

NOVÉ TECHNOLOGIE ROZŠIŘUJÍCÍ VYUŽITÍ CELKOVÉHO ENERGETICKÉHO POTENCIÁLU BIOPLYNU A BIOMASY

Prof. Ing. Jana Zábranská, CSc

Ústav technologie vody a prostředí,
Vysoká škola chemicko-technologická Praha,
Technická 1905, 166 28 Praha 6

Zpracování kalů a odpadů **anaerobní fermentací** je rozšířená a dlouho úspěšně využívaná technologie s výhodou **produkce bioplynu**, který je většinou využíván v kogeneračních jednotkách s výstupem **elektrické a tepelné energie**

Tepelná složka produkované energie však není zatím všude **využívána úplně** a naráží na omezení lokálními podmínkami a **obtížnostmi transportu**.

Zajistit **transport energie** tam, kde je možno ji využít beze zbytku, potřebuje rozvinutou transportní soustavu, ta je v současné době vybudována **pro elektřinu a zemní plyn**.

Pro využití **transportního systému zemního plynu** vadí přítomnost oxidu uhličitého a nízký tlak produkovaného bioplynu, a proto se bioplyn zušlechťuje na **biomethan** s kvalitou zemního plynu. Metod je více, jsou založené na fyzikálně-chemickém **odstranění oxidu uhličitého**.

Nové technologie

navazují a doplňují anaerobní fermentaci tak, aby zároveň řešily některé problémy

dalších zdrojů alternativní energie

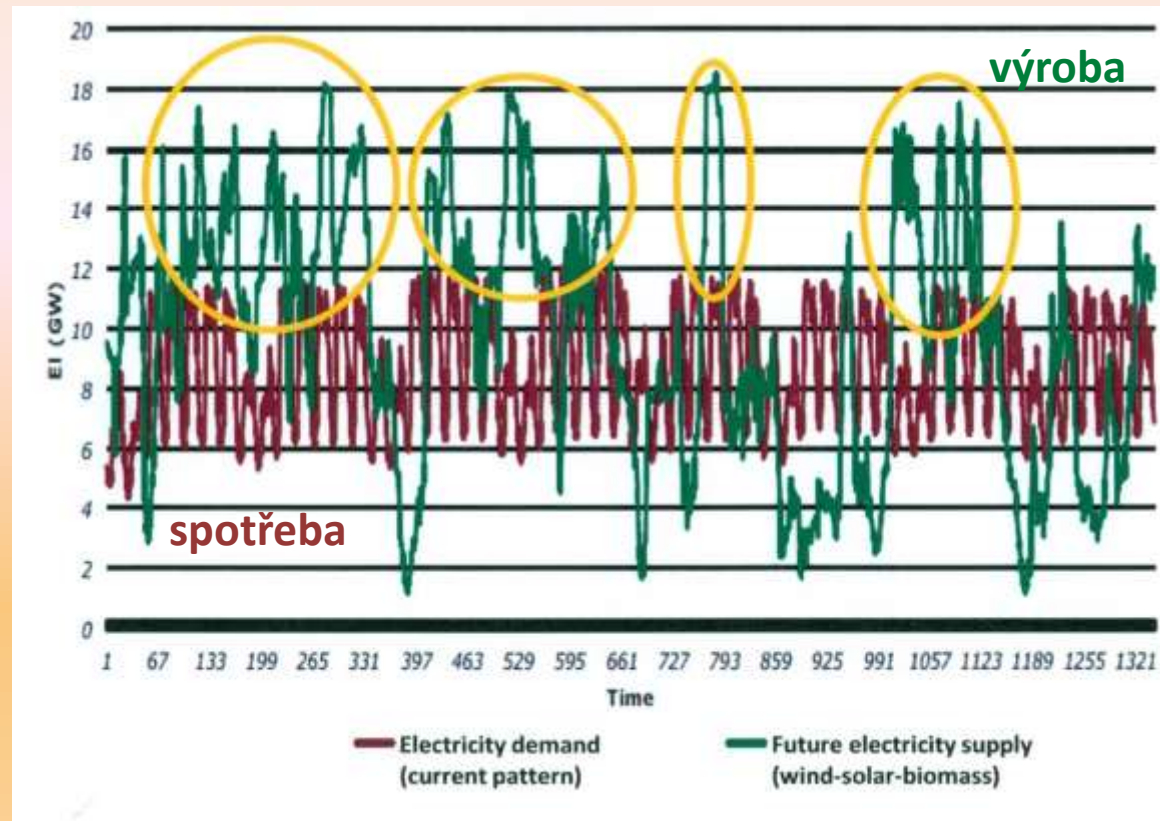
a technologií energetického zpracování odpadů

Problémy dalších zdrojů alternativní energie

Nárazově vyráběná elektřina **z alternativních zdrojů** je produkována systémy, jejichž okamžitou účinnost není možno příliš ovlivňovat, jako jsou **solární a větrné elektrárny**.



Rozdíly mezi produkcí a spotřebou elektřiny jsou výrazné a značně **zatěžují distribuční soustavu a snižují ekonomické výnosy**



Elektrická energie se nedá skladovat, proto se hledají možnosti využití nárazově vyráběné energie převyšující její spotřebu.

Přebytečnou elektrickou energii je však možno využít nejen v přečerpávacích elektrárnách, ale konzervovat ji např. ve formě **H₂ vyrobeného elektrolýzou vody** (power-to-gas system, P2G)

Prototyp zařízení je instalovaný v elektrárně společnosti RWE v německém Niederaußemu. Dokáže vyrobit od dvou do šesti kilogramů vodíku za hodinu.
foto: Siemens



Elektrolytická výroba vodíku dokáže zužitkovávat nárazové produkční špičky a efektivně eliminovat neduhy spojené s nadprodukcí elektřiny z obnovitelných zdrojů. Pro Siemens, který je jedním z největších výrobců větrných elektráren na světě, je tato technologie dalším krokem k efektivní akumulaci elektrické energie.



