



EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
INVESTICE DO VAŠÍ BUDOUCNOSTI

**Česká technologická platforma
pro užití biosložek v dopravě a chemickém průmyslu**

**SVA - Strategická výzkumná agenda
(2016-2019)**

číslo projektu: CZ.01.1.02/0.0/0.0/15_037/0007172

Ing. Leoš Gál
Předseda řídicího výboru ČTPB

V Praze květen 2019

Obsah:

Strategická výzkumná agenda

1. Úvod SVA - Strategická výzkumná agenda	3
2. Energetické transfery 21. století a generační členění biopaliv	3
3. Konflikty a perspektivy biopaliv	4
3.1. Kvantitativní limity potenciálu biomasy v ČR – konflikt konečného užití	5
3.2. Limity a bariéry B2G – dnešní stav technologií	6
3.3. Hlavní bariéra – dostupnost vstupní suroviny	8
3.4. Strategické zaměření výzkumu biomasy -Biopaliva	8
4. Strategické zaměření výzkumu biomasa –Bio-based Industry (biosložky) pro chemický průmysl	9
5. Biorafinerie	18
5.1. GBR (Green BioRefinery) - Zelené rafinérie	19
5.2. LCF (Lignocellulose Feedstock Biorafinery)	21
6. Nástup elektromobility	24
6.1. Elektromobilita – osobní doprava	24
6.2. Elektromobilita – nákladní doprava E-highway	25
6.3. Projekt e-Highway 2050	26
6.4. Hlavní bariéry elektro-mobility	27
7. Alternativní – syntetická – e-paliva na bázi CO₂	28
8. Nízkouhlíková energetika	29
8.1. Krakování metanu (pyrolýza)	30
8.2. Fotokatalýza vody	31
9. Strategické témata pro ČTPB - outlook	33

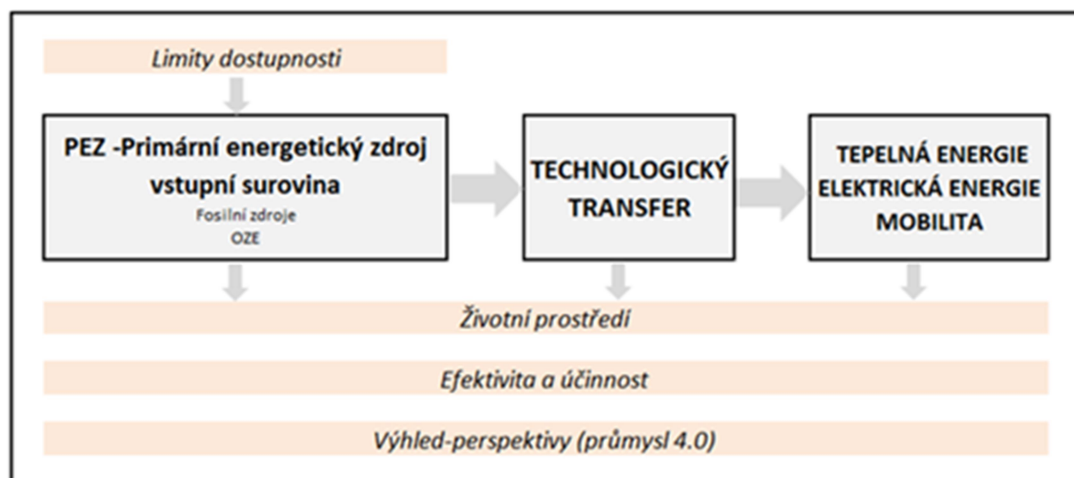
1. Úvod SVA - Strategická výzkumná agenda

Tento dokument byl zpracován Českou technologickou platformou pro užití biosložek v dopravě a chemickém průmyslu v rámci projektu podporovaného Ministerstvem průmyslu a obchodu v rámci OP Podnikání a inovace. Návrh vychází z posouzení současného vývoje a potřebě zařadit taková aktuální témata jako je energetické síťování (energy coupling) nový přístup v molekule CO₂ po Pořížské dohodě po roce 2015 jako i nastupující digitalizace a „smartování“ v energetice a stírání v minulosti ostrých hranic mezi energetickými segmenty: elektrická energie – zemní plyn, jako i mezi konečným užitím v elektrické energii, tepelné energii či mobilitě.

SVA společně s IAP (Implementačním akčním plánem) a Foresightem patří mezi 3 základní mandatorní dokumenty. Dokumenty se navzájem doplňují a někdy prolínají. Z důvodu komplementarity se SVA v některých zásadních tématech odkazuje na Foresight, kde jsou pak témata rozvedena podrobně. Výzkumné témata byly selektivně redukovány na ty, které považujeme za perspektivní a které by měli šanci zapojit ČR do mezinárodních projektů, např. Horizont 2020, což také koresponduje s mandatorní povinností platformy.

2. Energetické transfery 21. století a generační členění biopaliv

Dokument SVA vychází z všeobecného modelu energetického transferu 21. století a zaměřuje se na segment: **primární zdroj – technologický transfer – mobilita**, v kontextu zásadních faktorů s relevantním vlivem na moderní energetiku: **limity dostupnosti – dopady a vliv na životní prostředí – efektivita – digitalizace**.



Biopaliva v tomto všeobecném kontextu dlouhou dobu byla vnímána jako paliva pro mobilitu produkovaná z biomasy (fytomasy a dendromasy).

První generace biopaliv B1G – transfer cukrů na etanol a transesterifikace olejů na MEŘO z cukernatých a olejnatých zemědělských plodin. Případně hydrogenace olejů (HVO)

Druhá generace biopaliv B2G - transfer cukrů a olejů z nepotravinářské vstupní suroviny (lignocelulózy) a odpadních olejů či jiných odpadů. Potažmo energetických plodin či RRD (rychle rostoucích dřevin) opět na alkoholová paliva pro benzínové motory, nebo paliva dieselového typu tzv. Fischer-Tropschovou syntézou.

Třetí generace biopaliv B3G – výsledná paliva jako B2G, vstupní surovina řasy, mikrořasy, sinice.

Čtvrtá generace biopaliv B4G – vstupní surovinou je vodík (OZE elektrolýzou vody, separací z bioplynu či syngasu) a CO₂. Výsledná paliva jsou nazývána e-fuels, syntetická paliva, alternativní paliva. Jedná se především o výrobu metanu P2Gas, metanolu P2MeOH, P2Syngas, či jejich následné deriváty (DME, EtOH,...)

3. Konflikty a perspektivy biopaliv

Foresight (část 2. Interakce) podrobněji popisuje 10 zásadních bariér:

1. LCA - Life-Cycle Assessment a Biomass carbon impact
2. iLUC- Indirect land use change
3. Degradace půdního fondu a úbytek uhlíku v půdě
4. Biodiverzita - Druhová a rostlinná různorodost
5. Konflikt food-fuel
6. Konflikt konečného užití (Kotlíkové dotace)
7. Volatilita dostupnosti biomasy
8. Efektivita fotosyntézy

9. Konkurence konečného užití biomasy (energetické a pro chemický průmysl)
10. Cena biomasy a poptávka

K uvedeným bariérám přibývají postupně další omezovací rámce a kritéria:

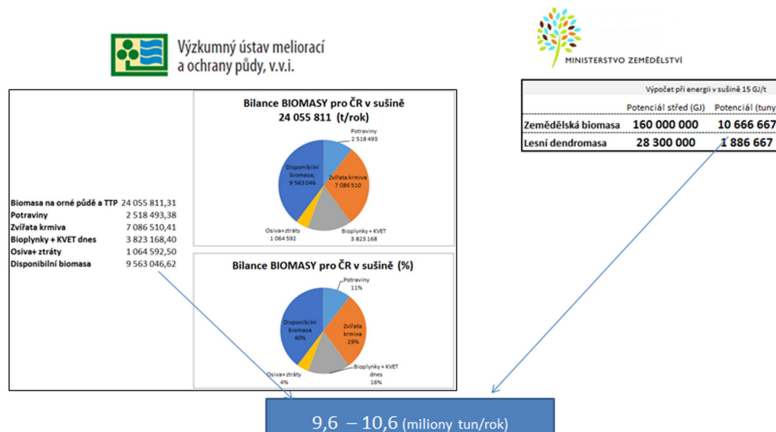
- úspora skleníkových plynů při výrobě a použití biopaliva musí být min. 35% v roce 2011, min. 50% v roce 2017 a **60% u nových kapacit od roku 2017**.
- suroviny pro výrobu biopaliva nesmí být z půdy s vysokou biologickou rozmanitostí
- suroviny pro výrobu biopaliva nesmí být z půdy s velikou zásobou uhlíku
- suroviny pro výrobu biopaliva nesmí být z půdy, která byla rašeliništěm
- při pěstování suroviny pro výrobu biopaliva musí být dodrženy normy EU o zemědělské činnosti č. 73/2009. Na základě těchto kritérií udržitelnosti budou certifikovány všechny výrobní jednotky biopaliv a povolen provoz pouze těch, která budou splňovat kriteria udržitelnosti.

Jsou zde i další faktory nestability – jako jednotná zemědělská politika EU a potřeba chránit půdu před degradací (organika, utužení, acidifikace, eroze,...) a zavádění pravidel GAEC, česky DZES¹ které kromě zaorávání zbytků, povinnosti nechat půdu v klidu apod.. nenahrávají k vytváření stabilního rámce pro využití zemědělského půdního fondu pro energetické účely a prioritně cílí na zachování primární funkce – produkce potravin.

Uváděné konflikty jsou zásadní bariérou v extenzivním rozvoji B1G ale i B2G. U B1G dominuje především konflikt food-feed, u B2G je to konflikt konečného užití ale i mix ostatních bariér, který v důsledku dává jen omezený prostor pro realizaci biomasy na produkci biopaliv.

3.1. Kvantitativní limity potenciálu biomasy v ČR – konflikt konečného užití

Matematický výpočet v rámci projektu RESTEP (VÚMOP) uvádí disponibilní množství biopasy cca 9,6 milionů tun/rok ze zemědělského půdního fondu a Akční plán pro biomasu APB platný do roku 2020 uvádí 10,6 milionů tun/rok ze ZPF a 1,8 milionů tun lesních těžebních zbytků.



¹ <http://eagri.cz/public/web/mze/zivotni-prostredi/ochrana-pudy/eroze-pudy/gaec/?fullArticle=1>

Uváděné celkové množství biomasy cca 10 milionů tun vypadá velmi perspektivně. Tento pohled mají ovšem i teplárenské subjekty (spoluspalování biomasy, či přímé spalování biomasy). V ČR je dle ČSU evidováno cca 707 000 topenišť, kterých spotřeba činí cca 8 milionů tun palivového dříví. Další velké spalovny (vedle Plzeňské teplárenské i např. Škoda Energo, Lovochemie Lovosice) plánují přechod z uhlí na biomasu a zvyšování podílu biomasy při výrobě tepla. Svázecí radius uvádějí víc než 100 km v případě Škody Energo plán svozu z celé ČR.

