

Foresightová studie

k veřejné zakázce

„Chytrá specializace v chemii pro ÚK“

se zaměřením na budoucí technologický vývoj v hlavních segmentech chemické technologie a doporučení k zajištění konkurenceschopnosti chemického průmyslu v Ústeckém kraji.

Česká technologická platforma pro udržitelnou chemii

Praha, 22. 10. 2018

Obsah

1	ÚVOD	4
2	CHEMICKÝ PRŮMYSL – STAV A PERSPEKTIVY.....	5
2.1	Současné megatrendy ovlivňující chemický sektor	5
2.2	Budoucí vývoj chemického průmyslu	12
3	ZPRACOVÁNÍ ROPY NA MOTOROVÁ PALIVA	16
3.1	Trendy v palivářské oblasti	16
3.2	Výroba motorových paliv ve vztahu k ÚK.....	24
4	POLYMERY – PLASTY A SYNTETICKÉ PRYSKYŘICE.....	27
4.1	Trendy ve světě.....	27
4.2	Současný stav plastikářského průmyslu v ČR	27
4.3	Klíčové technologické priority	29
4.4	Syntetické pryskyřice	33
4.4.1	Odhadovaný vývoj v dostupnosti surovin	34
4.4.2	Odhadovaný vývoj v používaných výrobních technologiích	36
4.4.3	Odhadovaný vývoj ve výsledných produktech.....	38
4.5	Vhodné zaměření výzkumu	41
4.6	Prioritní výzkumná témata:	41
5	NEENERGETICKÉ VYUŽITÍ UHLÍ	44
5.1	Východiska – dostupnost suroviny	44
5.2	Odhadovaný technologický vývoj – využití hnědého uhlí	53
5.3	Doporučení pro budoucí zaměření výzkumu	70
6	SYNTETICKÁ HNOJIVA.....	73
6.1	Výroba syntetických minerálních hnojiv	73
6.2	Odhadovaný vývoj v dostupnosti surovin.....	73
6.3	Odhadovaný vývoj v používaných výrobních technologiích.....	75
6.4	Odhadovaný vývoj ve výsledných produktech (vlastnosti, využití apod.).....	75
6.5	Návrh zaměření výzkumu v oblasti vývoje nových typů minerálních hnojiv	76
7	VODÍK JAKO PŘENAŠEČ ENERGIE	80
7.1	Dosavadní pozice a použití vodíku	80
7.2	Vodík jako automobilové palivo	84
7.3	Vodík v Ústeckém kraji	85
7.4	Zaměření výzkumu.....	86

8	„ZELENÁ“ (GREEN) CHEMIE	87
8.1	„Green chemistry“ ve světě.....	87
8.2	Zelené chemikálie – relevance pro Ústecký kraj	89
8.2.1	Chemické výrobky z metylesterů mastných kyselin.....	89
8.2.2	Chemie a možnosti glycerolu	95
8.3	CO ₂ – technologická výzva	97
8.3.1	CO ₂ z celosvětového pohledu – Pařížská dohoda	97
8.3.2	Přínos pro ÚK.....	99
8.4	Doporučení pro výzkum a vývoj	99
9	KOMODITNÍ PETROCHEMIKÁLIE	100
9.1	Vývoj trhu s ethylenem.....	101
9.2	Stávající technologické aspekty	106
10	MODERNÍ KATALYZÁTORY.....	113
10.1	Obecná problematika katalýzy a katalyzátorů – světové trendy	113
10.2	Katalyzátory – relevance pro Ústecký kraj	123
11	CHLOROVÁ CHEMIE A DOPROVODNÁ CHEMIE ALKÁLÍÍ	127
11.1	význam a rozvoj pro Ústecký kraj	127
11.1.1	Produkty elektrolýzy chloridů alkalických kovů NaCl a KCl a jejich využití	127
11.1.2	Suroviny a jejich disponibilita.....	129
11.1.3	Používané technologie a jejich vývoj.....	131
11.2	Doporučované zaměření výzkumu v sektoru	137
12	VYUŽITÍ POLYMETALICKÝCH RUD Z KRUŠNOHOŘÍ	139
12.1	Význam některých kovů pro moderní technologie	139
12.2	Popis současného stavu a znalostí	140
12.3	Návrh dalšího postupu a výzkumné činnosti.....	144
13	NANOTECHNOLOGIE A NANOMATERIÁLY	147
13.1	Nanotechnologie a nanokompozity	147
13.2	Současný stav ve vývoji nanotechnologií a nanomateriálů v Ústeckém regionu ...	149
14	Závěr.....	155
15	Seznam obrázků	156
16	Seznam tabulek	158

1 ÚVOD

Tato studie se zabývá možným technologickým vývojem v dále uvedených segmentech chemie a chemické technologie a pokouší navrhnout směry pro možná doporučení pro vedení Ústeckého kraje, komerční a výzkumnou sféru, jak zajistit budoucí konkurenceschopnost chemického průmyslu v tomto kraji v horizontu roku 2030. Studie je sestavena v souladu se zadávací dokumentací a zabývá se následujícími segmenty chemické technologie, které jsou klíčové pro Ústecký kraj:

- Motorová paliva
- Polymery (syntetické pryskyřice, polyolefiny)
- Neenergetické využití hnědého uhlí
- Syntetická hnojiva
- Alternativní paliva (vodík)
- Tzv. „zelená“ (green) chemie
- Komoditní petrochemie (olefiny, aromáty)
- Katalyzátory
- Chlorová chemie

Vedle toho studie zmiňuje i výhledové důležité rozvojové oblasti chemických technologií, které mají aplikační potenciál v Ústeckém kraji, jako je

- Využití polymetalických rud z Krušnohorských nalezišť (hlavně lithium)
- Postupy na bázi nanomateriálů a nanotechnologií

V první kapitole je podán stručný popis současné a výhledové situace v chemickém průmyslu včetně základních světových trendů i dopadů na lokální chemické výroby.

2 CHEMICKÝ PRŮMYSL – STAV A PERSPEKTIVY

V rámci EU patří ČR mezi země, kde má chemický průmysl významnou roli. Podílí se cca 7 % na HDP a patří mezi tři největší průmyslové sektory i co do tržeb (cca 560 miliard Kč ročně) a počtu zaměstnanců (cca 110 tisíc napřímo a okolo 400 tisíc v navazujících oborech). Chemický průmysl se svými produkty je nepostradatelným dodavatelem pro mnohé navazující sektory (plastikářský, automobilový, strojírenský, stavební, potravinářský atd.).

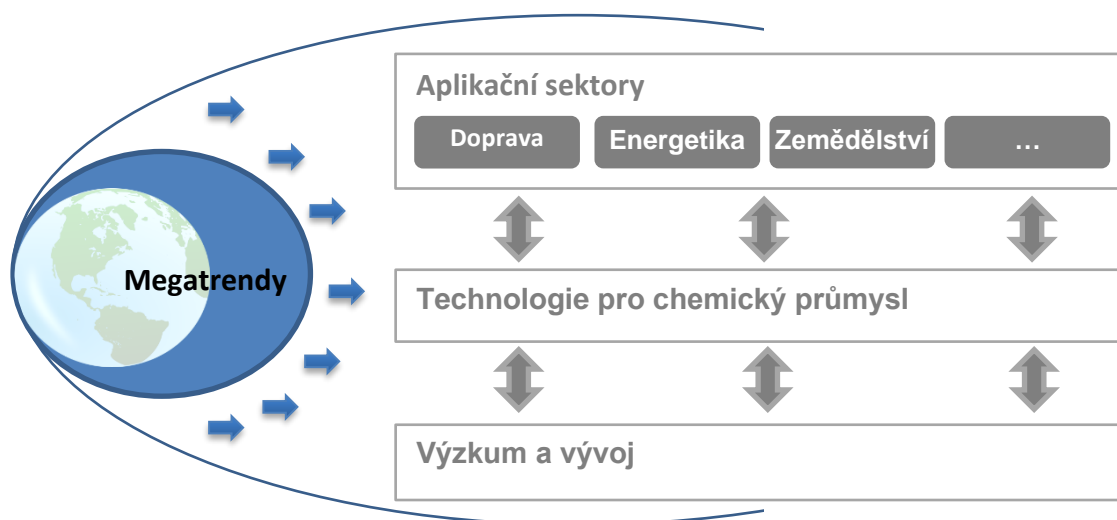
Je také však třeba zmínit, že chemický průmysl patří mezi nejvíce regulované sektory (REACH, CLP, EU ETS jen namátkou). Princip předběžné opatrnosti je v rámci EU (a tedy i ČR) naprosto preferovaným z čehož vyplývá enormní tlak na celý sektor, jeho efektivitu, konkurenceschopnost a adaptabilitu. Jednou z mnoha velkých výzev je a bude vyhledat alternativy k látkám vzbuzujícím velké obavy (SVHC – dle definice REACH). Už nyní čelí chemický a plastikářský průmysl kampani k možnému zákazu mnoha používaných a běžných látek (namátkou: bisfenol A, titanová běloba, pesticidy a biocidy, látky s možnými endokrinně-disruptivními vlastnostmi, aj.). Jinou oblastí, kde se čeká další legislativní iniciativa budou nanomateriály a nanotechnologie. Na druhou stranu patří chemický průmysl mezi nejvíce inovativní. I v Ústeckém kraji má chemický průmysl důležité a nezastupitelné postavení, je také významným zaměstnavatelem. Je zde největší rafinerie v ČR a sídlo zde má největší chemická firmy v ČR. Ústecký kraj je také jako jediný členem ECRN (Evropská síť chemických regionů). V Ústeckém kraji také pracuje Pracovní skupina pro chemický průmysl. Vedle surovinové základny (hnědé uhlí, polymetalické rudy), výrobních kapacit, dobré dopravní dostupnosti, sítě produktovodů, disponuje Ústecký kraj i silnou vědecko-výzkumnou základnou (UJEP, UNICRE, VŠCHT)

Chemický průmysl je dnes globálně jeden z nejvýznamnějších a nejrychleji se rozvíjejících sektorů. Vzhledem k surovinovým možnostem, požadavkům trhu a významným ekologickým limitům je to průmyslové odvětví nutně reagující na současné industriální a společenské megatrendy.

2.1 Současné megatrendy ovlivňující chemický sektor

Globální megatrendy (GMT) představují významné transformační procesy, které v dlouhodobém časovém horizontu ovlivňují organizaci společnosti a formují novou budoucí realitu na globální úrovni. Představují významný faktor pro strategické rozhodování a mohou být zásadním podnětem k přehodnocení současných forem řízení veřejné politiky, podnikatelských procesů i sociálních systémů. Poznání jejich zákonitostí a schopnost

vyhodnotit jejich dopady jsou proto klíčové pro formulaci efektivních politik a dalších strategických dokumentů. Schopnost České republiky (ČR) ovlivnit vývoj globálních megatrendů je omezená, dopad globálních megatrendů na budoucí vývoj ČR je však významný. Proto je jejich vliv nutné zohlednit při přípravě strategických dokumentů na národní, regionální i sektorové úrovni.



Obrázek 1 Schéma vazeb mezi megatrendy, aplikačními sektory a technologickým vývojem

Zdroj: TC AV ČR

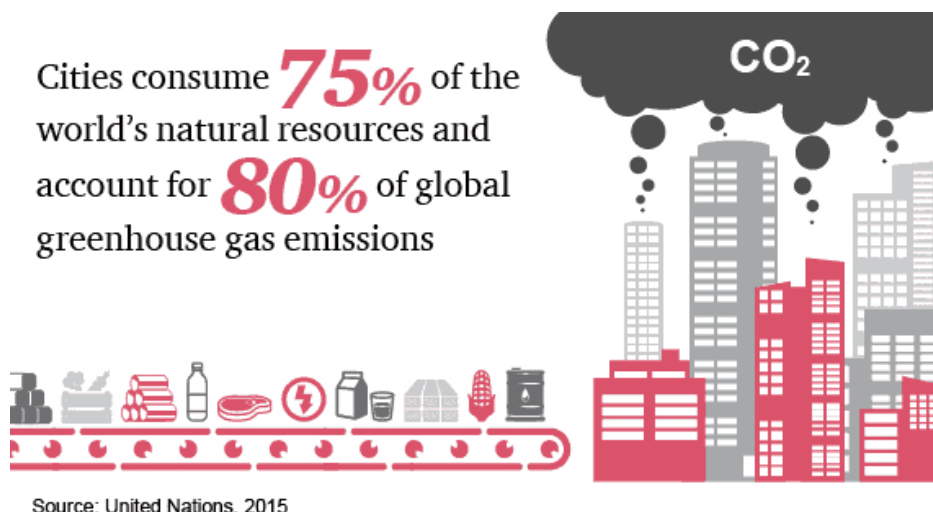
Na základě existujících studií renomovaných mezinárodních konzultantských společností a nadnárodních organizací (např. PwC, McKinsey či OECD) lze identifikovat následující klíčové megatrendy

Urbanizace

Zatímco v roce 1800 žilo ve městech pouze 2 % světové populace, v roce 1970 to bylo již 36 % a v roce 2010 více než polovina. V současné době vzroste celosvětově populace v městských aglomeracích každý týden přibližně o 1,5 milionu lidí. Pokračující trend urbanizace znamená, že do roku 2050 bude ve městech žít více než 70 % světové populace. To má samozřejmě významné důsledky nejen pro životní úroveň a kvalitu života ve městech, ale rychlá urbanizace klade rovněž zvýšené nároky na adaptabilitu a flexibilitu městských systémů. Obrovské nároky jsou kladeny především na infrastrukturu, služby, vytváření pracovních míst, klima a životní prostředí.