Největší elektrolytická výroba vodíku na světě – **Energiepark Mainz**, k výrobě „**zeleného**“ **vodíku** používá přebytečnou elektřinu z okolních větrných elektráren. Výrobna dokáže během pouhých několika sekund od zaznamenání zvýšené produkce elektřiny pojmout výkon až 6 MW, což z ní činí největší zařízení svého druhu na světě. Předpokládaná produkce vodíku je 200 tun ročně.



Přímé energetické využití vodíku
je sice ekologicky čisté,
ale zatím drahé,
jeho **skladování je náročné**
a nemá zavedený
transportní systém.

Plnoprovozní elektrolyzér na přebytečnou elektrickou energii

Elektrolyzér založený na výměně protonů s reakční dobou v řádech milisekund vhodný pro nestabilní toky elektrické energie.

Řešením je **využití vodíku k redukci CO₂ na CH₄**
a vtláčení do sítě zemního plynu

Konverze CO₂ může být **realizována chemicky**,
ale za náročných technických podmínek:
tlaku 50 – 200 barů a teploty 573 K a použití katalyzátorů

Nová technologická alternativa je
využití biologické aktivity anaerobního fermentoru.

Je možné tento vodík použít pro redukci CO₂ **z bioplynu nebo jiných zdrojů**
a pomocí **hydrogenotrofních methanogenů**
zvyšovat podíl CH₄ až na požadovaných 90 nebo více %.

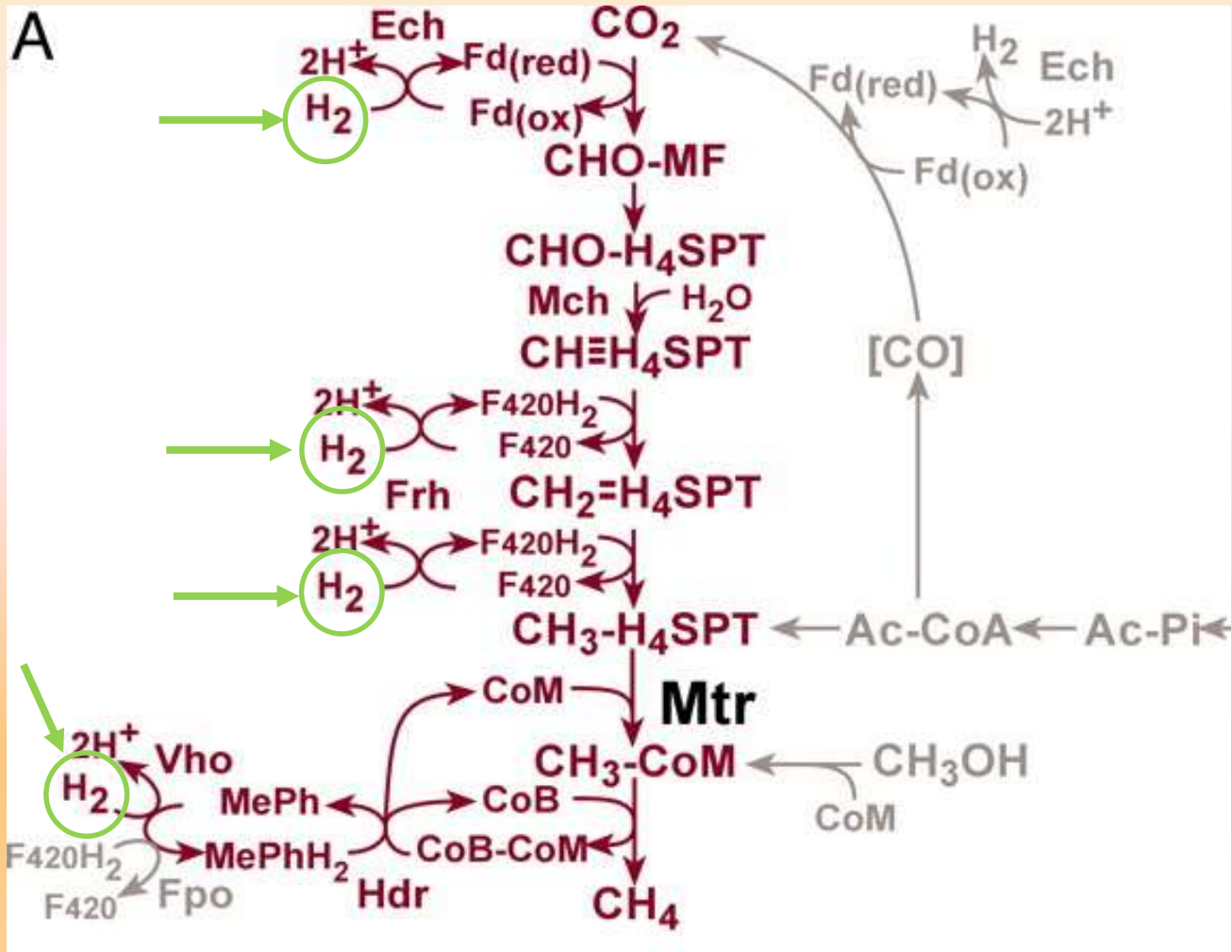
Vodík je využíván hydrogenotrofními methanogeny na redukci CO₂ podle rovnice



Ve směsných kulturách anaerobních fermentorů jsou hydrogenotrofní methanogeny v určité míře zastoupeny vždy a jejich **aktivita i množství** přivedením vodíku narůstá.