Kotlíková revoluce Ministerstvo životního prostředí

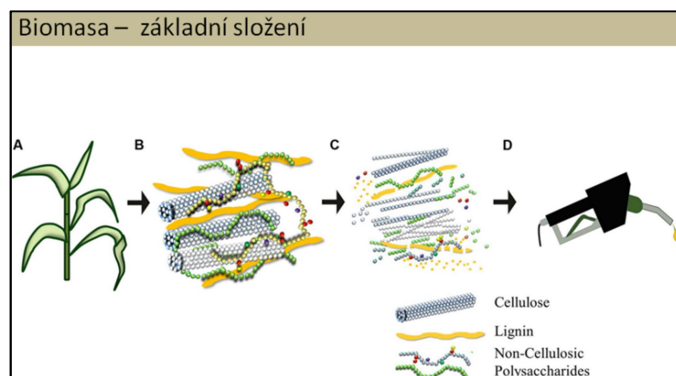
MŽP získalo do roku 2020 **9 miliard korun na výměnu až 100 tisíc kotlů** v domácnostech po celé ČR. Nově se **nebudou moci pořizovat kotle, ve kterých se topí jenom uhlím !!**

Ministerstvo životního prostředí		roční spotřeba		výhřevnost (12 GJ/t)	
palivové dřevo ČR mix (1 m ³ = cca 750 kg) vlhkost 50%	počet kotlů	m ³ - PRM	tuny	(GJ)	(PJ)
	1	15	11,25	135	0,000135
Celkový počet topenišť v ČR (pouze domácí kotle-ČSÚ)	707 094				
		10 606 410	7 954 808	95 457 690	95

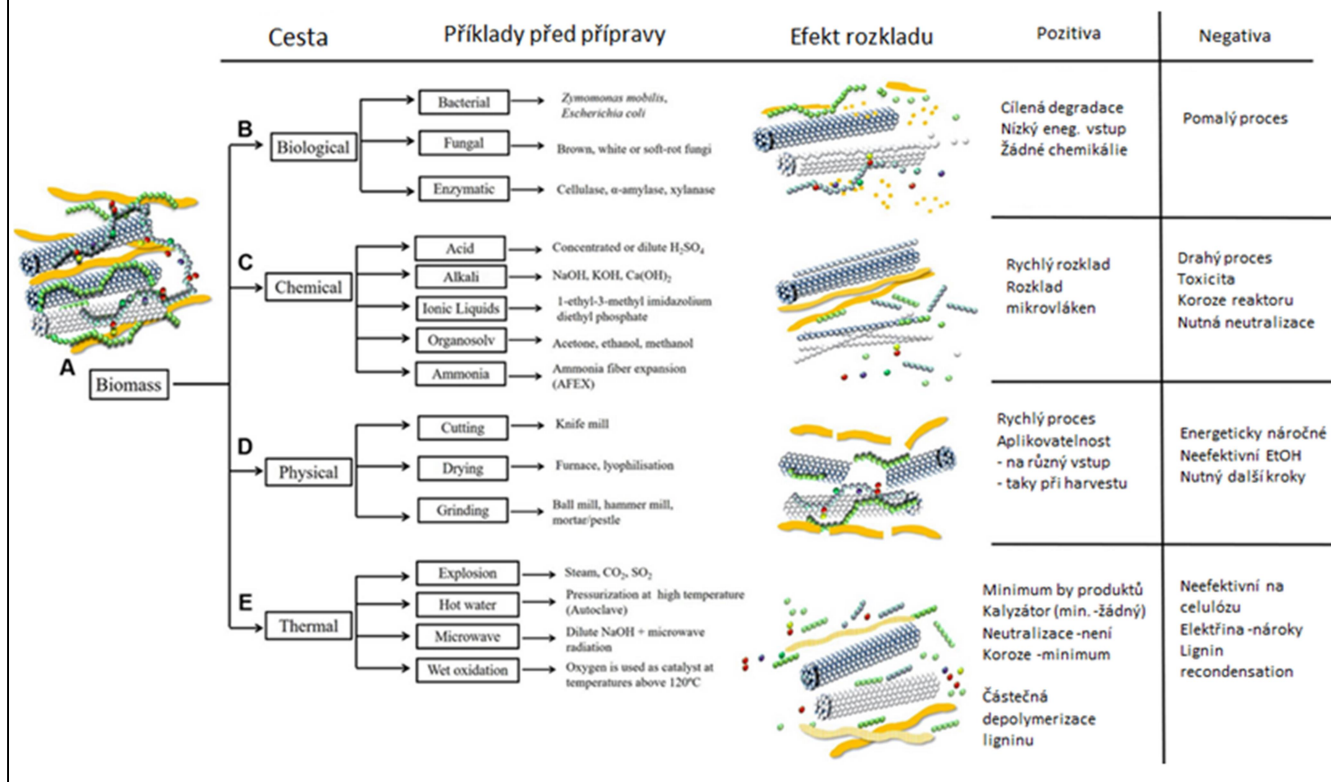
Perspektivy B2G vzhledem na konflikt konečného užití jsou z tržního pohledu velmi limitní.

3.2. Limity a bariéry B2G – dnešní stav technologií

Technologicky je výroba B1G relativně jednoduchý proces. Fermentace cukrů je od nepaměti známý proces. Náročnější je nepřímé získávání cukrů z lignocelulózy pro výrobu B2G. Základní složení biomasy (celulóza, hemicelulóza, lignin) se v prvním kroku musí separovat, aby byly dále možné transfery cukrů z celulózy a hemicelulózy. V zásadě existují 4 způsoby předpřípravy biomasy.



Před příprava biomasy pro výrobu B2G



Předpřípravné procesy v případě homogenně stabilní vstupní suroviny jsou poměrně dobře zvládnutelné. Vzhledem na bariéry biodiverzity, iLUC, organiky v půdě... však nelze předpokládat dostupnost lokální monokulturní struktury vstupní biomasy (homogenitu vstupní suroviny) jak z lokální dostupnosti (produkce), tak zajištění svozem, z důvodů vysokých logistických nákladů.

Samotné procesy výroby alkoholů či metylesterů jsou pak již dobře technologicky zvládnuty.

Strategická výzkumná agenda však s akcentem na slovo STRATEGICKÁ, zůstává tedy v rovině strategického posouzení a přístupu k relevanci bariér a společenské akceptaci výroby biopaliv z biomasy. Dále k perspektívám a potenciálům biopaliv do budoucna (s akceptací procentních rámců) vzhledem na širší rámce energetiky 21. století ale i dosavadní zhodnocení zkušeností s technologiemi B2G.

Dnešní stav technologií B2G

Foresight část 6. Manažerský souhrn v příloze uvádí analýzu dosavadních (únor 2019) investic v řádu miliard USD do procesů výroby B2G. Kromě extrémních případů tunelování (např. 100 milionů dolarů tunel Mascoma²) technologiích končících na problémech zásobování Biomasy (FT palivo – Choren, EtOH Beta Renewables v Crestentinu) je zde celá řada původně velmi slibných projektů a investic, dnes projektů rušených a končících v prodeji či pozastavených.

Zdá se, že zásadní příčinou neúspěchu je dostupnost biomasy.

Zkušenosti z fosilních zdrojů, kde je koncentrovaná a kontinuální dostupnost vstupní suroviny axiomou, na které se staví rafinérská technologická nadstavba nelze v případě biomasy aplikovat.

Praxe s biomasou je ještě diametrálně dramatičtější. Zajištění monokulturní a homogenní vstupní suroviny ekonomicky přijatelné pro procesy výroby B2G ve větších objemech je z dnešního pohledu (a i z perspektivních výhledů BAU) téměř nemožné.

Po kontinuálním screeningu technologií B2G ve světě se perspektivně jeví zpracování komunálního odpadu – gasifikace na SYNGAS a následná fermentace na EtOH, MeOH firmy ENERKEM a LanzaTech.

Z hlediska biomasy (sláma) je ve fázi realizace v Rumunsku technologie Clariant.

Otázkou je budoucnost vlajkové lodi B2G Beta Renewables, která má 5 replikací ale mateřský závod v Crestentinu byl z ekonomických důvodů uzavřen. Následně byl začleněn do skupiny ENI.

3.3. Hlavní bariéra – dostupnost vstupní suroviny

Na nepredikovatelně volatilní (objemově a cenově) vstupní surovině nebude možné stavět komerčně profitabilní a vůči fosilním zdrojům konkurenční procesing. Otázkou zůstává, jestli je zde strategický prostor, že se do budoucna situace změní a výzkum této oblasti je tedy i dnes žádoucí.

Po zkušenostech a několikaleté spolupráci s expertními subjekty výzkumu v ČR, které mají problematiku produkce biomasy a kvalitu půdy v referátu

² <https://www.biofuelwatch.org.uk/2016/mascoma-report/>

VÚMOP – Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy



Výzkumný ústav meliorací
a ochrany půdy, v.v.i.

bude pozice biomasy hrát důležitou a zdá se i těžko zastupitelnou roli především v návratu organiky do půdy formou kompostů, omezování a střídání širokopásmových plodin, posílení retenční schopnosti zádrže vody v krajině a všeobecně ochranné aktivity na zastavení pokračujícího se zhoršujícího kvalitativního stavu ZPF (zemědělského půdního fondu)³

3.4. Strategické zaměření výzkumu biomasy -Biopaliva

AVIATIKA a HEAVY TRANSPORT

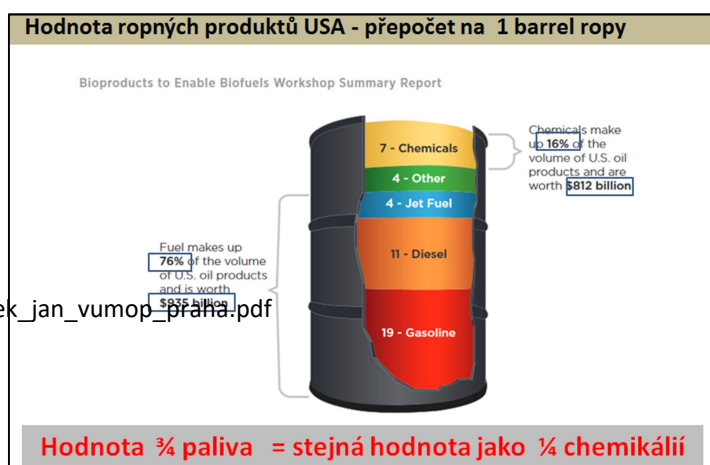
I přes tyto varovné signály a fundamenty, není namístě definitivní a striktní embargo B2G i když je dnes jasné, že jejich pozice v moderní mobilitě bude okrajová a to **především v aviatice či těžké (heavy) technice (lesní, stavební, zemědělská)**. Efektivní produkce biopaliv (alternativních paliv) je stále přitažlivé téma a paliva např. Fischer Tropsch syntézou mají stále velký význam. Obdobně i strategická surovina vodík potažmo uhlík z molekuly CO₂ můžou a budou hrát roli v syntetických (alternativních neboli e-palivech) především v období přechodu na čistě bezuhlíkovou energtiku či vodíkovou energetiku a to z důvodů stávající infrastruktury jak vozového parku a dostupnosti plnicích stanic.

4. Strategické zaměření výzkumu biomasa – Bio-based Industry (biosložky) pro chemický průmysl.

Hotnota chemikálií

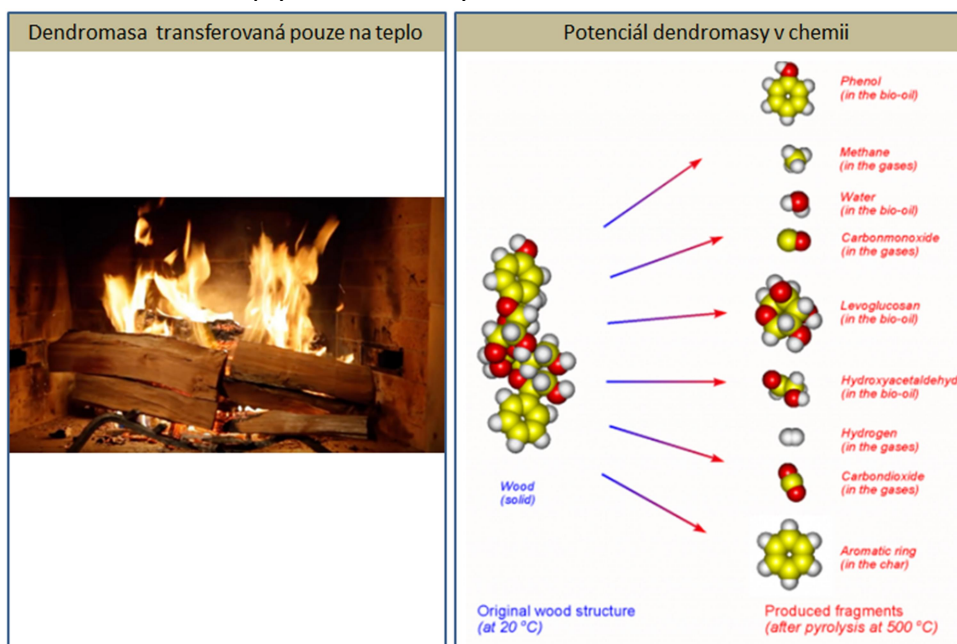
Cesta k biopalivům vede přes bioprodukty.
Biopalivo často jako by produkt!!
Statistiky ukazují, že chemikálie i v případě ropy jsou efektivnější složkou než produkce

³ http://www.zeraagency.eu/dokumenty/008009001/srbek_jan_vumop_praha.pdf



samotného paliva. Na následujícím obrázku je analýza hypotetického jednoho barellu ropy. Celkově je z jednoho barellu ropy vyprodukováno cca 76% paliv a za stejnou prodejní hodnotu jako ostatní cca 24% chemikálií a jiných produktů.

Obdobný a daleko větší potenciál nabízí i biomasa (fytomasa a dendromasa) jako bohatý zdroj bio složek pro využití v chemii, medicíně, kosmetice. Z pohledu budoucích generací a jedné dimenze zaměření ČTPB je transfer biomasy pouze na energetické využití, jak ukazuje obrázek, neefektivním plýtváním a nevyužíváním biosložek.

