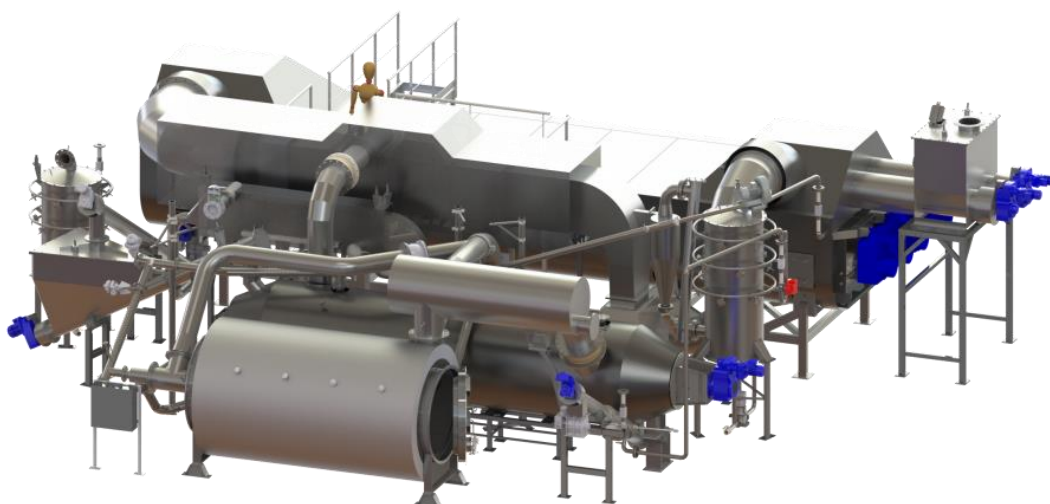
Aqua Green

Společnost AquaGreen ApS je dánská firma se sídlem v Roskilde, která se specializuje na inovativní řešení pro zpracování mokré biomasy, zejména čistírenských kalů, prostřednictvím své patentované technologie HECLA. Tato technologie kombinuje parní sušení a pyrolýzu v jednom integrovaném systému, který umožňuje přeměnu odpadní biomasy na obnovitelnou tepelnou energii a stabilní biouhel, přičemž eliminuje škodlivé látky a snižuje emise skleníkových plynů. Technické řešení systému HECLA nabízí 2 verze velikosti technologie.

Technologický koncept a provozní parametry

Proces HECLA zahrnuje sušení biomasy pomocí přehřáté páry při teplotě 200 °C, následované pyrolýzou při 650 °C po dobu 20 minut v prostředí bez přístupu kyslíku. Tímto způsobem se organické látky rozkládají na pyrolýzní plyn, který je spalován pro zajištění energetické soběstačnosti procesu, a na pevný zbytek – biouhel. Technologie AquaGreen je plně automatizovaná a kontinuální, což umožňuje zpracování různých typů biomasy s obsahem sušiny mezi 18–28 % bez potřeby externí energie. Systém využívá více než 100 senzorů pro optimalizaci provozu a může být vzdáleně monitorován, což minimalizuje potřebu lidské obsluhy.

Konkrétní parametry technologie jsou vidět v tabulce XXX viz příloha XXX.



Realizace projektů

AquaGreen již prodala šest zařízení v Dánsku a Švédsku a další čtyři projekty jsou ve fázi realizace. Společnost získala investice od významných partnerů, jako jsou Nordic Alpha Partners, Marubeni Corporation a dánský penzijní fond ATP, což podporuje její expanzi na mezinárodní trhy. Praktickým příkladem implementace technologie HECLA je čistírna odpadních vod v dánském městě Fårvejele, kde zařízení HECLA zpracovává ročně 4 000 tun kalu od 50 000 obyvatel. Tento provoz produkuje 2 000 MWh energie a ukládá 500 tun uhlíku do biouhlu.

ZDROJE: <https://aquagreen.dk/> + zaslané podklady

Parametry pyrolýzní jednotky

	HECLA 1 000	HECLA 1500	Jednotky

Popis zařízení	Kontinuální plně automatizovaná jednotka primárně zpracovávající čistírenské kaly	Kontinuální plně automatizovaná jednotka primárně zpracovávající čistírenské kaly	-
Kontinuální/ vsázkový typ	Kontinuální	Kontinuální	-
Délka cyklu	-	-	h
Typ paliva	Čistírenské kaly	Čistírenské kaly	-
Maximální vlhkost paliva	82	82	%
Pomocný výkon	-	-	kW
Přísun pomocného paliva	-	-	kWh
Poměr vstupního dřeva k vyrobenému biouhlu	10:1	10:1	kg/kg
Množství vyrobeného biouhlu	70	100	kg/h
Cena jednotky	-	-	€
Tepelný výkon	350	525	kW
Elektrický výkon	-	-	kW
Nároky na obsluhu	-	-	osob
Zástavbový prostor	375	375	m ²
Pracovní fond	7 000	7 000	h
Produkce biouhlu z odpadového dřeva	Ne	Ne	-
Produkce biouhlu z čistírenských kalů	Ano	Ano	-
Případy zařízení v provozu	Fårevejle, Dánsko		-

Pyronet

Pyronet GmbH je švýcarská technologická firma sídlící v Basileji, která se specializuje na výrobu decentralizovaných pyrolýzních jednotek pro výrobu tepla a biouhlu. Její hlavní produkt je zařízení PyroFarm P60. Pyronet cílí na využití odpadní biomasy, zejména dřevní štěpky a pelet.

Technologický koncept a provozní parametry

Technologie PyroFarm P60 využívá princip dávkové pyrolýzy typu TLUD (Top-Lit UpDraft), kde dochází k řízenému spalování plynů vznikajících karbonizací dřeva. Zařízení má nominální tepelný výkon 60 kW. PyroFarm je modulární jednotka určená k vytápění malých objektů (např. 2–3 domy), s možností napojení na akumulární nádrže o objemu 4 500 až 12 000 litrů. Zařízení se instaluje v kotelnách s minimální výškou 2,5–3 metry a vyžaduje komín s tahem pro provoz podtlakového spalování. Jde o vsázkový typ zařízení, které je schopné na jednu várku vyrobit až 40 kg biouhlu.

Konkrétní parametry technologie jsou vidět níže v tabulce.



Realizace projektů

První provozní reference PyroFarm P60 pochází z farmy ve švýcarském Stettlenu, kde od roku 2021 zařízení úspěšně vytápí čtyři byty. Společnost tímto demonstruje funkčnost své technologie v reálném provozu a prezentuje ji jako udržitelnou alternativu k fosilnímu vytápění pro venkovská a agrární prostředí. Jde o kompaktní technologii, která může mít velký potenciál v lokálních provozech například pro bytové komplexy.

ZDROJE: <https://www.pyronet.ch/> + zaslané podklady

Parametry pyrolýzní jednotky

	PyroFarm P60	Jednotky
Popis zařízení	Jednotka spíše menší kapacity vyrábí biouhel a teplo. Jde o vsázkový provoz, při kterém se naplní reaktor a po dokončení cyklu se odebere biouhel. Teplo je utilizováno do ohřevu vody.	-
Kontinuální/ vsázkový typ	Vsázkový	-

Délka cyklu	3,5	h
Typ paliva	dřevěná štěpka	-
Maximální vlhkost paliva	30	%
Pomocný výkon	0,5	kW
Přísun pomocného paliva	elektřina	kWh
Poměr vstupního dřeva k vyrobenému biouhlu	6,25:1	kg/kg
Množství vyrobeného biouhlu	10,6	kg/h
Cena jednotky	2 295 000	Kč
Tepelný výkon	60	kW
Elektrický výkon	-	kW
Nároky na obsluhu	1	osob
Zástavbový prostor	16	m ²
Pracovní fond	-	h
Produkce biouhlu z odpadového dřeva	Ano	-
Produkce biouhlu z čistírenských kalů	Ne	-
Případy zařízení v provozu	Stettlen, Švýcarsko	-

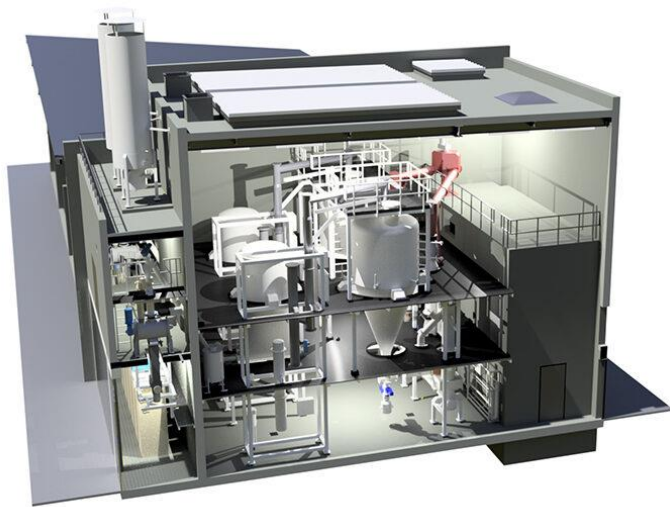
Syncraft

Syncraft Engineering GmbH je rakouská technologická společnost se sídlem v Tyrolsku, která se od svého založení v roce 2009 jako univerzitní spin-off z MCI Innsbruck vyvinula v komerční subjekt. Jejich hlavní produkt nese název Reversepowerplant, což odkazuje na schopnost systému generovat nejen obnovitelnou energii, ale zároveň odstraňovat CO₂ z atmosféry formou stabilního biouhlu.

Technologický koncept a provozní parametry

Technologie Syncraft je postavena na patentované fluidní vrstvě (Floating Bed Technology), která umožňuje extrémně flexibilní zpracování široké škály paliv, včetně dřevní štěpky, odpadního dřeva a dalších lignocelulóзовých materiálů. Hlavním přínosem této technologie je současná výroba elektřiny, tepla a biouhlu, který může být certifikován jako EBC green carbon a použit například ve stavebnictví, zemědělství nebo jako nosič uhlíkových kreditů. Syncraft se profiluje jako dodavatel komplexních řešení na klíč, od techno-ekonomického posouzení projektu, přes technickou podporu při povolovacím řízení, až po výstavbu a uvedení zařízení do provozu v roli generálního dodavatele. Podporuje rovněž rozvoj partnerství v oblasti financování, provozu, zajištění paliva a prodeje biouhlu. Větší konfigurace zařízení, jako např. čtyřnásobná instalace CW1800x2-1000 ve švýcarském Frauenfeldu, dosahují výkonu až 4 MW elektrické a 6 MW tepelné energie a sekvestrují až 12 000 tun CO₂ ročně.

Konkrétní parametry technologie jsou vidět v tabulce níže.



Realizace projektů

Mezi klíčové instalace patří zařízení ve **Frauenfeldu** ve Švýcarsku, které s výkonem 4 MW elektřiny a 14 MW tepla zpracovává 25 000 tun dřevního odpadu ročně a odstraňuje 9 000 tun CO₂. V rakouském **Gänserndorfu** bylo v roce 2024 uvedeno do provozu zařízení s výkonem 500 kW elektřiny a 750 kW tepla, které produkuje vysoce kvalitní biouhel. Další významné projekty zahrnují instalace v **Heilbronnu** a **Wahlstedtu** v Německu a v **Pergu** v Rakousku, kde zařízení s výkonem 1 MW elektřiny a 1,54 MW tepla zásobuje místní síť dálkového vytápění. Největší instalace se nachází ve **Frauenfeldu**, kde čtyři jednotky CW1800x2-1000 zajišťují vysokou účinnost a produkci biouhlu. Tyto projekty demonstrují schopnost technologie Syncraft efektivně kombinovat výrobu obnovitelné energie s dlouhodobým ukládáním uhlíku.

ZDROJE: <https://en.syncraft.at/> + zaslané podklady

Parametry pyrolýzní jednotky

	CW1800x2-1000	Jednotky
Popis zařízení	Jednotka větších kapacit vyrábí biouhel, elektřinu a teplo. Jde o kontinuální provoz. Teplo je využito v sušárně a na ohřev spalovacího vzduchu.	
Kontinuální/ vsázkový typ	Kontinuální	
Délka cyklu	-	h
Typ paliva	dřevěná štěpka	
Maximální vlhkost paliva	50	%
Pomocný výkon	190	kW
Přísun pomocného paliva	elektřina	kWh
Poměr vstupního dřeva k vyrobenému biouhlu	6,27:1	kg/kg
Množství vyrobeného biouhlu	112,5	kg/h
Cena jednotky	151 250 000	Kč
Tepelný výkon	1 300	kW
Elektrický výkon	1 000,00	kW
Nároky na obsluhu	-	osob
Zástavbový prostor	1 100	m ²
Pracovní fond	-	h
Produkce biouhlu z odpadového dřeva	Ano	
Produkce biouhlu z čistírenských kalů	-	
Případy zařízení v provozu	GÄNSERNDORF, Rakousko	
	HEILBRONN, Německo	
	PERG, Rakousko	
	FRAUENFELD, Švýcarsko	

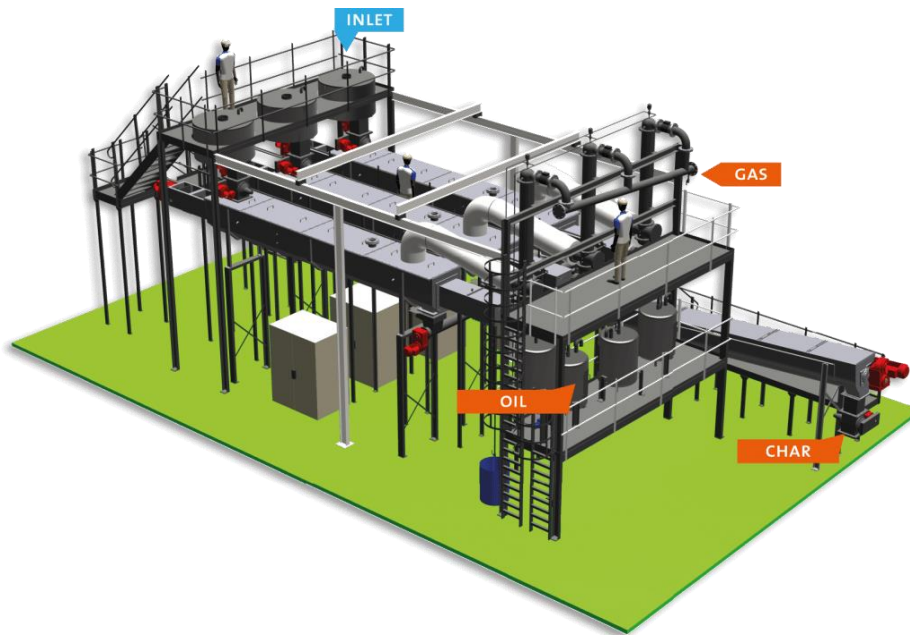
Biogreen / Vow

Biogreen Energy je francouzská firma specializující se na ekologické technologie pro zpracování biomasy a odpadů pomocí pyrolýzy. Je součástí společnosti ETIA SAS, založené v roce 1989 v Compiègne, Francie, která je nyní dceřinou společností norské skupiny Vow ASA.

Technologický koncept a provozní parametry

Biogreen vyvíjí a dodává modulární pyrolýzní jednotky, které přeměňují různé organické materiály (např. dřevní štěpku, kal ze stok, pneumatiky či plastový odpad) na produkty s vyšší přidanou hodnotou, jako je biouhel, pyrolýzní olej a syntézní plyn. Jejich klíčovou technologií je Spirajoule, patentovaný elektricky vyhřívaný šnekový dopravník, který umožňuje přesné řízení teploty až do 800 °C v bezkyslíkatém prostředí. Tento systém je navržen pro kontinuální provoz a je vhodný pro širokou škálu vstupních materiálů, včetně biomasy, kalů, plastů a pryže. Dalšími komponenty jsou UPK, chladicí šnekový dopravník pro bezpečné odvádění biouhlu, a Beltomatic, pásový sušič pro předúpravu materiálů. Biogreen nabízí také kontejnerizované jednotky pro snadnou instalaci a provoz.

Ze webových stránek nejsou jasné technické specifikace pyrolýzního zařízení, a proto tato technologie není zmiňována v tabulkách specifikací.



Realizace projektů

Biogreen Energy realizovala řadu projektů po celém světě. Ve Spojených státech se podílí na projektu Quonset Soil Solutions v Rhode Islandu, kde instalují čtyři reaktory pro výrobu až 6 000 tun biocharu ročně – zařízení má být plně funkční v roce 2025. Ve Švédsku byla jednotka Biogreen nasazena ve městě Helsingborg společností NSR AB, kde zpracovává 7 000 tun zahradního odpadu ročně a produkuje 1 500 tun biouhlu, přičemž vzniklé teplo (více než 11 GWh) je využíváno v systému dálkového vytápění. V Německu spolupracují s firmou Circular Carbon GmbH, která využívá zbytky z potravinářského průmyslu (např. kakaové slupky) k produkci biouhlu a páry, čímž snižuje uhlíkovou stopu výrobců potravin.

ZDROJE: <https://www.biogreen-energy.com/>

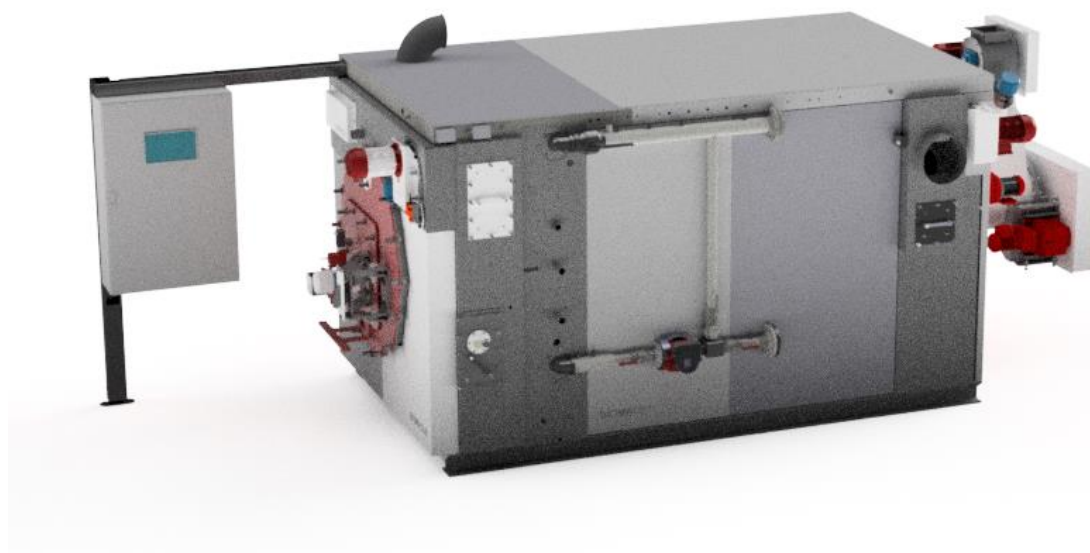
BIOMACON

Společnost BIOMACON GmbH je německý výrobce pyrolýzních kotlů se sídlem v Rehburgu, Dolní Sasko. Založena byla v roce 2003 a specializuje se na vývoj a výrobu zařízení pro thermochemickou přeměnu biomasy na biouhel a teplo. Tato technologie umožňuje efektivní využití biomasy a přispívá k snižování emisí CO₂.

Technologický koncept a provozní parametry

BIOMACON nabízí dvě hlavní produktové řady, a to Farm Edition pro menší aplikace a Industry Edition pro průmyslové využití. Celkově společnost nabízí 4 produkty (C160-F, C224-F, C400-I, C500-I) s tepelným výkonem v rozsahu 160–500 kW. Jde o vsázkové kotle, které využívají teplo z procesu na ohřev vody. Pyrolýzní proces v tomto zařízení probíhá při 850 °C.