Zatímco města zaujímají pouze 0,5 % světové půdy, spotřebují 75 % přírodních zdrojů a vytvoří 80 % celosvětových emisí skleníkových plynů. Zefektivnění nakládání s přírodními zdroji a optimalizace energetické spotřeby ve městech je proto klíčovým předpokladem pro dosažení globálních cílů v oblasti udržitelnosti a změny klimatu. Pro města budoucnosti

je důležité, aby byla čistá, odolná, ekologická, s integrovaným a kompaktním designem dopravní a energetické infrastruktury a využívání půdy.



Obrázek 2 Města a jejich vliv na využívání přírodních zdrojů a emise skleníkových plynů

Zdroj: Převzato z PwC (2016 a)

S rostoucí urbanizací souvisí také pokračující trend degradace ekosystémů v podobě ztráty biodiverzity na všech úrovních a degradace ekosystémových služeb. Na globální úrovni megatrend dále obsahuje přetěžování planetárních geobiochemických cyklů a kontaminaci ekosystémů toxickými či persistentními látkami a odpady. Na regionální a městské úrovni degradace ekosystémů zahrnuje i zábor území na úkor přírodních nebo přírodě blízkých ekosystémů a přetěžování obnovitelných zdrojů surovin a energie.

Rychlý rozvoj urbanizace a s ním související požadavek na udržitelný rozvoj měst bude významně ovlivňovat segment stavebnictví, dopravy a energetiky, které patří mezi klíčová odvětví aplikací chemického průmyslu.

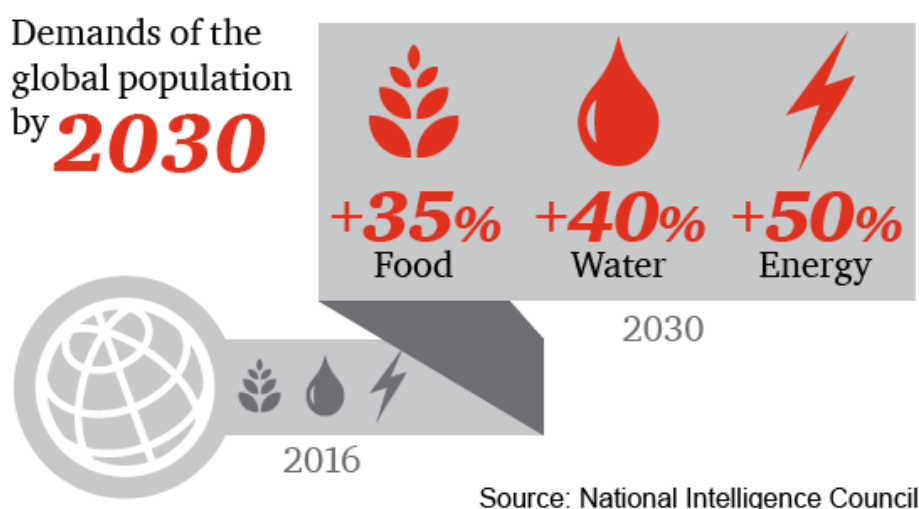
Klimatická změna a dostupnost zdrojů

Změny klimatu nejsou samozřejmě fenoménem posledních let, nýbrž velmi dlouhodobým trendem. Největší změnou v této oblasti v posledních několika letech však byla zvýšená jistota a přesnost vědeckých předpovědí o rychlosti a dopadu vlivu člověka na klima. Klíčovým závěrem je skutečnost, že planeta není schopna dlouhodobě unést současné modely výroby a spotřeby. Pokud nedojde k zásadní celosvětové změně výrobního a spotřebního chování, lze předpokládat, že průměrná teplota globálně vzroste o více než dva stupně Celsia, což je prahová hodnota, při jejímž překročení dojde k významným a potenciálně nezvratným změnám životního prostředí.

Současné charakteristiky výrobního a spotřebního chování rovněž výrazně zvyšují tlak na zdroje. Očekává se, že rostoucí globální populace bude do roku 2030 požadovat o 35 %

více potravin. Stále vyžadovanějším druhem potravin v souvislosti s rostoucími příjmy obyvatel jsou rostlinné oleje, mléčné výrobky, maso, ryby a cukr, jejichž rostoucí spotřeba bude mít obzvláště významný dopad na dostupnost energie a vody. S růstem populace a ekonomické úrovně se do roku 2030 očekává zvýšení celosvětové poptávky po vodě o 40 % a energie o 50 %.

Je to také chemický průmysl, který reaguje na aktuální výzvy: postupující urbanizaci, klimatickou změnu, dostupnost zdrojů, zvyšující se poptávku pro vodu, potravinách a energiích v závislosti na rostoucí populaci (odhad 8 miliard v roce 2030, 9 miliard v roce 2050?)



Obrázek 3 Očekávaný vývoj poptávky po zdrojích ve vazbě na růst populace

Zdroj: Převzato z PwC (2016a)

Vzájemné propojení mezi trendy v oblasti změny klimatu a dostupností zdrojů posiluje dopad na změny klimatu, které by mohly v příštích 60 letech vést ke snížení produktivity zemědělství v rozsáhlých částech Afriky až o třetinu, s potenciálními dopady na migraci a sociální soudržnost současných společností.

Trend rostoucí populace, změny klimatu a souvisejícího snižování produktivity zemědělství v některých částech světa se odrazí ve výrazném zvýšení poptávky po energii potřebné ke zvýšení výroby potravin. Celkově jsou stávající metody energetických a zdrojově náročných přístupů k zemědělské výrobě hlavním faktorem emisí skleníkových plynů, což významně přispívá ke změně klimatu.

Imperativem pro snížení vlivu člověka na změny klimatu je úprava současných modelů výroby a spotřeby a přechod k nízkouhlíkovému oběhovému hospodářství. K tomu, aby do roku 2100 nedošlo ke zvýšení teploty o kritické 2 stupně, je zapotřebí, aby se emise CO₂ celosvětově snižovaly nejméně o 6,5 % ročně.

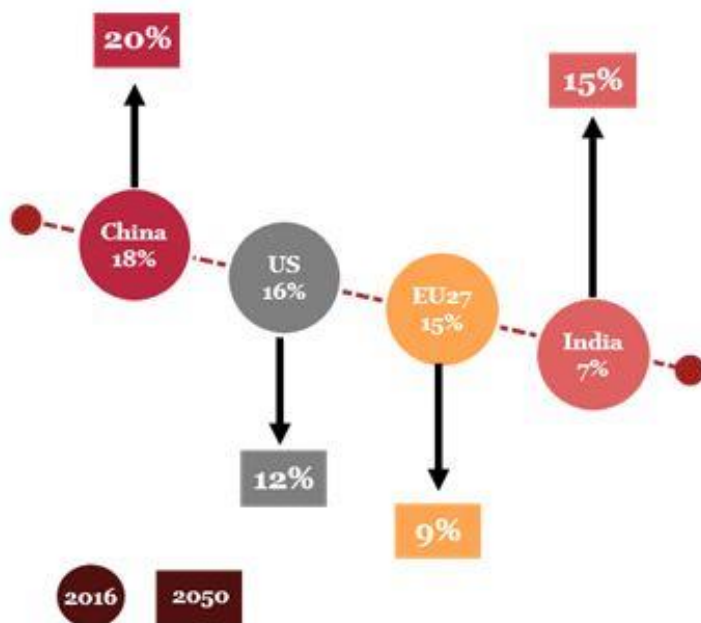
Změny klimatu a dostupnosti zdrojů budou významně ovlivňovat řadu odvětví lidské činnosti. Snaha o maximální energetickou účinnost a obnovitelnost zdrojů s minimálními dopady na životní prostředí se bude projevovat ve všech výrobních procesech a vyvíjených technologiích chemického průmyslu. Z hlediska aplikačních oblastí lze dynamické změny očekávat prakticky ve všech segmentech chemického průmyslu, jelikož snaha o maximální energetickou účinnost je jednou z jeho obecných priorit.

Chemický průmysl je dne opravdu globální a regionální rozložení tohoto sektoru se mění. Původní dominance EU, USA a Japonska se přenáší do oblasti jihovýchodní Asie, především Číny.

Rozložení globální ekonomické síly

V posledním desetiletí byla hlavním motorem globální ekonomiky Čína, která rostla výrazně vyšším tempem než vyspělé ekonomiky. Čína se tak stala globálním ekonomickým hráčem a dalším centrem ekonomické a politické síly. Avšak i Čína již naráží na limity extenzivního růstu a její ekonomický model se začíná transformovat od závislosti na vývozu zboží a kapitálových investicích směrem k domácí spotřebě a službám. Důsledkem toho je nižší poptávka po dovezených komoditách, což je jeden faktor, který snižuje celosvětové ceny, zejména v oblastech, jako jsou kovy.

Do budoucna se očekává dynamický vzestup především indické ekonomiky, která se v posledních letech začala aktivně transformovat. Podle některých odhadů (PwC, 2017) by indická ekonomika mohla být do roku 2050 druhou největší ekonomikou světa (po Číně). Rychlý ekonomický rozvoj se očekává také v dalších zemích jihovýchodní Asie, jako je Indonésie, Vietnam či Filipíny.



Sources: IMF for 2016 estimates, PwC analysis for projections to 2050

Obrázek 4 Očekávaný vývoj podílu na tvorbě světového HDP (v PPP) do roku 2050

Zdroj: Převzato z PwC (2016a)

Rozvoj nových center globální ekonomické síly se odrazí mimo jiné v rostoucí soutěži o zdroje, což výrazně posílí tlak na obnovitelné zpracování produktů vycházejících z existující zdrojové báze. Současně bude vznik nových ekonomických center vytvářet významné příležitosti z hlediska B2B spolupráce a konečných trhů.

Tyto aspekty změn center globální ekonomické síly budou ovlivňovat dynamiku změn ve všech nejvýznamnějších aplikačních odvětvích chemického průmyslu. Významnou výzvou pro chemický průmysl bude rozvoj a vývoj procesů a produktů, které budou založeny na efektivním využívání základních i stále častějších alternativních zdrojů, a které budou respektovat princip udržitelnosti a snižovat provozní náklady.

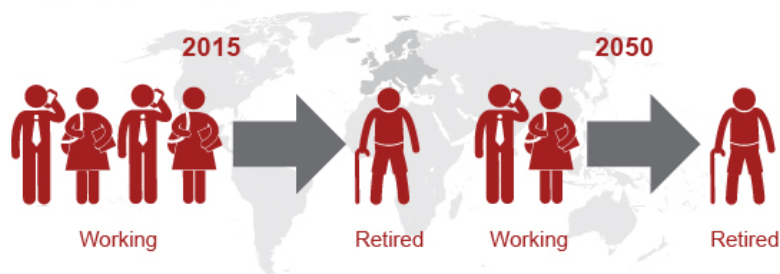
Demografické a sociální změny

Do roku 2030 se očekává nárůst celosvětové populace o více než 1 miliardu, čímž celkový počet obyvatel na Zemi přesáhne osm miliard. 97 % tohoto populačního růstu bude pocházet z rozvíjejících se nebo rozvojových zemí. Pro budoucí vývoj populace je stejně významným trendem, že lidé ve všech regionech žijí déle a mají méně dětí. Výsledkem je, že nejrychleji rostoucím segmentem bude v následujících letech populace ve věku nad 65 let.

Přestože trend stárnutí populace bude patrný ve všech regionech světa, nejrychleji se tento trend projeví v Evropě, Asii a Latinské Americe. Například v Asii je nyní na jednu osobu v postproduktivním věku v průměru devět lidí v produktivním věku. Do roku 2050 bude se tento podíl snižovat na čtyři lidi v produktivním věku. V Evropě lze očekávat

obzvláště významný pokles obyvatelstva v produktivním věku, což se odrazí v poklesu lidí v produktivním věku na jednu osobu v postproduktivním věku ze současných čtyř na dvě.

By 2050 there will be **just two working age people** per one elderly person in Europe



Source: UN Population Division, World Population Prospects 2015

Obrázek 5 Očekávaný vliv stárnutí populace do roku 2050

Zdroj: Převzato z PwC (2016a)

Trend stárnutí populace se projeví mimo jiné v rostoucích nárocích na zdravotní péči. Ve Spojených státech, kde jsou celosvětově absolutně nejvyšší výdaje na zdravotní péči, se očekává roční růst těchto výdajů mezi roky 2013 a 2040 o 3,4 miliardy dolarů. Také ostatní ekonomiky zemí G7 zaznamenají podstatné zvýšení výdajů na zdravotní péči. Rostoucí poptávka po zdravotní péči je významnou příležitostí pro uplatnění nových technologií, které tuto oblast zlepší a zefektivní. Významným faktorem rozvoje zdravotnických technologií a jejich širokého uplatnění budou nízké náklady.

Globální demografické změny a trend stárnutí populace bude ovlivňovat ekonomické i sociální atributy fungování společnosti. Vedle toho budou tyto megatrendy stěžejním způsobem determinovat vývoj chemických látek a nových materiálů využívaných v oblasti zdravotnictví, ale i v dalších segmentech souvisejících s bezpečností a ochranou lidského zdraví.