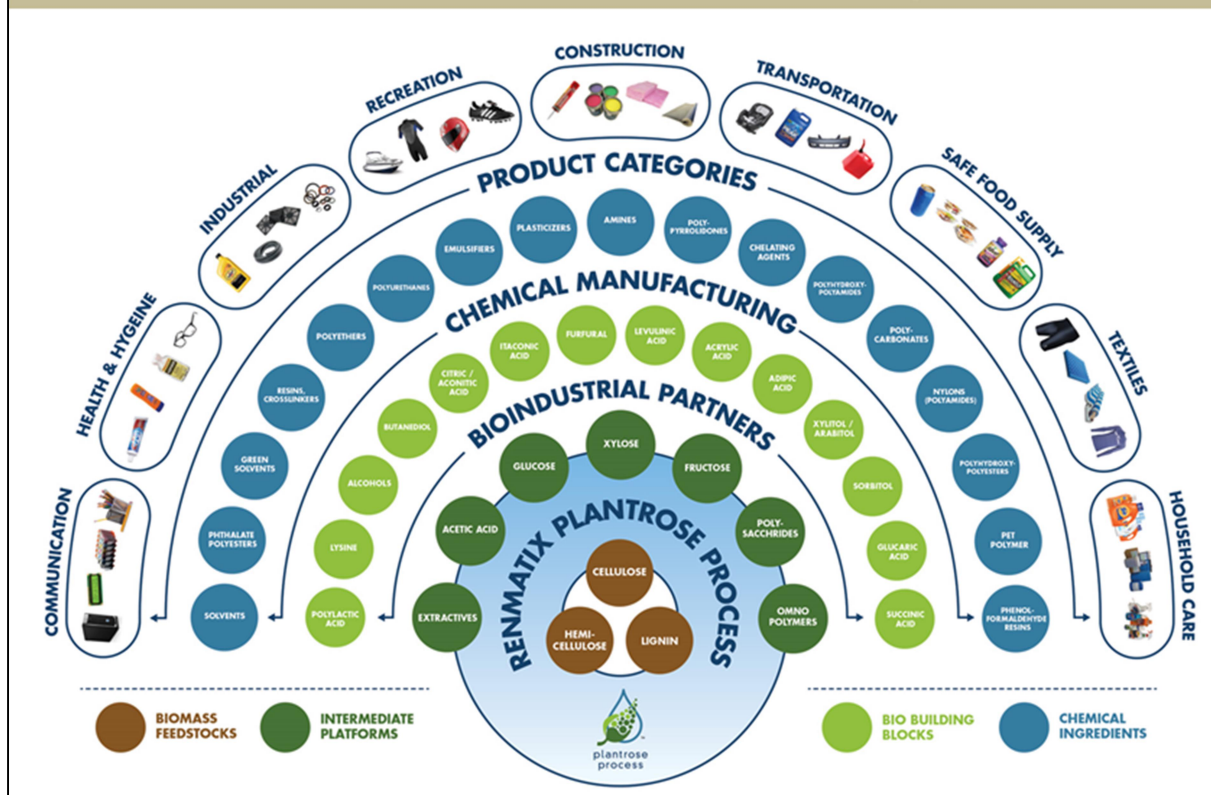


Biomasa má potenciál nahradit ropu v jiných oblastech než je produkce biopaliv.

Přehledná struktura možných produktových transferů biomasy⁴

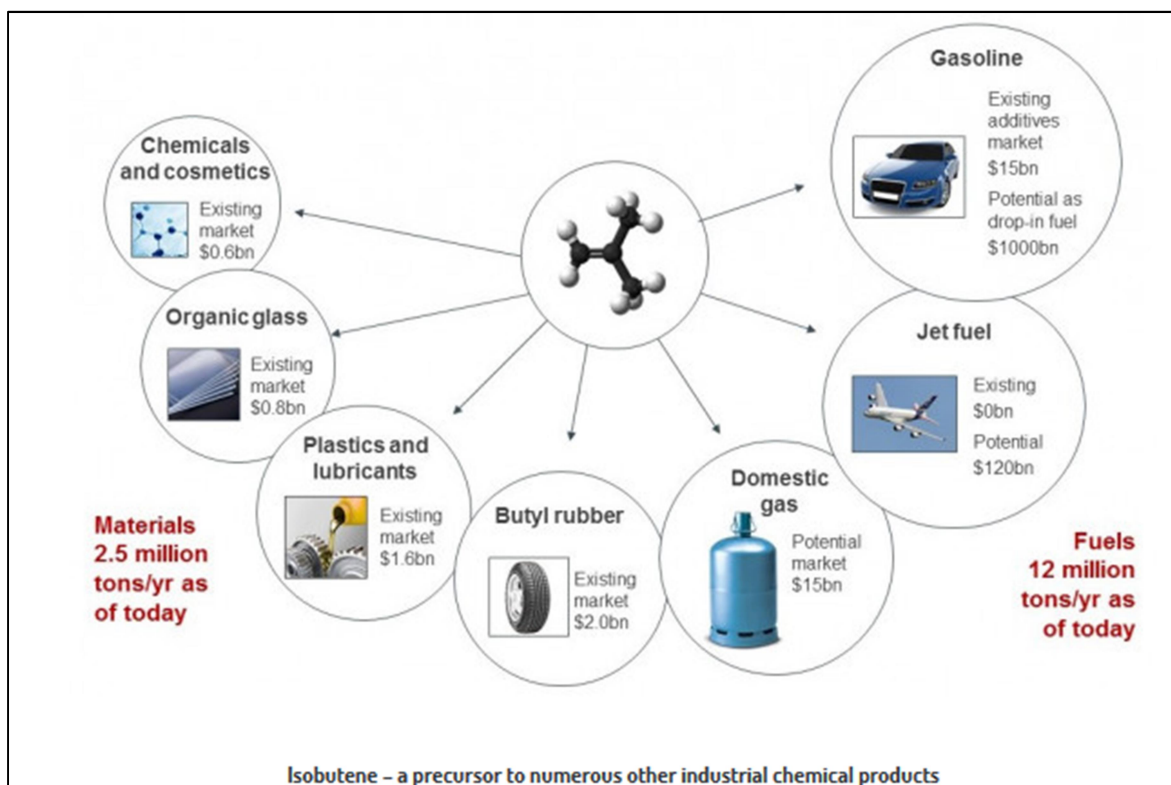
⁴ <https://renmatix.com/process/extra/deep-dive-plantrose-process>

Biomasa – vzácná surovina všestranného využití



Na oblast získávání chemikálií ze slámy se zaměřuje např. BBI projekt OPTISOCHEM⁵ kde významnou roli hraje **Global Bioenergies** a firma **Clariant** a **INEOS**. Proces je zaměřen na produkci bio-isobutenu (BIO-IBN).

⁵ <http://www.optisochem.eu/>



Syntetické polymery ⁶

S cílem minimalizovat dopady na životní prostředí vyvolané post-spotřebitelským plastovým odpadem by měly být aplikovány polymery na bázi bioproduktů s krátkou životností. Vhodnými řešeními pro realizaci jednorázových systémů. Vyvíjení ekologických polymerních směsí s přijatelnými vlastnostmi může být smysluplné využití biomasy v případě skládkování odpadů.

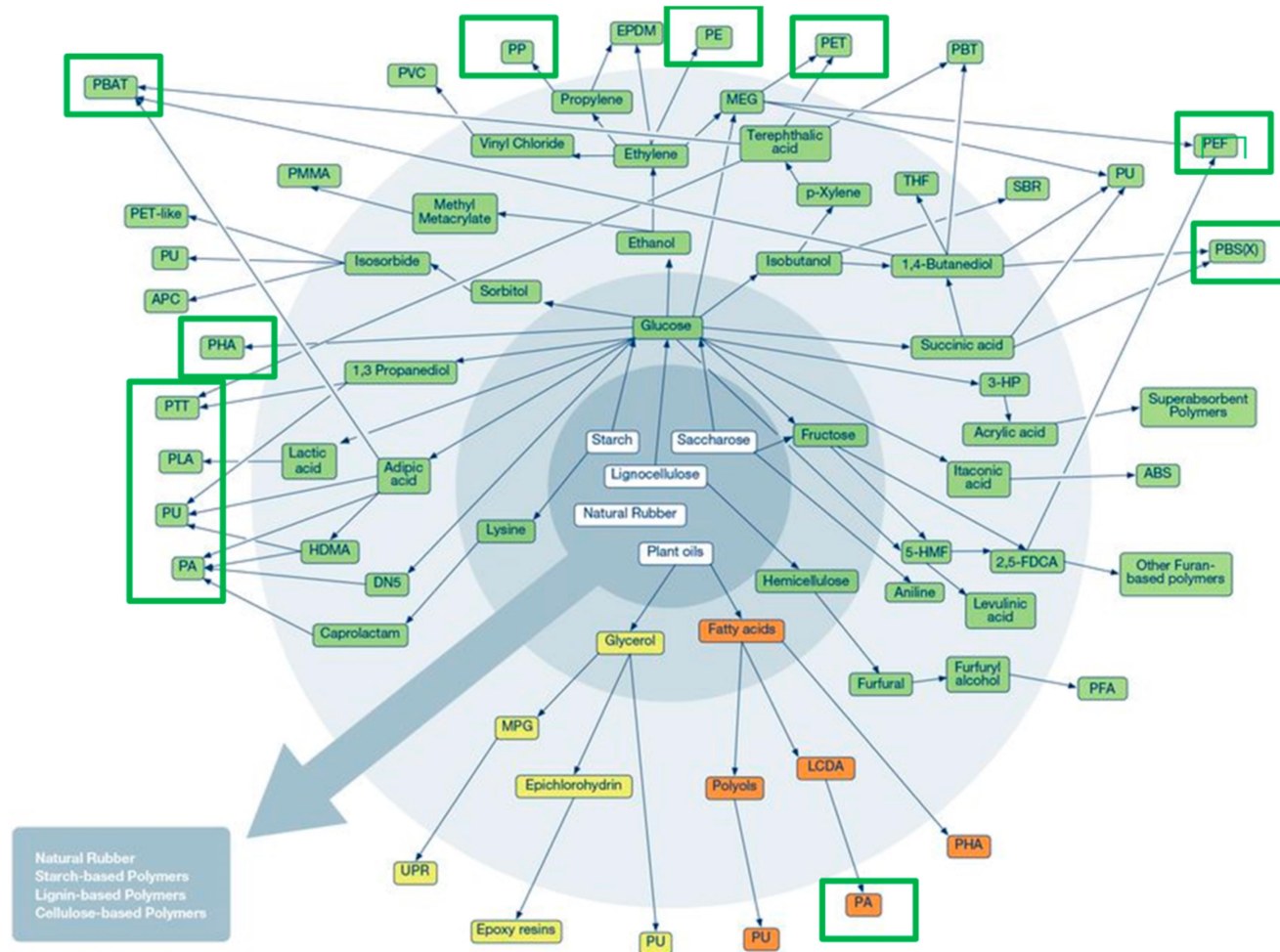
Příprava směsí se syntetickými polymery patří mezi možnosti zvýšení některých vlastností biologicky odbouratelných polymerů, změny rychlosti degradace. Zejména olefiny s biologicky rozložitelnými polymery, získávají na popularitě jako cesta pro rozložitelné obalové plasty.

⁶ <https://www.mdpi.com/1996-1944/12/3/471/htm>

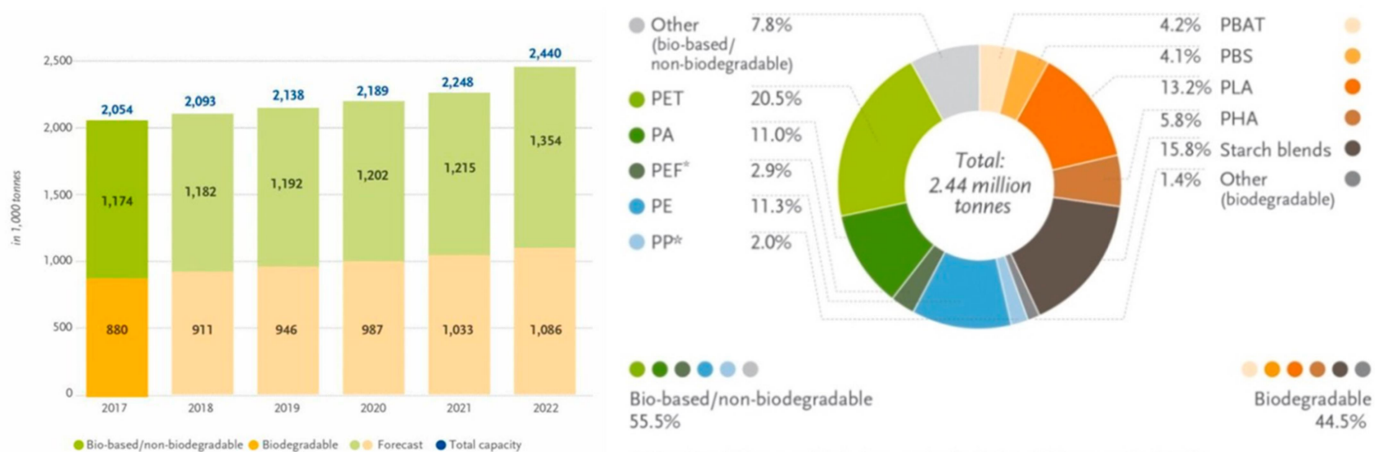
Obecným principem, který je třeba vzít v úvahu při klasifikaci biologicky rozložitelných materiálů, je však původ suroviny. Biodegradovatelné polymery tak rozdělujeme do tří skupin:

- 1. třída** - z biomasy, včetně acetátu celulózy, celulózy, chitinu a škrobu
- 2. třída** - biopolymery syntetizované s využitím mikroorganismů a rostlin, jako poly (hydroxyalkanoáty (PHA).
- 3. třída** - syntetické polymerní matrice, jako polylaktid (PLA), poly (butylensukcinát) (PBS), biopolyolefiny, bio-poly (kyselina ethylentereftalová) (bio-PET) a syntetické polymerní matrice chemicky vyrobené z obnovitelných zdrojů

Viz. následující obrázek.



a)



b)

Komerční využití biomasy přes různé stavební bloky a monomery k polymerům na bázi bio (a); odhadované globální výrobní kapacity bioplastů (biologicky rozložitelných, biologicky / biologicky nerozložitelných) pro rok 2022 (b) podle typu materiálu.