Konkrétní parametry technologie jsou vidět v tabulce níže.



Realizace projektů

Ve Švýcarsku byla jednotka C400-I dodána firmě Ocean Energy, kde slouží k výrobě tepla a biocharu. Ve Švédsku byla jednotka C160-F představena na farmě Krageholm během akce Biochar Summit, kde byla oceněna za čistý a kompaktní provoz. Dalšími příklady jsou instalace u společnosti Auen Care Service Ltd a v norské obci Sandnes. Ve švédském Hjelmsäteru systém Decarbo Energy složený z několika pyrolýzních jednotek společnosti Biomacón zásobuje domy teplem.

ZDROJE: <https://www.biomacón.com/>

Parametry pyrolýzní jednotky

Název zařízení	C160-F	C224-F	C400-I	C500-I	Jednotky
Popis zařízení	Jde o kompaktní vsázkový pyrolýzní kotel vyrábějící teplou vodu a biouhel.	Jde o kompaktní vsázkový pyrolýzní kotel vyrábějící teplou vodu a biouhel.	Jde o rotační pyrolýzní pec vsázkového typu vyrábějící teplou vodu a biouhel.	Jde o rotační pyrolýzní pec vsázkového typu vyrábějící	

				teplou vodu a biouhel.	
Kontinuální/ vsázkový typ	Vsázkový	Vsázkový	Vsázkový	Vsázkový	
Délka cyklu	-	-	-	-	h
Typ paliva	dřevní štěpka	dřevní štěpka	dřevní štěpka	dřevní štěpka	
Maximální vlhkost paliva	20	20	20	20	%
Pomocný výkon	12	12	12	12	kW
Přísun pomocného paliva	elektřina	elektřina	elektřina	elektřina	kWh
Poměr vstupního dřeva k vyrobenému biouhlu	5,28:1	4,52:1	5,17:1	4,61:1	kg/kg
Množství vyrobeného biouhlu	18,0	25,0	46,0	64,0	kg/h
Cena jednotky	-	-	-	-	Kč
Tepelný výkon	160	224	400	500	kW
Elektrický výkon	-	-	-	-	kW
Nároky na obsluhu	-	-	-	-	osob
Zástavbový prostor	-	-	-	-	m ²
Pracovní fond	8 000,00	8 000,00	8 000,00	8 000,00	h
Produkce biouhlu z odpadového dřeva	Ano	Ano	Ano	Ano	
Produkce biouhlu z čistírenských kalů	Ne	Ne	Ne	Ne	
Případy zařízení v provozu	farma Krageholm, Švédsko				

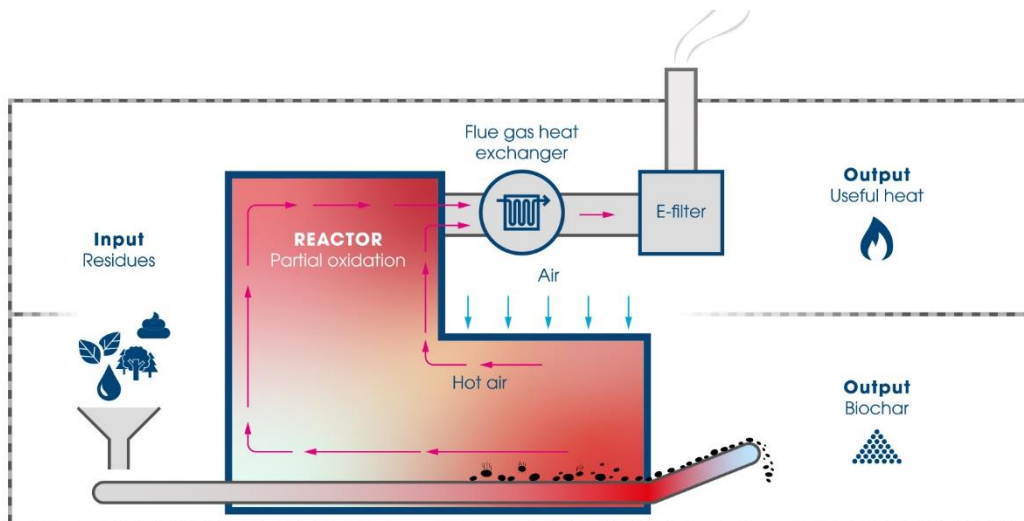
Carbo Force

Společnost Carbo-FORCE GmbH je německý výrobce pyrolýzních zařízení se sídlem v Kasselu, Hesensko. Založena byla v roce 2017 a specializuje se na vývoj modulárních technologií pro karbonizaci biomasy. Jejich zařízení přeměňují organické zbytky, jako jsou dřevní štěpky, kal z čistíren odpadních vod nebo zemědělský odpad, na biochar a tepelnou energii. Tímto způsobem přispívají ke snížení emisí, CO₂ a podpoře cirkulární ekonomiky. Carbo-FORCE je součástí skupiny BAUER Resources GmbH, což umožňuje širší mezinárodní expanzi a technologický rozvoj.

Technologický koncept a provozní parametry

Jejich klíčovou technologií je jednotka CF-250, která využívá proces částečné oxidace (Carbo-CAP-TEC). Tato jednotka je navržena pro kontinuální provoz s kapacitou až 280 kg/h suché biomasy, nominálním tepelným výkonem 600 kW a schopností sekvestrace až 1 720 tun CO₂ ročně. Pyrolýzní proces probíhá při teplotě 900 °C. Díky modulárnímu designu v kontejnerovém formátu je zařízení snadno přepravitelné a instalovatelné bez potřeby dodatečných stavebních úprav. Jednotka je schopna zpracovávat širokou škálu organických materiálů, včetně dřevní štěpky, kalu z čistíren odpadních vod a zemědělských zbytků.

Konkrétní parametry technologie jsou vidět v tabulce níže.



Realizace projektů

V německém Osterrade byla jednotka nasazena na farmě, kde ročně zpracovává přibližně 2 000 tun dřevní štěpky na 500 tun biouhlu. Tento biouhel slouží jako přísada do krmiva pro 300 krav, přičemž vzniklé teplo je využíváno v místní teplárenské síti a sekvestrace CO₂ dosahuje až 1 500 tun ročně. Tento projekt získal prestižní zemědělskou cenu VR Förderpreis. Další instalace proběhla v Grossoltu, kde zařízení slouží k podobným účelům. V Dubaji byla jednotka CF-250 nasazena na velké velbloudí farmě s 8 500 zvířaty, kde zpracovává velbloudí hnůj. Výsledný biouhel se využívá ke zlepšení půdy v pouštních oblastech a vzniklé teplo pokrývá část energetických potřeb farmy. První komerční instalace proběhla v roce 2021 v německém Rendsburgu, kde zařízení provozuje regionální odpadová společnost AWR. Jednotka zde zpracovává dřevní odpad, přičemž celý proces je energeticky soběstačný díky autotermnímu provozu bez potřeby externího zdroje tepla.

ZDROJE: <https://resources.bauer.de/en>; <https://www.carbo-force.de/en>

Parametry pyrolýzní jednotky

Název zařízení	CF-250	Jednotky
Popis zařízení	Jednotka s kontinuálním provozem zpracovávající dřevní štěpku na biouhel. Jednotka je středního rozměru a jde o modulární systém.	
Kontinuální/ vsázkový typ	Kontinuální	
Délka cyklu	-	h
Typ paliva	dřevní štěpka	
Maximální vlhkost paliva	-	%
Pomocný výkon	-	kW
Přísun pomocného paliva	elektrina	kWh
Poměr vstupního dřeva k vyrobenému biouhlu	4:1	kg/kg
Množství vyrobeného biouhlu	-	kg/h
Cena jednotky	-	Kč
Tepelný výkon	600	kW
Elektrický výkon	-	kW
Nároky na obsluhu	-	osob
Zástavbový prostor	-	m ²
Pracovní fond	8 000,00	h

Produkcce biouhlu z odpadového dřeva		
Produkcce biouhlu z čistírenských kalů		
Případy zařízení v provozu	Osterrade, Německo	
	Rendsburg, Německo	
	Dubaj, Spojené arabské emiráty	
	Heber City, Utah, USA	

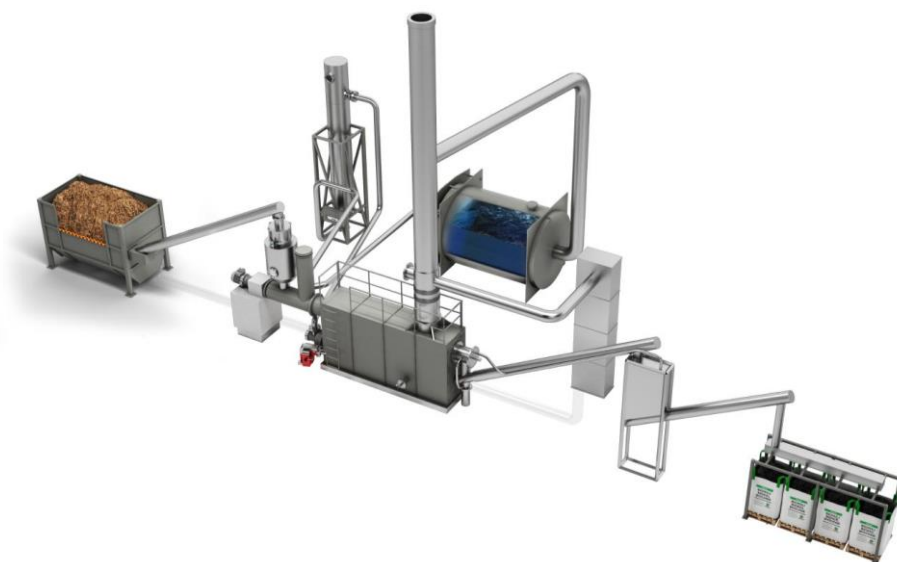
Carbofex Oy

Společnost Carbofex Oy je finský průkopník v oblasti pyrolyzní technologie a výroby biouhlu, sídlící ve městě Nokia. Od svého založení v roce 2016 se zaměřuje na přeměnu odpadní biomasy na vysoce kvalitní biouhlu, obnovitelnou energii a pyrolyzní olej prostřednictvím kontinuálního procesu karbonizace. Jejich zařízení Carbofex de-carboniser využívá nepřímý ohřev ve šnekovém reaktoru, což umožňuje přesné řízení teploty a doby setrvání materiálu, a tím dosažení konzistentní kvality výstupního produktu. Carbofex je držitelem certifikace Evropského biocharového certifikátu (EBC) a jejich biouhel je schválen pro použití v ekologickém zemědělství.

Technologický koncept a provozní parametry

Technologie umožňuje zpracovat až 3 500 tun biomasy ročně, přičemž roční produkce biocharu dosahuje až 1 000 tun a vzniká až 8 000 MWh čisté energie. Proces probíhá při teplotách v rozmezí 650–900 °C a doba setrvání materiálu v reaktoru je 5–10 minut. Zařízení je určeno pro široké spektrum vstupních materiálů – od dřevní štěpky přes ořechové a kokosové skořápky až po ligninové pelety – s maximální povolenou vlhkostí do 30 %.

Ze webových stránek nejsou jasné technické specifikace pyrolyzního zařízení, a proto tato technologie není v tabulce specifikací.



Realizace projektů

Hlavní výrobní závod se nachází ve městě Nokia ve Finsku, kde provozují kontinuální pyrolyzní jednotku schopnou zpracovat až 3 500 tun biomasy ročně. Tento závod je certifikován podle standardu Puro.earth a produkuje biouhel s vysokým obsahem uhlíku (93,6 % sušiny), který je

využíván v zemědělství, zahradnictví a městské zeleni, například v parcích města Stockholm. V roce 2020 se Carbofex podílel na výzkumném projektu AgriChar ve spolupráci s Helsinskou univerzitou a estonskou společností Nivoo Oü. Cílem projektu bylo zkoumat dlouhodobé ukládání uhlíku aplikací biouhlu do podorničí. Dalším příkladem je spolupráce s firmami Katepal Oy a Kekkilä-BVB na projektu zelené střechy pro konferenční hotel Murikanranta. V tomto projektu byl použit biouhel od Carbofexu jako součást substrátu pro vegetační střechu, čímž se zlepšila schopnost zadržování vody a podpořila uhlíková negativita celé konstrukce.

ZDROJE: <https://carbofex.fi/>; <https://puro.earth/>

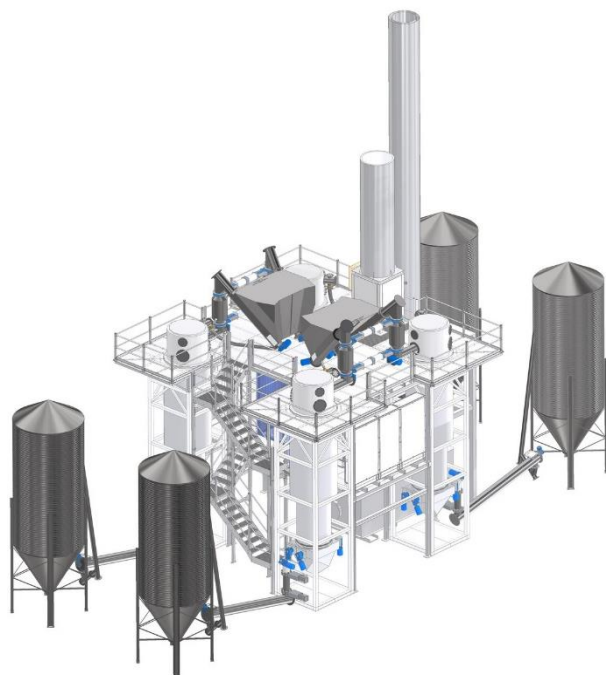
Carbon Technik Schuster

Společnost Carbon Technik Schuster GmbH, sídlící v Dischingenu v německé spolkové zemi Bádensko-Württembersko, se specializuje na vývoj, výrobu a prodej inovativních karbonizačních zařízení pro produkci biouhlu. S více než 20 lety zkušeností v oblasti konstrukce zařízení nabízí robustní a modulárně rozšiřitelné systémy, které jsou navrženy pro dlouhodobý a efektivní provoz. Jejich zařízení CTS40 je modulární pyrolýzní jednotka, která se dá snadno škálovat a je možné ji provozovat v malém i průmyslovém měřítku. Standardní konfigurace tohoto zařízení zahrnuje čtyři karbonizační jednotky, přičemž celý systém je navržen tak, aby byl snadno přizpůsobitelný specifickým potřebám zákazníka.

Technologický koncept a provozní parametry

Technologie využívá kontinuální proces karbonizace, při kterém biomasa prochází vertikálním reaktorem a je zahřívána na teploty mezi 650 °C a 750 °C za nepřítomnosti kyslíku. Tímto způsobem dochází k přeměně přibližně dvou třetin původní hmotnosti biomasy na plynné produkty, které mohou být využity k výrobě energie, a jedné třetiny na biouhel. Zařízení je navrženo s důrazem na robustnost a dlouhou životnost, přičemž modulární konstrukce umožňuje snadné rozšíření systému podle rostoucích potřeb provozu. Díky pokročilému řídicímu systému je zajištěna přesná regulace procesu karbonizace, což vede ke konzistentní kvalitě výstupního biouhlu a maximální energetické účinnosti.

Ze webových stránek nejsou jasné technické specifikace pyrolýzního zařízení, a proto tato technologie není řazena v tabulce specifikací.



Realizace projektů

Instalace zařízení typu CTS je ve městě Darmstadt-Kranichstein v Německu, provozovaná společností Eigenbetrieb für kommunale Aufgaben und Dienstleistungen (EAD). Tato instalace se zaměřuje na zpracování městského zeleného odpadu a produkci biouhlu, který je certifikován podle standardů EBC.

ZDROJE: <https://biochar-zero.com/>

<https://ct-schuster.de/>

Next Generation Elements

Společnost Next Generation Elements GmbH (NGE), sídlící ve Feldkirchenu na Dunaji v Rakousku, se specializuje na vývoj a realizaci pokročilých pyrolýzních technologií pro zpracování biogenních odpadů a plastů. Jejich klíčovým produktem je T: CRACKER – plně kontinuální, elektricky vyhřívaný pyrolýzní reaktor, který umožňuje efektivní zpracování různorodých vstupních materiálů, včetně čistírenských kalů, fermentačních zbytků, zeleného odpadu a plastových odpadů. Druhou technologií je PyroFry, který umožňuje zpracovávat čistírenské kaly a odpadní biomasu.

Technologický koncept a provozní parametry

Reaktor T: CRACKER pracuje při teplotách až 700 °C a je plně elektricky vyhřívaný, přičemž zvládne zpracovávat materiály jako čistírenské kaly, fermentační zbytky, zelený odpad nebo plasty. PyroDry kombinuje sušení a pyrolýzu v jednom kroku, čímž umožňuje zpracování vstupního materiálu s vlhkostí až 85 %. Výstupem je vysoce kvalitní biouhlu s obsahem uhlíku přes 90 %, spolu s využitelným teplem a pyrolýzním plynem. Celý systém je navržen modulárně a může být doplněn o ORC (Organic Rankine Cycle) jednotku pro výrobu elektřiny (PyroPower).

Ze webových stránek nejsou jasné technické specifikace pyrolýzního zařízení, a proto tato technologie není řazena v tabulce specifikací.

Realizace projektů

Technologie NGE našla reálné uplatnění např. v kompostárně Sonnenerde v Riedlingsdorfu (Rakousko), kde jednotka PyroDry zpracovává až 5 300 tun bioodpadu ročně a produkuje cca 1 000 tun biouhlu. Reaktory T: CRACKER byly také nasazeny u zpracovatelů plastového a kalového odpadu v Rakousku a Německu, kde umožňují decentralizované a emisně neutrální zpracování. Díky své flexibilitě, čistému provozu a nízkým provozním nákladům je technologie NGE vhodná jak pro obce a komunální služby, tak pro průmyslové podniky zaměřené na cirkulární ekonomiku.

ZDROJE: <https://nge.at/en/>

<https://www.recovery-worldwide.com/en/artikel/next-generation-holding-gmbh-4091500.html>

3R Systems

Společnost 3R Systems GmbH je německá firma se sídlem v Kolíně nad Rýnem, která se specializuje na vývoj a výrobu modulárních pyrolýzních zařízení pro udržitelnou přeměnu biomasy na biouhel. Jejich technologie využívá nízkoteplotní termolýzu v rotačních pecích, která umožňuje bezemisní zpracování organických materiálů přímo v místě jejich vzniku. Kromě produkce vysoce kvalitního biouhlu se firma zaměřuje i na efektivní využití vznikajícího tepla, například pro výrobu zeleného vodíku či dálkové vytápění, čímž přispívá k cirkulární ekonomice a dekarbonizaci průmyslu i zemědělství.

Technologický koncept a provozní parametry

Technologie pyrolýzy vyvinutá společností 3R Systems GmbH představuje pokročilý a ekologicky šetrný způsob zpracování biomasy na biouhel. Základem této technologie je horizontálně uspořádaná, nepřímě vyhřívaná rotační pec, která pracuje za podmínek nízkého tlaku a teplot dosahujících až 850 °C. Díky modulární konstrukci lze zařízení přizpůsobit specifickým potřebám a kapacitám, přičemž menší jednotky zvládnou zpracovat přibližně 6 500 tun biomasy ročně, zatímco větší průmyslové instalace dosahují kapacity až 20 800 tun ročně. Proces je energeticky soběstačný, přičemž vznikající termolytický plyn je využíván k udržení provozní teploty, a přebytečné teplo může sloužit k dalším účelům, jako je sušení vstupní biomasy nebo výroba zeleného vodíku.