Biologická transformace CO_2 na CH_4



Proces biologického zušlechtění bioplynu na biomethan pomocí vodíku může být realizován dvěma základními způsoby,

jednak zaváděním vodíku **přímo do anaerobního fermentoru**

nebo zároveň s bioplynem **do externího bioreaktoru**
s obohacenou kulturou hydrogenotrofních methanogenů

Tento postup umožní využít existující technologickou i energetickou **infrastrukturu bioplynových stanic a ČOV s anaerobní stabilizací kalu** a jeho implementace může být velice rychlá.

Hlavní limitací procesu chemoautotrofního odstraňování CO₂ z bioplynu je **rychlost přestupu hmoty z plynu do kapalně fáze** a **nízká rozpustnost H₂**.

Další limitací při přímém zavádění vodíku do fermentoru je **inhibiční vliv zvýšeného parciálního tlaku vodíku** na průběh metabolismu kyseliny máselné a propionové **syntrofními acetogeny**.

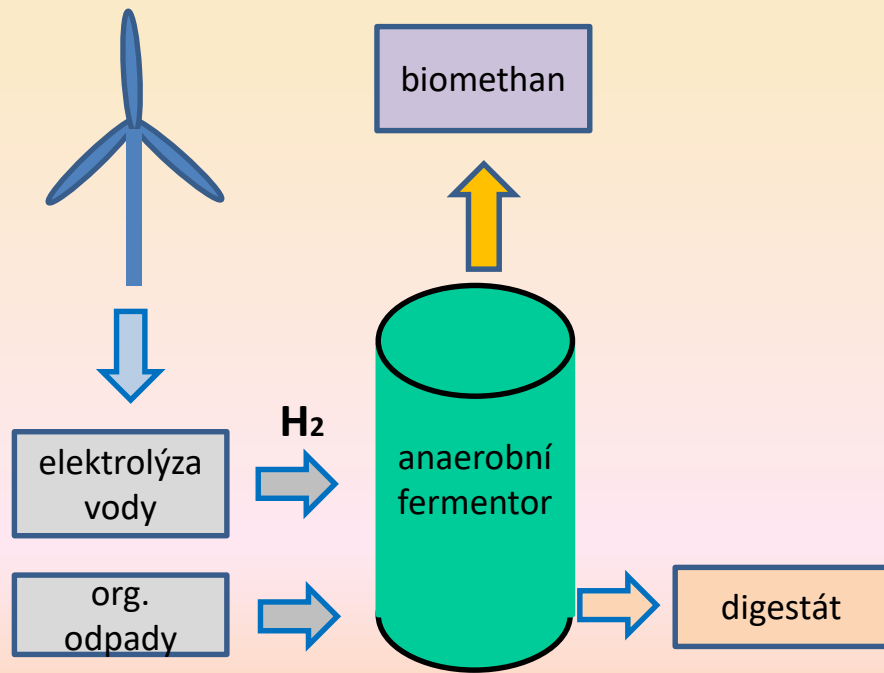
Během procesu se může vzhledem ke spotřebě CO₂ **významně zvýšit pH až nad 8**, což opět zpomaluje některé mikrobiální procesy.

Tyto problémy řeší externí bioreaktory, kde jsou podmínky příznivé pro převažující **hydrogenotrofní methanogeny**.

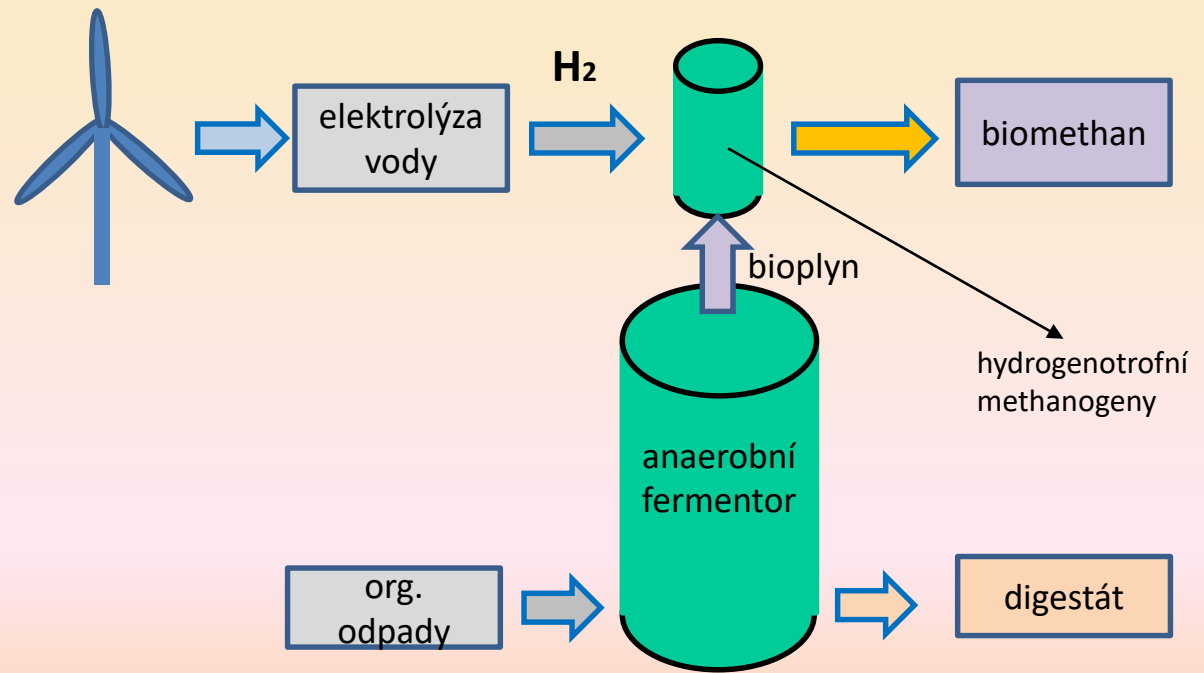
Sem může být přiváděn spolu s vodíkem

- **bioplyn**
- **nebo oxid uhličitý z jiných zdrojů**
(fermentační výroby, zachycení ze spalin)