Typicky se používá 1. třída, aby se zabránilo kroku rafinace, zatímco polymerní matrice 2. třídy se získávají z přírodních extraktů a mají uplatnění v podmínkách, které vyžadují biologickou odbouratelnost.

Využití polymerních matric 1. a 2. třídy dovoluje dokonalejší výrobu s materiály, které mají výhodné a modifikované fyzikální a funkční vlastnosti, ale omezenou flexibilitu v chemické struktuře. Monomery používané v polymerech 3. třídy se získávají modifikací přírodních molekul nebo chemickou modifikací přírodních makromolekul kombinujících a aplikujících chemické a biochemické technologie. Několik z těchto polymerních matric 3. třídy, jako jsou bio-PET a bio-polyolefiny, nebude po použití možné vrátit do přirozených cyklů, takže jejich souběh se snížením dopadu na životní prostředí souvisí především s poklesem uhlíkové stopy.

Chemické stavební bloky z biomasy s nejvyšší přidanou hodnotou ⁷

1,4-Diacidy (jantarová, fumarová a jablečná)	$C_4H_6O_4$	Rozpouštědla, vlákna jako je Lycra
2,5- furan dikarboxylová kyselina	$C_6H_6O_3$	PET s potenciálně novými vlastnostmi (lahve, fólie, nádoby)
3-Hydroxypropionová kyselina	$C_3H_6O_3$	Kontaktní čočky, superabsorpční polymery pro pleny, kobercová vlákna
Kyselina asparagová	$C_4H_4NO_4$	Chelatační soli, sladidla
Kyselina glukonová	$C_6H_{10}O_8$	Rozpouštědla, nylony
Glutamová kyselina	$C_5H_9NO_4$	Monomery pro polyestery a polyamidy
Kyselina itakonová	$C_5H_6O_4$	Kopolymer v polymerech styren butadienu (poskytuje receptivitu barviva pro vlákna), nitril latex
Kyselina levulová	$C_5H_8O_3$	Palivové oxygenáty (etyl levulinát ⁸), rozpouštědla, náhrada za bisfenol A v polykarbonátu
3-Hydroxybutyrolakton	$C_4H_6O_3$	Meziprodukt pro vysoce účinné

⁷

https://www.researchgate.net/publication/51656260_Perspective_on_opportunities_in_industrial_biotechnology_in_renewable_chemicals

⁸ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0010218018301007>

farmaceutické sloučeniny

Glycerol	$C_3H_8O_3$	Osobní a ústní hygiena, drogy a léčiva, potraviny a nápoje a polyetherpolyoly (pro polyuretan)
Sorbitol	$C_6H_{14}O_3$	Nemrznoucí směs, PET-podobné polymery, jako je polyethylisosorbid tereftalát (používá se pro hot-fill láhve)
Xylitol / arabinitol	$C_5H_{12}O_5$	sladidla, nenasycené polyesterové pryskyřice

Komerčně dostupné produkty – bio-based plasty z biomasy (cukrů) jsou uvedeny v následující tabulce:

Chemical	Companies	Brand name(s) and annual production	Application
1,3 Propanediol (PDO) $C_3H_8O_2$	DuPont Tate & Lyle	Zemea® and Susterra® – 135 million lbs.	Cosmetics, personal care and home cleaning products, aircraft deicing, antifreeze and heat-transfer industrial fluids DuPont™ Sorona® carpet
Polylactic acid (PLA) $C_3H_6O_3$	NatureWorks LLC	Ingeo® – 300 million lbs.	Food grade plastics – utensils, wrap, containers, packaging
Polyhydroxyalkanoate (PHA) $CH_2[OCH(R)(CH_2)_xCO]_nCH_2$	Metabolix SyntheZyme	Mirel® from Telles – 110 million lbs.	Packaging for cosmetic products and food products, injection-molded durable goods such as cell phone cases, hand-held devices
Polyethylene C_2H_4	Braskem	Green polyethylene – 400 million lbs.	Food packaging, drink bottles, plastic bags, trash containers, car parts
Polyols HO-R-OH	BiOH	BiOH polyols	Foam for furniture, bedding, automotive, carpet, construction, coatings, sealant, adhesive, and elastomers

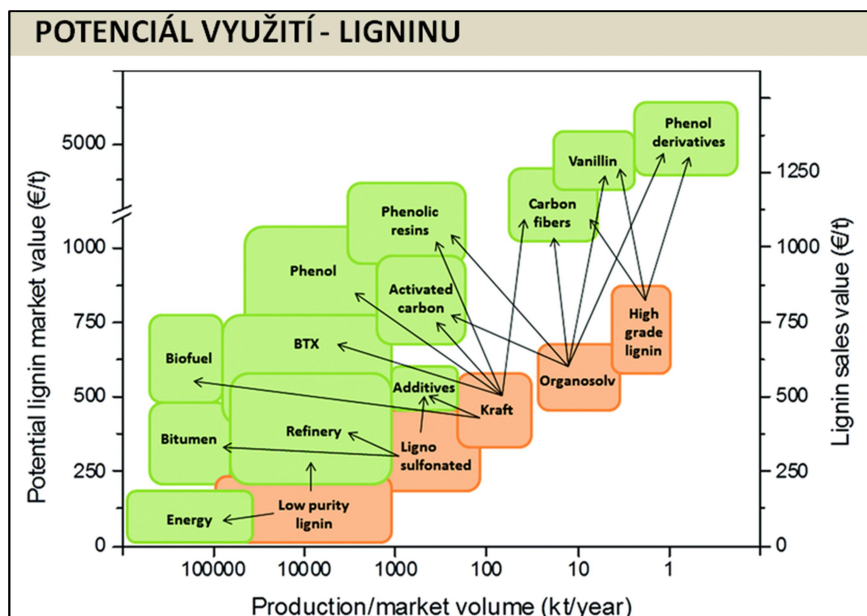
Tržní cena těchto bioproduktů závisí na dvou klíčových faktorech:

- nákladech na suroviny
- nákladech na zpracování

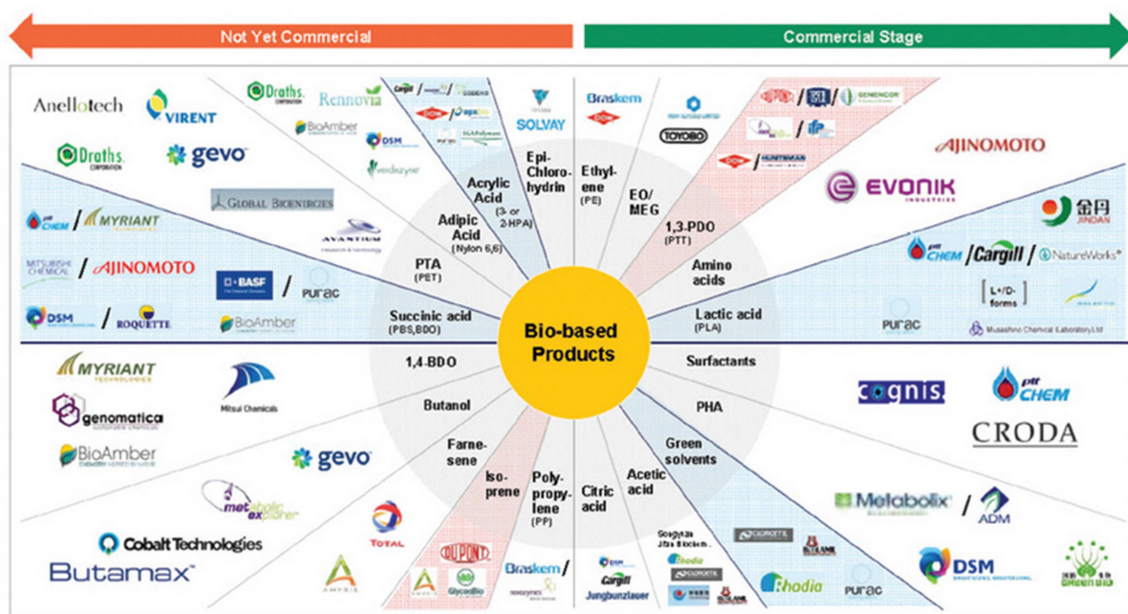
Impulsem pro výrobu mnoha bio-založených produktů bylo hledání alternativy k fosilním palivům, které podléhají kolísání cen ovlivňujícím ziskové rozpětí navazujících výrobků. V mnoha případech byli bioprodukty v období zavádění na trh dotováni.

Úspěšné komerční uplatnění bioproduktů závisí na kritické potřebě zajistit velké množství biomasy při nízkých nákladech. V tom je zřejmá konkurenční paralela s produkcí biopaliv.

Lignin jako nevyužitelná část biomasy při získávání cukrů z lignocelulózy nachází na trhu také svoje uplatnění.⁹



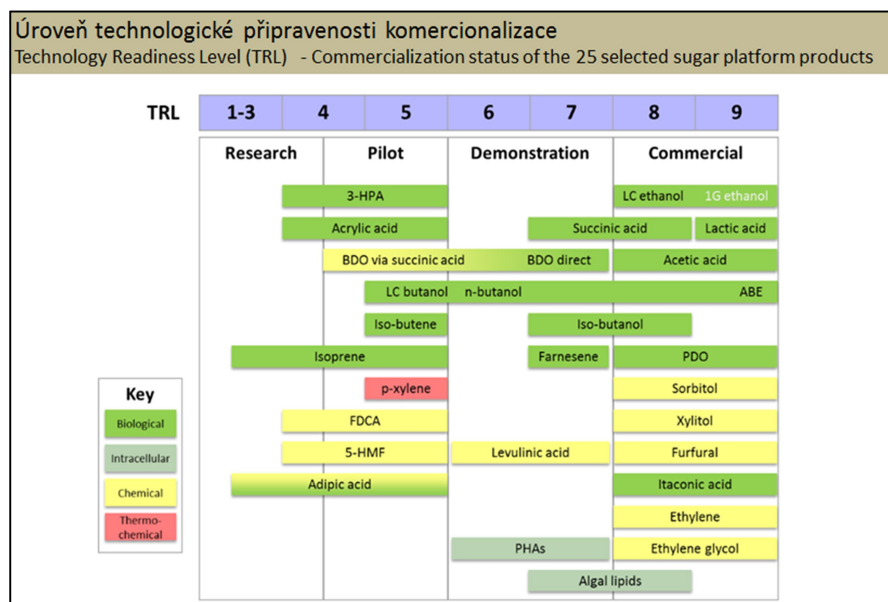
Následující obrázky znázorňuje komerční využití biosložek, tak ve stádiu R&D.¹⁰



⁹ <https://pubs.rsc.org/-/content/articlelanding/2016/gc/c5gc03061g#!divAbstract>

¹⁰ <http://docplayer.net/44941941-From-shale-gas-to-biomass-the-future-of-chemical-feedstocks.html>

Stádium připravenosti komercializace je zobrazen na stupnici TRL včetně procesu technologického transferu:



Pro bio-based industry jako relativně nový vědecký obor, již existují evropské standardy:

EU standardy pro biosložky		
Table 1. European standards for bio-based products developed in CEN/TC 411 unless stated otherwise [8].		
Standard	Title	Stage of Development *
EN 16575	Bio-based products: Vocabulary	Published 2014.
CEN/TR 16721	Bio-based products: Overview of methods to determine the bio-based content	Published 2014.
CEN/TS 16640	Bio-based products: Determination of the bio based carbon content of products using the radiocarbon method	Published 2014.
CEN/TR 16957	Bio-based products: Guidelines for life cycle inventory (LCI) for the end-of-life phase	Published 2016.
FprEN 16640	Bio-based products: Bio-based carbon content—Determination of the bio-based carbon content using the radiocarbon method	Waiting approval.
EN 16785-1	Bio-based products: Bio-based content—Part 1: Determination of the bio-based content using the radiocarbon analysis and elemental analysis	Published 2015.
prEN 16785-2	Bio-based products: Bio-based content—Part 2: Determination of the bio-based content using the material balance method	Waiting approval.
EN 16760	Bio-based products: Life cycle assessment	Published 2015.
EN 16751	Bio-based products: Sustainability criteria	Published 2016.
EN 16848	Bio-based products: Requirements for business to business communication of characteristics using a data sheet	Published 2016.
FprEN 16935	Bio-based products: B2C reporting and communication—Requirements for claims	Waiting approval.
CEN/TS 16766	Bio-based solvents: Requirements and test methods	Published 2015.
EN 16807	Bio-lubricants: Criteria and requirements of bio-lubricants and bio-based lubricants	Published 2016. ^b
CEN/TS 16398	Plastics: Template for reporting and communication of bio-based carbon content and recovery options of biopolymers and bioplastics—Data sheet	Published 2012. ^c
FprCEN/TS 17035	Surface active agents: Bio-based surfactants—Requirements and test methods	Waiting approval. ^d

Uplatnění bio-based produktů na trhu také silně závisí na snížení nákladů na technologie zpracování. Dnes se pouze malá část dostupné biomasy používá k výrobě chemických látek na bázi biomasy a to právě v důsledku těchto vysokých nákladů na přeměnu. Výzkum a vývoj je nákladný, pilotní a demonstrační zařízení mají velmi vysoké investiční náklady a kritickou oblastí je získat zemědělské suroviny.

Další klíčové faktory biosložek

Performace:

Dalším aspektem jsou vlastnosti nového bio-based produktu a jeho akceptace trhem. Výrobky na bázi biomasy musí nabízet rovnocenné, ne-li lepší vlastnosti než produkty na bázi ropy, které jsou nabízeny spotřebitelům a maloobchodníkům. Pokroky ve výzkumu pokračují ve zlepšování požadovaných vlastností a výkonů bioproduktů směrem k jejich požadavkům. Stále více se budou hledat specializované trhy pro širokou škálu produktů, které jsou vyrobeny na zakázku jako sloučeniny na bázi chirálních sloučenin, které nejsou přímo dostupné z ropných produktů bez nákladných kroků konverze, ale mohou být snadno a přímo vyrobeny biotechnologií.

Environmentální faktory:

Průmyslová biotechnologie můžou nabídnout procesy, které mají lepší uhlíkovou stopu než petrochemie. Kromě přesunu z ropy mnoho bioproců ve skutečnosti spotřebovává CO₂, přímo snižuje emise skleníkových plynů a napomáhá v boji proti globálnímu oteplování. Výrobní procesy jsou také často čistší než typické petrochemické procesy, využívají méně energie a produkují méně odpadů než běžné syntetické postupy. Právě odpady se v poslední době stávají celosvětovým problémem a z této perspektivy bio-based produkty mají potenciál sehrát významnou a pozitivní alternativní roli.

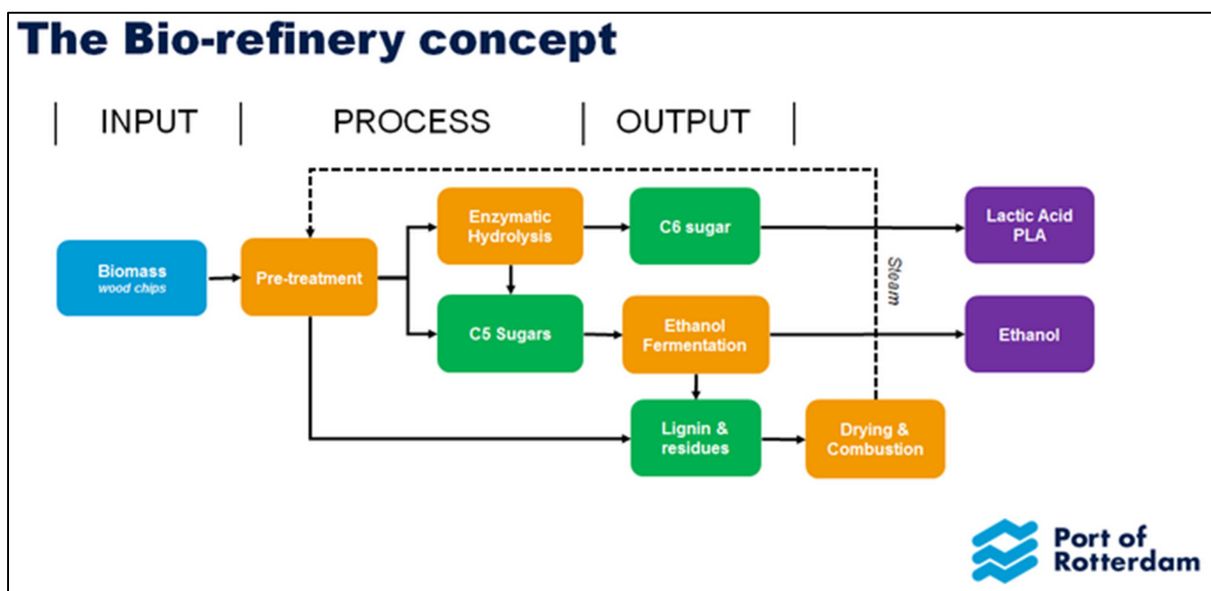
Dotupnost:

Kromě identického problému bio-based produktů a biopaliv - nedostatku biomasy, i zde je důležitým faktorem potenciál snižování závislosti ČR (EU) na komoditě, kterou není schopna sama generovat – ropě. Je ale pravděpodobné, že v budoucnu bude mobilita méně a méně závislá na biomase (elektromobilita, uhlovodíky na báze CO₂,...), přičemž biosložky pro chemický průmysl, dnes produkované z ropy, nebudou mít jinou alternativu než zdroj biomasy a jejich význam bude stoupat.

5. Biorafinerie

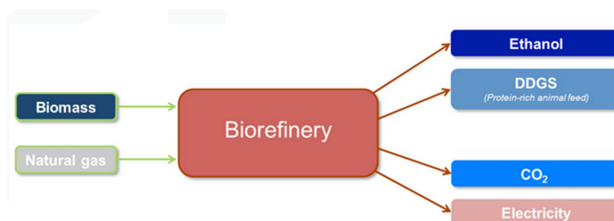
Další možností je kombinovaná výroba biopaliva a biosložek tzv. BIO RAFINERIE. Kde je obvykle skupina hlavních produktů nejžádanější ale i skupina vedlejších produktů má svoje komerční uplatnění. Např. koncept výroby etanolu a kyseliny polymléčné (PLA) v Rotterdamu.¹¹

Kyselina polymléčná je nadějná alternativa k dnešním běžně používaným polymerním materiálům. Její schopnost biodegradace je zajímavá, jako materiál ale nemá nejlepší mechanické vlastnosti.



Mechanické vlastnosti ale lze vylepšovat např. kyselinou orotovou. V této oblasti má i ČR svůj vědecký potenciál¹².

Existuje evropské Bio-based Industries konsorcium, které uvádí počet biorafinérií v EU které mapuje 224.¹³ Ovšem dnes je moderní „maskovat“ i výrobu B1G do pojmu biorafinerie¹⁴



¹¹ <https://www.portofrotterdam.com/en/news-and-press-releases/joining-forces-for-a-biorefinery-in-rotterdam>

¹² <http://www.odpadoveforum.cz/TVIP2018/prispevky/115.pdf>

¹³ <https://biconsortium.eu/news/mapping-european-biorefineries>

¹⁴ <https://www.alcoenergy.com/en/biorefinery/>

Existuje celá řada technologicko-technických systémů užívaných v biorafinériích podle druhu využívané biomasy.

GBR (Green BioRefinery) - Zelené rafinérie - vstup tráva a víceleté píce

LCF (Lignocellulose Feedstock Biorafinery) - suchá biomasa, odpady celulózní a lignocelulózní

CCB (Cereale com biorafinery) – Obilná rafinérie – škrob, cukry

5.1. GBR (Green BioRefinery) - Zelené rafinérie

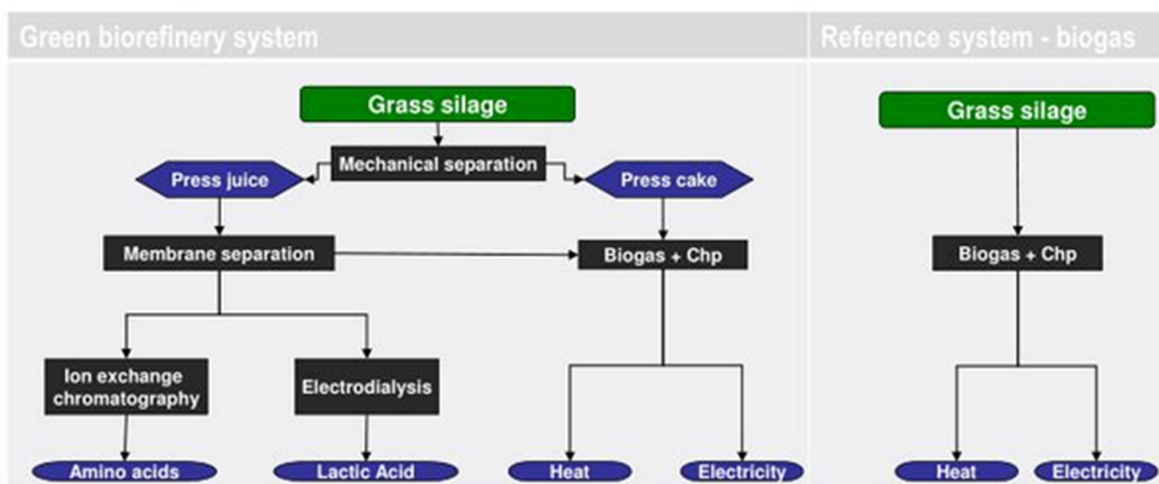
Smysluplný koncept GBR je např. rakouské BOKU kde se zelená siláž vpravo využívá v procesech KVET transferuje procesem vlevo na amino kyseliny a kyselinu mléčnou¹⁵:

Introduction – The Green Biorefinery Concept

- Simplified process overview of the green biorefinery demonstration plant in Utzenaich, Austria and biogas as reference technology



University of Natural Resources and
Life Sciences, Vienna
Department of Economics and Social
Sciences



Hoeltinger, Schmidt, Schoenhart, Schmid



European Association of
Agricultural Economists

4

¹⁵ <https://www.slideserve.com/xia/introduction-biorefineries-and-the-bioeconomy>

Evropský projekt SMBIO – zaměřen na malé jednotky¹⁶¹⁷



Small-scale Integrated BIOrefineries

Zaměřen na 4 dostupné evropské technologie GBR – New Foss, Grassa, Biofabrik, Biowert:



GBR NewFoss
Location: Uden, the Netherlands
Founded: 2016
Feedstock: silage grass (grass is provided by Staatsbosbeheer)
Capacity: 10,000 t dm /a (40,000 t grass per year)
Investment costs: n.a.