Ze webových stránek nejsou jasné technické specifikace pyrolýzního zařízení, a proto tato technologie není v tabulce specifikací.



Realizace projektů

Jedním z klíčových projektů byl REFERTIL, financovaný Evropskou komisí, který probíhal v letech 2011–2015. V rámci tohoto projektu byla technologie 3R Systems nasazena k výrobě biouhlu z různých druhů biomasy, včetně rostlinných zbytků a živočišných kostí. Dalším významným projektem byla implementace technologie 3R Systems v Indii, kde byla použita k výrobě Terra Preta substrátu z komunálního zeleného odpadu. V tomto projektu byla biomasa mechanicky zpracována, sušena a následně pyrolýzována v reaktoru 3R Systems.

ZDROJE: <https://www.3r-systems.de/>

<https://cordis.europa.eu/project/id/289785>

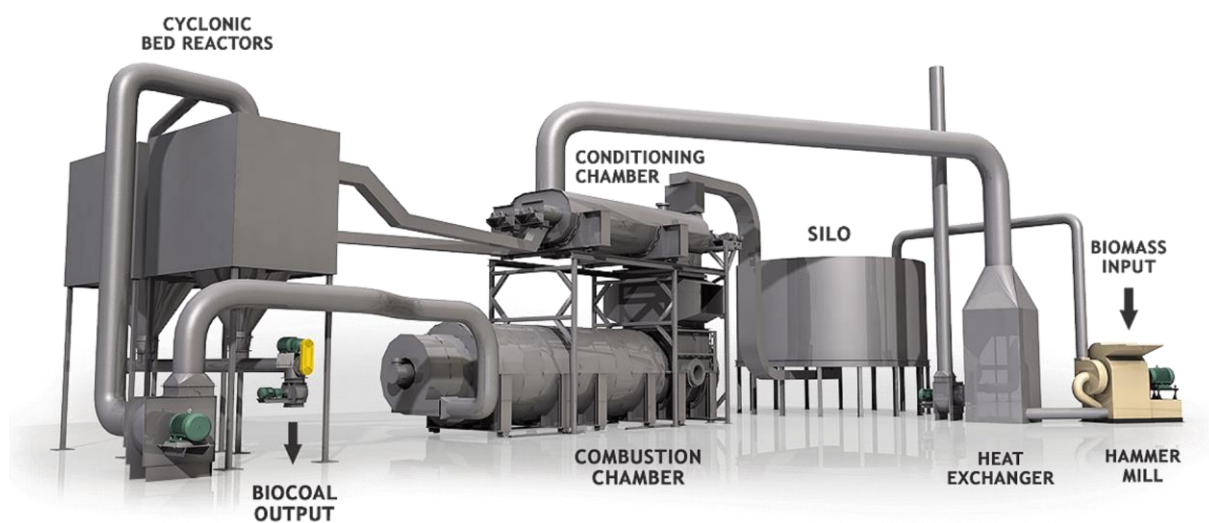
Airex Energy

Společnost Airex Energy je kanadská firma se sídlem v Lavalu, Québec, která se specializuje na vývoj a výrobu technologií pro dekarbonizaci průmyslu prostřednictvím výroby biouhlu. Jejich hlavním cílem je pomoci organizacím dosáhnout uhlíkové neutrality a snížit emise skleníkových plynů. Společnost využívá vlastní patentovanou technologii CarbonFX, která umožňuje efektivní zpracování dřevěných zbytků a lesní biomasy.

Technologický koncept a provozní parametry

Technologie CarbonFX™ je založena na procesu torrefakce a vysokoteplotní pyrolýzy, při kterém je biomasa zahřívána na teploty mezi 350 a 600 °C bez přístupu kyslíku. Proces zahrnuje několik fází: předsušení biomasy pomocí zbytkového tepla z procesu, kondicionování v nasycené parní atmosféře a následnou torrefakci v cyklonovém reaktoru. V tomto reaktoru biomasa spirálovitě klesá dolů, přičemž je udržována v suspenzi díky kombinaci odstředivé síly, gravitace a tlaku plynu. Tento design zajišťuje rovnoměrné zahřívání a vysokou homogenitu výstupních produktů. Celý systém je plně automatizovaný a energeticky efektivní, přičemž zbytkové teplo z procesu je využíváno k předsušení vstupní biomasy.

Ze webových stránek nejsou jasné technické specifikace pyrolýzního zařízení, a proto tato technologie není řazena v tabulce specifikací.



Realizace projektů

Mezi významné realizace společnosti patří projekt Carbonity, který vznikl ve spolupráci s firmami SUEZ a Groupe Rémax. Tento projekt zahrnuje výstavbu největšího závodu na výrobu biouhlu v Severní Americe, který se nachází v Port-Cartier, Québec. Závod využívá technologii CarbonFX™ k přeměně přibližně 58 000 tun lesních zbytků ročně na biouhel, čímž přispívá k sekvestraci přibližně 75 000 tun CO₂ ekvivalentu ročně. Projekt je součástí ambiciózního plánu na dosažení roční produkce 350 000 tun biouhlu do roku 2035.

ZDROJE: <https://airex-energy.com/tech/>

Eqtec

Společnost EQTEC plc je irská veřejně obchodovaná firma se sídlem v Corcu, specializující se na vývoj a licencování pokročilých technologií pro zplyňování a přeměnu různorodého odpadu na čistý syntézní plyn (syngas). Tento syngas slouží jako palivo pro výrobu elektřiny, tepla nebo jako surovina pro produkci obnovitelných plynů a biopaliv. I když primárním produktem této technologie není biouhel, při provozu technologie se vytváří a je tak vedlejším produktem zařízení.

Technologický koncept a provozní parametry

EQTEC vyvinula vlastní patentovanou technologii pokročilého zplyňování, která umožňuje efektivní a čistou přeměnu více než 60 typů odpadů, včetně biomasy, komunálního a průmyslového odpadu, na vysoce kvalitní syngas. Proces probíhá v teplotním rozmezí 250–1300 °C a dosahuje konverze uhlíku na plyn až 95 % s minimálním obsahem dehtů. Technologie je modulární a škálovatelná od 1 MW do 30 MW, což umožňuje její přizpůsobení různým potřebám a lokalitám. Součástí řešení je také vlastní kinetický model a řídicí systém, které zajišťují optimalizaci procesu v reálném čase a vysokou provozní efektivitu.

Ze webových stránek nejsou jasné technické specifikace pyrolýzního zařízení, a proto tato technologie není řazena v tabulce specifikací.

Realizace projektů

EQTEC má za sebou několik úspěšných projektů. Například zařízení v Movialsa, Španělsko, s výkonem 5,9 MW, zpracovává 20 000 tun zemědělského odpadu ročně a dosahuje provozní dostupnosti přes 90 % od roku 2015. Další projekty zahrnují zařízení v Belišće, Chorvatsko (1,2 MW), a EQTEC Italia MDC v Toskánsku, Itálie (1 MW), které slouží jako demonstrační centra technologie. V USA je ve výstavbě zařízení v North Fork, Kalifornie, s kapacitou 2 MW, zaměřené na zpracování lesního odpadu.

ZDROJE: <https://eqtec.com/>

Xylergy

Společnost Xylergy je belgická technologická firma se sídlem v Louvain-la-Neuve, která se specializuje na vývoj a dodávku zařízení pro zplyňování biomasy. Jejich cílem je poskytovat řešení pro dekarbonizaci energetiky prostřednictvím přeměny přírodního a recyklovaného dřeva na čistý syntézní plyn, elektřinu a teplo. Společnost vznikla akvizicí technologie NOTAR od firmy Xylowatt a navázala na více než 20 let výzkumu a vývoje v oblasti zplyňování biomasy. Opět jde o technologii, která produkuje biouhel pouze jako sekundární produkt.

Technologický koncept a provozní parametry

Tato technologie je autotermická, což znamená, že nevyžaduje externí zdroj tepla, a umožňuje zpracování různých druhů biomasy, včetně přírodního a recyklovaného dřeva či bambusu.

Reaktor NOTAR je navržen pro zpracování přibližně 6 000 tun biomasy ročně. Syngas může být využit pro výrobu elektřiny, tepla nebo jako náhrada fosilních paliv v průmyslových procesech. Díky vysoké účinnosti technologie je pro stejnou produkci elektřiny potřeba o 30 % méně biomasy ve srovnání s tradičními spalovacími procesy. Tato technologie je autotermická, což znamená, že nevyžaduje externí zdroj tepla, a umožňuje zpracování různých druhů biomasy, včetně přírodního a recyklovaného dřeva či bambusu. Jelikož biouhel vzniká jako druhotná surovina výrobce neuvádí jeho bilanci.

Ze webových stránek nejsou jasné technické specifikace pyrolyzního zařízení, a proto tato technologie není zařazena v tabulce specifikací.

Realizace projektů

Společnost Xylergy realizovala několik projektů využívajících technologii NOTAR. Mezi významné patří instalace v nemocnici Mont-Godinne v Belgii, kde zařízení s výkonem 750 kWe a 1 200 kWth zajišťuje kombinovanou výrobu elektřiny a tepla a produkuje přibližně 750 tun biouhlu ročně. Další projekty zahrnují instalace v Tournai (Belgie), regionu Champagne (Francie), na Université Catholique de Louvain la Neuve (Belgie) a v Gedinne (Belgie). Společnost také dokončuje montáž zařízení v Matsumoto (Japonsko), jehož spuštění bylo plánováno na začátek roku 2025.

ZDROJE: <https://xylergy-group.com/en/>

<https://www.bioflux.earth/>

https://task33.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/sites/33/2023/12/IEA-Bioenergy-Task-33_Newsletter-II-FINAL.pdf

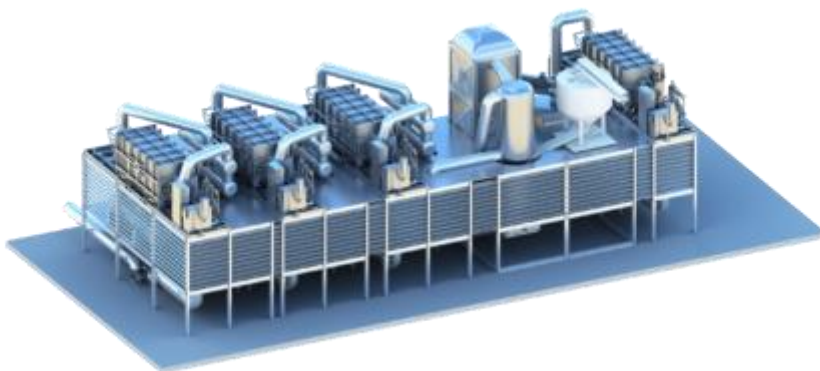
Haffner Energy

Společnost Haffner Energy je francouzská rodinná firma se sídlem ve Vitry-le-François, která se specializuje na vývoj a dodávku technologií pro výrobu obnovitelných paliv z biomasy. S více než 32 lety zkušeností v oblasti přeměny biomasy na energii a 15 lety výzkumu a vývoje v oblasti termolýzy biomasy. Společnost působí nejen ve Francii, ale má také zastoupení v Paříži, Nantes a Houstonu v USA. Jejich technologie se zaměřuje na výrobu obnovitelného syntézního plynu (Hypergas), vodíku, metanolu a udržitelného leteckého paliva (SAF) z různých druhů biomasy, včetně zemědělských a lesních zbytků a biouhlu.

Technologický koncept a provozní parametry

Klíčovou technologií společnosti je patentovaný proces termolýzy biomasy, který umožňuje přeměnu různorodých biomateriálů na energeticky bohatý syntézní plyn Hypergas. Při tomto procesu vzniká opět biouhle jako sekundární produkt. Hypergas je bohatý na vodík a uhlík a může být dále využit k výrobě obnovitelného vodíku, metanolu nebo SAF. Proces je energeticky efektivní s účinností až 80 %. Společnost nabízí modulární řešení, jako je například Hynoca Flex 500 IG, které umožňuje decentralizovanou výrobu vodíku a elektřiny z biomasy.

Ze webových stránek nejsou jasné technické specifikace pyrolyzního zařízení, a proto tato technologie není zařazena do tabulky specifikací.



Realizace projektů

Mezi významné realizace společnosti Haffner Energy patří projekt Nede'HY ve Francii, kde se technologie HYNOCA využívá k výrobě 240 tun zeleného vodíku a 1 000 tun biouhlu ročně z agro-lesnických zbytků, přičemž biouhel. Dalším zásadním projektem je spolupráce s LanzaTech a LanzaJet na výstavbě první francouzské továrny na výrobu udržitelného leteckého paliva (SAF) v lokalitě Paris-Vatry. Za zmínku stojí také zařízení ve švýcarském Glovelieru, realizované s firmou H2 bois SA, které bude produkovat vodík, elektřinu a biouhel z lokální biomasy a přispěje k dekarbonizaci venkovských regionů.

ZDROJE: <https://xylergy-group.com/en>

MASH Makes

Společnost MASH Makes je indo-dánská technologická firma zaměřená na produkci biouhlu a biooleje prostřednictvím pokročilé pyrolýzy zemědělských zbytků. Jejich cílem je dosáhnout odstranění jedné gigatuny CO₂ z atmosféry do roku 2040. Společnost vznikla jako spin-off z Technické univerzity v Dánsku a kombinuje více než 30 let výzkumu v oblasti termochemických procesů s praktickým nasazením v zemích globálního Jihu, zejména v Indii. MASH Makes je certifikovaným výrobcem biouhlu podle Evropského biocharového certifikátu (EBC) v kategorii AgroOrganic, což zajišťuje vysokou kvalitu a ekologické standardy jejich produktů.

Technologický koncept a provozní parametry

Technologie MASH Makes využívá modulární pyrolyzní jednotky, které zpracovávají zemědělské zbytky, jako jsou slupky z kešu ořechů, při teplotách nad 550 °C v prostředí s nízkým obsahem kyslíku. Tento proces produkuje vysoce stabilní biouhel s obsahem fixního uhlíku až 87 %, což umožňuje dlouhodobou sekvestraci uhlíku v půdě. Každá jednotka je navržena pro efektivní provoz s minimálními emisemi a může být nasazena přímo v blízkosti zdrojů biomasy, čímž se snižují náklady na dopravu a zvyšuje se celková efektivita systému.

Ze webových stránek nejsou jasné technické specifikace pyrolyzního zařízení, a proto tato technologie není zařazena do souhrnné tabulky specifikací.

Realizace projektů

Realizace je jen jedna.

ZDROJE: <https://www.mashmakes.com/>

Meva Energy

Společnost Meva Energy, se sídlem ve Švédsku, se specializuje na vývoj a implementaci pokročilých technologií zplyňování biomasy. Jejich cílem je poskytovat decentralizovaná energetická řešení pro průmyslové podniky, která umožňují přeměnu místních biogenních odpadů na obnovitelný syngas a biouhel. Tato technologie je navržena tak, aby nahradila fosilní paliva v energeticky náročných odvětvích, jako je papírenský, kovo zpracující a nábytkářský průmysl. Meva Energy je členem Světové bioenergetické asociace a aktivně se podílí na švédském národním inovačním klastru pro biouhel.

Technologický koncept a provozní parametry

Technologie společnosti Meva Energy využívá termochemickou konverzi biomasy, konkrétně zplyňování, k výrobě syngasu a biouhlu. Primárně tato technologie slouží pro výrobu syngasu pro spalování v kogeneračních jednotkách pro výrobu elektrické energie.

Ze webových stránek nejsou jasné technické specifikace pyrolýzního zařízení, a proto tato technologie není zařazena do souhrnné tabulky specifikací.

Realizace projektů

Mezi klíčové projekty společnosti patří zařízení v Kise, Švédsko, kde Meva Energy ve spolupráci se společností Sofidel nahradila fosilní LPG biosyngasem pro sušení papíru. Toto zařízení s výkonem 4,2 MW ročně sníží emise CO₂ o 8 500 tun a zároveň produkuje biouhel využívaný pro zlepšení půdy. Dalším významným projektem je spolupráce s firmou Elcowire v Helsingborgu, Švédsko, kde Meva Energy dodává 9 MW biosyngasu pro tavení mědi, čímž umožňuje první plně bezfosilní výrobu měděných drátů na světě. Tento 15letý kontrakt v hodnotě 500 milionů SEK představuje největší zakázku společnosti a významný krok k dekarbonizaci metalurgického průmyslu. Třetím významným projektem společnosti Meva Energy je instalace zařízení na výrobu obnovitelné energie v závodě IKEA Industry ve městě Zbąszynek v Polsku. Tento projekt představuje průlomové řešení pro využití dřevního odpadu přímo na místě výroby. Zařízení má výkon 2,4 MW a je navrženo tak, aby ročně zpracovalo přibližně 100 000 tun dřevního odpadu, který by jinak musel být odvážen k externí likvidaci.

ZDROJE: <https://mevaenergy.com/>

PyroCore

Společnost PyroCore je britský technologický podnik se sídlem v Bristolu (Velká Británie), s pobočkami v Belgii a Francii. Specializuje se na vývoj a implementaci pokročilých pyrolýzních zařízení pro zpracování obtížně recyklovatelných odpadů, jako jsou biomasa, plasty a kal z akvakultury. Cílem společnosti je přeměnit tyto odpady na energeticky využitelné produkty, jako je biouhel, a tím přispět k dekarbonizaci průmyslu a podpoře cirkulární ekonomiky.

Technologický koncept a provozní parametry

PyroCore nabízí modulární a kontejnerizované pyrolýzní jednotky, které umožňují zpracování různorodých odpadních materiálů přímo na místě jejich vzniku. Proces probíhá za vysokých teplot v prostředí s omezeným přístupem kyslíku, což vede k termochemickému rozkladu materiálu na syntézní plyn a biouhel. Syntézní plyn je následně spalován za účelem výroby tepla, které může být využito pro ohřev vody, výrobu páry nebo elektřiny. Technologie je navržena tak, aby byla energeticky soběstačná – po počátečním zahřátí je proces udržován spalováním vzniklého syntézního plynu. Zařízení je schopno zpracovat širokou škálu materiálů, včetně dřevní štěpky, zemědělských zbytků, plastů, textilu a kalu z rybích farem.

Ze webových stránek nejsou jasné technické specifikace pyrolýzního zařízení, a proto tato technologie není zařazena do souhrnné tabulky specifikací.



Realizace projektů

Jedním z klíčových projektů je Mersey Biochar ve Warringtonu (Velká Británie), kde PyroCore dodalo technologii pro zařízení schopné zpracovat 4 000 tun biomasy ročně a vyprodukovat přibližně 700 tun biouhlu. Tento projekt je realizován ve spolupráci s organizacemi Severn Wye Energy Agency, Pure Leapfrog a Vital Energi, a jeho cílem je nejen výroba biouhlu, ale také dodávka tepla pro místní budovy a sekvestrace více než 2 500 tun CO₂ ročně. Dalším příkladem je spolupráce s firmou Blue Ocean Technology na zpracování kalu z akvakultury. PyroCore zde poskytuje technologii pro přeměnu tohoto odpadu na biouhel. Společnost také spolupracovala s konzultační firmou BioFlux na identifikaci vhodných toků biomasy z potravinářského a nápojového průmyslu v Evropě, s cílem optimalizovat využití odpadních materiálů pro výrobu biouhlu a přispět k dosažení uhlíkové neutrality.