Akcelerace technologických změn

Současným trendem je neustále se zvyšující dynamika technologické změny, kdy se výrazně zkracuje doba od vývoje nových technologií k jejich uplatnění a obecnému rozšíření ve společnosti. Technologická změna má proto na rozvoj společnosti mnohem rychlejší dopad, než tomu bylo v minulosti. Mezi klíčové faktory současné dynamiky technologické změny patří (viz PwC, 2016 b) levnější přístup k technologiím, globalizace technologie, zvýšený komfort života s technologiemi, konkurenční výhoda technologie, multiplikační efekt technologie.

Mezi rozhodující technologický trend, který bude zásadním způsobem ovlivňovat změny současných obchodních modelů i vzorců spotřebitelského chování patří digitalizace a automatizace spojené s uplatněním následujících klíčových technologií: umělá inteligence, rozšířená realita, virtuální realita, internet věcí, robotika, aditivní výroba, blockchain.

Do roku 2020 bude počet zařízení propojených prostřednictvím internetu přibližně sedmkrát vyšší, než je lidí na planetě. Levné, spolehlivé, dostupné a hojně využívané senzory společně s téměř neomezenými kapacitami připojení umožní digitálně propojit celou řadu zařízení (Internet of Everything), což se může projevit ve změně celé řady oblastí: zdravotní péče, letectví, doprava, výroba, domácí služby, vzdělání atp.

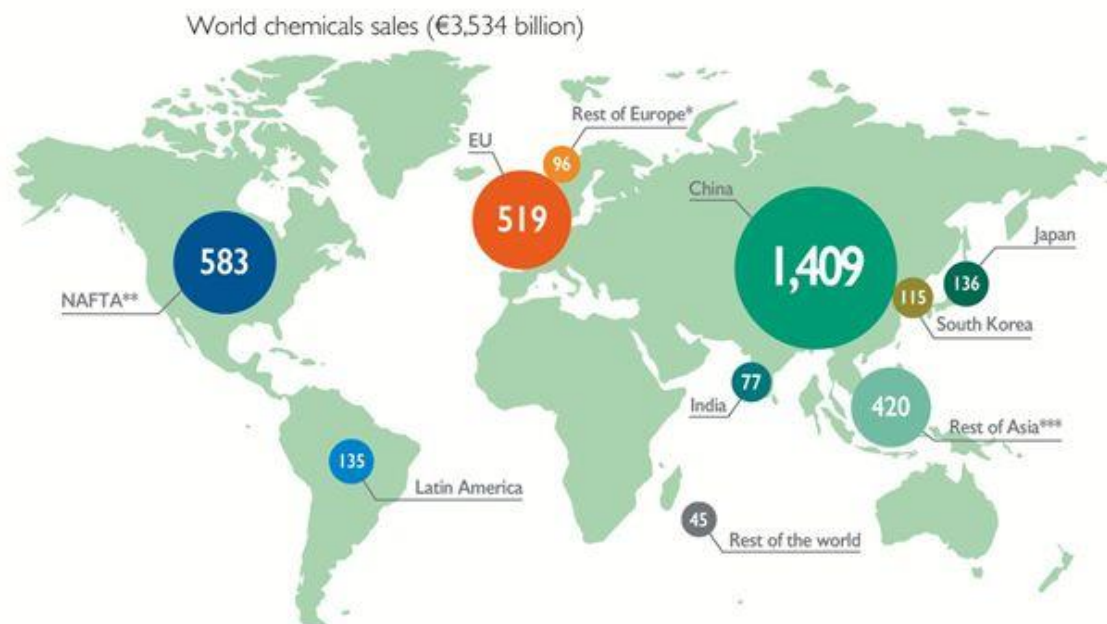
Univerzální konektivita vytváří rovněž významný potenciál pro rozvoj nových výrobních a obchodních modelů. Během uplynulého desetiletí mnoho firem investovalo do propojení všech aspektů svého výrobního procesu od návrhu a vývoje až po logistiku. Díky tomu jsou mnohem flexibilnější a adaptabilnější při řešení problémů spojených s výrobou a tím i nákladově efektivnější. Do budoucna lze očekávat další propojení a automatizaci výrobních procesů podél celého produkčního řetězce, což se v důsledku odrazí ve vyšší produktivitě a konkurenceschopnosti. Digitalizace výrobních procesů tedy představuje do budoucna zásadní aspekt fungování firem v jakémkoli odvětví a regionu světa.

Vedle toho, že technologické změny budou významně ovlivňovat výrobní procesy ve všech aplikačních oblastech chemického průmyslu, lze v nově nastupujících technologických trendech spatřovat také příležitost pro uplatnění nových materiálů. Zejména se jedná o nové materiály pro aditivní výrobu, kde se v blízké budoucnosti očekává rychlý rozvoj.

Technologicky stále ještě USA a Evropa dominují i když i zde je velký tlak nově se rozvíjejících zemí, což dokládá i podíl nárůstu investic v jednotlivých světových regionech a realistický odhad výše tržeb v dalších obdobích.

2.2 Budoucí vývoj chemického průmyslu

Podle posledních údajů evropského sdružení chemických výrobců CEFIC zaznamenal obrat chemických výrobků v roce 2015 rekordní výše 3,534 miliard Eur, přičemž přesvědčivě dominuje Čína, následovaná severní Amerikou a EU (CEIFIC, 2016).



Obrázek 6 Regionální rozložení světového obratu produktů chemického průmyslu v roce 2015

Zdroj: CEFIC (2016)

V období 2011–2030 má růst světová chemická produkce v průměru o 4,5 % ročně a docílit obratu 6,3 triliony Euro. Do roku 2050 se má zvýšit obrat světového chemického průmyslu proti roku 2010 čtyřnásobně na 14,9 trilionů USD (Cayuela, 2013). Evropský chemický průmysl je z hlediska investic již několik let na nižší úrovni než v jiných regionech. Jestliže v Evropě podle CEFIC bylo v roce 2015 investováno 20,7 miliard euro, v Číně to bylo 95,6 miliard euro, v USA 32,5 miliard euro. Také výhledově má podíl Evropy postupně klesat, když se stane z druhého největšího trhu až pátým. Do roku 2050 se má stát světovým lídrem Čína následovaná Indií, USA a Brazílií.

Existuje řada možných směrů, jakými se chemický průmysl bude ubírat. Podle jednoho ze scénářů Evropské rady chemického průmyslu (CEFIC) lze očekávat, že výrobky chemického průmyslu budou přispívat ke snížení emisí skleníkových plynů a bude zároveň docházet i ke zlepšování energetické účinnosti ve všech odvětví ekonomiky. Emise skleníkových plynů bude navíc možno snížit poměrně výrazně, pomocí dekarbonizace energetického sektoru. Nicméně, z důvodu neprovázanosti politik týkající se životního prostředí/klimatu a energetiky, budou mít jejich samostatná opatření negativní vliv na konkurenceschopnost a investice. Důsledkem toho budou vzrůstat náklady na aktivity chemického průmyslu v EU. Tato nejednotnost navíc povede ke snížení potenciálu evropského chemického průmyslu ve snaze zvyšovat energetickou efektivitu a snižovat emise.¹

¹ [http://www.cefic.org/Documents/RESOURCES/Reports-and-Brochure/Energy-Roadmap-The %20Report-European-chemistry-for-growth.pdf](http://www.cefic.org/Documents/RESOURCES/Reports-and-Brochure/Energy-Roadmap-The%20Report-European-chemistry-for-growth.pdf)

Cíle EU v oblasti snižování emisí skleníkových plynů budou nadále ovlivňovat vývoj chemického průmyslu, který podle některých odhadů přispěl v období 1990–2009 ke snížení emisí CO₂ o 49 %.² Předpokládá se, že v příštích letech poroste poptávka po energii (až o 53 % mezi roky 2011–2035). Jelikož různé zdroje alternativní energie (solární, větrná, zemní plyn) závisí na inovacích chemického průmyslu, bude důležitý jeho vývoj z hlediska výroby dostupné a obnovitelné energie. Chemický průmyslu bude nadále klíčovým sektorem pro výrobu alternativní energie z odpadního materiálu (např. přeměna na elektřinu nebo alternativní paliva).

Mezi evropskými trendy se vyskytují i aktivity evropské chemické legislativy REACH, která vytváří regulatorní tlak na nakládání se specifickými látkami. Roste taktéž poptávka po udržitelných produktech, které již řeší např. ekodesign nebo se již preventivně snaží předcházet odpadu. Zvýšený zájem spotřebitelů o tyto produkty podněcuje i maloobchodníky, aby vytvářeli udržitelná opatření pro své dodavatele.³

Potřebné tak bude, aby se průmysl zaměřil na rozvoj procesů, produktů a služeb, které budou zaměřeny na několik základních kritérií: vysoká životnost, nízká spotřeba energie a vody a složení materiálu. To bude vyžadovat výrobní procesy a technologie, které budou respektovat principy efektivního využívání zdrojů, což předpokládá snížení jejich využívání a zamezování vzniku odpadu. Mezi další principy udržitelného rozvoje pak patří např.:

- opakované využívání odpadů a energie
- nahrazování neobnovitelných vstupních surovin obnovitelnými
- úpravy materiálů a produktů s cílem snížení spotřeby zdrojů a zvýšení energetické efektivity (např. zahrnutí recyklovatelných materiálů).⁴

Plasty jako integrální část chemického průmyslu

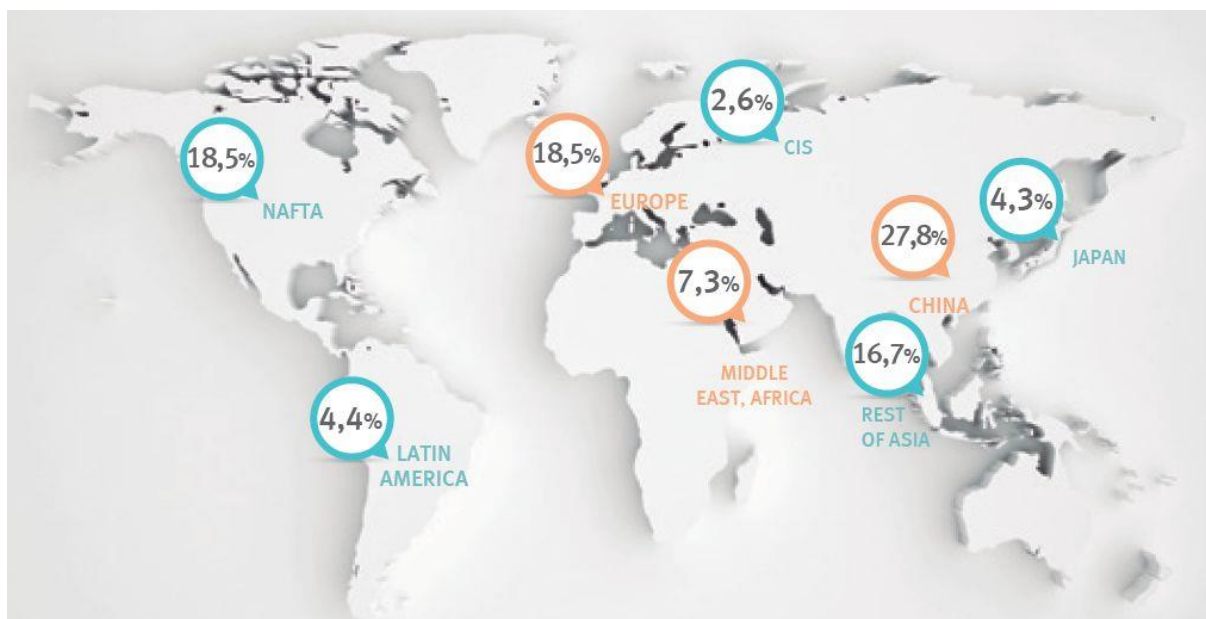
Výroba plastů v primární formě je spolu s petrochemií integrální součástí chemického průmyslu. Ten zaznamenává nebývalé změny z hlediska surovinové báze, udržitelnosti, která je považována za 3. průmyslovou revoluci, a regionů (Vörös, 2013). Plasty hrají signifikantní roli v udržitelném rozvoji, když napomáhají rozvoji společnosti, přispívají k vyšší zaměstnanosti a mají ekologické přínosy. Přibližně 16 % aplikací plastů je natolik inovativních, že je nelze nahradit jinými materiály. Podle údajů z Plastics Europe vzrostla roční světová výroba plastů od roku 2005 z 230 mil. tun na 322 mil. tun v roce 2015. V Evropě přitom výroba plastů v celém tomto období stagnuje (nebo dokonce mírně klesá)

² <https://www.icca-chem.org/wp-content/uploads/2015/08/Global-Chemical-Industrys-Contributions-to-Sustainable-Development-and-the-Green-Economy.pdf>

³ http://www.cefic.org/Documents/IndustrySupport/RC_%20tools_%20for_%20SMEs/Document_%20Tool%20Box/Sustainability_of_products_What_its_all_about.pdf

⁴ <https://www.spire2030.eu/sites/default/files/pressoffice/spire-roadmap.pdf>

okolo 60 mil. tun. Obdobně jako v případě celého chemického průmyslu, také ve výrobě a zpracování plastů má vedoucí postavení Čína, následovaná Severní Amerikou a Evropou.