Snižování uhlíkové stopy, sekvestrace oxidu uhličitého



zušlechtění bioplynu na biomethan ve fermentoru

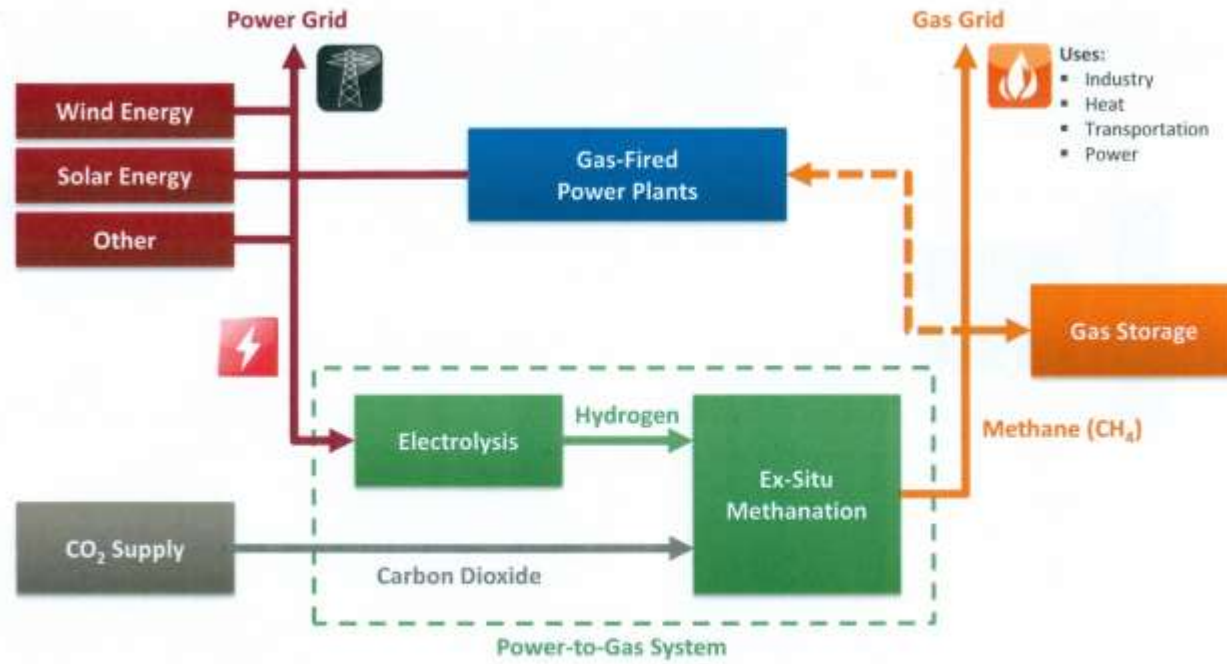


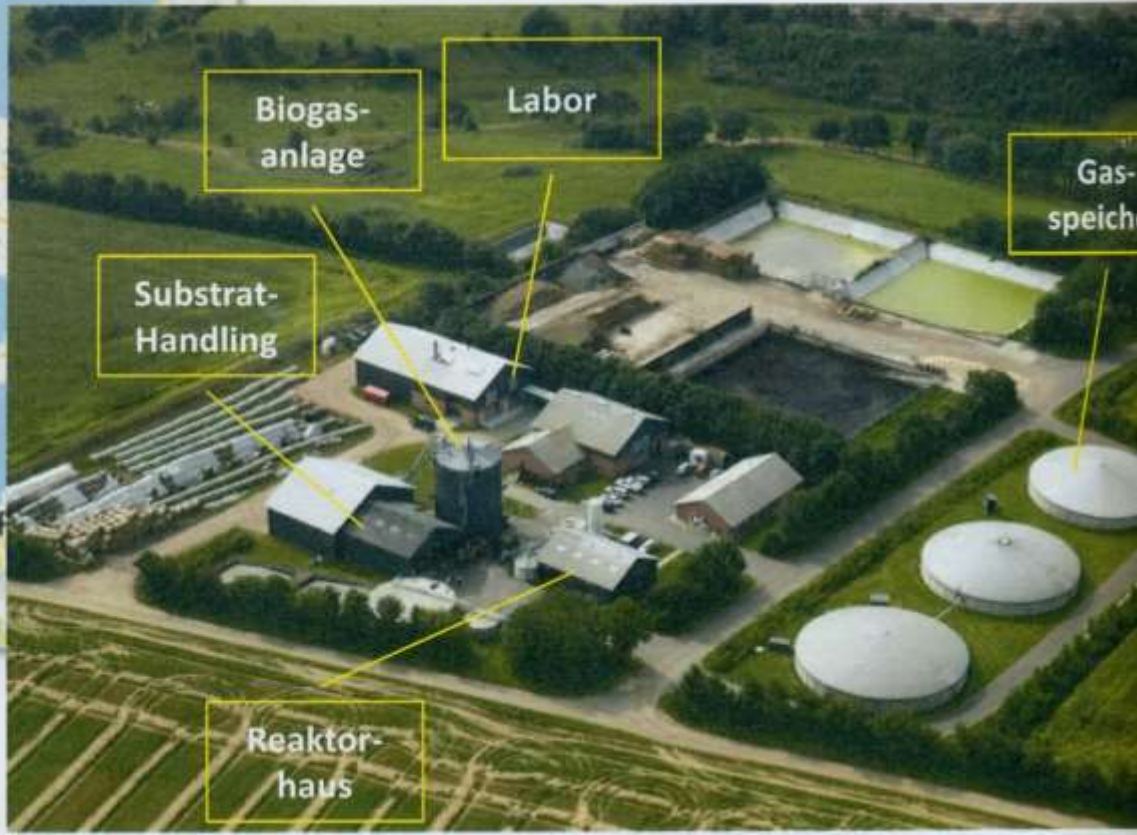
zušlechtění bioplynu na biomethan v externím bioreaktoru