ZDROJE: <https://pyrocore.com/en/>

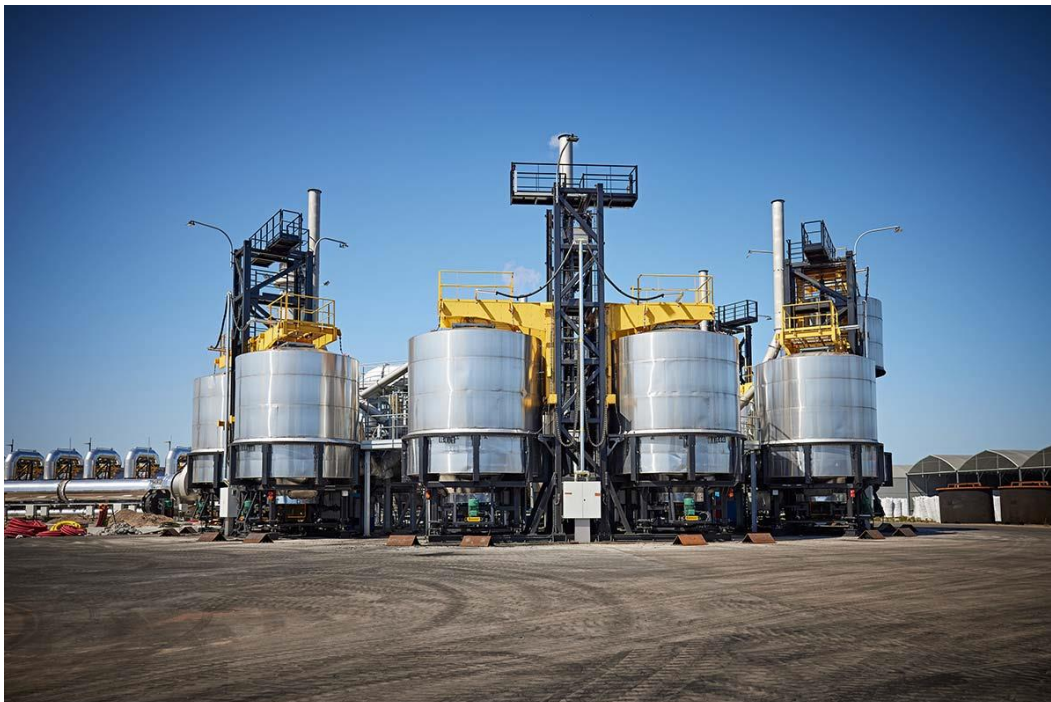
SOLER Group

Společnost SOLER Group je francouzská rodinná firma založená v roce 1993, která se specializuje na výrobu obnovitelného uhlíku prostřednictvím pyrolýzy dřevních zbytků z udržitelně obhospodařovaných lesů. Společnost provozuje tři biorafinérie ve Francii: dvě v Gyé-sur-Seine a jednu v Lacanau, s celkovou roční výrobní kapacitou 50 000 tun biouhlu a dodávkou zelené elektřiny pro více než 20 000 domácností.

Technologický koncept a provozní parametry

SOLER Group využívá vlastní patentovanou technologii pyrolýzy, která umožňuje přeměnu dřevních zbytků na obnovitelný uhlík a zelenou energii. Proces probíhá za vysokých teplot v prostředí s omezeným přístupem kyslíku, což vede k termochemickému rozkladu biomasy na syntézní plyn a biouhel. Syntézní plyn je následně spalován za účelem výroby tepla a elektřiny. Zbytkový biouhel slouží jako stabilní forma uhlíku vhodná pro sekvestraci, CO₂ nebo jako půdní aditivum. Technologie je navržena tak, aby byla energeticky soběstačná a ekologicky šetrná, s důrazem na udržitelné lesní hospodaření.

Ze webových stránek nejsou jasné technické specifikace pyrolýzního zařízení, a proto tato technologie není zařazena do souhrnné tabulky specifikací.



Realizace projektů

Společnost SOLER Group realizovala tři hlavní biorafinérie ve Francii, které slouží jako ukázkové příklady efektivní výroby obnovitelného uhlíku a zelené energie. První zařízení bylo uvedeno do provozu v roce 2012 v Gyé-sur-Seine a disponuje roční kapacitou 10 000 tun biouhlu a výrobou 28 000 MWh elektřiny. Druhá jednotka, rovněž v Gyé-sur-Seine, byla spuštěna v roce 2019 a produkuje 20 000 tun biouhlu a 12 000 MWh elektřiny ročně. Třetí biorafinérie byla otevřena v roce

2021 v Lacanau a její roční výkon odpovídá 20 000 tunám biouhlu a 12 000 MWh elektřiny. Tyto projekty dohromady zásobují více než 20 000 domácností zelenou energií a představují model cirkulárního a dekarbonizovaného využití dřevních zbytků.

ZDROJE: <https://soler-group.com/>

Doplnění – světová scéna

V rámci rešerše byly zadány a brány v potaz pouze společnosti se sídlem v Evropě, které dodávají technologie pro výrobu biouhlu. Toto rozhodnutí zadavatele rešerše bylo vedeno snahou o zajištění souladu s evropskými normami, certifikací a optimalizací nákladů a logistiky v případných dalších fázích projektu. Lokální výrobci často vyvíjejí svá zařízení s ohledem na specifika evropského trhu a odpadových toků, což zvyšuje pravděpodobnost jejich úspěšného nasazení. Rovněž lze předpokládat pružnější a levnější servisní služby ve fázi provozu.

Na světové scéně však působí dlouhá řada významných výrobců a dodavatelů technologií pro pyrolýzu a produkci biouhlu, kteří realizují projekty po celém světě. Za zmínku určitě stojí alespoň velké americké technologické společnosti New England Biochar⁸ a ARTI⁹, průkopnická australská společnost Reenergi Pty¹⁰ Ltd nebo čínský výrobce Beston Group¹¹.

Závěrečné zhodnocení kapitoly

Pyrolýzní technologie jsou stále relativně nové, avšak jejich perspektiva výrazně převyšuje současnou úroveň dostupných systémů. V evropském prostoru působí řada firem zaměřených na vývoj a výrobu různých typů těchto technologií. Nejčastěji se jedná o kontinuální provozy určené ke zpracování dřevních odpadů nebo surového dřeva, přičemž stále častěji se objevují i zařízení zaměřená na zpracování čistírenských kalů.

Největší výrobci těchto systémů sídlí zejména v Rakousku, Německu a Skandinávii. Na trhu jsou k dispozici malé až středně velké jednotky, které zpracovávají omezené množství biomasy a jsou vhodné pro lokální využití – například pro vytápění menších skupin budov s výhodou produkce přiměřeného množství biouhlu. Druhou skupinu tvoří velkokapacitní zařízení, která jsou schopna zásobovat části měst teplem, biouhlem a v některých případech i elektřinou.

Většina výrobců nepůsobí pouze jako dodavatelé samotné pyrolýzní technologie, ale nabízejí komplexní řešení na klíč, včetně projektování, dodávky, instalace a uvedení zařízení do provozu.

Závěrečný přehled jednotlivých technologií je zobrazen v přehledové tabulce s nejdůležitějšími informacemi pro srovnání jednotlivých technologií viz. Příloha XXX.

5. Trendy a perspektivy ve vývoji pyrolýzních zařízení

Zde se pokusíme stručně a v bodech shrnout poznatky z prostudovaných materiálů, rozhovorů s odborníky a vlastních zkušeností a vyvodit z nich náznaky vývoje a časových perspektiv.

Customizace

Poměrně zřídka lze dohledat konkrétní informace o technických parametrech, rozměrech nebo dokonce cenách pyrolýzních zařízení různých výrobců. Není to proto, že by parametry nebyly známy,

⁸ <https://newenglandbiochar.com/>

⁹ <https://www.arti.com/>

¹⁰ <https://renergi.net/>

¹¹ <https://www.bestongroup.com/>

ale u většiny řešení existuje poměrně velké rozpětí použitelnosti zařízení a ty které instalace se tak od sebe mohou velmi lišit. Uvádění konkrétních vlastností by tak mohlo být do jisté míry zavádějící. Realizaci každé středně- nebo velkokapacitní výroby biouhlu zpravidla předchází zpracování studie a pak následuje fáze projektové přípravy, během níž teprve vyvstanou všechna specifika a stanoví se konkrétní parametry vhodné pro danou situaci. Úprava zařízení „na míru“ tak hraje v projekční fázi zásadní roli.

Modularita

Lze vyzorovat významný trend ve vývoji a realizaci drobnějších pyrolýzních reaktorů, které mohou být řazeny paralelně. Oproti stavbě a provozu jednoho velkého reaktoru mají sestavy drobnějších reaktorů tyto výhody:

- jednotlivé bloky mohou být uváděny do provozu (nebo naopak odstavovány) podle vývoje situace na trhu s biomasou, poptávce po biouhlu a podobně,
- v případě poruchy nebo pravidelné údržby je odstaven vždy jen jeden reaktor, nejsou tak ohroženy kontinuální dodávky tepla a energie z kogenerace,
- drobnější (modulární) pyrolýzní jednotky bývají levnější a jejich instalace zpravidla umožňuje širší škálu různých řešení (customizace).

Sestavy drobnější modulárních řešení bývají oblíbené u bytových komplexů, zemědělských podniků nebo průmyslových objektů. Pro větší aglomerace nebo podniky se zajištěným přísunem biomasy a velkým požadovaným výkonem může být vhodnější velké zařízení. To je nutné posoudit v rámci studie proveditelnosti, která bude (mimo jiné) kvantifikovat disponibilní vstupy a požadované výstupy v rámci celého procesu a to včetně nejrůznějších rizik a nejistot.

Kombinace benefitů

Je pravidlem, že u sériově vyráběných pyrolýzních jednotek je využíváno přebytečné teplo (zpravidla k vytápění objektů a/nebo sušení materiálů). Velmi často se také uplatňuje výroba elektrické energie. Naopak poměrně málo bývají extrahovány pyrolýzní kondenzáty, což je dáno jejich problematickým složením a zatím omezenou škálou koncového využití. Ze zkušeností z různých úspěšných instalací je ekonomicky nejstabilnější model, kdy jsou **zároveň** uplatňovány tyto benefity:

- likvidace přebytečných materiálů (odpadu) jako jsou čistírenské kaly, gastroodpad, přebytečná biomasa,
- produkce biouhlu,
- produkce energie (teplo, elektřina),
- uplatnění uhlíkových kreditů.

Jak je zřejmé, skloubit všechny tyto benefity do smysluplného celku a uplatnit je úspěšně na trhu nemusí být snadné. Četné příklady z praxe ale ukazují, že je to možné a dobře nastavený model může být ekonomicky i environmentálně extrémně zajímavý.

6. Příklady fungujících pyrolýzních zařízení v Evropě

Účelem této kapitoly je uvést několik příkladů dobré praxe. Text v žádném případě není vyčerpávajícím výčtem úspěšných evropských projektů. Bylo vybráno několik motivujících realizací z prostředí evropských měst, které mohou být inspirativní pro hlavní město Prahu.

Helsingborg, Švédsko¹²

Helsingborg je středně velké přístavní město na jihu Švédska, ležící přímo naproti dánskému Helsingøru. Žije zde přibližně 115 000 obyvatel. Město se dlouhodobě profiluje jako inovativní a environmentálně uvědomělá komunita, což se odráží i v jeho přístupu k nakládání s odpady a ochraně klimatu.

Na předměstí města, v areálu Filborna, vzniklo moderní pyrolýzní zařízení na výrobu biouhlu, které provozuje NSR AB (Nordvästra Skånes Renhållningsbolag AB) – regionální podnik vlastněný šesti okolními municipalitami, včetně Helsingborgu. Projekt byl oficiálně uveden do provozu v červnu 2022 a stal se klíčovým prvkem v úsilí města o klimaticky udržitelná řešení. Celkové náklady na projekt činily přibližně 50 milionů SEK (114 mil. CZK). Tato částka byla částečně financována garantem od Švédské agentury na ochranu životního prostředí.

Zařízení ročně zpracuje přibližně 7 000 tun městské biomasy – především zeleného odpadu ze zahrad a parků¹³ (konkrétně větve a ořezy¹⁴) – a vyprodukuje z něj 1 500 tun biouhlu. Současně vzniká 11 GWh tepla, které je odváděno do městské sítě dálkového vytápění a slouží i pro vlastní provoz zařízení. Výsledkem je vázání zhruba 3 000 tun CO₂ ročně.

Technologicky je provoz rozdělen na dvě části. Venkovní část dodala dánská společnost **EUROmilling**, která navrhla, vyrobila a dodala kompletní řešení včetně řídicího systému pro příjem, drcení, třídění, sušení a meziskladování biomasy určené pro reaktor. Vnitřní část tvoří samotný pyrolýzní reaktor od norské společnosti **Vow**. Její technologie **BioGreen** využívá **elektricky vyhříváný šnekový dopravník (Spirajoule)**, který umožňuje přesné řízení teploty a vysokou energetickou účinnost. Při pyrolýze vzniká syntézní plyn, který je spalován v kotli produkujícím teplo pro městskou síť i sušárnu. Elektrickou energii pro provoz zajišťují generátory na skládkový plyn, provozované NSR, nacházející se v těsné blízkosti zařízení. Výstup biouhlu z jednotky BioGreen je vybaven další patentovanou technologií – **chladícím šnekovým dopravníkem UPK**. Tento systém zajišťuje kontinuální, bezpečný a efektivní odvod biouhlu pomocí chlazené vody. Ochlazený biouhel je poté dopravován do venkovní baličky, kde je zavlažen a následně balen do big bagů pro meziskladování nebo přepravu.

¹² Zdroj: <https://bioenergyinternational.com/nsr-closes-the-circle-with-novel-biochar-plant/>

¹³ Zdroj: <https://bloombergcities.jhu.edu/news/big-lessons-small-city-borrowing-and-building-upon-idea>

¹⁴ Zdroj: <https://helsingborg.se/makingofasmartercity/climate-expert-and-ipcc-author-oliver-geden-has-been-booked-as-one-of-the-keynote-speakers/>



V rámci areálů Filborna se nachází také vzdělávací a výzkumné zázemí **Biochar Competence Centre**. Je vybaveno laboratoří a malým testovacím reaktorem a nabízí prostor pro výuku, výstavy i odborná setkání. V rámci centra probíhá také výzkum aplikací biouhlu, například v rámci sanace kontaminovaných půd, ve spolupráci se Švédskou univerzitou zemědělských věd (SLU) a Švédským geotechnickým institutem.

Podle dohledaných informací je plánem města Helsingborg celou jednu třetinu vyrobeného biouhlu dát na výzkum a vývoj nových produktů. Příkladem takových výzkumných projektů je výroba klimaticky neutrálního betonu.^{15 16}

Během pečlivého průchodu dohledanými zdroji nebylo nalezeno, jakými jinými způsoby kromě výzkumu město biouhel využívá (mluvíme zde o zbývajících dvou třetinách produkce, které nepadnou na výzkum) a nebyl zjištěn komerční prodej biouhlu.

Zařízení města Helsingborg je skvělým příkladem použití inovativních technologií a integrace vzdělávání.

Darmstadt, Německo

Darmstadt je město ve spolkové zemi Hesensko, ležící jižně od Frankfurtu nad Mohanem. Má přibližně 160 000 obyvatel a je známé jako centrum vědy a výzkumu. Nachází se zde množství výzkumných ústavů, univerzit a technologických firem. Není proto překvapením, že právě zde vznikl inovativní městský projekt zaměřený na výrobu biouhlu z komunálního odpadu.

Za tímto projektem stojí **městský podnik EAD** (Eigenbetrieb für kommunale Aufgaben und Dienstleistungen), který zajišťuje komunální služby včetně zpracování odpadu. V městské části Kranichstein EAD provozuje kompostárnu, do jejíž provozu byla v roce 2022 začleněna karbonizační jednotka na výrobu biouhlu. Tato jednotka ročně zpracuje přibližně 4 000 tun zeleného a organického odpadu, z něhož vzniká 1 000 tun biouhlu. Výsledkem je zachycení a trvalé uložení asi 2 600 tun CO₂ ročně, což představuje významný přínos k ochraně klimatu.¹⁷

¹⁵ Zdroj: <https://bloombergcities.jhu.edu/news/big-lessons-small-city-borrowing-and-building-upon-idea>

¹⁶ Zdroj: <https://www.bable-smartcities.eu/explore/use-cases/use-case/climate-neutral-concrete-with-biochar.html>

¹⁷ Zdroj: <https://pflanzenkohle-darmstadt.de/>

Technologii dodala německá společnost **Carbon Technik Schuster (CTS)**. Zařízení se skládá ze dvou pecí, umístěných pod střechou pokrytou fotovoltaickými panely, a zabírá plochu asi 400 m². Teplo vznikající při pyrolýze se využívá k předsušení vstupního materiálu a také k výrobě elektřiny pomocí plynové turbíny, která slouží nejen pro chod karbonizační jednotky, ale částečně i pro napájení samotné kompostárny. Zařízení je v provozu téměř po celý rok, až 320 dní, a běží nonstop.¹⁸

Vstupní surovinou je městský zelený odpad – především dřevní zbytky z prořezávek stromů a údržby veřejné zeleně. Výsledný biouhel se na místě mísí s kompostem a substrátem a vzniká substrát PALATERRA, který je v současnosti prodáván ve volně ložené formě přímo v areálu kompostárny. Čistý Darmstadtský biouhel je možno díky spolupráci EAD a lokálního prodejce supermarketové sítě EDEKA nakoupit přímo v prodejně EDEKA v Darmstadtu.¹⁹ První praktické využití substrátu s biouhlem již proběhlo například ve výsadbách městské zoologické zahrady Vivarium.

EAD projekt aktivně propojuje také s environmentálním vzděláváním. Každoročně se zde koná Den sázení pro veřejnost, organizovaný ve spolupráci s místní mateřskou školou. Návštěvníci se zde mohou seznámit s výrobou kompostu i biouhlu, zhlédnout film o biouhlu a zakoupit si květiny i substráty.²⁰ V oblasti výzkumu spolupracuje město s Univerzitou Geisenheim, přičemž společně realizují projekt na zvyšování odolnosti městské vegetace pomocí biouhlu. Výsadby s přídavkem biouhlu se testují na 23 různých městských stanovištích – zejména v ulicích, kde je vegetace vystavena zátěži.²¹

Darmstadtský biouhel má **evropský certifikát EBC** (European Biochar Certificate) a je součástí systému obchodování s emisními povolenkami **EU ETS**. To znamená, že město může prodávat uložený uhlík ve formě CO₂ certifikátů, čímž získává další prostředky na podporu udržitelnosti.²² Zvláštní ale je, že uvádí obchodování s uhlíkovými kredity v rámci systému EU ETS, do kterého by zatím uhlíkové kredit z biouhlu neměli spadat a ne v rámci dobrovolného trhu s uhlíkem, kam se zatím řadí.

Stockholm, Švédsko

Stockholm, hlavní město Švédska s přibližně 980 000 obyvateli, je známé svým důrazem na ekologické inovace a udržitelný rozvoj. V rámci své klimatické strategie, která si klade za cíl dosáhnout uhlíkové neutrality do roku 2040, město realizovalo projekt zaměřený na výrobu biouhlu z městského zeleného odpadu.