Obrázek 7 Regionální rozložení světového obratu plastů v roce 2015

Zdroj: *PlasticsEurope* (2016)

Výhled pro rok 2020 předpokládá nárůst objemu vyrobených plastů na 400 mil. tun, v roce 2050 by se mělo jednat již o 700 mil. tun. Výroba plastů v Evropě se bude v roce 2020 pohybovat okolo 60 mil. tun, v ČR přes 1,2 mil. tun.

Nejpoužívanější, tzv. komoditní plasty, tj. polyetylen (PE), polypropylen (PP), polvinylchlorid (PVC), polystyreny (PS, EPS) a polyetylentereftalát (PET) se podílejí z 85 % na světové spotřebě plastů. Prognóza průměrného růstu světové produkce a spotřeby plastů do roku 2020 se uvádí ve výši 4,5 %. Největší dynamika se očekává u EPS (5,1 %), PP a PET (oba 5,0 %). Spotřeba inženýrských plastů PC, ABS, PET a PBT, POM, fluoropolymery, má růst do roku 2026 průměrně o 7,4 % ročně.

3 ZPRACOVÁNÍ ROPY NA MOTOROVÁ PALIVA

V této kapitole jsou v krátkosti uvedeny základní trendy v popisovaném sektoru a dále jsou popsány skutečnosti relevantní pro Ústecký kraj.

3.1 Trendy v palivářské oblasti

Rafinářský a petrochemický průmysl transformuje energetické suroviny do velmi kvalifikovaných produktů, které zásadním způsobem přispívají k mobilitě (motorová paliva) a zvyšování životní úrovně obyvatel (suroviny pro petrochemický průmysl). Tvoří významný článek logistického toku energie z ložisek ke spotřebitelům a dokázalo reagovat na zásadní požadavky týkající se dopadů těžby a zpracování ropy na životní prostředí (zelená chemie, uhlíková stopa, čistá paliva, zakomponování biopaliv do rafinářských/petrochemických produktů).

Stále převládají a pravděpodobně ještě delší dobu budou převládat dva základní druhy motorových paliv – automobilový benzin a motorová nafta. Ve srovnání se vznětovými (naftovými) vykazují zážehové (benzinové) motory horší ekonomiku, ale přinášejí řadu výhod zejména v dynamice jízdy a operabilitě provozu při velmi nízkých teplotách v zimních obdobích. Vedle toho se stále častěji objevují i motory spalující tzv. alternativní paliva, jako LPG, zemní plyn, biopalivo atd., nebo různé varianty motorů poháněných elektrickým proudem.

Přestože rafinářský a petrochemický průmysl nebude v nejbližší době pravděpodobně nahrazen jiným řešením, dlouhodobá vyčerpatelnost zásob ropy a zemního plynu klade trvale nároky na chemické a inženýrské vědy v oblasti udržitelné oběhové ekonomiky a efektivního využívání surovin ve svých vlastních procesech a ve spolupráci s dalšími průmyslovými subjekty.

S ohledem na současné trendy lze očekávat, že vývoj technologií v rafinerském a petrochemickém průmyslu bude intenzivní především v oblasti využití alternativních surovin a ve zlepšení účinnosti výrobních procesů.

Cílem využití alternativních surovin je částečně omezit závislost výrobních procesů a produktů na ropě a zemním plynu. Mezi alternativní suroviny v tomto kontextu patří například zemědělské suroviny (pěstované ne na úkor potravinových zdrojů), druhotné zemědělské suroviny (ligno-celulóзовou biomasu, jako je dřevní štěpka a sláma z různých zemědělských plodin), biotechnologie (zaměřené zejména na využití bakteriálních efektů, využití řas apod. pro syntézu různých uhlovodíků) výhledově i komunální odpad nebo CO₂

z průmyslových spalin, které by mohly být použity jako alternativní uhlíkové zdroje pro výrobu pohonných hmot

V oblasti zlepšení účinnosti výrobních procesů je cílem maximalizovat využití všech zdrojů, které vstupují do systému, včetně primárních a sekundárních surovin, vody a energii prostřednictvím zlepšení účinnosti procesu zpracování ropných frakcí (např. zlepšené katalyzátory včetně biokatalyzátorů, zintenzivnění procesů, IT a modelování), uzavírání recyklace zdrojů na výrobních místech, zvýšení účinnosti zdrojů a energie mezi různými výrobními místy / sektory prostřednictvím průmyslové symbiózy.

Přestože nedostatek ropy v nejbližších letech bezprostředně nehrozí, lze očekávat, že na trhu se bude zvyšovat podíl rop s větším obsahem těžkých frakcí, síry a dalších nečistot. Lze očekávat, že zejména parametr obsahu síry se v dlouhodobém horizontu dostane na horní limit současně garantované kvality ropy URAL blend, nevylučuje se ani, že bude dostupný i jiný druh ropy z Ruské federace (těžší a sirnatější). V současné době se obsah síry v ropě dopravované ropovodem Družba pohybuje na hladině 1,8 %. V letech 2014 až 2017 to bylo v průměru na hodnotě o dvě desetiny procenta nižší. Obdobně v ropách Primorsk a Novorosijsk postupně roste obsah síry z hodnot kolem 1,3 % až na hodnoty kolem 1,6 %, které se předpokládají po roce 2019.

Současně lze očekávat, že část klasické ropy bude postupně nahrazena syntetickou ropou vyrobenou petrochemicky Fischer-Tropschovou (FT) syntézou, nejprve především na bázi zemního plynu (technologie GTL) a poté pravděpodobně též uhlí (CTL). Odhaduje se, že realizace technologie GTL bude ekonomicky ekvivalentní objevu několika desítek miliard tun nové ropy. Projekty tak umožní využívat zemní plyn jako surovinu v rafinérsko-petrochemickém průmyslu ve významně větší míře, než tomu bylo dosud.

Z hlediska rozvoje rafinérských a petrochemických technologií jsou za perspektivní rafinérské technologie považovány především hydro-krakování a hydrogenační rafinace. Tyto technologie naleznou uplatnění jak v nových, tak i modernizovaných rafineriích. Využity budou pro hydrogenační konverzi ropných zbytků, výrobu „bez-sirných“ motorových paliv a v neposlední řadě i pro konverzi biomasy na komponenty do motorových paliv, resp. pro její společné zpracování („coprocessing“) s ropnými frakcemi na motorová paliva. S ohledem na pokroky technologické i pokroky ve vývoji hydrorafinačních katalyzátorů bude u konverzních procesů výhodnější rafinovat surovinu než produkty získané její konverzí a rozšířit si tak zdroje surovin. Vodík pro hydrogenační technologie v rafinerii a petrochemii bude místo z katalytického reformování stále více získáván parním reformováním lehkých uhlovodíků (alternativní uplatnění např. pro benzinové uhlovodíky) nebo elektrolýzou s využitím jaderné energetiky (jako pro dopravu). Rostoucí spotřeba vodíku určují současný i budoucí technologický trend reformování, kterým je jednoznačně katalytické reformování s kontinuální regenerací katalyzátoru. U katalytického reformování s kontinuální regenerací katalyzátoru se dává v současnosti přednost katalyzátorům Pt/Sn před katalyzátory Pt/Re. Pt/Sn katalyzátory sice mají ve srovnání s katalyzátory Pt/Re menší stabilitu, ale umožňují

dosáhnout podstatně větších výtěžků vodíku, a tedy i vyššího oktanového výnosu i výtěžku reformátu.

Kromě rozšíření portfolia surovin pro rafinérie a petrochemii bude docházet, na rozhraní mezi rafinacemi a petrochemickými procesy, i k významnému vývoji alternativních produktů k ropným uhlovodíkům. Příkladem jsou kombinace ropných uhlovodíků a biosložek ve standardních motorových palivech, vysoce koncentrovaná biopaliva, zejména na bázi FAME (100 %) a etanolu (E85 – zážehové motory a E95 – vznětové motory), CNG pro pohon automobilů či vodík pro pohon automobilů v kombinaci s palivovými články.

Jelikož rafinerský a petrochemický průmysl negativně ovlivňuje životní prostředí, bude posilována snaha rozvíjet aktivity a technologie, které tyto negativní dopady zmírní. Z hlediska dopadů využívání rafinerských a petrochemických produktů na životní prostředí je nejvýznamnějším opatřením omezení emisí z nově vyráběných automobilů, tj. zejména snížení spotřeby. V nedávné minulosti byl zaveden v celém systému zpracování a distribuce motorových paliv systém rekuperace uhlovodíkových par. Budou se zdokonalovat i metody prevence a včasné identifikace úniků uhlovodíků z dopravních systémů. Z hlediska rafinérií bude klíčový především další vývoj zvyšování kvality motorových paliv, hlavně automobilového benzínu a motorové nafty

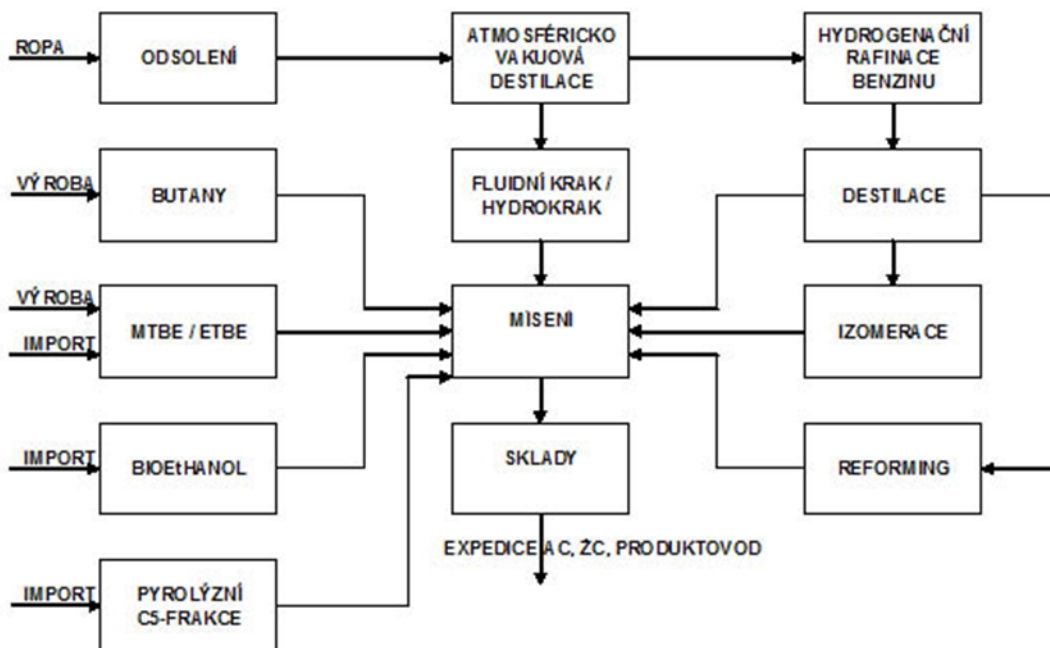
Přímo v rafinerském a petrochemickém průmyslu dochází k omezení výroby některých produktů (např. rozpouštědel na bázi lehkých benzinových uhlovodíků) a k omezení tradičních výrobních postupů (např. selektivní rafinace frakcí pro výrobu mazacích olejů).

Základními motorovými palivy bude tedy i do budoucna jako základní typ používány směsi ropných uhlovodíků – automobilový benzin a motorová nafta. Krátce k charakterizaci těchto směsí:

Co je to vlastně automobilový benzin? Podle často používané definice je automobilový benzin směs převážně ropných uhlovodíků vroucí v rozmezí cca 30 až 210 °C se 3 až 12 atomy uhlíku v molekule. Pro to, aby tuto směs bylo možné použít jako motorové palivo pro zážehové motory, je však uvedená charakteristika nedostatečná. Palivo musí vyhovovat mnoha dalším kvalitativním parametrům, které umožní jeho používání pro zadaný účel.

Kvalitativní parametry automobilových benzinů lze rozdělit do několika základních skupin:

- antidetonační charakteristiky
- těkavostní parametry
- chemické složení
- parametry charakterizující čistotu
- ostatní parametry (hustota aj.)



Obrázek 8 Blokové schéma výroby automobilového benzínu

Pro zlepšování užitečných vlastností automobilových benzinů se široce používají různá aditiva. Stále častěji se tato aditiva používají ve formě multifunkčních "balíčků", které bývají tzv. šity na míru pro daný druh paliva a kterými se zároveň jednotlivé velké distribuční firmy chtějí odlišit jedna od druhé. Používané přísady můžeme rozdělit do několika základních skupin:

- zvyšovače oktanového čísla
- detergenty
- antioxidanty
- inhibitory koroze
- deaktivátory kovů
- aditiva proti "zatloukání" ventilových sedel
- antiicing aditiva (přísady proti vymrzání vody z paliva)
- aditiva omezující růst oktanového požadavku
- barviva aj.

Současné požadavky na kvalitu automobilových benzinů jsou definovány normě ČSN EN 228, do které jsou v plném rozsahu implementovány všechny požadavky vyplývající ze směrnice EU č. 98/70/ES ve znění směrnice č. 2003/17/ES.