GBR Grassa
Location: mobile concept, the Netherlands
Founded: 2014
Feedstock: fresh grass or green feedstock (e.g. tomato stems, waterplants)
Capacity: 300 – 600 kg per hour
Investment costs: ca. 600,000 Euro
Runtime: 5 months of year (3,000 hours, diversification of feedstocks to lengthen season)



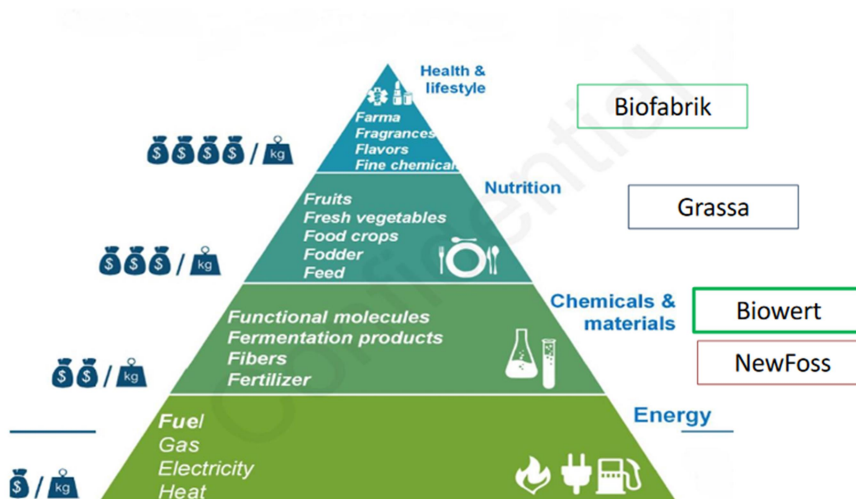
GBR Biofabrik
Location: Blizevedly, Czech Republic, and Dresden, Germany
Founded: 2014
Feedstock: silage grass
Capacity: 20 t/day
Investment costs: ca. 700,000 Euro
Based on Austrian study (2003-2006)



GBR Biowert
Location: Brensbach, Germany (18,000 m² large)
Founded: 2007
Feedstock: silage grass (grass is provided by contracted farmers nearby)
Capacity: 5,000 t dm /a (20,000 t grass per year)
Investment costs: 13 million Euro

¹⁶ <https://www.smibio.net/>

¹⁷ http://rtbioenergia.org.mx/wp-content/uploads/2017/12/5_IngoBall_GreenBiorefineries.pdf



Z hodnotového pohledu je nejzajímavější technologie Biofabrik¹⁸, která má v českých Bříževědlech primární jednotku transferu trávy na silážní koncentrovaný sirup¹⁹. Finální benefity – produkce aminokyselin se ale komercializuje v Německu.

5.2. LCF (Lignocellulose Feedstock Biorafinery)

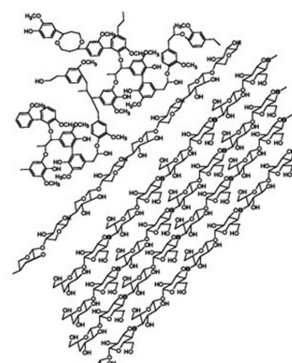
Tyto rafinerie mají na vstupu lignocelulózní biomasu o různém procentním zastoupení jednotlivých komponent – celulózy, hemicelulózy a ligninu.

(Ligno)cellulosic Biomass

Lignin - 11-25%

Hemicellulose -
8-40%

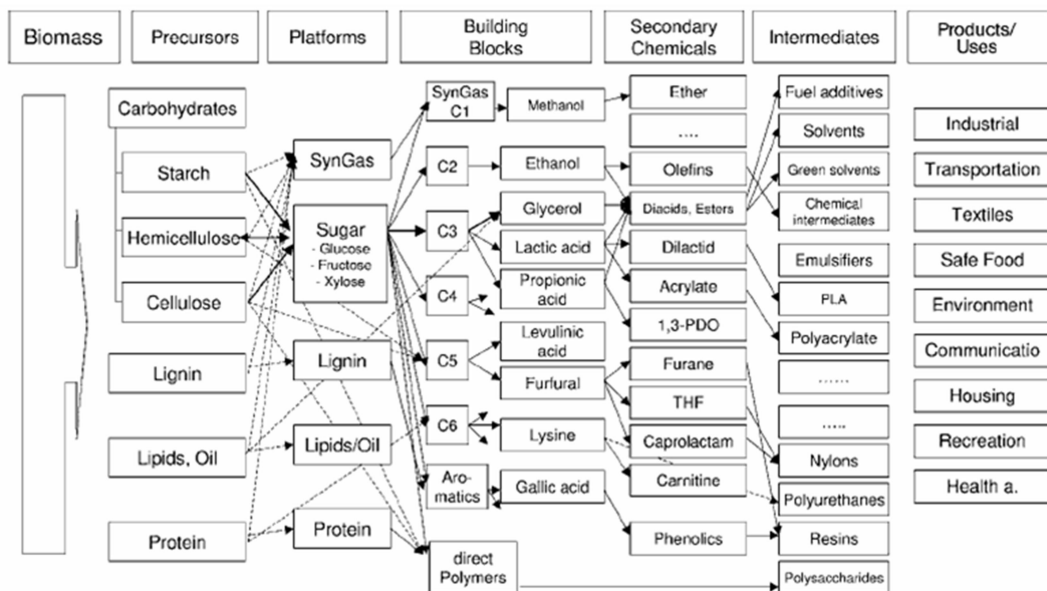
Cellulose - 30-57%



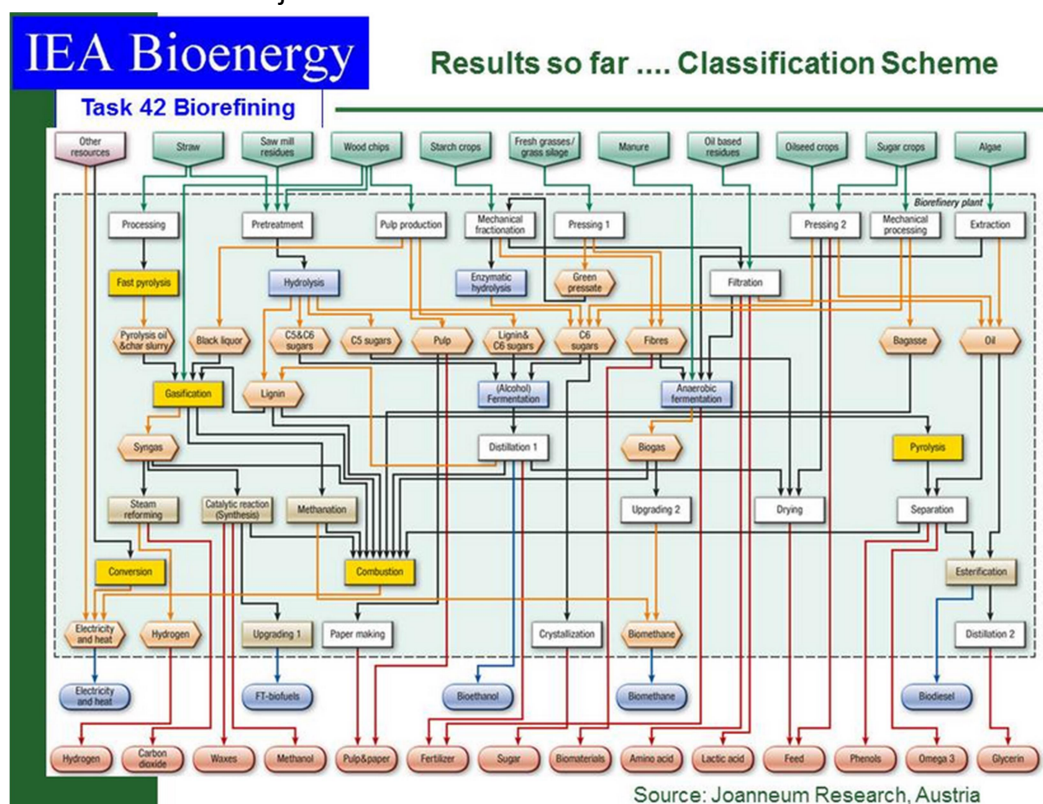
¹⁸ <https://biofabrik.com/en/green-refinery/>

¹⁹ <https://ec.europa.eu/environment/eco-innovation/projects/en/projects/grassfinery>

Matrix možných transferů je znázorněn na obrázku:



IEA task 42 znázorňuje biorafinerie takto:²⁰



²⁰ <https://www.iea-bioenergy.task42-biorefineries.com/en/ieabiorefinery/Factsheets.htm>

IEA Bioenergy Task 42 vyvinula klasifikační schéma pro popis různých biorafinérií. Klasifikace biorafinérie se skládá z následujících prvků: platformy, vstupní suroviny, produkty a procesy. S kombinací těchto vlastností lze popsat a pojmenovat různé konfigurace biorafinérie konzistentním způsobem. Platformy jsou meziprodukty, které spojují vstupní suroviny a finální produkty. Koncept platformy je podobný konceptu používanému v petrochemickém průmyslu, kde je ropa rozdělena na velké množství meziproduktů, které jsou dále zpracovávány na konečné energetické a chemické produkty. Platformy jsou uznávány jako hlavní pilíře této klasifikace biorafinérie, protože mohou být dosaženy různými způsoby přeměny, které se používají u různých surovin.

IEA Bioenergy Task 42 člení biorafinérie do 9-ti platforem²¹:

1. SYNGAS PLATFORM
2. PYROLYSIS OIL PLATFORM
3. SUGAR PLATFORM
4. OIL PLATFORM
5. BIOGAS PLATFORM
6. ORGANIC SOLUTIONS PLATFORM
7. LIGNIN PLATFORM
8. HYDROGEN PLATFORM
9. POWER & HEAT

K jednotlivým platformám jsou vedeny aktuální a zajímavé blogy.

Nicméně dnes je v reálu pouze několik (3) biorafinérií (viz Foresight č. 6 příloha).

Koncept biorafinační přeměny lignocelulózové biomasy je však nejžhavějším tématem využití biomasy. Testují se různé fyzikální, chemické a biologické techniky, aby se zlepšila účinnost metod a jejich ekonomická hodnota.

Nedávné aplikace pulzní elektrické energie (PEE), jak pulzních elektrických polí (PEF), tak vysokonapěťových elektrických výbojů (HVED) v lignocelulózové biorafinérii prokázaly svůj vysoký potenciál. Lignocelulózová biomasa obsahuje malá množství pektinu, proteinů, nestrukturních cukrů, chlorofylů a popela. Existující schémata lignocelulózové biomasy zahrnují termo-chemické, fyzikální, chemické a biologické (fermentační, digesční a mikrobiální zpracování) techniky. Tyto techniky však vyžadují dlouhou dobu zpracování, velká množství chemikálií, rozpouštědel a spotřebovávají energii. Techniky PEF a HVED mohou být efektivně využity pro pomoc při hydrolýze a fermentaci, pro výrobu bioplynu a extrakci chemikálií s vysokým obsahem přidaných látek a bioaktivních sloučenin.²²

Strategie vytěžit z biomasy co největší chemický potenciál je rozhodně perspektivní cesta přístupu k biomase.

²¹ <https://biorrefineria.blogspot.com/p/plataformas-de-biorrefineria.html>

²² https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-319-32886-7_157

6. Nástup elektromobility

Platforma vnímá dynamicky se rozvíjející segment elektromobility kde platí dvě základní axiomy. Jedna ve prospěch a jedna v neprospěch elektromobility.

Ve prospěch elektromobility nahrává fakt, že EU je dnes energeticky soběstačná, resp. EU má technologický potenciál být v této energetické komoditě soběstačná (vývoj ITERu, Jaderná energetika, potenciál OZE). V neprospěch elektromobility kromě parametrů LCA patří především fakt, že akumulace elektrické energie na delší dobu a větších objemů, je požadavek, který jde proti hmotnosti vozidel a tím i bezpečnosti provozu.

6.1. Elektromobilita – osobní doprava

Nicméně oblast akumulace elektřiny do baterií prochází revolučním vývojem.

První generace, která je už nicméně prakticky nepoužívaná, má jen 70 Wh/kg, a to kvůli tomu, že je celá baterie hermeticky uzavřena ve velmi těžkém ocelovém pouzdře.

Dnes výzkum a vývoj cílí na baterie umožňující dojezd EV 1 000 km. Německá firma Innolith vyvinula nehořlavou baterii na základě litia o kapacitě 1 000Wh/kg²³. Otázkou stále zůstává komercializace produktu, životnost a počet nabíjecích cyklů a pod...

V osobní automobilové dopravě nastupuje v roce 2019 masivně do segmentu elektromobility i firma Volkswagen svým modelem ID.3 (na platformě MEB).²⁴

Prodávat se má za dostupnou cenu pod 30 000 € tedy cenově srovnatelnou se Škodou Octávia diesel. Vyráběn ve 3 bareriových provedeních:

- baterie s kapacitou 45 kWh a normovaným dojezdem 330 km (základní model)
- baterie s kapacitou 58 kWh a normovaným dojezdem 420 km
- baterie s kapacitou 77 kWh a normovaným dojezdem 550 km

Dne 8. května spouští VW předobjednávky.

V první vlně se počítá s prodejem 30 000 elektromobilů, v roce 2021 by VW rád vyráběl a prodával 100 000 EV.

Jeslti se potvrdí předpokládaný úspěch VW ID.3 do dvou let, lze následně předpokládat výrazné snižování ceny a masový nástup elektromobilů v příští dekádě.