Projekt byl zahájen po vítězství v soutěži Bloomberg Mayors' Challenge v roce 2014, kdy město získalo finanční podporu ve výši 1 milion eur. Pilotní provoz byl zahájen v roce 2017, v plném měřítku měl být dokončen v roce 2020. Bylo naplánováno rozšíření o dalších 5 zařízení, což by znamenalo zvýšení kapacity na 7000 tun biouhlu a sekvetrování 25 200 tun CO₂, což je ekvivalent odstranění 3500 aut ze silnic. Zároveň s tím produkuje 25 200 MWh energie pro 400 domácností.²³ Z důvodu chybějících zdrojů nebylo možné ověřit, zda se podařilo projekt dotáhnout do úplnosti. Nejnovější informací,

¹⁸ Zdroj: <https://ead.darmstadt.de/aktuelles/detail/spatenstich-fuer-neue-karbonisierungsanlage-des-ead/>

¹⁹ Zdroj: <https://ead.darmstadt.de/aktuelles/detail/nachhaltigkeit-gemeinsam-umgesetzt/>

²⁰ Zdroj: <https://ead.darmstadt.de/aktuelles/detail/ead-pflanztag-am-20-april-auf-der-kompostierungsanlage/>

²¹ Zdroj: <https://ead.darmstadt.de/aktuelles/detail/seit-februar-erprobt-darmstadt-resilienzsteigerung/>

²² Zdroj: <https://pflanzenkohle-darmstadt.de/klimarelevanz/>

²³ Zdroj: https://nordregio.org/sustainable_cities/stockholm-biochar-project/

z roku 2020, je plánování přesunu zařízení z umístění v Högdalenu na sever města.²⁴ Pilotní projekt přeměňuje 1300 tun biomasy s výstupem 300 tun biouhlu ročně.²⁵

Hlavním vstupním materiálem je zelený odpad z městských parků a zahrad, dále pak vánoční stromky. Do sběru biomasy jsou zapojeni i samotní obyvatelé Stockholmu, kteří mohou odpad ze zahrad odevzdávat na sběrných místech. Zde si zároveň mohou vyzvednout výsledný biouhel.²⁶ Tento komunitní prvek pomáhá nejen snižovat objem komunálního odpadu, ale také posiluje vztah občanů k ekologickým projektům města.²⁷

Produkt se prodává dalším místním úřadům, které jej používají k pěstování rostlin a stromů v parcích a veřejných prostranstvích města.²⁸

Stockholm Biochar Project je zároveň příkladem efektivní osvěty. Do roku 2019 navštívilo zařízení přibližně 1 500 zájemců, kteří se seznámili s technologiemi pyrolýzy a využitím biouhlu. Město rovněž distribuovalo informace o projektu přímo občanům – odhadem 300 000 obyvatel dostalo přímé informace.²⁹

Stockholm se zároveň pyšní prvním městským uhlíkovým úložištěm na světě, které také vzniklo jako součást projektu Stockholm Biochar Project a používá biouhel jako náhradu za omezené materiály jako je rašelina, jíl a písek do městských záhonů.³⁰

Na základě zájmu dalších organizací a měst o replikaci tohoto projektu vydal tým pro biouhel **replikační příručku** a **kontrolní seznam**. Odkaz na příručku³¹ a kontrolní seznam³² je v poznámce pod čarou. Klíčové body pro municipality usilující o vlastní projekt jsou:

1. Před zahájením projektu

- **Zmapujte poptávku po biouhlu:** Investice do zařízení na výrobu biouhlu má smysl pouze tehdy, pokud existuje reálný trh. Ve Stockholmu byl klíčovým odběratelem městský odbor dopravy, který biouhel využíval pro péči o městské stromy.
- **Zvažte infrastrukturu odpadového hospodářství:** Město by mělo mít zavedený systém sběru a třídění zeleného odpadu (např. z parků a zahrad), který může sloužit jako vstupní surovina pro výrobu biouhlu.
- **Zajistěte silné vedení projektu:** Úspěch projektu závisí na zapáleném a zkušeném projektovém manažerovi s podporou klíčových stakeholderů.

2. Zahájení projektu

- **Výběr vhodné technologie:** Zvolte zařízení schopné zpracovat dostupný druh biomasy a produkovat biouhel požadovaných vlastností. Různé druhy biomasy vedou k různým kvalitám

²⁴ Zdroj: <https://www.nordicbiochar.org/about-us/map/>

²⁵ Zdroj: <https://www.nordicbiochar.org/about-us/map/>

²⁶ Zdroj: https://nordregio.org/sustainable_cities/stockholm-biochar-project/

²⁷ Zdroj: <https://biochar-international.org/wp-content/uploads/2019/09/Stockholm-Biochar-Project.pdf>

²⁸ Zdroj: https://nordregio.org/sustainable_cities/stockholm-biochar-project/

²⁹ Zdroj: <https://biochar-international.org/wp-content/uploads/2019/09/Stockholm-Biochar-Project.pdf>

³⁰ Zdroj: <https://www.c40.org/case-studies/cities100-stockholm-world-s-first-urban-carbon-sink-with-biochar/>

³¹ <https://nordregio.org/wp-content/uploads/2018/05/Replicating-in-Stockholm-booklet-manual.pdf>

³² <https://nordregio.org/wp-content/uploads/2018/05/Replicating-in-Stockholm-checklist.pdf>

biouhlu.

- **Výběr vhodného místa:** Lokalita by měla mít dostatek prostoru pro skladování biomasy a snadný přístup k potřebným infrastrukturám (elektřina, voda, plyn). Důležitá je také akceptace ze strany sousedních subjektů.

3. Provoz zařízení

- **Integrace s městskými systémy:** Ve Stockholmu je přebytečné teplo z výroby biouhlu využíváno v systému centrálního vytápění, což zvyšuje efektivitu a ekonomickou návratnost projektu.
- **Distribuce biouhlu:** Biouhel je distribuován městským zahradníkům a občanům prostřednictvím sběrných center, což podporuje jeho využití v městské zeleni a zahradách.

4. Zapojení veřejnosti

- **Osvěta a vzdělávání:** Informujte občany o výhodách biouhlu pro zlepšení půdní kvality a zadržování vody. Veřejné zapojení zvyšuje povědomí a podporu projektu.
- **Podpora komunitních iniciativ:** Podporujte komunitní zahrady a další místní projekty, které mohou využívat biouhel, čímž se posiluje místní angažovanost a udržitelnost projektu.

Innsbruck, Rakousko

Innsbruck je hlavní město spolkové země Tyrolsko v Rakousku, nacházející se v malebném údolí řeky Inn mezi pohořími Alp. Město má přibližně 130 000 obyvatel a je známé nejen jako centrum zimních sportů, ale i pro své inovativní přístupy v oblasti udržitelného rozvoje. Jedním z takových projektů je zařízení na výrobu biouhlu, které provozuje městská společnost Innsbrucker Kommunalbetriebe AG (IKB).

Akciová společnost IKB (Innsbrucker Kommunalbetriebe AG neboli Innsbrucké komunální podniky) provozuje zařízení na výrobu biouhlu v Innsbrucku. Toto zařízení využívá technologii od společnosti SynCraft, umožňující výrobu biouhlu z dřevní štěpky, která v tomto případě pochází z lesního dřevního odpadu. Roční kapacita zařízení se pohybuje mezi 200 a 2000 tunami. Produkty jsou certifikovány podle standardů EBC (European Biochar Certificate) pro různé oblasti použití, včetně krmiv, městských aplikací a spotřebitelských materiálů.³³

Rozšiřující informace jsou bohužel u tohoto příkladu těžko dohledatelné a omezují se na několik málo údajů, které pro účel této rešerše nemají význam. Za zmínku však stojí experimentální projekt Cool-IN města Innsbruck a společnosti IKB, který byl realizován v městském Messeparku. Došlo zde k rozsáhlé přeměně prostoru — asfaltové plochy byly nahrazeny zelení a vodními prvky. Při budování systému Schwammstadt („městské houby“) byl ke stromům přidán biouhel vyrobený v zařízení IKB, který je

³³ <https://biochar-zero.com/company/innsbrucker-kommunalbetriebe-ag/>

součástí vrstveného substrátu. Tento aktivovaný rostlinný uhlík pomáhá zvyšovat schopnost zadržovat vodu a zároveň podporuje růst stromů.³⁴



Obrázek 2 průřez "městskou houbou"

Helsinky, Finsko

Helsinky, hlavní město Finska s přibližně 650 000 obyvateli se dlouhodobě profiluje jako lídr v oblasti udržitelného rozvoje a inovací. Město usiluje o dosažení uhlíkové neutrality do roku 2030 a zároveň se snaží o efektivnější ukládání uhlíku do tzv. carbon sinks na svém území. Vzhledem k obtížím se sekvestrací uhlíku v hustě zastavěných oblastech město identifikovalo využití biouhlu jako jedno z možných řešení. A tak se zrodil "Helsinki biochar project" ve spolupráci s Helsinskými regionálními environmentálními službami HSY, Univerzitou Aalto a Technickým výzkumným centrem Finska (VTT). Tento projekt se uskutečnil v letech 2022-2024.³⁵

Helsinky uspěly v žádosti o zařazení mezi sedm měst (Dalšími městy jsou Darmstadt (Německo), Sandnes (Norsko), Helsingborg (Švédsko) a americká města Cincinnati, Lincoln v Nebrasce a Minneapolis.)³⁶ zapojených do dvouletého globálního projektu replikace Stockholmského úspěchu s biouhlem financovaného a podporovaného nadací Bloomberg Philanthropies. Města v rámci projektu získala podporu při realizaci, technické poradenství, financování a přístup k síti partnerských měst i k příkladům osvědčené praxe z celého světa. Všechna sedm měst pracuje na rozvoji celoměstských projektů využívajících biouhel a aktivně zapojuje obyvatele do boje proti klimatické změně.

Projekt se soustředil na dvě hlavní pracovní linie: (1) výroba biouhlu a experimenty s jeho využitím ze strany města - cíle této části zahrnovaly zmapování dostupné biomasy, výrobu biouhlu, vytvoření pilotních lokalit pro místní vzdělávání a rozšiřování odborných sítí. (2) zapojení veřejnosti –

³⁴ https://www.tirol.gv.at/fileadmin/themen/land-forstwirtschaft/agrar/dorferneuerung-tirol/Lebensraum_Dorf/Stoellnberger_Trojer_cool-INN_Messepark_Innsbruck_-_Ein_Praxisbeispiel_zur_Kuehlung_durch_blaue_gruene_Infrastruktur_.pdf

³⁵ Zdroj: <https://www.aalto.fi/sites/default/files/2024-06/Helsinki-Biochar-Project---final-report.pdf> (zdroj pro většinu části o Helsinkách)

³⁶ <https://bloombergcities.jhu.edu/news/big-lessons-small-city-borrowing-and-building-upon-idea>

zpřístupnění tématu sekvestrace uhlíku, zapojení občanů do iniciativ spojených s biouhlem a podporu povědomí o recyklaci organických materiálů.

HSY měly již předchozí zkušenosti s výrobou biouhlu z čistírenských kalů, tzv. „sludge char“. V rámci projektu využily svou stávající pilotní pyrolýzní jednotku k testování dalších vstupních surovin mimo oblast kalového hospodářství. Tím se případ Helsinek liší od ostatních měst uvedených v této rešerši – zatímco jiná města budovala nová zařízení navržená pro zpracování dřevní štěpky a jiných tuhých biomateriálů, Helsinky experimentovaly s úpravou technologie původně určené výhradně pro pyrolýzu čistírenských kalů.

Pilotní pyrolýzní jednotku s kapacitou 3 600 t sludge charu za rok provozuje HSY od roku 2021. Zařízení vzniklo po výzkumu prováděném ve spolupráci s výzkumným ústavem Luke a společností Gasum. Do vstupního materiálu se přidává přibližně 20 % dřevní štěpky jako podpůrná surovina. Jednotka pracuje spolehlivě a většinou energeticky soběstačně. Ve Finsku je v současnosti sludge char povolen jako přísada do kompostu z bioodpadu, a probíhá proces schvalování jeho využití jako hnojiva.³⁷

Zpracování materiálu v pilotní jednotce HSY probíhá ve více krocích. Nejprve jsou vstupní suroviny nadrceny a následně sušeny ve speciální termické sušičce, kde se využívá teplo vzniklé spalováním pyrolýzních plynů. Suchý materiál je poté dávkován přes uzavírací ventily do rotační pyrolýzní pece s dvojitým pláštěm. Pro pyrolýzu byla v projektu použita teplota v rozmezí 580–610 °C, přičemž doba zdržení se lišila podle typu zpracovávaného materiálu. Plyny vznikající při pyrolýze se bez kondenzace spalují a vzniklé teplo se dále využívá k ohřevu reaktoru.

Výstupní biouhel se ochlazuje nepřímým vodním chlazením a následně zvlhčuje. Výsledný produkt je skladován ve vacích ve venkovních silech před další distribucí.

Použití různých materiálů přineslo odlišné provozní nároky. Například dřevní štěpka, která má vysokou energetickou hustotu, způsobovala přehřívání systému – bylo nutné zpomalit její dávkování. Naopak travní biomasa a rákosí měly nízký výhřevný obsah a nepřinášely dostatečnou energii pro stabilní chod zařízení. Kalové materiály jsou oproti tomu velmi těžké a vlhké, což klade nároky na mechanickou manipulaci. Z tohoto důvodu by do budoucna výrazně pomohlo standardizovat vstupní materiály a optimalizovat zařízení podle jejich specifických parametrů.

V rámci projektu byla věnována zvláštní pozornost výběru vhodných vstupních surovin pro testování pyrolýzní jednotky. HSY a město Helsinky zmapovaly různé druhy uhlíkatého odpadu dostupné ve městě a jeho okolí. Klíčovými kritérii při posuzování byly zejména nízký obsah písku (kvůli ochraně pohyblivých částí zařízení), vhodné logistické a skladovací podmínky a také minimální objem suroviny 20 000 kg na jednu dávku, což odpovídá kapacitě jednotky.

Některé potenciální materiály byly vyřazeny z důvodu nesplnění těchto požadavků. Například odpad z ulic měl vysoký obsah písku, který by mohl poškodit zařízení. Výkaly ze psích parků a odpad z kadibudek narážely na logistické a kapacitní překážky. Nevhodné se ukázalo i dřevo z bednění kvůli komplikované koordinaci, stejně jako zimní rákosí či zkažené krmivo pro dobytek, které nebylo dostupné v dostatečném množství.

³⁷ Zdroj:

https://www.phosphorusplatform.eu/images/scope/ScopeNewsletter144.pdf?utm_source=chatgpt.com

Finálně byly vybrány 4 vstupní materiály: dřevní štěpka, rákos, měkký zelený odpad a drť z větví. Přičemž pouze biouhel z dřevní štěpky a rákosu splnil legislativní kvalitativní normy (např. limity obsahu těžkých kovů).

V rámci projektu bylo biouhlu využito na deseti různých pilotních lokalitách ve veřejné zeleni v Helsinkách, přičemž cílem bylo získat praktické zkušenosti s jeho manipulací, aplikací a vlivem na růst rostlin i půdní podmínky. Z důvodu časového omezení a závislosti na již probíhajících stavebních projektech se biouhel většinou vkládal do existujících nebo polo-dokončených návrhů, čímž se omezila možnost vytvoření kontrolovaných a opakovatelných experimentů. Projekt tak akcentoval především učení „za pochodu“ – jak z hlediska technických a logistických postupů, tak biologických účinků. Celkově bylo využito 106 m³ biouhlu, přičemž kromě produktů od HSY byl pro pokrytí potřeb projektu použit i komerčně dostupný biouhel.

Aplikace biouhlu proběhla na novém fotbalovém hřišti, dále pak k tramvajovým kolejím nebo v parcích.

Projekt se také zabýval zapojením veřejnosti a osvětou. Cílem bylo ukázat, že přeměna místních toků odpadu na opatření reagující na změnu klimatu může být pro občany smysluplnou a angažující činností. Pro naplnění tohoto cíle byly vybrány tři skupiny komunitních zahradníků a jedna bytová komunita, které experimentovaly s využitím biouhlu. Kromě zahradnických skupin byly zvažovány i další formy občanského zapojení, například školy, jednotlivci nebo tvorba plovoucích ostrovů pro filtraci vody. Hlavní důraz byl kladen nikoli na technické vlastnosti biouhlu, ale na způsoby, jak s ním občané experimentují, jak se organizují a co je k jeho využívání motivuje.

Ze závěrečné zprávy projektu se dá usuzovat, že i po ukončení tohoto projektu se HSY spolu s Helsinkami plánují nadále věnovat výrobě, distribuci a užívání biouhlu, včetně zapojování občanů. Nicméně, aktuální veřejné informace ohledně provozu pyrolýzního zařízení jsou omezené, a týkají se pouze výroby biouhlu z čistírenských kalů.

Na tuto snahu navazuje i probíhající projekt RAHI 2 (2023–2025), financovaný z programu Next Generation EU. Jedním z jeho klíčových cílů je rozvoj využití sludge charu, tedy biouhlu vznikajícího pyrolýzou čistírenských kalů, jako součást širšího konceptu recyklace uhlíku a živin z odpadních vod. Projekt dále testuje možnosti integrace sludge charu do reálných aplikací a jeho propojení s dalšími technologiemi, jako je RAVITA, čímž potvrzuje, že HSY ve výzkumu a optimalizaci výroby biouhlu aktivně pokračuje i po skončení Helsinkí Biochar Project.³⁸

Spolupráce Bratislavy se soukromou firmou Biograda

Společnost Biograda, známá také pod obchodním názvem Zdroje Zeme, představuje inovativní přístup k nakládání s biologicky rozložitelným odpadem a výrobě biouhlu v regionu Bratislavy. Jejich pilotní zařízení se nachází v Horném Jatově, přibližně 70 km od Bratislavy, a bylo vybudováno na místě bývalého brownfieldu. Toto zařízení je navrženo tak, aby ročně zpracovalo až 30 tis. tun živočišného hnoje a dalších 100 tis. tun biologického odpadu, včetně kuchyňského biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO) z Bratislavy, která má 475 tis. obyvatel, a vyprodukovalo přibližně 20 000 tun biouhlíkového substrátu Effeco a 42 500 MWh energie.³⁹

³⁸Zdroj: https://www.kestavakaupunkielama.fi/en/hsy/hsys-projects/project-pages/rahi-project/?utm_source=chatgpt.com

³⁹ <https://www.biograda.eu/sk/>

Biograda je soukromá společnost, která byla založena v roce 2016. Zaměřuje se na komplexní řešení pro oběhové hospodářství, které zahrnuje zpracování bioodpadů z kuchyní, rostlinné, živočišné výroby a průmyslu, jejich transformaci na zelenou energii a regenerační půdní substrát na bázi biouhlu Effeco. Spolupracuje s městskou společností Odvoz a likvidácia odpadu (OLO) v Bratislavě, která od října 2021 zavedla sběr kuchyňského bioodpadu ve většině městských částí. Do konce roku 2022 bylo do tohoto systému zapojeno více než 100 000 domácností (tedy 57 % z celkového počtu), které vyřídily téměř 2 000 tun kuchyňského bioodpadu. Část tohoto odpadu je následně zpracována v zařízení Biograda.^{40 41} Vedlejší živočišné produkty kategorie 3 (VŽP KAT3 např. vyhozené potraviny pro lidskou potřebu a části poražených zvířat) jsou odděleny od ostatního bioodpadu, poté poslány do zařízení na hygienizační stabilizaci, kde jsou po dobu jedné hodiny zahřívány o teplotě 70 °C a následně putují do kaskádové fermentace. Ze 100 tis. tun odpadu je tak ročně získáno cca 7 820 000 m³ bioplynu, který je kogenerační jednotkou převeden na elektřinu dodávanou do distribuční sítě ZSE (Západoslovenská energetika, a.s.), nebo je čištěn na biometan, který lze vtlačet do plynárenské sítě či přeměněn na CNG nebo LNG. Vedlejším produktem výroby biometanu je zelený CO₂ v tekuté formě na průmyslové účely, kterého se z uváděného množství bioplynu vyextrahuje 6 800 tun. Zbývá pevná frakce je zpyrolýzována a zpracována na biouhlíkový substrát Effeco.