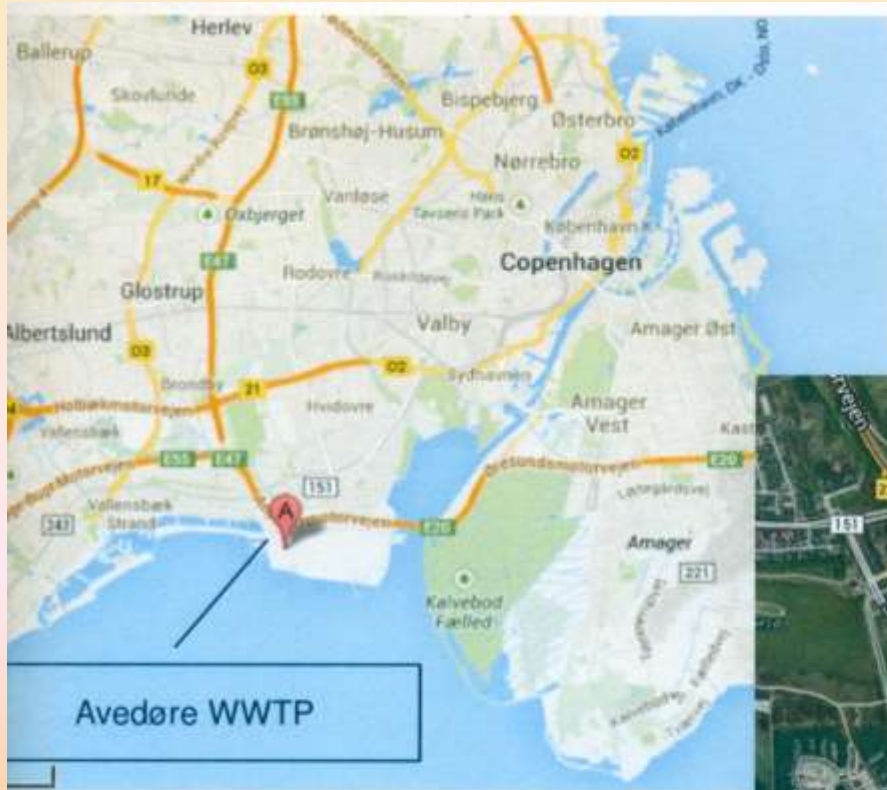
Možnosti biologického zušlechtění bioplynu na biomethan s přidavkem vodíku

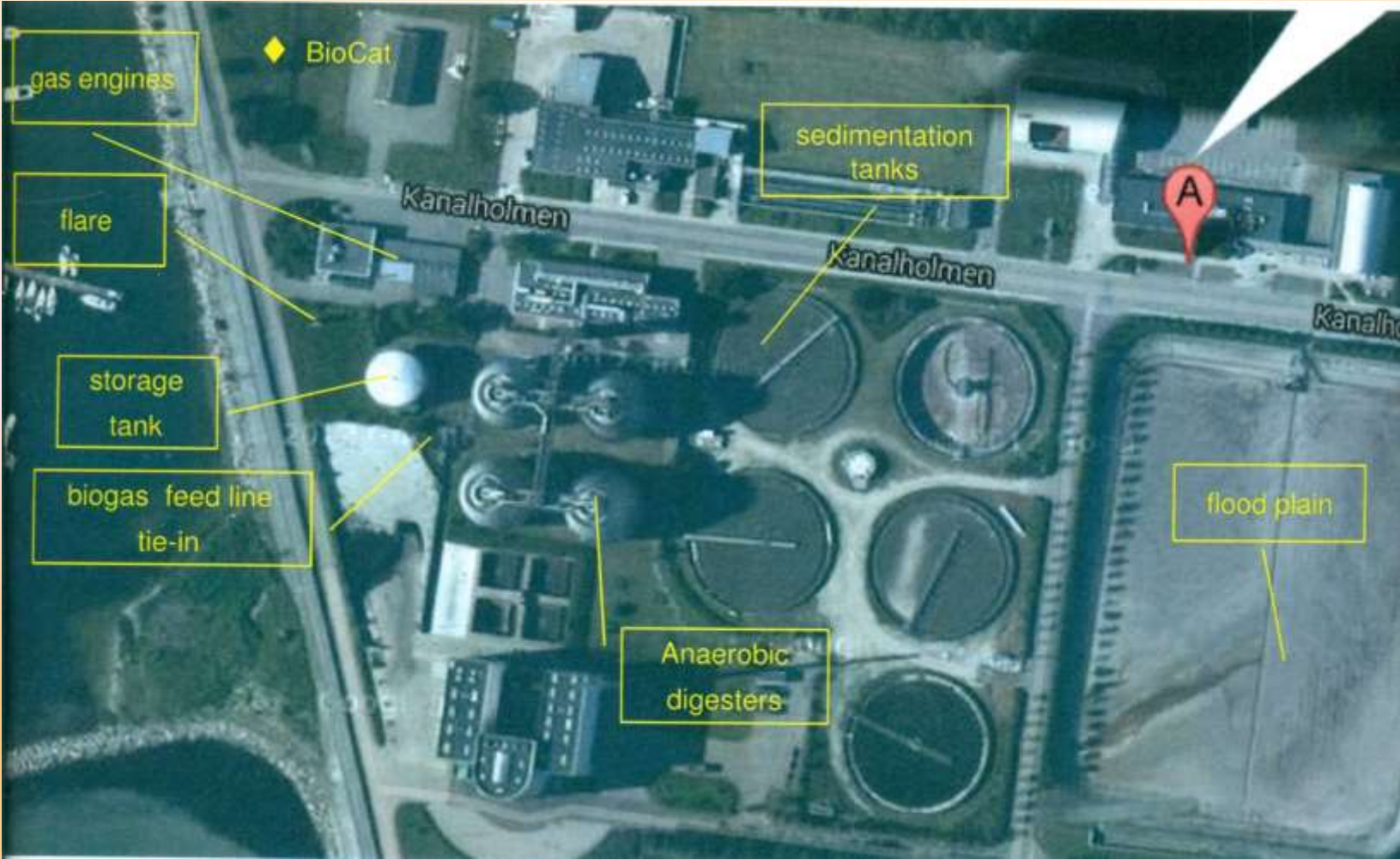
Zdroj: Angelidaki I., G. Luo, and P. Kougias (2015). "Simultaneous hydrogen utilization and biogas upgrading by anaerobic microorganisms." Proceedings of 14th World Congress of Anaerobic Digestion, Viña del Mar, Chile, 15-18.11.2015, 2. biogas upgrading