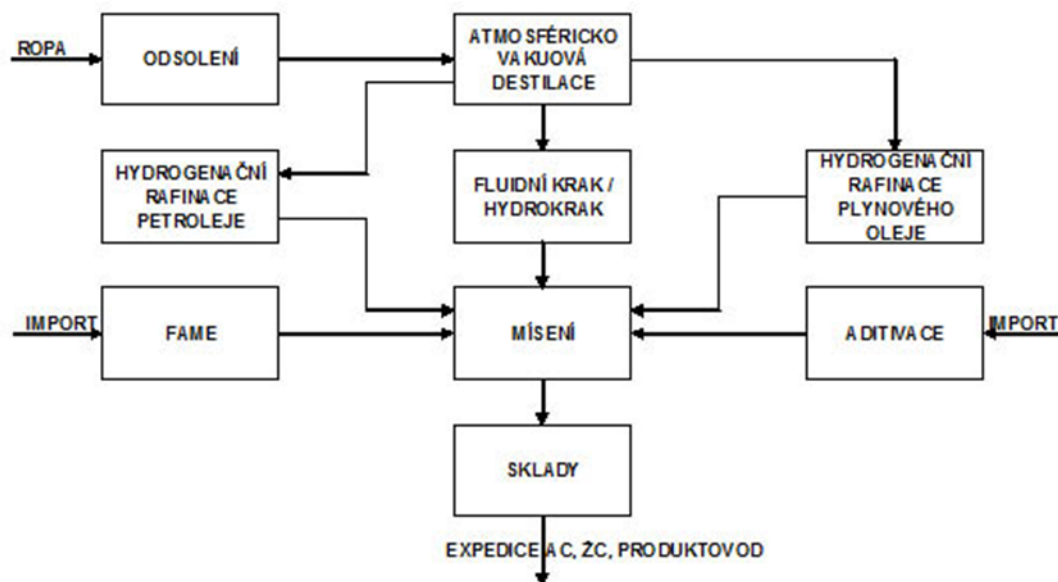
Tabulka 1 Kvalitativní požadavky na motorové benzíny

Znak jakosti	ČSN EN 228	
	min.	max.
Oktanové číslo výzkumnou metodou	95,0	
Oktanové číslo motorovou metodou	85,0	
Obsah olova, mg Pb/l		5
Hustota při 15 °C, kg/m ³	720 – 775	0,005
Obsah síry		50,0 od 1.1.2009 10,0
Oxidační stabilita, min.	360	
Obsah pryskyřic (promyté), mg/100 ml		5
Korozivní působení na měď, stupeň (3h při 50 °C)		třída 1
Vzhled		čirý
Složení uhlovodíků, % (V/V)		
olefiny		18,0
aromáty		35,0
Obsah benzenu, % (V/V)		1,00
Obsah kyslíku, % (m/m)		2,7
Obsah kyslíkatých látek, % (V/V):		
methanol		3,0
ethanol		5,0
isopropylalkohol		10,0
isobutylalkohol		10,0
tercbutylalkohol		7,0
ethery (5 nebo více C atomů)		15,0
jiné kyslíkaté látky		10,0
Tlak par, kPa		
třída A (léto)**	45,0	60,0
třída D (zima)	60,0	90,0
třída C1 (přechod)	50,0	80,0
Destilace:		
odpařené množství při 70 °C (E70), % (V/V)		
třída A	20,0	48,0
třída C1 a D	22,0	50,0
odpařené množství při 100 °C (E100), % (V/V)	46,0	71,0
odpařené množství při 150 °C (E150), % (V/V)	75,0	
konec destilace (FBP), °C		210,0
destilační zbytek, % (V/V)		2
VLI index – pouze třída C1		1050

- * Pro bezolovnatý benzin Normal jsou předepsány tyto hodnoty oktanových čísel:
OČ VM min. 91,0; OČ MM min. 82,0
Pro bezolovnatý benzin SuperPlus jsou předepsány tyto hodnoty oktanových čísel:
OČ VM min. 91,0; OČ MM min. 82,0
Pod názvem Speciál se může prodávat benzin obsahující aditiv na ochranu ventilových sedel a obarvený na sytě oranžovou barvu.
Ostatní parametry musí odpovídat benzinu Normal.

- ** Léto: 1. 05. – 30. 09; Zima: 1. 11. – 31. 03;
Přechod: 1. 10. – 31. 10. a 1. 04. – 30. 04.

Motorové nafty jsou s ohledem na svůj ropný původ poměrně komplikovanou směsí alkanických, cyklických a aromatických uhlovodíků s 12 až 22 atomy uhlíku v molekule vroucí v rozmezí cca 180 až 370 °C., jejichž vzájemné poměrné zastoupení vyplývá z kvality použité ropy a použitých navazujících technologických procesů. Na dalším obrázku je znázorněno zjednodušené blokové schéma výroby motorové nafty v rafinérii.



Obrázek 9 Blokové schéma výroby motorové nafty

Pro zlepšování užitečných vlastností motorových naft se stejně jako u automobilových benzinů široce používají různá aditiva (přísady). Stále častěji se tato aditiva používají ve formě multifunkčních "balíčků", které bývají tzv. šity na míru pro daný druh paliva a kterými se zároveň jednotlivé velké distribuční firmy chtějí odlišit jedna od druhé. Používané přísady můžeme rozdělit do několika základních skupin:

- přísady pro zlepšení nízkoteplotních vlastností
- mazivostní přísady
- zvyšovače cetanového čísla
- detergenty
- antioxidanty
- inhibitory koroze
- deaktivátory kovů
- protipěnovostní aditiva
- deemulgační přísady
- antistatické přísady

Požadavky na kvalitu motorových naft pro nejbližší budoucnost specifikuje evropská norma EN 590, do které jsou v plném rozsahu implementovány všechny požadavky směrnice 98/70/EC, ve znění směrnice 2003/17/EC. Tato evropská norma je převzata do systému

českých norem. Kvalitativní požadavky na motorové nafty podle platné normy jsou uvedeny v tabulce.

Tabulka 2 Kvalitativní požadavky na motorové nafty

Znak jakosti	ČSN EN 590	
	min.	max.
Všeobecné požadavky		
Bod vzplanutí, °C	nad 55	
Karbonizační zbytek, % m/m (vztaženo na 10 % destilační zbytek)		0,30
Obsah popela, % m/m		0,01
Obsah polycyklických aromatických uhlovodíků, % m/m		8
Obsah vody, mg/kg		200
Obsah celkových nečistot, mg/kg		24
Korozivní působení na měď, stupeň (3 h při 50 °C),	třída 1	
Oxidační stabilita, g/m ³		25
Obsah síry, mg/kg		10
Mazivost (wsd 1,4) při 60 °C, μm		460
Obsah FAME, % V/V		7
a) Normální klima – třídy B, D, F:		
CFPP, °C*: třída B (léto)		0
třída D (přechod)		-10
třída F (zima)		-20
Hustota/15°C, kg/m ³	820	845
Viskozita/40 °C, mm ² /s	2,00	4,50
Cetanové číslo	51	
Cetanový index	46	
Odpař. množství při 250 °C, % V/V		<65
Odpař. množství při 350 °C, % V/V	85	
95 % V/V předestiluje při, °C		360
b) Arktické klima – třída 2:		
CFPP, °C		-32
CP, °C		-22
Hustota/15°C, k g/m ³	800	840
Viskozita/40 °C, mm ² /s	1,50	4,00
Cetanové číslo	48	
Cetanový index	46	
Odpař. množství při 180 °C, % V/V		10
Odpař. množství při 340 °C, % V/V	95	

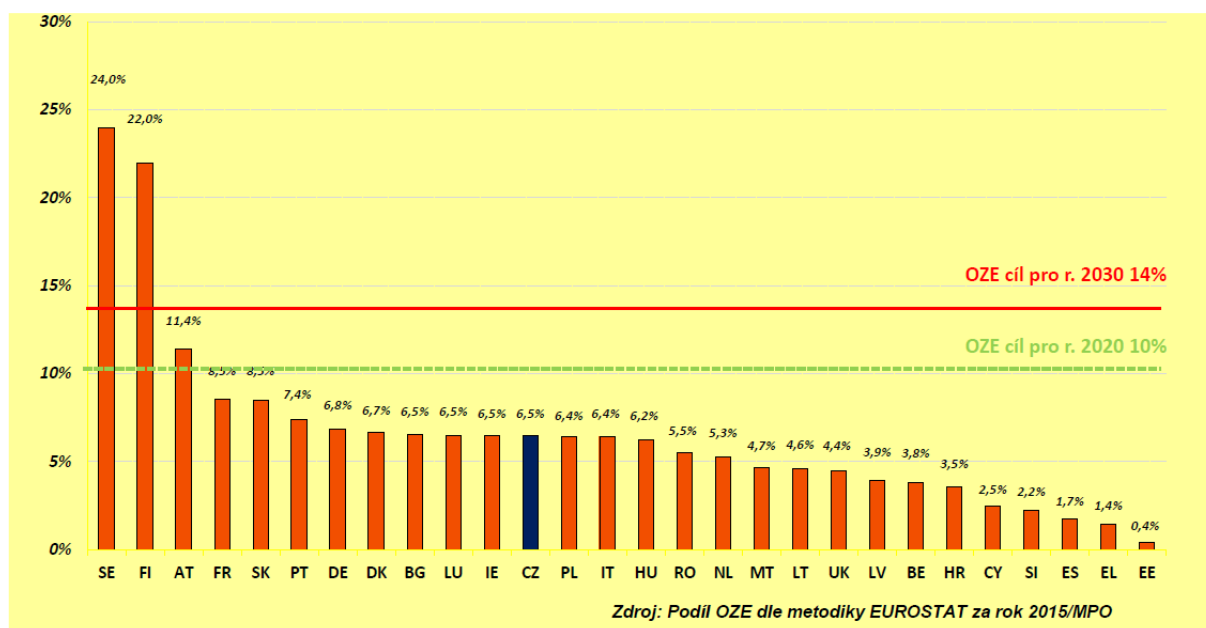
* Léto: 15.4. – 30.9.
Zima: 16.11. – 28.2.
Přechod: 1.10. – 15.11. a 1.3. – 14.4.

Další rozvoj rafinérského průmyslu (tedy výroba motorových paliv) ve světě i u nás nebude ovlivňován omezováním dostupnosti surovin, nýbrž postupně sílícími tendencemi i legislativním prostředím spojených s omezováním tzv. uhlíkové stopy.

Členské státy EU jsou povinny zpracovat tzv. Národní klimaticko-energetický plán do roku 2030 a stanovit politiky a opatření v oblasti:

- (a) dekarbonizace (součástí také obnovitelné zdroje energie v dopravě – RED II)
- (b) energetické účinnosti
- (c) vnitřního trhu s energií
- (d) energetického výzkumu, inovací a konkurenceschopnosti

Pro názornost je v následujícím obrázku zobrazena situace ve využití obnovitelných zdrojů energie v dopravě pro jednotlivé evropské státy.



Obrázek 10 Situace ve využití obnovitelných zdrojů energie v dopravě pro jednotlivé evropské státy

Dále je do budoucna stanovena povinnost dodavatelů PHM k přimíchávání pokročilých biopaliv takto:

- 0,2 % v roce 2022
- 1,0 % v roce 2025
- 3,5 % v roce 2030

Cíle OZE v dopravě do roku 2030 podle revidované směrnice jsou pak definovány takto:

- **Celkový cíl** energie z OZE v dopravě v roce 2030: **14 %** energie z OZE na celkové konečné spotřebě energie v dopravě včetně zahrnutí biopaliv 1. generace biopaliv (do roku 2023 EK má možnost přezkoumat ten cíl a případně ho zvýšit)
- **cíle - 1. generace biopaliv**
 - ✓ Výše příspěvku těchto biopaliv v roce 2030 = výše příspěvku těchto biopaliv jako v roce 2020 s možným zvýšením o 1 procentní bod, s maximální výši příspěvku těchto biopaliv ve výši 7 % hrubé konečné spotřeby.
 - ✓ V případě, že příspěvek 1. generace paliv v členském státě je omezen na podíl nižší než 7 %, může členský stát snížit celkový podíl energie z OZE v dopravě (snížení celkové podílu o rozdíl mezi max. 7 % a nižším příspěvkem).
- **cíle - pokročilá biopaliva a bioplynu:**
 - ✓ **0,2 %** v roce 2022, **1 %** v roce 2025 a **3,5 %** v roce 2030
- **Dvojí započítávání biopaliv a bioplynu**
 - ✓ může se započítat příspěvek biopaliv a bioplynu vyrobeného ze vstupních surovin uvedených v příloze IX za dvakrát vyšší než jejich energetický obsah
- Pro výpočet čitatele se příspěvek z **biopaliv a bioplynu vyrobeného ze vstupních surovin uvedených v části B přílohy IX** omezuje na **1,7 %** energetického obsahu dopravních paliv dodaných pro spotřebu nebo použití na trhu.
- **Snížení násobitelů pro elektřinu z OZE**
 - ✓ železnice: **x 1,5** (dnešní hodnota násobitele x 2,5),
 - ✓ silnice: **x 4** (dnešní hodnota násobitele x 5))
 - ✓ použití národního ČR mixu podílu elektřiny z OZE

3.2 Výroba motorových paliv ve vztahu k ÚK

Zpracování ropy pro motorová paliva je (výrobně) soustředěno do podniku Unipetrol RPA a propojené rafinerii Kaučuk Kralupy. Dlouhodobě typické zpracování ropy je v ročních kapacitách 8 až 9 milionů tun (5 mil. v Litvínově a 3,5 mil. v Kralupech). Významně se přitom mění i tzv. ropný mix, který české rafinerie zpracovávají. Celkový podíl ruské ropy na celkových dodávkách v průběhu uvedeného období poklesl ze 65 % na 52 %. Dále se zpracovávají významně ropy typu Azeri Light a Tengiz/CPC. Jen pro zajímavost: asi 1 % zpracovávané ropy činí tuzemská směs MND (Moravské naftové doly).