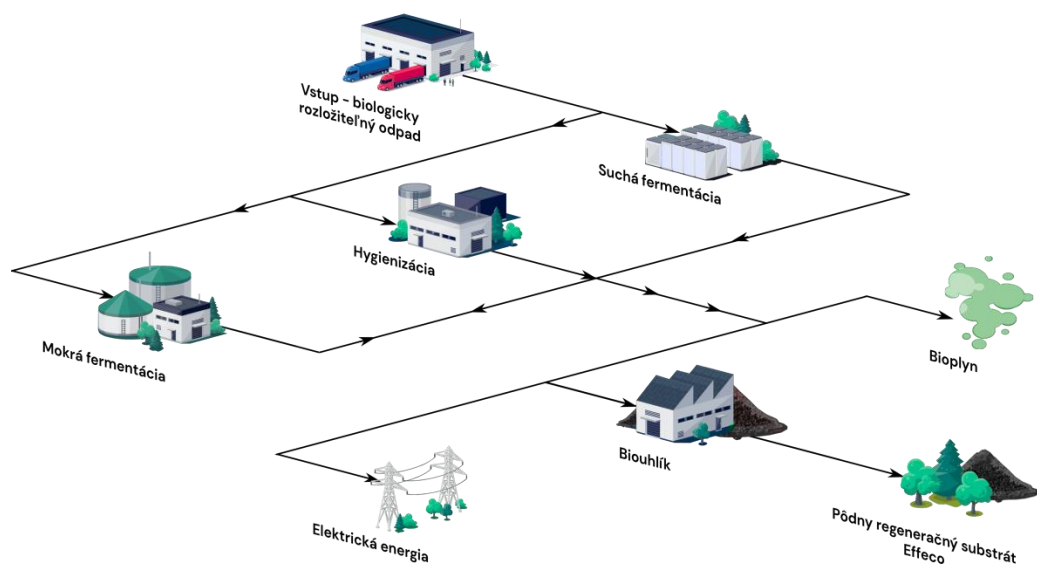
Effeco by ZZ bylo patentováno a schváleno Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským v Bratislavě pro použití v zemědělství včetně ekologického zemědělství. Jeho vývoj a aplikace probíhají ve spolupráci s odborníky ze Slovenské zemědělské univerzity v Nitře. Je aplikován v podobě pelet a jeho přesné složení se dá upravit na konkrétní potřeby cílové půdy.

Technologie a procesy společnosti Biograda jsou chráněny čtyřmi domácími a dvěma mezinárodními patenty. Z dostupných zdrojů vyplývá, že Biograda využívá vlastní patentovanou technologii, kterou vyvinula spolu se svými strategickými partnery. Vyrobená energie se používá pro provoz celého zařízení a část produkce je prodávána dále jako obnovitelný energetický zdroj. Biograda přispívá k udržitelným cílům OSN: k cíli č. 7 (čistá energie), č. 9 (průmysl, inovace a infrastruktura), č. 11 (udržitelná města a obce), č. 12 (odpovědná spotřeba a výroba), č. 13 (boj proti změně klimatu), č. 15 (život na souši) a také č. 2 (svět bez hladu) díky podpoře zemědělské půdy zvýšenou produktivitou. Mezi ocenění, která Biograda obdržela, patří prestižní „Seal of Excellence“ od Evropské komise. Získala finanční podporu z programu HORIZON 2020 - The EU Framework Programme for Research and Innovation 2014-2020. Celková výše všech veřejných podpor a grantů od EU a Ministerstva ŽP a hospodářství činila 10 mil. eur.⁴² Zařízení usiluje o certifikaci European Biochar Certificate (EBC) od Carbon Standards International. O obchodování s uhlíkovými kredity nebyla nalezena zmínka, ale je možné, že budou následovat po certifikaci biouhlu. V registru EBC Biograda zatím není vedena.

⁴⁰ <https://www.odpady-portal.sk/Dokument/107014/kuchynsky-odpad-bratislava.aspx>

⁴¹ <https://www.odpady-portal.sk/Dokument/107762/zdroje-zeme-biograda-bioodpad.aspx>

⁴² <https://www.interregeurope.eu/good-practices/innovative-biochar-based-approaches-to-soil-regeneration-and-fertilisation>



Město	Velikost zařízení	Technologie	Vstupní materiál (před úpravou)	Využití biouhlu	Další produkty	Certifikáty	Produkce uhlíkových kreditů
Helsingborg	1500 t biouhlu/rok	BioGreen Pyrolysis (Vow), EUROMilling	Biomasa, městský odpad	Veřejná zeleň, testování na kontaminovaných půdách	teplo	Nemá certifikát EBC	Neuvádí se
Darmstadt	1000 t biouhlu/rok	CTS, dvoupevné zařízení	Zelený odpad a dřevní materiál	Substrát PALATERRA, městská zeleň, zoologická zahrada	teplo, elektřina	EBC, QS (DQS CFS GmbH)	EU ETS
Stockholm	300 t biouhlu/rok (pilotní projekt), plán 7000 t	Neuvádí se	Zahradní a parkový odpad, vánoční stromky	Veřejné záhony, městská zeleň, zahrady obyvatel	teplo	Neuvádí se	Neuvádí se
Innsbruck	200-2000 t/rok	Syncraft	Lesní odpad	Městská zeleň, Schwammstadt projekt v Messeparku	Neuvádí se	EBC	Neuvádí se
Helsinki	3000-3600 t biouhlu z kalů/rok	Neuvádí se	Převážně čistírenské kaly, částečně dřevní štěpka	Městská zeleň komunitní zahrady, fotbalové hřiště	teplo	Neuvádí se	Neuvádí se
Biograda (Bratislava)	20 000 t biouhelného substrátu /rok	Vlastní	BRKO, lesnický a zemědělský bioodpad, čistírenské kaly	Patentovaný substrát Effeco by ZZ	Bioplyn, elektřina, teplo, zelený CO ₂	Usiluje se o EBC	Neuvádí se

7. Rešerše provozů výroby biouhlu v ČR a SR

Tato doplňková kapitola byla zpracována na základě zkušenosti a vlastního průzkumu situace na trhu v České republice a na Slovensko.

Vzhledem k zadání a zaměření rešerše zde nejsou uváděni domácí výrobci využívající jednoduchou ruční výrobu (tzv. kon-tiki metodu) v otevřených nádobách. Rovněž nejsou uváděni výrobci, kteří si nepřejí zveřejňovat informace o své výrobě biouhlu.

Dr.Uhli

Jde o společnost založenou v roce 2016 pod názvem Devrakon, s.r.o., která v roce 2025 změnila název na Dr.Uhli s.r.o. Společnost provozuje souproudý pyrolýzní reaktor vlastní konstrukce. Uvádějí roční výrobní kapacitu 1-2 tis. m³ biouhlu, přičemž zdrojovým materiálem pro výrobu jsou odpadní palety s příměsí dalších dřevnatých materiálů jako je např. nábytek. Součástí provozu je výroba elektrické

energie a využití tepla pro sušení materiálu a vytápění. Společnost s vyrobeným biouhlem obchoduje (malo- i velkoobchod) a provozuje také eshop na stránkách <https://www.druhli.cz/>



foto: autor

Equidomus

Společnost Equidomus s.r.o. provozuje pilařskou výrobu se specializací na výrobu boxů pro koně. Dřevní odpad je přímo v závodě drcen a po předsušení zplyňován s primárním cílem výroby elektřiny a tepla pro sušení řeziva a vytápění. Za tím účelem je v provozu 6 malých upravených reaktorů od německého výrobce Spanner Re². Vedlejším produktem provozu je jemnozrnný biouhel. Roční produkce biouhlu není známa. Kontakty a další informace jsou dostupné na <https://www.equidomus.com/>

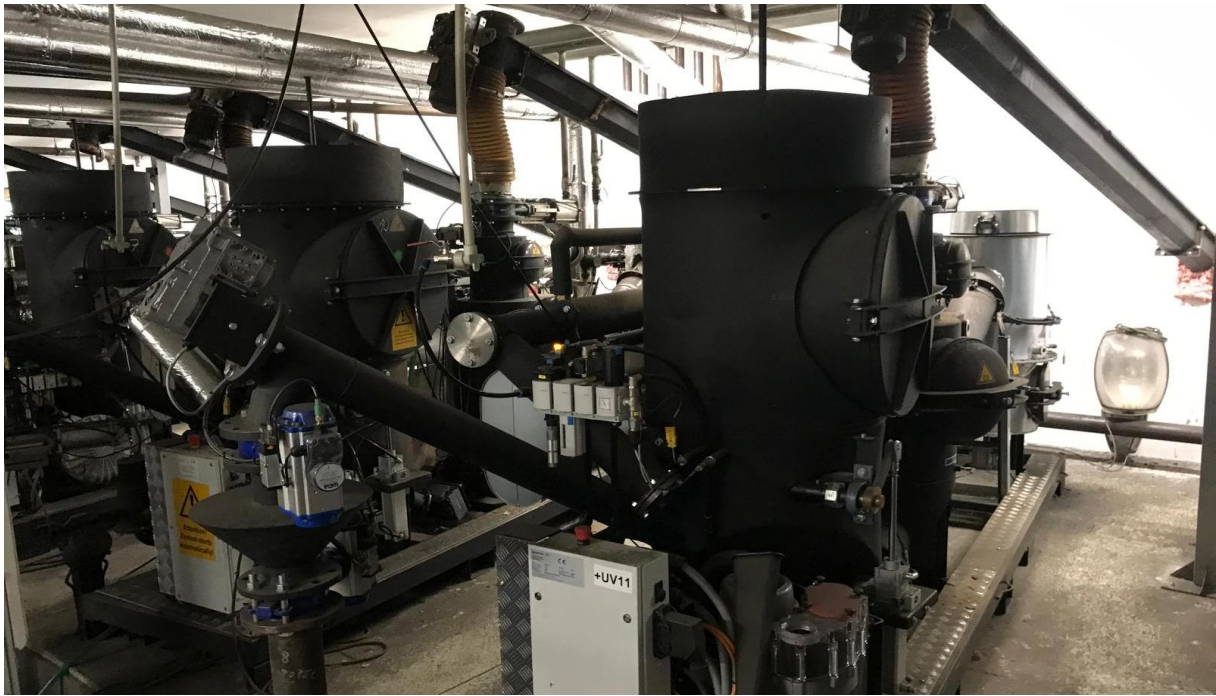


foto: autor

Preol Lovosice

V roce 2024 byla akciovou společností PREOL zprovozněna pyrolýzní technologie PYREG PX 1500. Linka je zaměřena na pyrolýzní zpracování sekundárních plev z čištění řepkového semene. Předpokládaná roční produkce biouhlu je 897 tun. Vznikající biouhel má od února 2025 platnou registraci jako pomocná půdní látka a je registrován i jako krmná surovina. Splňuje rovněž kritéria kvality certifikačního schématu EBC (European Biochar Certificate).



foto: <https://www.linkedin.com/pulse/p%C5%99edstavujeme-n%C3%A1%C5%A1-dal%C5%A1%C3%AD-projekt-biochar-preol-hr9ge>

ČOV Trutnov

Na čistírně odpadních vod v Trutnově byla v roce 2021 uvedena do plného provozu kalová koncovka se zařazenou pyrolýzní jednotkou PYREG P500 KSF s předřazenou sušárnou kalů EloDry NT-16. Investorem a provozovatelem zařízení je společnost VaK Trutnov. Při běžném fondu 7500 hodin zpracovává provoz 1250 tun kalu vysušeného na 80 % sušiny. Uvádí se roční produkce 560 tun karbonizovaného kalu. Tento pyrolýzovaný čistírenský kal uvádí na trh společnost Bio cycle Grow jako pomocnou půdní látku pod značkou TURBO!



foto: http://www.cpga.cz/files/prednasky/2003_Fuka_Kos_Trutnov_kalova_koncovka.pdf

Biograda

Tato slovenská společnost nabízí komplexní služby v nakládání s biologicky rozložitelnými odpady. Ve vlastním závodě v Horném Jatově (Trnovec nad Váhom) společnost provozuje linku na likvidaci a využití bioodpadu formou fermentace, kompostování a karbonizace pyrolýzy. Vzniká tak produkt nazvaný *effecto by ZZ*, který je substrátem určeným pro zlepšení stavu půd.

Podrobněji se o projektu Biograda hovoří v předchozí kapitole o příkladech dobré praxe.

Informace a kontakty jsou dostupné na webu <https://www.biograda.eu/sk/>.



Foto: www.biograda.eu

Závěrečné shrnutí

V Česku a na Slovensku je poměrně malý počet výrobců biouhlu na průmyslové úrovni. Teprve v posledních letech se uplatňují sériově vyráběné technologie (PYREG), do té doby byla v provozu specifická řešení.

8. Legislativa a předpisy v ČR ve vztahu k biouhlu a pyrolýze

Principem pyrolýzní jednotky je karbonizace nebo teraflotace biologického materiálu nejčastěji pak dřevěných materiálů, čistírenských kalů nebo jiných pevných přírodních materiálů. Cílem těchto úprav je odstranit těkavou složku z materiálu a zkoncentrovat uhlík. Jelikož tyto technologie jsou exotermní povahy a při tomto ději vznikají spaliny je nahlíženo na pyrolýzní technologie jako na energetické zdroje.

Samotný biouhel nemá zatím vlastní legislativu, a proto je na něho nahlíženo jako na látku podobnou hnojivům. Spadá tak pod zákony zabývající se hnojivy a skladování hnojiv.

Jelikož požadavkem této studie je i řešerše na možné zpracování dřevěného nábytku jako odpadu je zapotřebí zohlednit i legislativu zabývající se odpady. Navíc některé vstupní složky pro výrobu biouhlu mohou být kategorizovány jako odpad je tato legislativa podstatná.

Legislativa vztahující se na energetické zdroje

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší

Pyrolýzní jednotky jsou považovány za stacionární zdroje znečišťování ovzduší. Zákon stanovuje povinnosti týkající se emisních limitů, monitorování emisí a získání povolení k provozu. Dle tepelného výkonu, roku uvedení zařízení do provozu a dalších charakteristik se zařízení kategorizuje do příslušné skupiny a jsou pro něj stanoveny přesné maximální emisní limity a další omezení. Provozovatelé musí vypracovat provozní řád a zajistit, že emise nepřekračují stanovené limity. Pokud by pyrolýzní jednotka překračovala povolené emisní limity bylo by zapotřebí vybudovat systém čištění spalin.

Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci

Pro větší pyrolýzní jednotky může být vyžadováno integrované povolení podle tohoto zákona, který implementuje principy nejlepší dostupné techniky (BAT) a zajišťuje komplexní ochranu životního prostředí. Muselo by se ovšem jednat o technologii která má zpracovatelskou kapacitu 50 tun odpadu za den.

Dalším aspektem je výroba organických chemických látek, jako jsou jednoduché uhlovodíky atd. Při výrobě biouhlu tyto látky vznikají a je možné je odvádět a tím pádem i kategorizovat za výrobní proces. Pokud by tak byl proces nastaven mohlo by se jednat o charakteristiku zařízení která si integrované povolení vyžaduje.

Zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí (EIA)

Pokud by se jednalo o velké pyrolýzní zařízení zpracovávající dřevěný odpad v kapacitě větší než 1 t/den, bylo by nutné projít zjišťovacím procesem EIA. Pokud by zařízení spadlo do této kategorie bylo by zapotřebí získat kladný posudek EIA který je nezbytný pro následné povolovací kroky, a to integrované povolení, stavební povolení a povolení k provozu.

Pokud by zařízení mělo větší tepelný výkon jak 50 MW bylo by také zapotřebí projít zjišťovacím procesem EIA neohledně na druhu paliva.

Zákon o požární ochraně – č. 133/1985 Sb.

Pyrolýza je tepelný proces a tím pádem zařízení musí být posouzeno z hlediska požární bezpečnosti.

Stavební zákon – zákon č. 283/2021 Sb.

Pyrolýzní jednotka je stavba technické infrastruktury (průmyslová stavba). Ve stavebním řízení se zohledňuje např. hluk, prašnost, vzdálenost od obytné zástavby.

Zákon o inspekci životního prostředí – č. 282/1991 Sb.

Česká inspekce životního prostředí (ČIŽP) kontroluje dodržování podmínek provozu.

Existují další zákony, které v povolovacím procesu mohou být uplatněny, pokud dojde k naplnění některých parametrů nebo omezení.

Legislativa vztahující se k biouhlu

Biouhel, jako produkt pyrolýzy, může být využíván v zemědělství ke zlepšení vlastností půdy. V současnosti však v České republice neexistuje specifická legislativa upravující jeho výrobu a použití. Pro jeho aplikaci na půdu je nutné splnit obecné požadavky na hnojiva a půdní pomocné látky, včetně registrace a posouzení bezpečnosti. Jeho použití podléhá následujícím legislativním požadavkům:

Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech

Tento zákon upravuje uvádění hnojiv a pomocných půdních látek na trh. Pro uvedení biouhlu jako hnojiva na trh je nutné, aby biouhel splňoval požadavky na kvalitu a bezpečnost, byly poskytnuty informace o jeho složení a jeho doporučeném použití a musí se podat oznámení na Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský.

Vyhláška č. 377/2013 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv

Další okrajovou legislativou je skladování biouhlu které sebou nese také jistá omezení.

Legislativa vztahující se na odpady

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech

Tento zákon stanovuje pravidla pro nakládání s odpady, včetně jejich využívání a odstraňování. Pyrolýzní jednotky, které zpracovávají dřevěný odpad, spadají pod tento zákon jako zařízení k využívání odpadů. Provozovatelé musí získat souhlas k provozování zařízení a dodržovat hierarchii nakládání s odpady, která upřednostňuje předcházení vzniku odpadu a jeho recyklaci před energetickým využitím a skládkováním.

Závěrečné shrnutí

Tato kapitola popisuje vybrané zákony a legislativu zabírající se povoločným procesem, náležitostmi spojenými s energetickými zdroji, odpady a samotným biouhlem. Je zapotřebí zmínit, že konkrétní pyrolýzní technologie může být doprovázena další legislativou a v některých částech se od zmíněných zákonů odchylovat. Například technologie zpracovávající čistírenské kaly bude potřeba zhodnotit podle příslušných zákonů. Povoločný proces vybrané technologie bude nejvýznamněji ovlivňovat celková velikost zařízení a parametry jako tepelný a elektrický výkon a hodnoty vypouštěných emisí. Na technologie vyrábějící elektrickou energii se vztahují zákony o distribuci elektrické energie atd. a je potřeba tyto náležitosti řádně zohlednit.

9. Problematika zpracování odpadu z nábytku na biouhel

Biouhel a cirkulární ekonomika

Biouhel je konkrétním příkladem toho, jak lze v praxi naplnit principy cirkulární ekonomiky – tedy takového hospodaření, které uzavírá materiálové toky, minimalizuje odpad a udržuje hodnotu surovin v oběhu co nejdéle. V tomto pojetí je městský zelený a dřevní odpad zpracován pyrolýzou na biouhel. Během toho je využito odpadní teplo a zároveň přeměněn uhlík do stabilní podoby. Biouhel pak slouží jako nová surovina s vysokou užitnou hodnotou. Nejčastěji se aplikuje zpátky do půdy, čímž se smyčka uzavírá a zároveň podporuje vegetaci, která generuje další biologický materiál. Dále je teoreticky možné do tohoto koloběhu začlenit i výrobu biouhlu z čistírenských kalů a starého nábytku. Výzvou u těchto dvou materiálů ale mnohdy jsou nadlimitní koncentrace rizikových látek. Pokud se ale tuto výzvu podaří vyřešit a rizikové látky zredukovat do limitních koncentrací, bude se jednat o velký krok

vpřed a v případě biouhlu z čistírenských kalů, pokud by byl aplikovaný na zemědělskou půdu, by se tak smyčka hezky uzavřela a spolu s tím by se do půdy vrátily i živiny především fosfor⁴³.