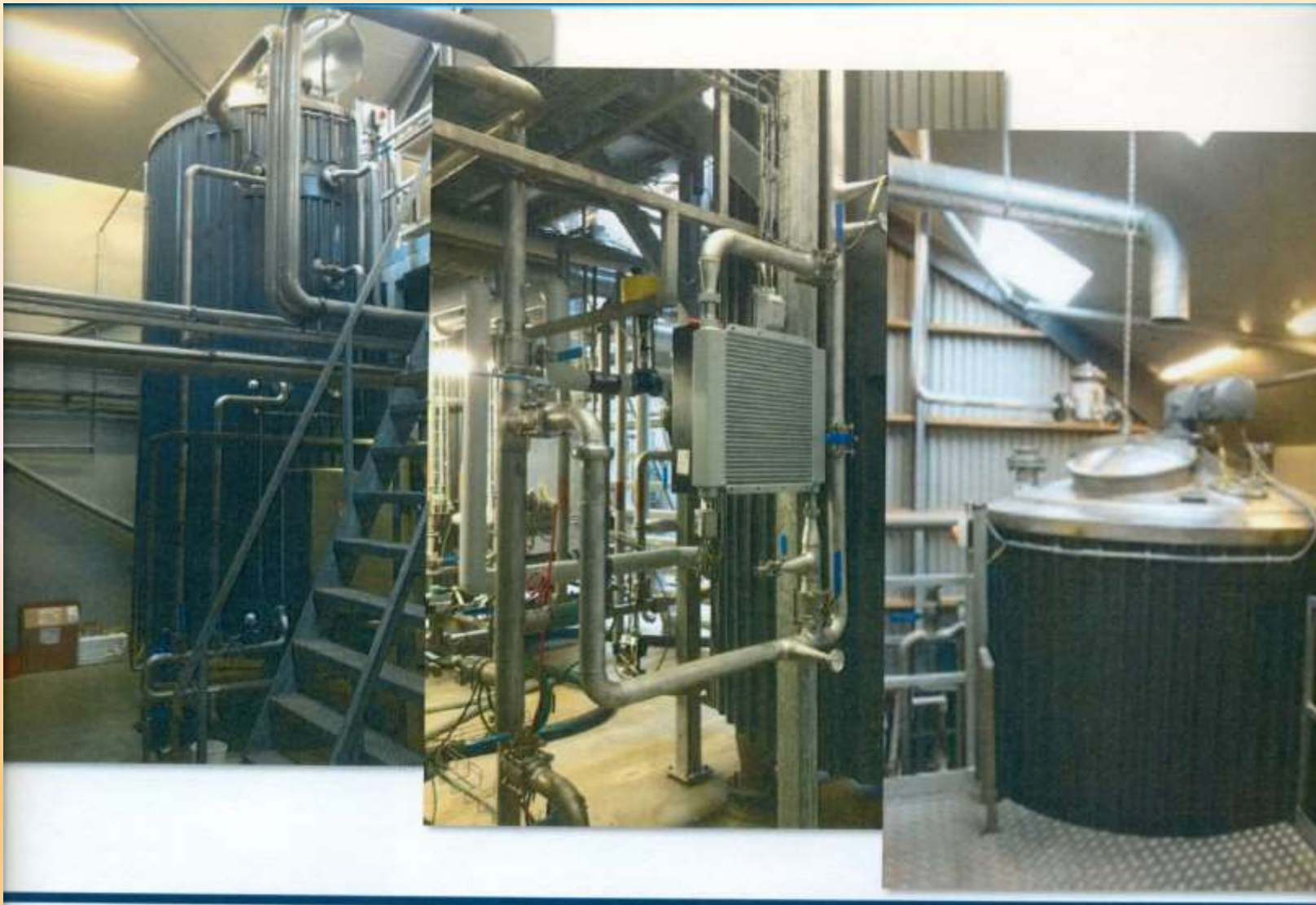
Power-to-Gas











Začátek s poloprovozními reaktory



Obohacené inokulum do bioreaktoru



28. ledna 2016

Provozní realizace



21. srpna 2016



Objekt BioCat

ČOV Avedøre (v Dánsku blízko Kodaně) s realizovaným projektem BioCat s plnoprovozní technologií Electrochae – biologické zušlechťení bioplynu na biomethan.
<http://www.electrochaea.com>

Konverze CO₂ z bioplynu na CH₄ přivedením elektronů

Anaerobní rozklad organických látek je jejich postupná oxidace za současného odebrání elektronů, **přenos elektronů se uskutečňuje řetězcem redox reakcí**, které jsou zprostředkovány **redox enzymy – biokatalyzátory**.