Vzhledem k očekávanému vývoji kvality ropy dodávané ropovodem Družba do litvínovské rafinerie Unipetrol RPA lze očekávat dosažení kapacitních limitů zpracování ropy z důvodu dostupnosti kapacity jednotky síry a pravděpodobné bilance vodíku. Lze předpokládat i vyšší obsah síry v meziproduktech ropného zpracování a vyšší nároky na provozní podmínky i ostatních souvisejících jednotek. V této souvislosti lze očekávat i potřebu změny ropného mixu pro litvínovskou rafinerii s využitím i méně sirných rop (importovaných z též mimoruských nalezišť), a to s ohledem na možný výskyt nového typu ropovodní ropy (URAL Heavy s obsahem síry až 2,6 %), příp. zhoršením kvality ropy REBCO (s

obsahem síry nad 1,8 %), které mohou vyvolat dodatečné investiční náklady na straně českých rafinérií.

Typické prodeje základních pohonných hmot na tuzemském trhu lze pro současné období odhadnout na těchto úrovních:

- 2,120 mld. litrů – automobilové benziny
- 5,810 mld. litrů – motorové nafty

Na tuzemském trhu lze vysledovat dlouhodobé trendy:

V optice dlouhodobého vývoje spotřeba automobilových benzinů má již delší dobu klesající trend. Pokles prodejů benzinů klesá a je dán tradičně nižšími proběhy km především u starých vozidel. Zde se do celkové bilance promítá i vysoké stáří vozidel (průměrně cca 15 let), která mají i vyšší spotřebu. Součástí benzinového autoparku je totiž stále nezanedbatelný počet vozidel s benzinovým motorem podle EURO 2, EURO 3, jejichž majitelé jezdí jen velmi málo. Naopak podnikové flotily s vysokým kilometrovým projezdem přešly především v minulých letech z ekonomických důvodů z automobilů se zážehovým motorem (benzinové) na nové dieselové verze, splňující EURO5 a EURO 6, tj. s podstatně lepšími provozně ekologickými parametry oproti nezanedbatelné části vozového parku s benzinovými motory. Při jednoznačné dominanci spalovacích motorů v dopravě osob a nákladu a již dále neklesajícím podílu registrací nových osobních vozů v benzinovém provedení je nárůst prodejů benzinů do budoucna sice možný, je však determinován dalšími důležitými faktory, jako je např. stálý růst segmentu nákladní přepravy, hlavně tranzitní a větší proběh nových dieselových osobních automobilů. To je však pozitivní ekologicky, jelikož tyto motory splňují přísnější normy EU a mají v povinné výbavě např. tzv. filtr pevných částic, který bude do motorů na benzin povinně montován až v budoucnu. Na klesající vývoj spotřeby benzinů má také stále větší vliv (i když v současnosti jen mírně) další rozšiřování daňově zvýhodněných alternativ, většinou však taktéž fosilního původu. Důsledkem je rostoucí počet automobilů na CNG (stačený fosilní zemní plyn), dále pak záleží na tempu obnovy parku benzinových automobilů vozidly s nižší spotřebou a nástup elektromobily a hybridních pohonů.

Z dlouhodobého vývoje spotřeba nafty trvale roste. Roční objem dodávek nafty na český trh stoupl za 7 let o 1,1 mld. litrů. Vyšší spotřeba nafty je především důsledkem oživení ekonomiky v podobě zvyšujícího se HDP. Růst výkonů v průmyslové výrobě má vliv na zvyšování přepravních silničních výkonů, zejména v nákladní dopravě. Vývoj HDP z 80 % ovlivňuje poptávku v odvětvích náročných na spotřebu nafty ve všech rozhodujících odvětvích (doprava, průmyslová výroba, stavebnictví, zemědělství, vozidla integrovaného záchranného systému i vojenská technika). Dále pokračuje nárůst mezinárodní kamionové tranzitní dopravy. V České republice je prakticky 100 % dieselizace nákladního vozového parku a jako tranzitní země je podíl spotřeby nafty zvyšován mezinárodní kamionovou dopravou. V oblasti nových osobních vozidel pokračuje silná dieselizace podnikových flotil (manažerských či referentských automobilů) se silnou orientací na naftové verze, v tomto

případě s velmi dobrými ekologickými a provozními parametry (EURO 5 či EURO 6). Bohužel zatím pokračuje i dovoz ojetých vozů i v dieslovém provedení s často podstatně horšími ekologickými parametry.

Celkový počet osobních automobilů v roce 2017 byl v ČR 5 592 738 kusů. Požadavky na druh paliva je patrný z přehledu nových registrací:

Nové registrace do května 2018:

• Benzín 77 032	65,4 %
• Nafta 37 425	31,8 %
• Klasická paliva 114 457	97,1 %
• LPG 443	0,4 %
• CNG 1 157	1,0 %

Z uvedených přehledů je patrná situace, kdy je pro období do roku 2030 jednoznačným základním palivem směs uhlovodíků doplněná dle legislativních požadavků biopalivem, resp. alternativním palivem. Postupný nárůst automobilů na elektrický pohon nebo vodík nebude mít omezující vliv na výrobu z ropy. Lze totiž též uvažovat o celkovém nárůstu spotřeby paliv u nás, který bude dán nadále rostoucí životní úrovní obyvatel, která je přirozeně spojená s vyššími nároky na individuální mobilitu. Navíc se ovšem bude brát zřetel také na to, že samo zpracování ropy je energeticky náročné, rafinerie a petrochemické jednotky proto patří k významným emitentům CO₂, proto omezení uhlíkové stopy výrobních procesů patří mezi důležité technologické výzvy rafinerského a petrochemického průmyslu. Z hlediska palivářského sortiment budou změny nastávat pravděpodobně v proporcí benzin/nafta, kdy se vlivem emisních omezení bude zvyšovat spotřeba benzínu na úkor motorové nafty. Odtud budou plynout též nároky na rafinerie, které (s využitím vlastního nebo přebíraného) výzkumu budou zavádět pro udržení konkurence schopnosti tyto technologické změny:

- Postupné zavádění výroby produktů a používaných surovin na bázi bio-komponent při společném zpracování s ropou, resp. fosilními surovinami. (Toto uspořádání se označuje jako koprocessing)
- Snižování emisí CO₂ spojené s technologiemi pro separaci a záchyt oxidu uhličitého a jeho využití jako doplňkové suroviny do stávajících procesů
- Nové katalyzátory umožňující provozování rafinérských procesů při nižších teplotách a tlacích
- Intenzifikace procesů produkujících vodík s využitím elektrické energie vyráběné z obnovitelných zdrojů
- Náhrada fosilních paliv při výrobě procesního tepla za OZE

4 POLYMERY – PLASTY A SYNTETICKÉ PRYSKYŘICE

4.1 Trendy ve světě

Světová výroba monomerů a plastů zaznamenává značnou dynamiku. Monomery a plasty vyrábí cca 2500 firem v cca 80 zemích na více než 4500 výrobních linkách. Výrobní kapacity polymerů dosáhly 350 mil. tun a dalších 200 mil. tun se projektují k roku 2020. K těmto výrobcům základních plastů je nutno připočítat 7–9 násobný počet kompaundérů – výrobců modifikovaných plastů. Všechny tyto firmy používají aditiva. Jestliže prognózy ročních výrob a spotřeb do roku 2020 u komoditních plastů se pohybují kolem 3–5 %, inženýrských plastů 4–6 %, speciálních plastů 5–7 %, bioplastů dokonce podle agentury FMI 28,8 %, v tom biodegradovatelných o 18 %, pak se tomuto trendu přizpůsobují i výrobci aditiv pro plasty. Světová spotřeba aditiv pro plasty dosáhla 31,5 mil. tun v roce 2016, z toho se 16 mil. tun podílejí plniva. Do roku 2024 má dle Ceresany výrazně růst až na hodnotu 60 miliard USD. Jedná se o jak látky, které se přidávají k polymerům během polymerace nebo ve finální fázi výroby primárních polymerů, tak i při modifikaci vlastností plastů v rámci kompaundování za účelem modifikace vlastností. Světová výroba a spotřeba plastů má dosáhnout z hodnot v roce 2016 ve výši 335 mil. tun., v roce 2020 výše 400 mil. tun, v roce 2050 dokonce podle studie Ellen MacArthur Foundation 1 124 mil. tun. Podíl spotřeby ropy pro výrobu plastů by pak vzrostl z dnešních 6 % na 20 %. Evropský plastikářský průmysl vykazuje vysoký multiplikační efekt – 2,38 %. Při výrobě plastů zaměstnává 136 tis. zaměstnanců, při jejich zpracování již 1,3 mil. zaměstnanců.

4.2 Současný stav plastikářského průmyslu v ČR

Odvětví plastikářského průmyslu v ČR (CZ NACE 22) patří dlouhá léta k významným tahounům české ekonomiky a zpracovatelského průmyslu, hlavně díky těsným vazbám na velké odběratele, zejména automobilový, elektronický a obalový průmysl, stavebnictví, ale i na další odvětví.

Český plastikářský průmysl začal již v osmdesátých letech minulého století ztrácet krok s vývojem v Evropě. Přejít z plánovaného hospodářství, privatizace a globalizační tendence ve světovém hospodářství pak tyto problémy ještě prohloubily. Negativně se projevuje rovněž cenový tlak asijské konkurence. Pro firmy lokalizované v ČR se zhoršují náklady na pořízení a dopravu surovin a energie a na nové regulační předpisy EU. Většina chemických a plasty vyrábějících podniků v ČR je v současnosti součástí velkých nadnárodních koncernů. Výrobní kapacity plastů v ČR dosahují přes 900 tis. tun/rok a

produkce je založená na komoditních typech, které mají stále podíl cca 90 %. V EU byl poměr 85 % v komoditních plastech a zbytek tvoří inženýrské plasty a speciality. ČR výrobu inženýrských plastů odstavila. V devadesátých letech polyfenylenoxid a polyamid ve Spolaně Neratovice, v roce 2006 i terpolymery ABS v podniku Kaučuk (nyní Synthos) Kralupy.

V zemích západní Evropy se nachází několik významných výrobců originálních speciálních plastů. V oblasti plastů s vyšší přidanou hodnotou má ČR dlouhodobě obtížnou situaci vzhledem k obsazenosti trhu velkými nadnárodními firmami a nelze předpokládat, že by se tato situace rychle změnila. Navíc i několik konkrétních příkladů uplatnění výsledku českého výzkumu a vývoje v zahraničí ukazují, že je obtížné proniknout na tyto znalostně, technologicky ale také kapitálově náročné trhy.

V ČR tak převažují méně technologicky a znalostně založené aktivity a obory, které přinášejí nižší přidanou hodnotu. I tak lze ale toto odvětví považovat v rámci české ekonomiky za progresivní, dynamické a technologicky náročnější odvětví. Ve struktuře odvětví plastikářského průmyslu lze jednoznačně identifikovat dominantní hráče, jimiž jsou holding Unipetrol, a.s., jehož součástí se stala i Spolana Neratovice, SYNTHOS Kralupy, a.s., a Spolek Ústí nad Labem.

Mezi hlavní problémy ohrožující dlouhodobou udržitelnost plastikářského průmyslu a výzkumu a vývoje v České republice patří:

- rostoucí konkurence v důsledku budování nových velkotonážních výrobních kapacit v USA a v rozvíjejících se zemích. Z těchto důvodů je ohrožena další výroba PVC ve Spolaně Neratovice a polystyrenu v Kralupech nad Vltavou.
- ve srovnání s okolními evropskými státy a vybranými regiony světa vyšší ceny vstupních materiálů a energií;
- dlouhodobá podinvestovanost výroben, ale také výzkumných a vývojových aktivit, která vyplývá především z majetkové struktury firem operujících v ČR – zahraniční investoři jsou často zaměřeni na maximalizaci okamžitého zisku, nikoliv na dlouhodobý a udržitelný rozvoj firem;
- přesun výzkumných a vývojových aktivit do mateřských podniků situovaných mimo ČR; nezájem spolupracovat s českými institucemi;
- zvyšování administrativní náročnosti pro řízení výzkumných projektů, zejména v oblasti grantových aktivit;
- jen omezená diskuze a spolupráce vysokých škol a akademických institucí s průmyslovými podniky – nezájem akademických institucí o aplikovaný průmyslový výzkum, a naopak neochota vlastníků průmyslových podniků financovat základní výzkum bez vidiny přínosů v krátkodobém časovém horizontu limituje výběr společných projektů;
- poměrně negativní vnímání chemického a plastikářského průmyslu veřejností. Výsledkem je nedostatek odborníků s odpovídajícím vzděláním, přetrvávající malý zájem o studium polymerních oborů, riziko omezování výroby kvůli

sporům s místní správou, zhoršená pozice chemických a plastikářských podniků při jednání se státními institucemi o fiskálním prostředí, regulaci apod.