Biouhel z nábytku

Na základě důkladného průzkumu dostupných zdrojů nebyl nalezen žádný realizovaný ani plánovaný projekt, ve kterém by municipality nebo soukromé firmy využívaly vyřazený nábytek jako surovinu pro výrobu biouhlu. Tato absence je pravděpodobně způsobena složením nábytkového odpadu, který je často nehomogenní a obsahuje různé látky, jako jsou lepidla, laky a jiné chemické úpravy, což komplikuje proces pyrolýzy a může vést k produkci biouhlu s nežádoucími vlastnostmi. Například ve studii Gmar (2022)⁴⁴ byl elektronovou mikroskopií zkoumán biouhel vyráběný ze dřeva ošetřeného konzervačním nátěrem chromovaným arzeničnanem měďnatým (CCA). Bylo zkoumáno a zjištěno, že koncentrace těžkých kovů (As a Cr) v biouhlu překračovaly limity stanovené Agenturou pro ochranu životního prostředí (EPA). V roce 2004 bylo použití CCA kvůli riskantnímu vyluhování kovů v rezidenčních oblastech zakázáno, ale protože v devadesátých letech minulého století patřil mezi nejrozšířenější konzervační látky, zůstává likvidace jím ošetřeného dřeva celosvětovým problémem a biouhel z něho vyrobený může obsahovat nadlimitní koncentrace těžkých kovů.

Nicméně je zde možnost biouhel z nábytku nepoužívat v zemědělství a potravinářství, ale například ve stavebnictví, kde je dohlíženo na jiné parametry. Takto problém nadlimitních hodnot rizikových prvků, zejména těžkých kovů řeší biouhel z čistírenských kalů. Probíhá výzkum a současně již i praxe, kdy se přidává do betonu a malty. Například studie Onuaguluchi (2024) potvrdila, že přidání biouhlu vyrobeného z čistírenských kalů, zvyšuje pevnost malty a současně snižuje její uhlíkovou stopu^{45 46 47}.

Současně ale platí, že aplikace biouhlu z čistírenských kalů a potenciálně i biouhlu z nábytku v zemědělství je možná. Například ve výzkumu Usták a kol. (2021)⁴⁸ byl pomocí chelatačního činidla dekontaminován čistírenský kal, díky čemuž z něho následně vyrobený biouhel již nepřekračoval dříve překračující hodnoty šesti prvků. Takovýto biouhel pak mohl být použit v zemědělství. Téma výroby biouhlu z pražského odpadního nábytku za účelem použití v zemědělství, by si zasloužilo hlubší výzkum, včetně zmapování množství jednotlivých druhů nábytku, laboratorní výrobu biouhlu z něho a měření jeho kvality a rizikových látek. To přesahuje rozsah této rešerše, ale mohlo by to být vhodným námětem diplomové práce.

Při výrobě biouhlu z nábytku, ať už na jakékoliv účely, se musí propojovat technologie, které by škodlivé látky z nábytku a případně i biouhlu odstranily. Dále, pokud by biouhel z nábytku byl využíván výhradně ve stavebnictví atp., musel by se vyrábět odděleně od biouhlu putujícího do zemědělství a potravinářství. Chemické látky jako lepidla se pyrolýzou rozloží díky vysoké teplotě technologie a nejsou zásadním problémem. Na druhou stranu těžké kovy a podobné chemické instance se zkoncentrují v biouhlu a naváží se na jeho strukturu. Odstranění těchto látek by vyžadovalo přidat do procesu absorpční látky které by těžké kovy místo biouhlu vychytaly. Tento proces je však pouze

⁴³ Usták a kol. (2021)

⁴⁴ https://www.mdpi.com/1996-1073/15/14/5071?utm_source=chatgpt.com#B3-energies-15-05071

⁴⁵ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061824011000>

⁴⁶ https://www.vtei.cz/2019/06/biouhel-nova-perspektiva-v-technologie-docistovani-odpadnich-vod-nebo-slepa-ulicka/?utm_source=chatgpt.com

⁴⁷ <https://biochar-international.org/about-biochar/how-to-make-biochar/biochar-feedstocks/#:~:text=Biomass%20waste%20materials%20appropriate%20for,methane%20back%20into%20the%20atmosphere>

⁴⁸ Usták a kol. (2021)

teoretický a praxi tento postup nebyl zkoumán. Proto je potřeba počítat s vyššími hodnotami nechtěných látek v biouhlu.

Prvním problémem u nežádoucích látek je jejich uvolňování do spalin. Látky jako As, Cr a Hg se vážou na plynné polutanty a při spalování starého nábytku s těmito látkami by bylo nutné instalovat za pyrolýzní jednotku systém čištění spalin. Tato praxe je běžná ale významným způsobem zvyšuje investiční náklady na zařízení.

V dnešní době se ustupuje od používání těchto problémových látek a nátěrů, a proto je dost možné že tyto obavy jsou neopodstatněné. Určité procento nevhodně ošetřených nábytků se v oběhu bude pohybovat ale při malé koncentraci takového nábytku bude biouhel pod limitními hodnotami znečištění. Klíčová je také skladba nábytku. Naprostá většina nábytku není z jednoho kusu dřeva a jsou tak spojovány kovovými nebo lepenými spoji. Předúpravou nábytku bude muset být drcení na specifickou velikost a separace nevhodných částí (kov). V dnešní době je čisté dřevo poměrně drahé, a proto se často přistupuje k levnějším variantám a to dřevotříse. Často nábytek obsahuje plastové části a bude tak zapotřebí vybrat vhodný starý nábytek pro využití v pyrolýzní jednotce.

Výroba biouhlu z palet a homogenního nábytku

V kontextu této kapitoly je důležité zmínit výrobu biouhlu z palet. Jedná se o víceméně homogenní materiál a je tak snazší pohlídat koncentrace rizikových látek, než u nehomogenního nábytku všeho druhu. V ČR palety slouží jako vstupní materiál pro pyrolýzní jednotku ve Zlaté Olešnici. Provoz tohoto zařízení je zmíněn v kapitole o *výrobě biouhlu a současném stavu technologií v ČR* a také částečně ukázaný ve videu od České zemědělské univerzity v Praze ČZU⁴⁹.

Závěrečné shrnutí

Biouhel dobře zapadá do cirkulární ekonomiky. Látkové toky ať už zelený a dřevní odpad z údržby městské zeleně a lesů nebo i čistírenské kaly, popřípadě vyřazený nábytek se skrze něj ve formě výsadbových substrátů, nebo hnojivých a pomocných půdních substrátů vrací na začátek cyklu – do půdy ať už ve městě, na poli nebo lesích. Spolu s tím je vyrobeno užitkové teplo nebo elektřina a současně sekvestrován (uložen) oxid uhličitý.

Výroba biouhlu ze starého nábytku ovšem představuje výzvu. Díky nehomogenitě nábytku a použití různých materiálů kromě dřeva je jeho využití spojené s komplikacemi v podobě mechanické předúpravy a separace nevhodných materiálů. Další výzvou je separace toxických látek z biouhlu. Jelikož nábytek může obsahovat látky a chemikálie způsobující při spalování navázání škodlivin na biouhel, výsledné hodnoty mohou převyšovat limity pro potravinářský a zemědělský průmysl. Z toho důvodu by takový biouhel šel použít především ve stavebnictví a podobně. Další významnou otázkou pro řešení je množství emisí a toxických látek vzniklých při pyrolýzním procesu. To by vyžadovalo umístit za technologii systém čištění spalin. Tyto výzvy mohou značně navýšit investiční náklady na projekt. Nepodařila se dohledat jediná provozovna vyrábějící biouhel z odpadního nábytku a rovněž chybí výzkum na dané téma. Téma si proto zaslouží podrobnější výzkum, který by mohl mimo jiné zkoumat množství a strukturu odpadního nábytku a ověřit kvalitu takto vzniklého biouhlu. Naopak v ČR již probíhá výroba biouhlu z homogennějšího dřevního odpadu, jako jsou palety a odpad z truhláren.

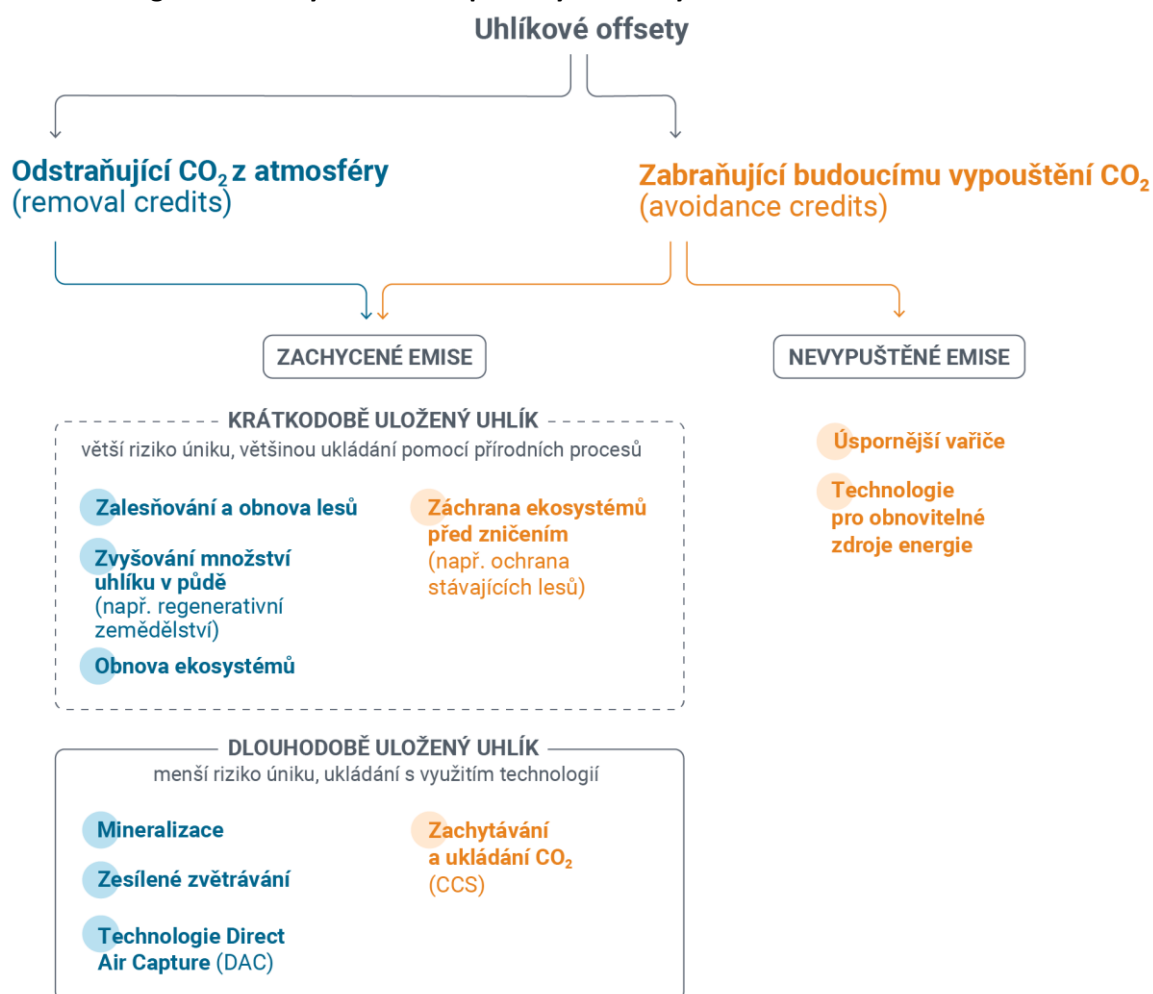
⁴⁹ <https://www.youtube.com/watch?v=I4CLycStzME>

10. Uhlíkové kredity

Úvod do offsetů a uhlíkových kreditů

Uhlíkové offsety (nebo také uhlíkové kredity) jsou obchodovatelné jednotky, které umožňují jednotlivcům, firmám nebo státům kompenzovat část své uhlíkové stopy, kterou již nedokáží snížit jiným způsobem⁵⁰. Offsety se dělí jednak podle typu zásahu a za druhé podle trvání uložení uhlíku, jak zobrazuje obrázek č. 1.

Obrázek 1: Kategorie uhlíkových offsetů a příklady offsetových aktivit⁵¹



1. Podle typu zásahu:

⁵⁰Fakta o klimatu. **Uhlíkové offsety: přehled principů a výzev.** Andy Snováková , Ondráš Příbyla. 2023. [online]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/explainery/uhlikove-offsety>

⁵¹ Fakta o klimatu. Andy Snováková , Ondráš Příbyla. 2023. [online]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/explainery/uhlikove-offsety>

- *Removal offsets* – projekty, které odstraňují CO₂ z atmosféry (např. výsadba stromů).
- *Avoidance offsets* – projekty, které zabraňují emisím CO₂ (např. výstavba obnovitelných zdrojů energie).

2. Podle trvání uložení uhlíku:

- *Krátkodobé uložení* – např. v biomase, která může být zničena požárem.
- *Dlouhodobé uložení* – např. geologické ukládání CO₂, které je méně náchylné k uvolnění

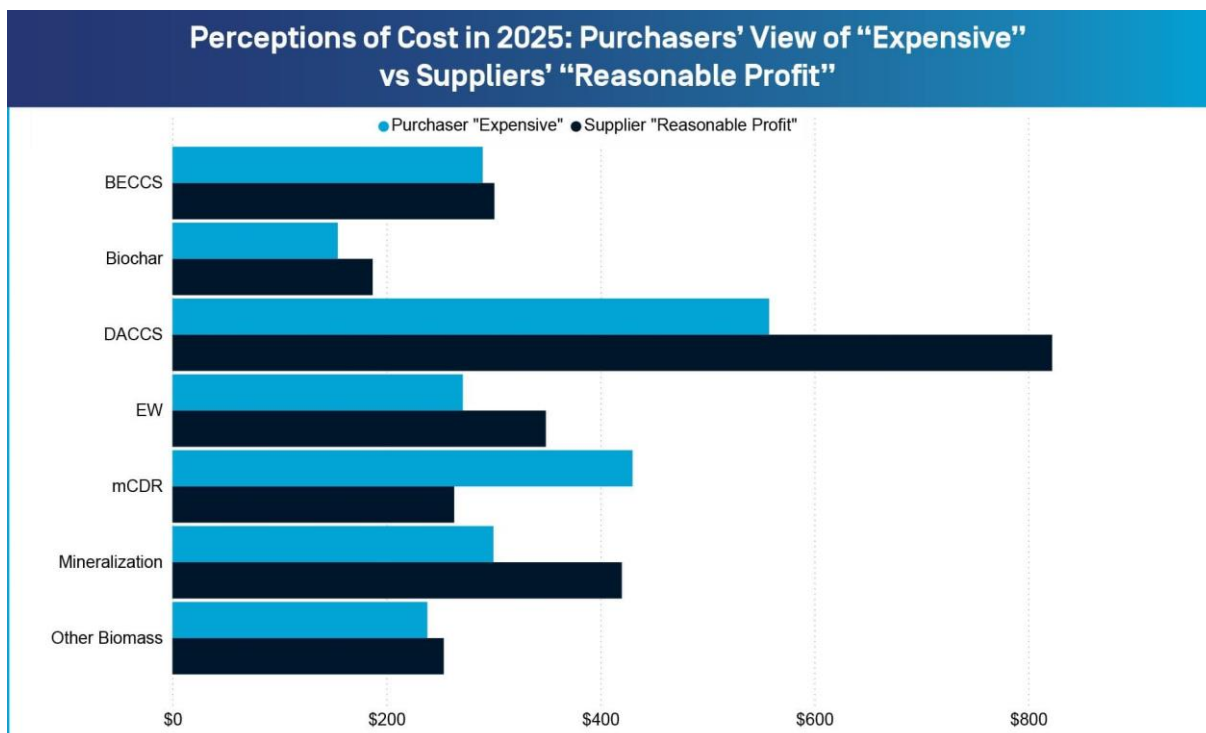
Uhlíkové kredity z biouhlu a jejich cena v porovnání s ostatními kredity

Biouhel spadá do kategorie dlouhodobé odstranění CO₂ z atmosféry, a tak se nyní zaměříme na technologie dlouhodobého ukládání uhlíku (uložení delší než 100 let). Jedná se o:

- **BECCS** (Bioenergy with Carbon Capture and Storage – bioenergie se zachycováním a ukládáním uhlíku)
- **Biochar** (Biouhel)
- **DACCS** (Direct Air Carbon Capture and Storage – přímé zachycování CO₂ ze vzduchu s ukládáním)
- **EW** (Enhanced Weathering – zrychlené zvětrávání)
- **mCDR** (Marine Carbon Dioxide Removal – mořské odstraňování uhlíku)
- **Mineralization** (mineralizace CO₂)
- **Other Biomass** (ostatní metody využívající biomasu)

Tyto technologie se stávají součástí rychle se rozvíjejícího dobrovolného trhu s uhlíkovými kredity, kde si organizace a firmy mohou kupovat odstranění emisí prostřednictvím těchto řešení. Za účelem zvýšení transparentnosti a předvídatelnosti tohoto trhu provedli organizace CDR.fyi a OPIS v roce 2025 výzkum⁵², se zaměřením na analýzu cenových očekávání a reálných nákladů spojených s technologiemi dlouhodobého odstraňování oxidu uhličitého. Průzkum zahrnoval odpovědi od 97 dodavatelů a 25 odběratelů uhlíkových kreditů, a to pro období let 2025 až 2030. Výsledky shrnuje následující graf.

⁵² CDR.fyi. New Survey Shows Pricing Gap in Durable CDR. 2025 [online]. Dostupné z: <https://www.cdr.fyi/blog/cdr-pricing-survey-jan-2025>



Source: CDR.fyi and OPIS Durable CDR Pricing Survey

Graf znázorňuje rozdíl mezi cenou, kterou jsou odběratelé ochotni za odstranění jedné tuny CO₂ v roce 2025 zaplatit (tzv. „drahá“ cena z jejich pohledu – světle modré sloupce), a cenou, kterou dodavatelé považují za potřebnou k pokrytí nákladů a dosažení rozumného zisku (tmavě modré sloupce). Tyto údaje jsou zobrazeny pro různé technologie dlouhodobého ukládání uhlíku. Graf ukazuje, že trh s uhlíkovými kredity je zatím značně nevyrovnaný a obecně platí, že existuje nesoulad mezi očekáváním dodavatelů a odběratelů, což ukazuje na napětí na trhu. Největší cenový rozptyl je u pokročilých a technologicky náročných metod, jako je například přímé zachytávání CO₂ ze vzduchu (DACCS), kde se poptávková a nabídková cena liší o stovky dolarů.

Vývoj cen je velmi různorodý. Ve většině případů odběratelé preferují nejlevnější varianty, které jim stále umožní věrohodně deklarovat dosažení klimatických cílů. To by v krátkodobém a střednědobém horizontu zvýhodňovalo metody založené na biomase. Z nich si v současnosti nejlépe stojí biouhel, což mu dává konkurenční výhodu.