Elektroaktivní bakterie mohou provádět **přímou bioelektrokatalýzu**, kdy elektronový akceptor **je přímo elektroda**, převádí elektrony z aktivního místa enzymu na elektrodu bez jakýchkoli mediátorů.

V **bioelektrochemickém systému (BES)** mikroby v anodovém prostoru oxidují substráty a převádějí uvolněné elektrony na anodu, ty jsou vedeny na katodu, kde jsou využívány jinými mikroby na redukci CO₂ na CH₄, proces je nazýván **elektromethanogeneze**.

Kombinace anaerobní technologie a zplynování a pyrolýzy

Anaerobní fermentace a zplyňování s pyrolýzou

jsou dva základní technologické sektory, které převádějí energii organických odpadů a různých typů biomasy do lépe využitelné plynné formy.

Oba tyto způsoby jsou si podobné tím, že ne všechny složky produkováných plynů jsou nositeli energie a že hlavní znečišťující složkou je CO₂.

Syngas - má však trochu jiné složení než bioplyn a nositeli energie jsou tam hlavně H₂ a CO s CO₂ jako doprovodnou složkou

Oba plyny mají omezení, co se týká lokálního úplného využití energetického potenciálu a jsou vyvíjeny **chemické metody převodu na methan.**

Biologická konverze syngasu na biomethan

s využitím technologie anaerobní fermentace má všechny výhody, které biotechnologie přináší.

Biologická konverze **nevyžaduje vysoké tlaky a teploty**, ani drahá zařízení chemického průmyslu.

Syngas je přiváděn do anaerobního fermentoru, kde jeho složky, přinášející redukční ekvivalenty (H_2 , CO), jsou využity při biologické konverzi CO_2 ze syngasu i CO_2 z bioplynu na další CH_4 .

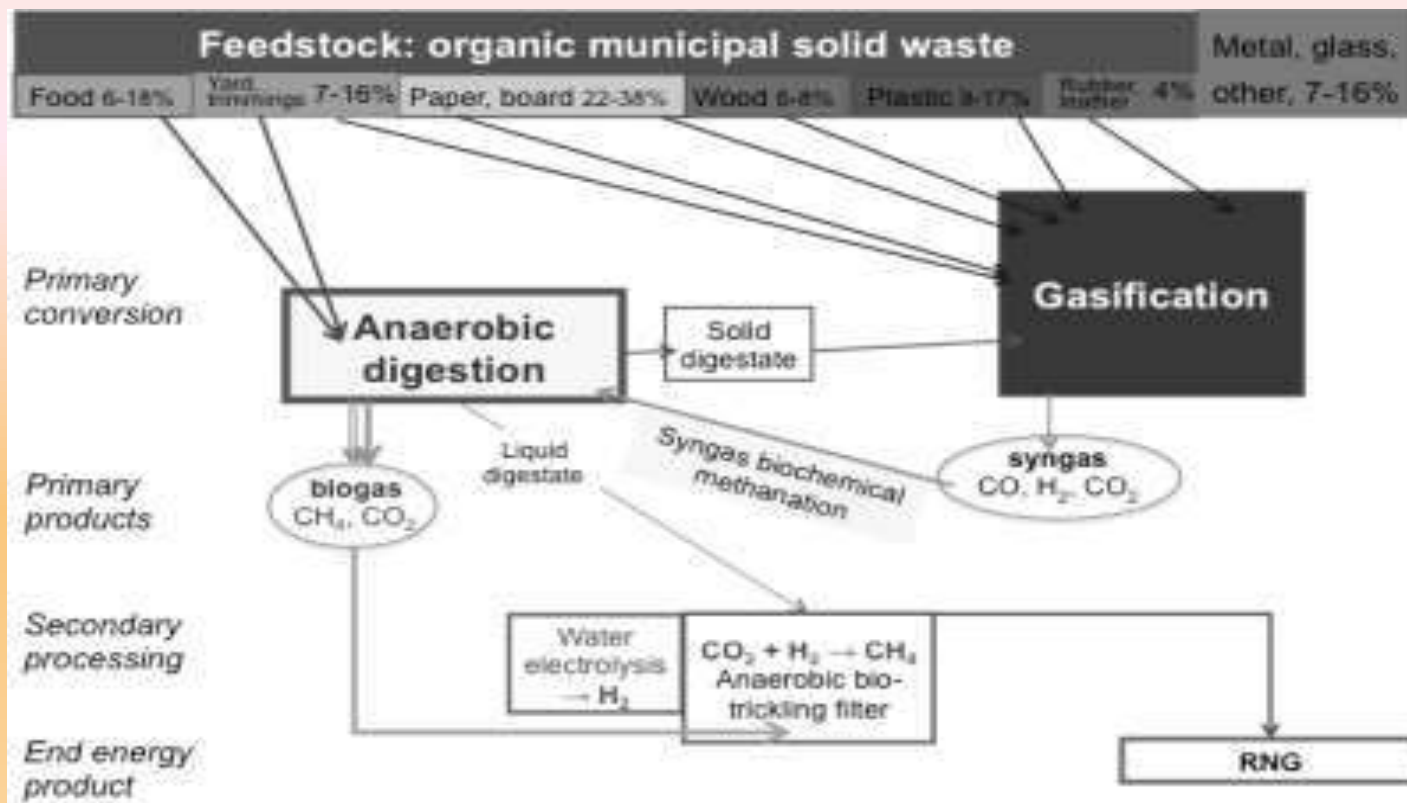
Biokonverzi syngasu je možno provádět **přímo v anaerobním fermentoru** nebo **v externích bioreaktorech**, jejichž využití převažuje.