- nezájem zahraničních vlastníků výrobců komoditních plastů o řešení využití plastů po skončení jejich životnosti;
- nezájem zahraničních vlastníků výroben plastů na spolupráci s evropskými asociacemi, jako je PlasticsEurope, EuPC, asociace pro využití odpadních plastů;
- ČR skládá oficiálně 46 %, podle odborného odhadu přes 60 % plastů po skončení jejich aplikační životnosti. Je nutné hledat vědecky podložené návrhy prevence vzniku odpadních plastů, aplikací ekodesignu a využití odpadních plastů jako recyklátu nebo energeticky. Od roku 2024 bude skládkování odpadních plastů v ČR zakázáno.

4.3 Klíčové technologické priority

U aplikovaného výzkumu je účelné zacílit veřejnou podporu do oblastí, kde prokazatelně existuje výzkumný, vývojový a technologický potenciál, který je vysoce relevantní pro řešení zásadních problémů společnosti a nabízí možnosti využití v nových výrobcích, technologiích a službách.

V rámci foresightové studie lze vytipovat strategické oblasti, pro které existuje nebo je vytvářen v ČR dostatečný vědeckotechnický potenciál, záměry jsou realizovatelné a mohou významně přispět k řešení potřeb české společnosti, jako jsou úspory energií, zlepšení životního prostředí.

Technologie výroby a užití moderních plastů

Vývoj nových plastů s vlastnostmi připravovanými na míru je důležitým stimulem nového podnikatelského rozvoje v řadě průmyslových odvětví. Potřeba budoucích technologií se promítá přímo do rostoucích požadavků na nové materiály s požadovanými vlastnostmi, metod jejich přípravy, nákladovosti výroby a jejich recyklovatelnosti. V ČR jsou vhodné technické a výrobní předpoklady pro urychlení vývoje v naznačených směrech. Z potenciálních řešitelů těchto záměrů lze například uvést:

Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského, v.v.i. Praha, SYNPO a.s. Pardubice, Ústav chemických procesů AV ČR, v.v.i. Praha, POLYMER INSTITUTE BRNO, Vysoké učení technické Brno,

UniCRE, a.s. Ústí nad Labem, VŠCHT Praha, Univerzita Palackého Olomouc, Regionální centrum pokročilých technologií a materiálů Olomouc, Fakulta Chemicko-technologická Univerzity Pardubice, VÚOS Pardubice, Centrum organické chemie a další. Mezi potenciální realizátory navržených vývojových programů patří například Elmarco s.r.o.

Liberec, Momentive Specialty Chemicals, a.s. Sokolov, Synthos a.s. Kralupy, Bochemie a.s. Bohumín, Precheza a.s. Přerov, Fatra Napajedla, Inotex s.r.o. Dvůr Králové, Teluria Skrchov a další.

Jedním z trendů vývoje plastů jsou kaskádové polymerační technologie pro přípravu multimodálních polymerů (PE, PP) pro výrobu moderních obalových materiálů a vývoj výroby polymerů s multimodální distribucí molekulových hmotností a s řízeným obsahem komonomeru v jednotlivých frakcích (např. nízkomolekulární homopolymer + výšmolekulární kopolymer + ultravysokomolekulární kopolymer). Vlastnosti polymeru tak lze nastavit na míru konkrétní aplikaci.

Další náměty vycházejí ze společenské objednávky na bioplasty, včetně bioplastů třetí generace, využívání zemědělských odpadů, biodegradovatelné plasty, plasty pro 3D tisk a na plasty se sníženou hořlavostí.

V oboru polyolefinů lze sledovat světové trendy:

- a) pro napěňovací technologie (uhlovodíky, nověji N₂, CO₂), aplikace využívající lehčené /napěňované PE, PP (z 950 g/l až na cca 20 g/l), obalové rohože, krycí folie, tvarovky, výplně (např. pro auta)
- b) použití metallocenových katalyzátorů pro nastavení požadovaných vlastností
- c) kopolymery hexen, okten, terpolymery, norbornen atd. s použitím metallocenových katalyzátorů

Eviduje se rostoucí poptávka po zařízeních, jako jsou vícedutinové a neurologické katetry, které vyžadují velmi tenké stěny a inovační design. Zaznamenáváme nárůst začínajících firem v oboru lékařských trubic, způsobený pokrokem v materiálové sféře a požadavky na méně invazivní zákroky. K tomu všemu se přidaly inovační metody k začlenění biologických činitelů do trubic. Pro výrobu lékařských hadiček se používají hlavně PVC a TPE (termoplastické elastomery), polyolefiny (PP a PE), uretany, polyamidy (PA), fluoropolymery (FEP a PTFE) a silikon. Silikonové trubičky se používají např. pro peristaltická čerpadla, chirurgické drenáže, katetry a intravenózní dodávku léků.

Preferovaným zdrojem pro výrobu aditiv pro plasty jsou udržitelné, obnovitelné zdroje rostlinného nebo živočišného původu, včetně odpadů. Tyto produkty jsou přátelské k životnímu prostředí a označují se jako bio-aditiva. Obecně se má trh obnovitelných chemikálií rozvíjet do roku 2020 ročním tempem více než 5 % (v Asii dokonce 7,8 %) a hodnota produkce má dosáhnout výše 73,8 miliard USD. Podle agentury AMR se má zvýšit spotřeba aditiv pro plasty z 12,6 mil. tun spotřebovaných v roce 2013 na 17,1 mil. tun v roce

2020, což představuje průměrný roční růst o 4,4 %. Hodnotově jde o roční růst o 4,9 % z 41,4 miliard USD na 57,8 miliard USD. Analyzovány byly pouze: plastifikátory, retardéry hoření, modifikátory mechanických vlastností, antioxidanty a UV stabilizátory. Jiná agentura prognózuje průměrný roční růst 2015–2019 o 5 % s dominantním podílem regionu Asie – Pacifik a nejvyšším růstem u retardérů hoření.

Za hvězdu mezi aditivy pro plasty jsou považovány retardéry hoření. Jejich světová spotřeba v roce 2013 dosáhla dle Ceresany 2 miliony tun a hodnoty 5,9 miliard USD. Hodnota produkce retardérů hoření v roce 2019 má vyšplhat na 10,3 miliardy USD. Na trhu je k dispozici přes 1400 typů retardérů hoření od stovky výrobců z toho 75 bromovaných. Aplikace retardérů je nezbytná pro stavebnictví, elektrořístroje a dopravní prostředky;

Jako zajímavé téma pro likvidaci plastů se jeví experimenty s nasazením červů pojídajících plasty. Např. larvy potemníka moučného EPS, larva *Galleria mellonella* pojídající PE sáčky.

Moderní katalyzátory

I malé zlepšení v efektivnosti katalyzátorů představují významné zvýšení efektivnosti výrob, snížení energetické náročnosti a negativního vlivu na životní prostředí. Důležitými výzkumnými záměry je pomocí vysoce efektivního modelování hledat nové teoretické přístupy k přípravě katalyzátorů a k modelování polymeračních procesů.

Spotřební výrobky

Jedním ze základních cílů je přispět ke zlepšení kvality života při zachování principů trvalé udržitelnosti. Aplikacemi moderních technologií jako jsou nanotechnologie nebo biotechnologie lze získat nové materiály a výrobky s vyšší přidanou hodnotou často při využití obnovitelných zdrojů surovin.

Vývoj moderní kontroly potravin a smart obalů založených na „inteligentních“ plastech fungujících nejenom jako ochrana proti znečištění a proti oxidaci, ale současně jako senzory kvality přispěje k lepšímu managementu skladování potravin a současně umožní zákazníkům prokazatelně určit kvalitu výrobků.

Dalším námětem je vývoj nových UV absorbérů jak pro kosmetiku, tak pro nátěrové hmoty, plasty a vlákna.

Moderní technologie a materiály významně ovlivní vývoj v plastikářském průmyslu. Příkladem využití nanočástic v těchto odvětvích může být výroba povlaků odolných vůči poškrábání či se samočisticí schopností.

Dále je velmi zajímavým námětem výzkum aditiv na bázi nových vodivých polymerů pro povrchovou ochranu materiálů, charakterizace a modifikace povrchu pigmentů a vývoj vodné nanodisperze pro funkční povrchové úpravy, abrazi odolných materiálů, povrchů s vysokou redukcí tření, vodě odolné povrchy a fotokatalyticky aktivní povrchy.

Nanokompozity

Velmi perspektivní je výzkum polymerních nanokompozitů s anorganickými nanoplňivy (jíly, oxidy, kovy atd.) pro aplikace např. v automobilovém, leteckém a obranném průmyslu. Jednou ze stěžejních otázek přípravy těchto materiálů ale zůstává dispergace nanoplňiva v matrici a jeho adheze k polymeru. Perspektivní jsou plastové konstrukční materiály, které budou mít vyšší pevnost, tvrdost, tvarovou stálost, větší tepelnou stabilitu a menší hořlavost.

Výzkum polymerních nanokompozitů pro nátěrové hmoty a povrchové úpravy bude mít za cíl zlepšení odolnosti proti poškrábání, zlepšení tepelné odolnosti, vzrůst tvrdosti, zlepšení oděruvzdornosti, zlepšení bariérového efektu (nižší plyno- a paropropustnost), zvýšení odolnosti proti UV záření, snížení koeficientu tření na povrchu úpravy, snížení hodnoty expanzního koeficientu, snížení prostupnosti vůči kapalinám, snížení hořlavosti, antimikrobiální vlastnosti, rozměrovou stálost, zvýšenou odolnost proti šíření trhlin atd. V červenci 2017 oznámila lucemburské centrum pro aplikované nanotechnologie, že obdrželo vládní grant na výstavbu výrobní jednotky pro nanočástice o kapacitě 250 tun za rok. Hlavní aplikace v kompozitech, plastech a elastomerech. Produkt uhlíkových nanotrubiček má vynikající vlastnosti a je 50 krát levnější než dosud aplikované nanočástice. Produkt je registrovaný v rámci REACH.

Výzkum „chytrých“ či „inteligentních“ nátěrů a povlaků založených na využití různých typů nanočástic bude mít za cíl získat nátěry schopné reagovat na vnější podněty a interagovat s okolím (hlavně jako clearcoaty v automobilovém průmyslu a nanostrukturované elektro- nebo opticky aktivní inteligentní povrchy).

V souvislosti se stále širším využíváním nanomateriálů je nezbytné zaměření také na hygienické a environmentální důsledky jejich používání.

Plasty pro dopravní prostředky

Celosvětové úsilí o snižování emisí CO₂ se dotýká i dopravních prostředků. V rámci jednotlivých kontinentů jsou předepisovány přísnější limity pro spotřebu, a tedy i exhalace CO₂ z pohonných hmot. To se projevuje ve vývoji nových, lehčích konstrukcí exteriérů a interiérů dopravních prostředků s využitím plastů. Vytvářejí se nové aplikace komoditních plastů (PP) s přídavkem ztužujících vláken, dále aplikace inženýrských a speciálních plastů. Využití nabízejí i pěnové a strukturní pěnové plasty. S ohledem na vysokou produkci

automobilů v ČR je zapojení výzkumu a vývoje do procesu aplikací nových plastů i způsobu zpracování (3D tisk) velkou výzvou. Rostoucí důležitost mají způsoby spojování plastů s jinými materiály (a to nejen pro automotive).

Materiály pro zdravotnictví

Farmaceutický průmysl a medicína jsou významnými iniciátory inovací jak v materiálové, tak technologické oblasti, také díky podstatně vyšším alokacím finančních prostředků. V oboru nanokompozitů se jedná především o kompozity s polymerní maticí vyztuženou uhlíkovými vlákny perspektivní např. pro konstrukci kostních a kloubních náhrad a kostních implantátů.

Plasty jako detektory ionizujícího záření

Využití plastů v oblasti detekce ionizujícího záření je založeno na převodu energie ionizujícího záření na energii fotonů v oblasti blízké ultrafialové a viditelné oblasti spektra. Tyto fotony jsou pak snímány ve formě záblesků vhodnými snímači (fotonásobiče, fotodiody). Výstupní signál z detektoru je pomocí fotonásobiče převeden na elektrický signál a ten je následně zpracován vhodným analyzátozem a software. O takovýchto typech detektorů pak hovoříme jako scintilačních detektorech.

První plastové detektory byly vyvinuty v padesátých letech s cílem nahradit především kapalnými scintilátory a nabídnout pro detekci záření levný, dobře dostupný materiál umožňující výrobu detektorů s velkým objemem a v podstatě jakýmkoliv tvarem. V současné době jsou hledány jak nové metody přípravy plastových detektorů s využitím technologií pro zpracování plastů (extruze, vstřikování, 3D tisk a další), tak i nové složení (využití speciálních nanoplniv s aktivním povrchem, úpravy složení s cíle zvýšení rychlosti odezvy, emitovaného spektra záření apod.).