Proces nákupu a prodeje uhlíkových kreditů z biouhlu

Uhlíkový offset funguje jako dohoda mezi třemi hlavními stranami: kupujícím, realizátorem projektu a nezávislým auditorem⁵³. Je znázorněn na obrázku č. 2. Kupující, například firma usilující o snížení své uhlíkové stopy, zaplatí za offset, uváděný v jednotkách tun ekvivalentu CO₂. Realizátor projektu se zavazuje využít tyto prostředky na konkrétní aktivity, které buď odstraní uhlík z atmosféry (např. výsadba stromů, výroba a použití biouhlu), nebo zabráni jeho uvolnění (např. výstavba obnovitelných zdrojů energie). Nezávislý auditor následně ověřuje, zda realizátor skutečně plní své závazky a projekt

⁵³ Fakta o klimatu. **Uhlíkové offsety: přehled principů a výzev.** Andy Snováková, Ondráš Příbyla. 2023. [online]. Dostupné z: <https://faktaoklimatu.cz/explainery/uhlikove-offsety>

přináší deklarované snížení emisí. Jak je znázorněno na obrázku, kupující za projekt zpravidla platí předem.



Obrázek 2: Základní rámec pro uhlíkové offsety. (Fakta o klimatu, 2023)

Tento rámec funguje i na trhu s uhlíkovými kredity z biouhlu. Mezi garanty certifikující biouhel patří společnosti jako je: Puro.earth, Verra, Sylvera, Carbon Standards International / EBC C-Sink a Gold Standard⁵⁴. Jejich cílem je zajistit, že odstranění uhlíku je důvěryhodné a nejedná se o greenwashing. Výhledově existují očekávání, že Evropská unie sjednotí dobrovolný trh s uhlíkem s povinným trhem EU ETS s uhlíkovými povolenkami. I proto se důvěryhodnosti věnuje značný význam a všechny projekty usilující o získání certifikace odstranění uhlíku podléhají kritériím „QU.A.L.I.TY“ – kvantifikace, adicionalita, dlouhodobé skladování a udržitelnost⁵⁵. O tom, co to znamená a jak prakticky certifikace probíhá, pojednává následující kapitola.

Proces získání certifikátu – příklad metodiky Puro.Earth

Metodika Puro.Earth je jednou z nejčastěji uplatňovaných, proto byla vybrána jako praktický příklad pro ilustraci procesu certifikace uhlíkových kreditů. V této kapitole jsou rozebrána kritéria „QU.A.L.I.TY“, přičemž zkratka „QU.A.L.I.TY“⁵⁶ vychází z pěti základních principů, které by měl každý projekt na odstraňování uhlíku naplňovat:

- **Quantification** (kvantifikace): Uhlík musí být měřitelný a prokazatelný. Projekty musejí využívat transparentní a ověřitelné metodiky pro výpočet množství odstraněného uhlíku. V případě biouhlu se hodnotí množství stabilního uhlíku ve výsledném produktu.
- **Additionality** (adicionalita): Projekt musí přinášet uhlíkové snížení navíc oproti běžné praxi. Jinými slovy, bez pobídky ve formě certifikace a prodeje kreditů by projekt s největší pravděpodobností nevznikl.
- **Long-term storage** (dlouhodobé skladování): Klíčové je zajistit, že uhlík bude z atmosféry odstraněn na dlouhou dobu, ideálně stovky až tisíce let. Biouhel má výhodu v tom, že při správném použití v půdě zůstává stabilní po velmi dlouhou dobu.
- **Sustainability** (udržitelnost): Uhlíkové projekty nesmí způsobovat ekologické nebo sociální škody. Musí být v souladu s principy udržitelnosti, a to jak v oblasti využití surovin, tak i vlivu na místní komunity.

⁵⁴ Oxford Biochar. **CO2 Certification**. 2019. [online]. Dostupné z: https://oxfordbiochar.org/?page_id=18922

⁵⁵ Káňa, Jan, 2024. UHLÍK POD KONTROLOU. biochar.foundation [online]. Dostupné z: <https://www.biochar.foundation/microchar-je-crcf-ready/>

⁵⁶ European Commission. Questions and Answers on EU Certification of Carbon Removals. 2022. [online]. Dostupné z https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_22_7159

- **Transparency** (transparentnost): Proces certifikace, metodiky i následné reportování musí být plně přístupné a ověřitelné třetími stranami.

Tato kritéria slouží jako rámec pro důvěryhodné projekty a jsou i základem metodik jednotlivých certifikačních systémů včetně Puro.Earth.

Metodika Puro. Earth⁵⁷ je rozdělena do pěti hlavních částí:

1. Způsobilý typ činnosti
2. Bod vytvoření certifikátu o odstranění CO₂ (CORC)
3. Posouzení emisí skleníkových plynů během životního cyklu
4. Metodika výpočtu pro kvantifikaci odstraňování CO₂
5. Potřebné důkazy od dodavatele odstraňování CO₂.

V části „**Způsobilý typ činnosti**“ je popsáno, jaké aktivity mohou být certifikovány podle této metodiky. Jsou zde vymezeny požadavky na stabilitu biouhlu (např. H/Corg poměr pod určitou hodnotou), přijatelný způsob výroby (např. pyrolýza se sníženými emisemi metanu), i požadavky na druhy a původ biomasy. Biouhel musí být použit způsobem, který zachovává uložený uhlík (např. do půdy, jako přísada do krmiva, stavební materiál atd.) a jsou vymezena zakázaná použití (např. jako palivo). Podmínkou certifikace je také důkaz celkové emisní negativity projektu skrze posouzení životního cyklu (LCA).

Součástí této kapitoly je také **Audit výrobního zařízení**, která se věnuje požadavkům na audit výrobního závodu. Vysvětluje, co musí být doloženo k ověření způsobilosti projektu. Patří sem mj. hodnocení dopadů na životní prostředí, doložení dodatečnosti – projekt musí být finančně a organizačně závislý na příjmech z uhlíkových kreditů, schopnost přesného měření výroby a emisí a registrace výrobního závodu. Audit také ověřuje kapacitu zařízení sledovat a vykazovat výrobu a spotřebu energií i materiálů.

Ve druhé kapitole **Bod vytvoření certifikátu o odstranění CO₂ (CORC)** se nachází definice „bodu vzniku“ uhlíkového certifikátu. Certifikát vzniká v okamžiku přeměny biomasy na biouhel. Aby ale mohl být vydán, musí být prokázáno, že biouhel nebude použit jako palivo (čímž by se CO₂ vrátil do atmosféry). Producent biouhlu je považován za subjekt, který odstraňuje CO₂.

Třetí kapitola **Posouzení emisí skleníkových plynů během životního cyklu** popisuje požadovanou metodiku výpočtu emisí pomocí hodnocení životního cyklu (LCA) podle ISO 14040/44. Je stanoveno, že hranice systému musí být „od kolébky po hrob“ – tj. zahrnovat emise z pěstování a dopravy biomasy, výroby biouhlu, distribuce a použití.

Čtvrtá kapitola **Metodika výpočtu pro kvantifikaci odstraňování CO₂** je blízká třetí kapitole a je klíčová pro stanovení množství uhlíkových certifikátů (CORCs), které může být vydáno. Obsahuje vzorec, jehož hlavními složkami jsou:

- množství CO₂ uloženého v biouhlu (vypočítané z obsahu uhlíku, stability a množství biouhlu),
- emise z pěstování a dopravy biomasy,

⁵⁷ Puro.earth (2022), Biochar Methodology, Puro Standard. Dostupné z: <https://puro.earth/biochar> Edition 2022 V3 01 Feb 2024

- emise z výrobního procesu,
- emise spojené s použitím biouhlu.

Kapitola detailně popisuje způsob výpočtu jednotlivých složek.

A v poslední páté kapitole **Potřebné důkazy od dodavatele odstraňování CO₂** jsou specifikovány všechny dokumenty, data a analýzy, které musí producent biouhlu dodat, aby mohl být projekt certifikován. Dělí se do čtyř hlavních oblastí:

- Produkce a dodávky biomasy – doložení původu, udržitelnosti a emisí biomasy (GHG z hnojení a pohonných hmot).
- Výroba biouhlu – měření produkce, laboratorní analýzy (např. obsah C, H/C, těžké kovy, PAHs), dokumentace provozu.
- Použití biouhlu – důkazy o jeho bezpečném uložení (např. smlouva o jeho prodeji s uvedením zamýšleného použití výrobku)
- Zabránění dvojitému započítání – využívání registru Puro a transparentnost značení produktu.

Závěrečné shrnutí

Uhlíkové offsety (kredity) se dělí na dvě základní kategorie: removal offsets, které přímo odstraňují CO₂ z atmosféry (například výsadbou stromů či výrobou biouhlu), a avoidance offsets, které emisím předcházejí (např. budováním obnovitelných zdrojů energie). Současně se rozlišují podle trvání ukládání uhlíku – krátkodobé (např. v biomase) a dlouhodobé (např. geologické ukládání nebo biouhel). Biouhel spadá mezi dlouhodobé removal offsets, jelikož při správném použití umožňuje stabilní uložení uhlíku na stovky až tisíce let. Na trhu s dobrovolnými uhlíkovými kredity se biouhel cenově nachází mezi dostupnějšími metodami. V roce 2025 žádali producenti biouhlu cenu kolem 187 USD za tunu CO₂, zatímco kupující byli ochotni platit v průměru méně (cca 155 USD). Přesto má biouhel konkurenční výhodu díky nižším nákladům oproti technologicky náročnějším řešením, jako je přímé zachycování CO₂ ze vzduchu. Dobrovolný trh s uhlíkovými kredity je nový a rovnovážná cena se zatím vyvíjí.

Proces obchodování s uhlíkovými kredity zahrnuje tři hlavní subjekty: kupujícího, realizátora projektu (například výrobce biouhlu) a nezávislého auditora. Obvykle se za kredity platí předem a audit zajišťuje, že uhlík byl skutečně odstraněn a uložen podle dohodnutých standardů. Aby kredity byly důvěryhodné a předešlo se greenwashingu, podléhají certifikaci podle pěti klíčových principů označovaných zkratkou Q.U.A.L.I.T.Y: kvantifikace, adicionalita, dlouhodobé skladování, udržitelnost a transparentnost. Tyto principy definují rámec, v němž musí každý projekt prokázat nejen odstranění uhlíku, ale i to, že by bez pobídky nevznikl, že ukládání je dlouhodobé a projekt nepoškozuje životní prostředí.

Výsledkem je systém, který zajišťuje, že každý prodaný kredit odpovídá reálně měřitelnému množství trvale uloženého uhlíku.

11. Závěry a doporučení pro město Praha

Inspirace

Výroba biouhlu je v jiných městech nejčastěji založena na městské biomase, zejména z údržby veřejné zeleně, jako jsou větve, listí a dřevní odpad. Tento přístup uplatňují např. Helsingborg, Darmstadt a Stockholm. Ve Stockholmu jsou navíc zapojeni i obyvatelé, kteří mohou odevzdávat vánoční stromky a zahradní odpad. V Innsbrucku se zpracovává lesní dřevní štěpka. Helsinky testovaly také netradiční vstupy jako je rákos a tráva kromě čistírenských kalů, na které je pyrolýzní jednotka primárně určena. Soukromá firma Biograda spolupracující s Bratislavou pak zpracovává prakticky všechny typy biomasy včetně kuchyňského biologicky rozložitelného komunálního odpadu (BRKO), zemědělský odpad z rostlinné i živočišné výroby a hnůj.

Požadavky na vstupy a technologii

Zařízení pro pyrolýzu by mělo být schopné zpracovávat široké spektrum vstupní biomasy. Výběr technologie by měl zohlednit tuto variabilitu – jedním z kritérií může být univerzálnost jednotky vůči různým typům suroviny.

Umístění pyrolýzní jednotky by mělo vycházet z možností využití vedlejších produktů. V závislosti na potřebách a účelnosti provozu může zařízení vyrábět nejen biouhel, ale i teplo, elektřinu nebo bioplyn. Vhodné je tedy propojení s tepelným hospodářstvím nebo technologiemi, které využijí vyrobenou elektřinu – jako např. kompostárna, jež ji využívá pro svůj provoz, jak je tomu v Darmstadtu. Biograda pak vyrobenou elektřinu z bioplynu dodává přímo do sítě ZSE a. s. V Helsingborgu je pak pyrolýzní jednotka připojena přímo na městský systém dálkového vytápění.

Objem vstupní biomasy je dalším důležitým faktorem při volbě technologie. Pyrolýza biomasy snižuje její hmotnost přibližně na jednu čtvrtinu. Například v Darmstadtu se 4000 tun biomasy ročně přeměňuje na 1000 tun biouhlu, v Helsingborgu pak 7000 tun biomasy na 1500 tun biouhlu. Vyrobený biouhel slouží jako významný nástroj ke snižování emisí oxidu uhličitého, protože ukládá přibližně 2–2,5násobek své hmotnosti v CO₂. Ve zmíněných městech to znamená 2600 tun CO₂ uložených v Darmstadtu a 3000 tun CO₂ v Helsingborgu. Důležitou motivací měst pro ukládání uhlíku bývá naplnění jejich klimatických závazků. Stockholm se tak ukládáním uhlíku přibližuje ke svému cíli stát se uhlíkově neutrálním městem do roku 2040.

Jedním ze zadaných cílů této rešerše bylo prozkoumat možnost vyrábět biouhel z nábytku, což by zapadalo do rozvíjejícího se konceptu cirkulární ekonomiky. Tento postup sice prozatím praxí není příliš ověřený, ale byl by teoreticky možný. Stejně jako například biouhel z čistírenských kalů někdy bojuje s nadlimitními koncentracemi rizikových prvků, u biouhlu z nábytku tomu může být podobně. To může limitovat použití tohoto biouhlu v zemědělství a potravinářství, lze jej ale využívat například ve stavebnictví. Kvůli komplikovanější technologii než například u zpracování čisté štěpky je ale potřeba počítat s vyššími investičními náklady. Téma si vyžaduje další výzkum, který by zjistil, jaké vlastnosti a případně koncentrace rizikových prvků má biouhel vyrobený z tohoto zdroje.

Výstupy a benefity

Biouhel nachází široké uplatnění. Využívá se při tvorbě substrátů pro městské výsadby, jako příměs ke kompostu i ke komerčnímu prodeji. Inspirací může být provoz v Darmstadtu, kde je pyrolýzní jednotka situována vedle kompostárny. Výsledný produkt – substrát PALATERRA – je využíván při výsadbách a v

městské zoologické zahradě. Je také prodáván občanům prostřednictvím obchodní sítě. Stockholm zřídil sběrná centra, kam mohou občané odevzdat zelený odpad ze svých zahrad a rovnou si zde biouhel zakoupit. Kromě toho může být biouhel využíván k sanaci kontaminovaných půd, jak se děje v Helsingborgu, nebo jako ekologická náhrada za nedostatkové materiály jako rašelina, jíl či písek, což praktikuje Stockholm. Helsinky se rozhodly biouhel aplikovat na různých lokalitách, např. na fotbalovém hřišti, ale i na zelených střeších. Biograda svůj biouhelný substrát Effeco peletuje, což zjednodušuje použití a současně umožňuje úpravu jeho složení tak, aby nejlépe odpovídal potřebám finálního místa uložení.

Biouhel může být rovněž použit jako přídavek do krmiva, pokud k tomu provoz získá odpovídající certifikaci – jako v případě Innsbrucku. Dále je důležitým prvkem ve výzkumu, kde napomáhá zvyšování odolnosti městské vegetace. Městské provozy spolupracují s výzkumnými institucemi, například ve Švédsku se jedná o Švédskou univerzitu zemědělských věd a geotechnický institut, v Německu o Univerzitu Geisenheim, v Helsinkách pak o univerzitu Aalto a Technické výzkumné centrum Finska (VTT).

Z kapitoly o uhlíkových kreditech a dotazníkového šetření organizace CDR.fyi vyplývá, že sekvestrace oxidu uhličitého skrze biouhel je v současnosti nejlevnější ze všech metod dlouhodobého ukládání uhlíku. Tento podpůrný argument může být klíčový při prezentaci projektu. Výroba biouhlu dobře zapadá do naplňování klimatických strategií měst. Současně je s výrobou biouhlu spojeno plnění několika Cílů udržitelného rozvoje OSN a řešení environmentálních problémů, jako je degradace zemědělských půd včetně eroze, acidifikace a úbytku biodiverzity. Jako vstupní materiál pro pyrolýzu se doporučuje používat odpadní biomasu všeho druhu. Biomasa z plantážního pěstování není z procesu vyloučena, ale podléhá přísnější kontrole v důsledku možných negativních externalit.

Limity a předpisy

Zavedení pyrolýzních jednotek v městském prostoru podléhá souboru legislativních opatření. Mezi klíčové zákony patří zákon o ochraně ovzduší, zákon o integrované prevenci, zákon o posuzování vlivů na životní prostředí (EIA) a zákon o odpadech. Konkrétní pyrolýzní technologie může být limitována dalšími předpisy.

Práce s veřejností

Nedílnou součástí provozu je také osvěta a vzdělávání veřejnosti. Příklad z Helsingborgu ukazuje, že pyrolýzní jednotku může doprovázet vzdělávací a výzkumné centrum s laboratoří, testovacím reaktorem a prostory pro výuku, výstavy či odborná setkání. V Darmstadtu se každoročně koná veřejný Den sázení ve spolupráci s mateřskou školou, kde se návštěvníci mohou seznámit s výrobou kompostu a biouhlu a zakoupit květiny i substráty. Ve Stockholmu zařízení do roku 2019 navštívilo kolem 1500 osob, a informace o projektu získalo přibližně 300 000 obyvatel. Helsinky do svého Biochar Project úspěšně zapojili veřejnost, občané si vyzkoušeli použití biouhlu v komunitních zahradách a bytových družstvech. Kromě zahradnických skupin zapojili do projektu i školy a jednotlivce. Stejně jako Stockholm^{58,59}, Helsinky vypracovaly čtivou publikaci⁶⁰ s radami pro další municipality a organizace, které jsou odhodlány biouhel vyrábět a používat. Dočteme se v nich o nápadech, které fungovaly, ale je v nich i poučení z nápadů, které nevyšly.

⁵⁸ <https://nordregio.org/wp-content/uploads/2018/05/Replicating-in-Stockholm-booklet-manual.pdf>

⁵⁹ <https://nordregio.org/wp-content/uploads/2018/05/Replicating-in-Stockholm-checklist.pdf>

⁶⁰ <https://www.aalto.fi/sites/default/files/2024-06/Helsinki-Biochar-Project---final-report.pdf>

Další postup

Město Praha by mělo v rámci postupu prací zadat zpracování komplexní vyhledávací studie a studie proveditelnosti (dále jen Studie proveditelnosti) pro umístění zařízení na výrobu biouhlu.

Tato Studie proveditelnosti musí prověřit celou šíři problematiky a zohlednit mimo jiné:

- množství a charakter dostupné biomasy,
- prostorovou distribuci dostupné biomasy,
- dostupnost pozemků vhodných pro stavbu zařízení z hlediska dopravní dostupnosti, okolní zástavby, zdroje biomasy, územního plánování atd.,
- možnosti využití biouhlu v rámci města – požadavky na množství a kvalitu,
- požadavky a možnosti pro využití tepla z provozu (vytápění, sušení),
- možnosti a okolnosti připojení pyrolýzního zařízení jako potenciálního zdroje elektřiny,
- aspekty týkající se uhlíkových kreditů (jejich množství, uplatnění v rámci uhlíkového účtu města nebo případný prodej, vhodná metodika certifikace),
- business model a cost-benefit analýza,
- posouzení možností financování záměru včetně dotačních příležitostí,
- výběr vlastní technologie a doprovodných technologií,
- další aspekty umožňující posoudit umístění pyrolýzní technologie v celé šíři problematiky a vybrat vhodné řešení.

Jedním z podkladů pro zadání Studie proveditelnosti, pro posouzení variant a výběr vhodného zařízení může sloužit také tato rešerše, která přináší ucelený pohled na aktuálně dostupné pyrolýzní technologie.

12. Přílohy