²³ <https://innolith.com/innolith-energy-technology-brings-1000km-ev-within-range/>

²⁴ <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/elektromobil-za-cenu-naftove-octavie-je-realitou-volkswagen/r~e6cbae9871bd11e998d70cc47ab5f122/>

6.2. Elektromobilita – nákladní doprava E-highway

Mobilita těžké techniky na bázi akumulované elektrické energie z reálného dnešního světa technického pokroku je myšlenka nereálná. Na bázi baterií i s hypoteticky nejvyšší kapacitou uložené energie 1 000W/kg hmotnosti je stále dojezd těžkého vozidla reálný v řádu málo několika desítek km.

V tomto ohledu budou konvenční paliva hrát významnou roli patrně ještě několik dekád.

Nicméně i v tomto segmentu se testuje efektivní uplatnění elektromobility. Ovšem ne pouze na bázi akumulované elektrické energie ale na průběžném dobíjení. Něco jako vlak (trolejbus, tramvaj) na dálnici. Tedy omezený lokální dojezdy v bodech nakládky a vykládky a kontinuální dobíjení v procesu dálkové (kamionové) přepravy.



V rámci EU se tento způsob přepravy, ve kterém se angažují především SCANIA a Siemens testuje v několika zemích:

Německo - Hesensko²⁵

test 5 km obousměrně

V Hesensku se na dálnici A5 uskutečňuje projekt ELISA - Elektrifikovaný, inovativní těžký provoz na dálnicích mezi Frankfurtem a Darmstadtem. Projekt financován v rámci programu „financování OZE“ spolkového ministerstva životního prostředí. Partneři projektu jsou Hessen Mobile Road and Traffic Management (podřízený orgán Ministerstva dopravy) a Technická univerzita Darmstadt. ELISA bude úsek dálnice mezi obchodní zónou Darmstadt-Nord / Weiterstadt a křižovatkou Zeppelinheim / Cargo City Süd frankfurtského letiště vybaven nadzemním vedením.

²⁵ <https://mobil.hessen.de//ELISA>

Německo - Schleswig-Holstein²⁶ - plán 70 km

Projekt **eHighway Schleswig-Holstein** bude realizován na šestiproudé federální dálnici A1 mezi křižovatkou Reinfeld a křížem Lübeck. A1 mezi Lübeckem a Hamburkem je jednou z nejrušnějších dopravních os v Šlesvinsku-Holštýnsku. Trasa je nejdůležitějším spojením z dopravního uzlu Hamburk do přístavu Lübeck jako tranzitního přístavu pro přepravu zboží do Skandinávie, Ruska a pobaltských států. Každý den je na dálnici v průměru více než 8 000 nákladních automobilů.

Švédsko²⁷ – test 44 km

Švédská vláda usiluje o vytvoření klimaticky neutrálního dopravního sektoru do roku 2030. V červnu 2016 byla otevřena **první zkušební dráha eHighway** na světě na dálnici E16 mezi městy Gävle a Sandviken. Silnice spojuje přístav Gävle s průmyslovou oblastí a je ideální pro testování systému v nákladní dopravě. Test je úspěšný a Švédsko projednává rozšíření systému. Projekt je koordinován regionem Gävleborg a je financován Švédskou agenturou pro dopravu, Švédskou agenturou pro energii, VINNOVA, **Scania a Siemens**. Očekává se, že projekt bude pokračovat do roku 2020.

Itálie^{28 29} - test 6 km

Po vzoru Švédska a Německa bude nyní Itálie také přeměňovat část svých silnic na tzv. E-dálnici s nadzemními kabely pro elektrifikované nákladní automobily na úseku A35, který spojuje severní italská města Lombardie Brescia, Bergamo a Milán. Dlouhodobým cílem je vytvořit první e-dálnici v Evropě, která bude měřit 62,1 km pomocí solárních panelů.

6.3. Projekt e-Highway 2050³⁰



Konsorcium projektu e-Highway2050 sdružuje nadnárodní odborné znalosti partnerů z akademické sféry, průmyslu, výzkumu a společnosti obecně. Projekt celoevropské spolupráce mezi **provozovateli přenosových soustav (za ČR-ČEPS)**, univerzitami, výzkumnými institucemi, energetickými sdruženími a nevládními organizacemi umožňuje koncentraci odborných znalostí v oblasti rozšiřování přenosové soustavy a integrace OZE.

²⁶ <https://www.ehighway-sh.de/de/>

²⁷ <https://sandvikenpurepower.se/in-english/electric-highway.html>

²⁸ <https://www.electrive.com/2018/09/20/italy-to-construct-e-highway-on-section-of-a35/>

²⁹ <https://insideevs.com/news/340582/italy-to-start-electric-road-trials-with-backing-from-scania-siemens/>

³⁰ <http://www.e-highway2050.eu/consortium/consortium/>

Na e-Highway2050 spolupracuje celkem 28 partnerů po celé Evropě prostřednictvím devíti různých pracovních balíčků, které jsou zase propojeny s mnoha partnery třetích stran:

- [ENTSO-E](#) slouží jako zastřešující organizace pro 41 provozovatelů přenosových soustav v celé Evropě
- [EURELECTRIC](#) je evropské obchodní sdružení pro celý elektroenergetický průmysl a má 30 členů v různých evropských zemích.
- Za řízení konsorcia odpovídá [RTE](#), francouzský provozovatel přenosové soustavy.

Výsledky, které vzniknou během pracovních balíčků, budou prezentovány veřejnosti a rozpracovány do ucelených doporučení pro činnost v rámci celkového kontextu e-Highway2050. Tvůrci politik ve vládách, regulačních agenturách a elektroenergetice, kteří byli od počátku zapojeni do výzkumného procesu partnery konsorcia, navrhovaná řešení využijí jako podklad pro následné rozšíření celoevropské přenosové sítě. Metodika plánování sítě bude zpřístupněna všem členům ENTSO-E a bude sloužit v budoucnu jako základ pro další výzkum a inovace ve vývoji lepších plánovacích nástrojů pro rozšíření sítě.

Video prezentace: e-highway 2050 ³¹ , Siemens technologické řešení ³²

6.4. Hlavní bariéry elektro-mobility

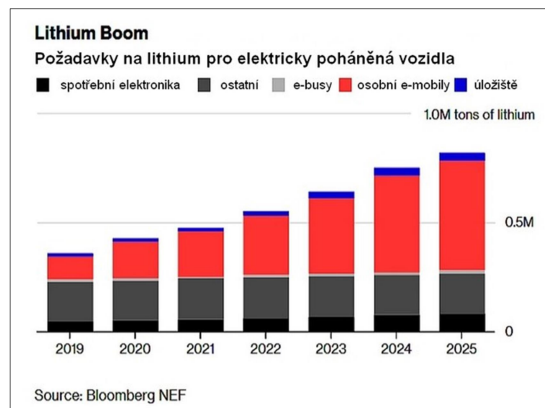
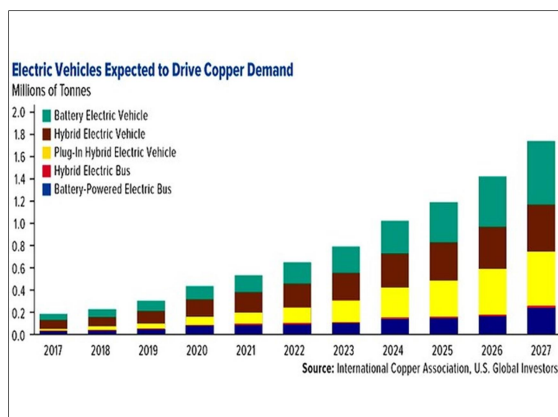
Obdobně jako u biopaliv jsou i v tomto segmentu zásadní bariéry ne na straně technologické ale na straně zdrojů. Mezi hlavní materiály používané v akumulátorech elektricky poháněných vozidel patří **grafit, kobalt, měď, nikl, lithium** a další. Poptávkou po lithiu by měla vzrůst z 300 000 tun ročně na milion tun do roku 2025.³³

Obdobně se předpokládá nárůst poptávky po mědi z důvodů uplatnění v rámci digitalizace a chytrých sítí což bude redukčním faktorem pro využití v elektro-mobilitě. Do roku 2030 se očekává růst poptávky na přibližně 1,5 milionu tun mědi, což představuje obrovský nárůst ze současných 38 000 tun. Předpokládaný nárůst potřeby mědi do roku 2027:

³¹ <https://www.youtube.com/watch?v=fBcwJmZ6qK0>

³² www.youtube.com/watch?v=kMev1FCMQLU

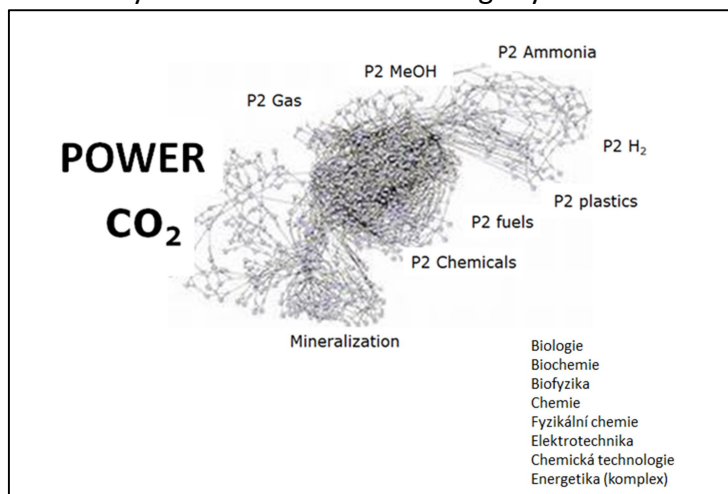
³³ https://www.autoweek.cz/cs-aktuality-hrozi_nedostatek_zdroju_pro_akumulatory_elektromobilu-8265



7. Alternativní – syntetická – e-paliva na bázi CO₂

B4G je 4. generaci biopaliv, resp. alternativních paliv či e-paliv. Vyžaduje expertně náročnější a komplexnější přístup. K původním zemědělským a chemicko-technologickým oblastem z B1G a B2G přistupují nové vědní obory, které se navzájem doplňují a prolínají.

- Biologie
- Biochemie
- Biofyzika
- Chemie
- Fyzikální chemie
- Elektrotechnika
- Energetika všeobecně a komplexně.



Asi nejvýstižnější pojmenování je e-paliva, protože se na výrobě podílí elektrická energie. Tato generace navazuje na všeobecný model energetického transferu 21. Století (uvedený v bodě 2.) a pokrývá strategicky širší kooperující oblasti než jenom výrobu paliva. Strategicky do oblasti e-paliv přistupují celospolečenské energetické a environmentální cíle a zájmy:

- Snižování podílů CO₂ v dopravě (snaha ho v mobilitě recyklovat, zamezit dalším novým emisím)

- Efektivní využití elektrické energie v obdobích záporných cen elektrické energie, která se předpokládá v nízkých či záporných cenách v budoucnu v objemech > 1 000 hod./rok na produkci vodíku
- Efektivní nárazník vůči nebezpečným nárazům výroby elektrické energie a místo investic do PST transformátorů – realizovat elektrolyzéry.
- Energetický coupling – propojení elektrické a plynárenské soustavy (Power to Gas)
- Využití elektrické energie (výroba vodíku) a CO₂ (uhlíku z této molekuly) v budoucí bezfosilní uhlovodíkové chemii. (SYNGAS, Metanol, Etylén a jejich další široké pole derivátů dnes produkovaných z fosilních zdrojů)
- Využití stávajícího vozového parku a plnicí infrastruktury na B4G než dojde k realizaci bezuhlíkaté energetiky (plné elektrifikace, vodíková energetika)

Tedy v případě této B4G neboli e-paliva není jediným a výhradním cílem produkce paliva. Tvorba paliva je součástí uvedeného strategického přístupu a sleduje několik výše uvedených cílů. Definitivně je tak opuštěná cesta hledání jednoduché trajektorie: nejideálnější vstupní surovina – nejefektivnější transfer – nejvýkonnější biopalivo.

I když se výrobě podílí elektrická energie, výsledná paliva jsou uhlovodíková stejně jako u předchozích generací. Budoucí trend „smartování energetiky“ je založen na principu flexibilního a efektivního transferu vyrobené energie (kW, GJ) přesně tam, kde je jeho alokace do konečného užití v daném čase optimální. Eventuálně jeho uložení buď na kratší dobu, nebo i sezónní způsob ukládání energie.

Celá problematika POWER to X je podrobněji rozvedena ve Foresight č.5.

8. Nízkouhlíková energetika

Nízkouhlíková energetika, resp. e-paliva (solární paliva) se neobejdou bez vodíku.

Dlouhodobé zkušenosti s použitím H₂ v průmyslových procesech (např. Haber-Bosch pro výrobu amoniaku, rafinerie, integrovaná výroba oceli) jsou v současnosti především s výrobním procesem - **reformování parního metanu (SMR)** zejména pro výrobu amoniaku a pro odsíření a hydrokrakování v rafineriích.