Takto obohacený bioplyn již může být dále upravován na **biomethan** se všemi výhodami využití distribuční soustavy zemního plynu

Kombinace anaerobní technologie a termických procesů – od odpadů k biomethanu

Některé odpady **jako kaly, kejdy nebo hnoje** jsou pouze částečně využité při anaerobní fermentaci a nevyužitý podíl organických látek bývá 40-50 %.

V komunálních odpadech je značný podíl organického materiálu v anaerobních fermentorech špatně rozložitelných.

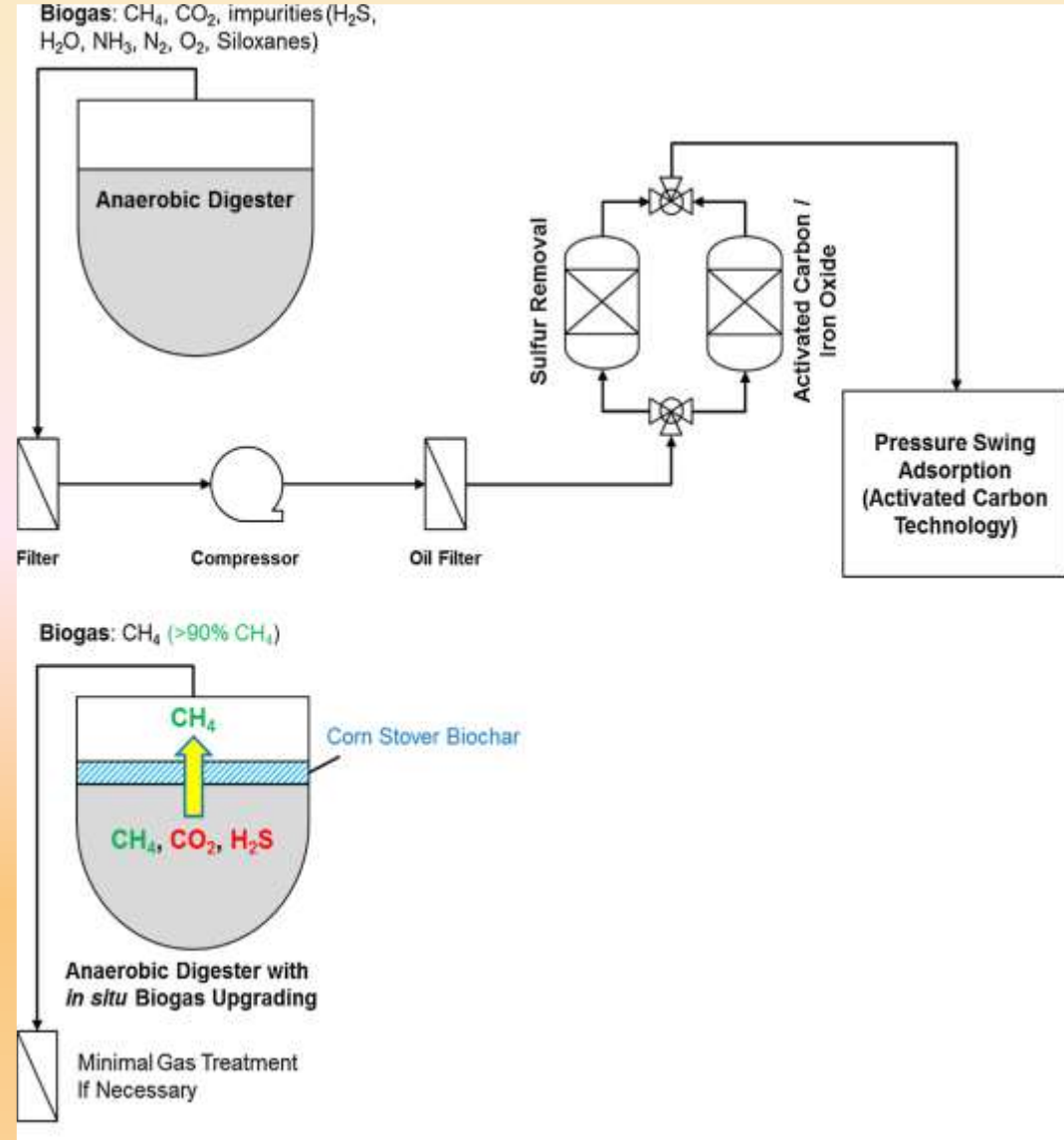


Pyrolýza produkuje vedle syngasu také bioolej a biochar

Jejich proporce závisí na podmínkách pyrolýzy

Bioolej lze spalovat, pro biologické zpracování není vhodný

Biochar přidáný do fermentoru zvyšuje koncentraci CH₄ ve fermentoru



ZÁVĚR

Bylo vyvinuto, odzkoušeno a provozně aplikováno mnoho metod intenzifikace anaerobní technologie a prostor pro další vylepšování, které by bylo ekonomicky aktivní, se stále zužuje.

Je nutné hledat, kde jsou další prostory a možnosti, jak **rozšířit škálu možných vstupů do anaerobní technologie**, jak **zvýšit celkovou výtěžnost energie z organických materiálů** a zajistit její **efektivní využití**.