Je to však jeden z hlavních zdrojů emisí CO₂ v chemickém průmyslu. Jednou z cest snižování produkci CO₂ je **elektrolýza**, ale je třeba zvážit i alternativní cesty k produkci s nízkým obsahem CO₂, včetně **pyrolýzy metanu (krakování)**, **fotolýzy vody** a kombinace standardního SMR se zachycováním a ukládáním uhlíku.

8.1. Krakování metanu (pyrolýza)³⁴

Klasické energetické využití metanu při hoření

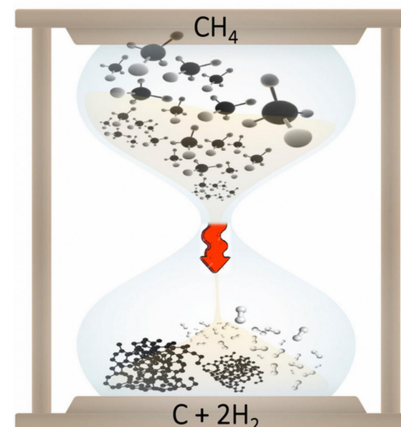
$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ produkuje nežádoucí CO_2

Tepelné zpracování metanu bez přítomnosti kyslíku je: $\text{CH}_4 \rightarrow \text{C} + 2\text{H}_2$

Produktem je pevná složka uhlíku (prášek) vodík ale žádné CO_2

Spalování metanu je vysoce exotermní proces, který generuje teplo, zatímco pyrolýza metanu je vysoce endotermní, což vyžaduje vstup tepla.

Pyrolýza metanu je rovnovážná reakce, která začíná produkovat uhlík a vodík kolem 300 ° C a pokračuje až do konce kolem 1000 ° C podle výše uvedené rovnice.



Techno-ekonomické posouzení procesu pyrolýzy metanu naznačuje, že nákladově by mohla být tato cesta efektivnější (0,95 USD za kg H_2) než cesta parního reformingu metanu (1,12 USD za kg H_2).

Na základě tohoto principu zpracování si lze představit budoucí hybridní vůz s nulovým obsahem CO_2 poháněný systémem pyrolýzy zemního plynu, kde vodíkový produkt provozuje palivový článek s vodíkem nebo spalovacím motorem a uhlík se shromažďuje v nádrži, která se pravidelně vyměňuje, když je plná.

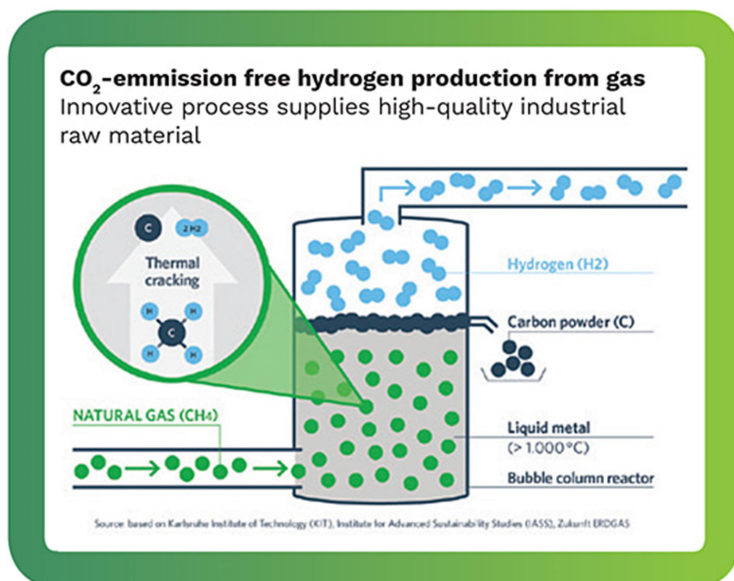
Následné využití uhlíku se nabízí:

- a.) Výroba CO $\text{C} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{CO}$
- b.) Výroba uhlíkových nanovláken, grafenu, amorfního a grafitického uhlíku, tedy v aplikacích, které se vyznačují jedinečnými elektrickými, optickými, mechanickými, chemickými a povrchovými vlastnostmi
- c.) Návrat uhlíku do půdy

³⁴ <https://www.advancedsciencenews.com/decarbonizing-natural-gas-methane-fuel-without-carbon-dioxide/>

Německý plynárenský průmysl ocenil proces, který vyvinuli výzkumníci z Karlsruhe³⁵ a Ineratec zvláštní cenou za inovativní start up.³⁶ (leden 2019).

Obdobě uvažuje i BASF³⁷



Využití zemního plynu tak může v budoucnu významně přispět k omezení emisí CO₂. Proces pyrolýzy metanu je velmi slibnou alternativou k minimalizaci uhlíkové stopy v energetickém systému.

Vodík bez emisí CO₂ vyrobený ze zemního plynu je velmi významnou příležitostí nejen pro snížení emisí CO₂ v energetickém průmyslu jako takovém, ale také jako základ pro významný příspěvek k dosažení cílů Evropské unie v oblasti klimatu z roku 2050.

8.2. Fotokatalýza vody

Produkce vodíku přímo ze solární energie. Procesy rozkladu vody na kyslík a vodík v laboratorním měřítku a na katalyzátorech platiny již běží. Úkolem je ale proces zlevnit.³⁸

HER - hydrogen evolution reaction

První fotokatalytické štěpení vodou (HER) předvedli v Japonsku s použitím elektrody oxidu titaničitého (TiO₂).

Následně byly provedeny různé studie pomocí heterogenní katalýzy za použití polovodičových materiálů. V procesu fotokatalytické výroby vodíku fotony s dostatečnou

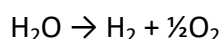
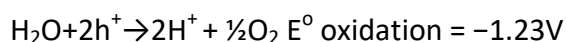
³⁵ <http://www.europeanenergyinnovation.eu/Latest-Research/Spring-2019/KITT-IASS-Producing-CO2-free-hydrogen-from-natural-gas-for-energy-usage>

³⁶ <https://notrickszone.com/2019/01/09/german-karlsruhe-research-institutes-awarding-winning-process-for-producing-hydrogen-fuel-from-methane/>

³⁷ <https://www.basf.com/global/en/media/news-releases/2019/01/p-19-103.html>

³⁸ <https://www.sciencedaily.com/releases/2019/01/190123131708.htm>

energií zasahují polovodiče, elektrony jsou excitovány do vodivého pásma, zanechávajíc za sebou elektronové díry ve valenčním pásmu a přebytek elektronů ve vodivém pásmu. Ty se nazývají páry elektron-díra, které hrají zásadní roli v redox reakcích štěpení vody. Tyto elektrony umožňují redukci protonů na H₂.

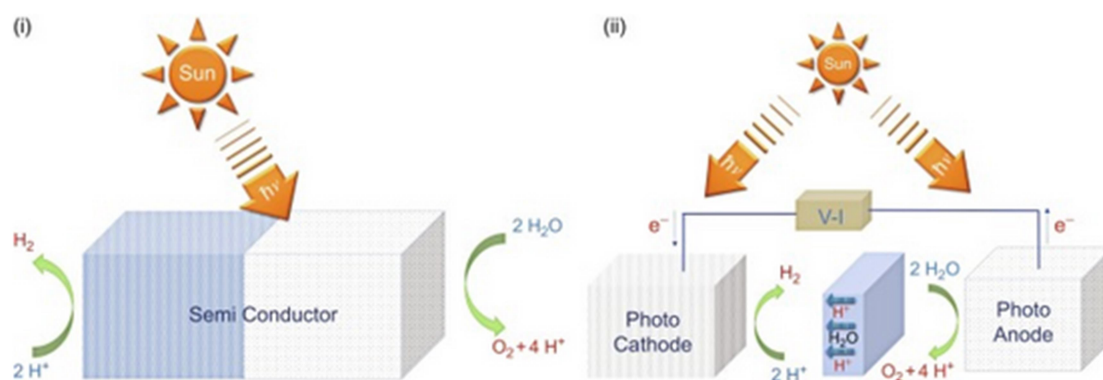


Minimální potřebná energetická hodnota pro fotokatalyzátor štěpící vodu je tedy 1,23 eV. TiO₂, ZrO₂, KTaO₃, SrTiO₃ a BiVO₄ jsou tedy vhodnými kandidáty pro fotokatalytické štěpení vody.

Ukazuje se, že polovodičové katalyzátory spojené s uhlíkovými nanomateriály nebo nanočásticemi drahých kovů vykazují lepší využití viditelného světla. Sulfidy kovů, selenidy, nitridy kovů a některé katalyzátory neobsahující kovy se navíc ukazují jako slibní kandidáti na fotokatalytické štěpení vody ve viditelném spektru světla.³⁹

Fotokatalytické reakce můžou být děleny do dvou oblastí:

- Fotochemická
- Foto-elektro chemická



Schematic of water splitting via (i) photo-chemical, (ii) photo-electro-chemical.

PEC - Photo-electro-chemický rozklad vody⁴⁰ dle National Renewable Energy Laboratory NREL video⁴¹

³⁹ <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/photocatalytic-water-splitting>

⁴⁰ <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-production-photoelectrochemical-water-splitting>

⁴¹ <https://www.youtube.com/watch?v=6GT4Oiig1-8&feature=youtu.be>

STH-SOLAR TO HYDROGEN

Foto elektrochemická (PEC) výroba vodíku nabízí slibnou cestu k cenově dostupnému a udržitelnému vodíkovému palivu sklízením světla ze slunce a využíváním vody jako suroviny. Výzkumníci používají metrickou účinnost **nazývanou solar to hydrogen (STH)** jako standardní způsob hodnocení systémů PEC založených na tom, jak účinný je transfer energie ze slunce na vodík.

NREL v roce 2016 překonala 18letý světový rekord a **zvýšila účinnost STH η_{STH} na 16,2%** oproti předchozímu 12% STH, a to na cestě ke splnění vytýčenému cíli amerického ministerstva energetiky (DOE) které stanovuje cíl účinnosti ve výši 25%.⁴²

Jiné výzkumné temy referují zatím nižší výsledky účinnosti cca 10%.⁴³

Počet foto katalyzátorů pro štěpení vody byl před 20 lety velmi omezený. Jedinými známými foto katalyzátory s viditelným světlem CdS a WO₃.

Nyní do hry vstupují další - Cr_xRh_{2-x}O₃ / GaN: ZnO a Ru / SrTiO₃: Foto katalyzátory Rh-BiVO₄ reagují na celkové rozštěpení vody asi 500 nm; kvantový výnos je však stále nízký. **Vývoj nových a kvalitnějších fotokatalytických materiálů je proto stále velkým problémem.**⁴⁴

9. Strategické témata pro ČTPB - outlook

Česká technologická platforma pro užití biosložek v dopravě a chemickém průmyslu považuje za výhodné pro Českou republiku orientovat výzkumný potenciál:

- 1.) **V oblasti biomasy** se zaměřit především na biosložky pro chemický průmysl.
Analyzovat stávající možnosti především v lokálních biorafinériích
GBR (Green BioRefinery) - Zelené rafinérie - vstup tráva a víceleté píce
LCF (Lignocellulose Feedstock Biorafinery) - suchá biomasa, odpady celulózní a lignocelulózní. Identifikovat chemikálie s přidanou hodnotou, které potřebuje český chemický průmysl a zároveň analyzovat z jaké biomasy a při jakých agro podmínkách je možné biosložkami nahrazovat stávající dostupnost chemikálií z fosilních zdrojů.
- 2.) **V oblasti zdrojové suroviny** se zaměřit na dva základní-dlouhodobě dostupné a jinak problematicky „likvidovatelné“ zdroje – čistírenské kaly a komunální odpady.

⁴² <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/fact-month-february-2019-process-produce-hydrogen-water-using-sunlight-reaches-162>

⁴³ <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2019/ta/c8ta10165e#!divAbstract>

⁴⁴ <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/water-splitting>

- 3.) **V oblasti zpracovatelských technologií** B2G se zaměřit především na procesy akceptující heterogenitu vstupní suroviny – GASIFIKACE, PYROLÝZA, HYDROTERMÁLNÍ ZKAPALŇOVÁNÍ, TERMO-KATALYTICKÝ REFORMING
- 4.) **V oblasti alternativních paliv** -zapojit výzkumní a průmyslovou obec do problematiky CO₂ a procesů transformačních technologických možností. V tomto směru ve spolupráci se Svazem chemického průmyslu založit novou pracovní skupinu případně novou platformu orientovanou na tuto problematiku.

Činnost ČTPB se bude i nadále se věnovat v rámci navazujících činností výše uvedeným tématům pro zajištění podkladů a diskusí mezi výrobními subjekty, výzkumními a vědeckými pracovišti a státní správou.