4.4 Syntetické pryskyřice

V Ústeckém kraji je nejvýznamnějším výrobcem pryskyřic Spolek pro chemickou a hutní výrobu. Je významným evropským a světovým hráčem v oboru epoxidových pryskyřic. Současně se zde vyrábí i alkydové pryskyřice a polyesterové pryskyřice s možnou aplikací v polyurethanech. Je třeba říci, že na tuto výrobu je současně navázána řada soukromých regionálních i celostátních firem s velkým dopadem na zaměstnanost nejen v Ústeckém kraji. Díky nejmodernějším technologiím používaným při výrobě pryskyřic představuje Spolek pro

chemickou a hutní výrobu technologického lídra nejen ústeckého chemického průmyslu ale i celé České i Slovenské republiky.

4.4.1 Odhadovaný vývoj v dostupnosti surovin

Epoxidové pryskyřice

Epoxidových pryskyřic se v současné době na světě vyrábí ca 1,2 milionů tun. V Evropě asi 290 tisíc tun. Součástí tohoto množství je i Spolek pro chemickou a hutní výrobu, který je ca 3. až 4. největším evropským výrobcem epoxidových pryskyřic. Součástí výroby epoxidových pryskyřic je do značné míry i výroba tvrdidel pro epoxidové pryskyřice na bázi nakupovaných polyaminů nebo polyanhydridů.

Pro výrobu epoxidů se jako základních surovin, kromě specialit, používá bisphenol A, Bisphenol F, epichlorhydrin, Na OH a katalyzátory fázového přenosu. Pro výrobu bisphenolu A je základní surovinou aceton a fenol, pro bisphenol F pak fenol a formaldehyd. Výroba epichlorhydrinu je pak buď na bázi petrochemického propylenu nebo glycerolu jako odpadního produktu z přípravy bio dieselu a kyselina chlorovodíková, pro jejíž produkci je surovinou chlor vyráběný elektrolýzou soli.

Pokud se týká acetonu, fenolu, propylenu, pak dostupnost těchto surovin je přímo závislá na těžbě a zpracování ropy. Dostupnost ropy je silně závislá na profitabilitě celosvětové těžby, politickém vývoji a budoucím směřování především dopravy a energetiky jako takové. Z hlediska dlouhodobé koncepce lze usuzovat, že energetika a doprava bude v budoucnu v Evropě na ropě méně závislá a pak tedy využití ropy pro produkty chemické a farmaceutické výroby se postupně stane v Evropě více důležité. Vlivem rostoucí spotřeby ropy v Asii a Africe může dojít k náhradě poklesu její spotřeby v Evropě a cena ropy bude růst s nárůstem spotřeby především v Číně a Indii a růstem náročnosti těžby v budoucích letech.

Lze tedy předpokládat, že i se cena epoxidových pryskyřic bude zvyšovat. Udržet tedy marži bude předpokládat maximální efektivitu výroby.

Nezanedbatelným prvkem posuzování budoucího vývoje je i vliv materiálů pro výrobu epoxidů i epoxidů samotných na lidské zdraví. V současné době jsou podrobovány dalším toxikologickým důsledným studiím výrobky na bázi bisfenolu A i F pro aplikace pro přímý styk s potravinami a pitnou vodou. Týká se to sice především polykarbonátů, nicméně i

epoxidových vysokomolekulárních pryskyřic používaných pro ochranu potravin a nápojů před průnikem korozních produktů plechových obalů pro konzervy a nápoje. Dle dlouhodobých a opakovaných studií americké Agentury pro kontrolu potravin a léčiv FDA i Evropského úřadu pro bezpečnost potravin EFSA je bisfenol A, při dodržení požadovaných limitů výluhů do pitné vody i potravin, látka bezpečná, přesto, že testování na základě požadavků environmentálních organizací i akademických pracovníků stále pokračuje. Pokud se nicméně v budoucnu prokáže negativní dopad na lidské zdraví, aplikace epoxidových pryskyřic pro výrobky pro pitnou vodu a potraviny představuje pouze ca 10% z celkového aplikačního objemu epoxidů. Zbylé aplikace především v oblasti těžké antikorozi ochrany, dekorativních nátěrů, stavebnictví např. v podobě polymer betonů a litých podlah, kompozitů pro dopravu, letectví, potrubí, nádrží a konstrukčních prvků, elektrotechniky a adheziv bude nedotčeno.

Pokud se týká glycerinu, jako suroviny pro výrobu epichlorhydrinu, lze na základě současných poznatků o efektivitě produkce biopaliv a vlivu na uhlíkovou stopu docházet k postupnému poklesu produkce bio-dieselu a tedy i ke snížení dostupnosti glycerínu pro produkci bio epichlorhydrinu. Bude tedy opět narůstat použití propylenu jako základní ropné suroviny pro výrobu epichlorhydrinu různými inovovanými metodami méně zatěžujícími životní prostředí než současné postupy výroby.

Výroba NaOH bude velmi stabilní s ohledem na široké využití v průmyslu i potravinářství a povinnému přechodu v Evropě od amalgámového způsobu výroby k membránové výrobě. Z hlediska budoucí spotřeby jsou v Evropě k dispozici dostatečné kapacity. Ve světě pak jsou nadále i výrobní linky na bázi amalgámového postupu.

Formaldehyd je surovina, jejíž výroba průmyslově vychází z metanolu, který se oxiduje na formaldehyd. Tato látka je v současné době sice pokládána za karcinogen, nicméně její výroba je přibližně celosvětově kolem 20 milionů tun.

Polyesterové pryskyřice

Polyesterové pryskyřice se z hlediska kategorizace dělí na nenasycené polyesterové pryskyřice UP a nasycené polyesterové pryskyřice PES, případně vinyl esterové pryskyřice. Tyto materiály se využívají ve výrobě kompozitů, tmelů, adheziv a nátěrových hmot.

Typickými surovinami jsou aromatické mono a polykarboxylové kyseliny jako je anhydrid kyseliny ftalové, kyselina isoftalová, tereftalová a kyselina benzoová, také

epoxidové pryskyřice, případně alifatické kyseliny jako maleinanhydrid a kyselina fumarová a akrylátové monomery a styren a jeho deriváty, kde je základní surovinou je ropa. Některá alifatické kyseliny jako kyselina jantarová a adipová, případně mléčná mohou pocházet jak z přírodních surovin nebo z ropy, jako například adipová kyselina nebo jantarová. Používané polyoly jako propylen glykol, etylen glykol, neopentyl glykol, glycerol, butan diol atd. mohou pocházet jak z ropy, tak z přírodních obnovitelných zdrojů. A bude se jich tedy spíše příznivě dotýkat budoucí menší spotřeba ropy pro paliva. Bio suroviny naopak mohou být ohroženy zvýšenou poptávkou po potravinářském využití rostlinného zemědělství.

Alkydové pryskyřice

Alkydové pryskyřice jsou v současnosti pryskyřicemi používané pro nátěrové hmoty, které obsahují nejvyšší podíl obnovitelných surovin kromě a to rostlinných olejů, především sójového, slunečnicového, lněného a tallových mastných kyselin.

Zde bude do budoucna spotřeba spíše růst s poptávkou trhu po materiálech z obnovitelných zdrojů s vysokým obsahem bio surovin a méně zatěžujícím životní prostředí. Z hlediska závislosti na některých surovinách na bázi ropy suroviny pro alkydy v podstatě kopírují některé materiály pro výrobu polyesterů, jako jsou kyselina ftalová, isoftalová, glycerol, pentaerytritol apod.

Polyurethanové pryskyřice

Polyurethanové pryskyřice jsou založené jednak na polyester-polyolové složce, jejíž surovinová báze je obdobná s výše zmíněnými nenasycenými nebo nasycenými polyesterem a také polyetherpolyoly, které vycházejí ethylenoxidu nebo propylenoxidu, v České republice se nevyrábí a také na polyizokyanátech, které se v České republice také nevyrábí.

Závěrem lze říci, že z hlediska budoucího vývoje není třeba se v následujících letech obávat ztráty surovin pro výrobu pryskyřic v Ústeckém kraji. Nicméně cena bude závislá na ceně ropy a rostlinných olejů, tedy i ceně potravin což bude ovlivňovat i efektivitu výroby.

4.4.2 Odhadovaný vývoj v používaných výrobních technologiích

Epoxidové pryskyřice

Epoxidové pryskyřice jsou a budou jedním ze základních materiálů v oboru nátěrových hmot především pro oblast antikoročních nátěrů aut, lodí, potrubí, stožárů konstrukcí betonu atd., samozřejmě kompozitů, kde především v oblasti větrných elektráren, dopravní techniky, aerospace, elektroprůmyslu a zábavy bude procentuálně vzhledem k ostatním materiálům tato spotřeba růst především v Číně, Asii a Africe a to na procentuální úroveň obvyklou v Evropě a USA. To znamená, že bude vzrůstat absolutní spotřeba i když relativně vzhledem k bouřlivému rozvoji i ostatních materiálů ať již metalických, anorganických, skla a dřeva a jejich kombinací bude pravděpodobně na obdobném relativním zastoupení v používaných materiálech jako dnes.

Technologický vývoj v oboru základních epoxidových pryskyřic bude směřovat k maximalizaci produktivity práce, úspoře energií a surovin potřebné na jednotku produkce a minimalizaci odpadních látek vznikajících při výrobě a také při likvidaci finálních výrobků po ukončení jejich životnosti. V té souvislosti bude směřovat vývoj do maximálních výtěžků a recyklovatelnosti odpadních látek vznikajících při výrobě i při konci životnosti. Toho se bude dosahovat vývojem nových nebo inovovaných katalytických postupů výroby, maximální využitelnosti a likvidaci odpadů, také minimalizací lidské práce a chybovosti s využitím automatizace a robotizace. Při výrobě modifikovaných epoxidových pryskyřic pak lze očekávat obdobné postupy s maximální mírou automatizace, umělé inteligence a vyloučení lidského faktoru jak z bezpečnostních tak kvalitativních důvodů. Z důvodu náhrady některých surovin na bázi ropy bude ve větší míře využíváno přírodních surovin na bázi sacharidů, případně recyklovaných surovin a vedlejších surovin vznikajících například v petrochemii.

Polyesterové a alkydové pryskyřice

Polyesterové a alkydové pryskyřice se vyrábí na standardních polykondenzačních aparaturách buď azeotropickou metodou, nebo fúzní metodou. Obě metody mají své přednosti i nedostatky především pokud se týká regulace množství úniků výchozích surovin při destilaci reakční vody, kde azeotropická metoda je sice účinnější, ale naopak z hlediska kontaminace finálních pryskyřic azeo rozpouštědly je pro řadu aplikací výhodnější fúzní metoda, kde ke kontaminaci nedochází. Do budoucna lze počítat i s rozvojem technologie enzymatické esterifikace a polyesterifikace, popř. i využití mikrovláknových kontinuálních reaktorů.

Samozřejmě, že i v oblasti alkydů a polyesterů je snaha potlačovat množství organických těkavých látek ve finálních produktech což vede k vysokosušivým, bezrozpouštědlovým nebo vodou ředitelným systémům. Tyto technologie jsou dnes sice dobře zvládnuty, ale lze očekávat další technologický vývoj v oblasti snižování spotřeby energie při míchání, zahřívání a také kontroly procesů umělou inteligencí.

Polyurethanové pryskyřice

Polyurethanové pryskyřice jsou založené jednak na polyester-polyolové složce, jejíž technologie výroby je totožná s výše zmíněnými postupy pro nenasycené a nasycené polyestery a alkydy. Široce se používají o pryskyřice na bázi polyetherpolyplů, které se vyrábí z ethylenoxidu nebo propylenoxidu ne však ve Spolku a jednak na tvrdidlech, polyizokyanátech, které se v české republice pro polyurethany také nevyrábí.

4.4.3 Odhadovaný vývoj ve výsledných produktech

Budoucnost epoxidů, nenasycených polyesterových pryskyřic, vinylesterů, alkydů a polyurethanů (reakto-plastů/termosetů) je pokládána za neotřesitelnou. Vývoj bude směřovat ke zvýšení životnosti finálních materiálů při nižších spotřebách surovin, energie a lidské práce na jednotku výrobku a zlepšení fyzikálně chemických vlastností, popř. jejich optimalizace pro určený finální směr použití. Bude tak i snaha vyloučit nepotřebou předimenzovatelnost aplikačních a užitných vlastností využitím jak druhotných tak i obnovitelných surovin. Budou upravovány formulace pro budoucí např. robotické a strojní zpracování opět s využitím druhotných, popřípadě přírodních obnovitelných surovin v maximální míře. Bude také podstatně více testována zdravotní a ekologická nezávadnost a nahrazovány suroviny s potenciálním dopadem na lidské zdraví za suroviny s menším dopadem na zdraví lidí a životní prostředí. Existují segmenty trhu, kde použití výše zmíněných pryskyřic je unikátní, ale přitom snadné a efektivní náhrada je pro příštích 10-15 let nepravděpodobná, zvláště pokud budou zohledněny výše zmíněné směry rozvoje. Nejrychleji rostoucími segmenty trhu pryskyřic je doprava, stavebnictví, antikorozní ochrana, lodní průmysl, elektro průmysl, letectví a armádní využití.

Jde například o následující příklady aplikací:

- Epoxidové pryskyřice v nátěrových hmotách pro tzv. těžkou antikorozní ochranu, kde jde jak o bezrozpouštědlové, rozpouštědlové, práškové ale i vodou ředitelné nátěrové hmoty. Například především pro automobilový průmysl se jedná o všechny E-coaty na bázi epoxy –polyuretanů, hybridní epoxy-polyesterové práškové nátěrové hmoty pro ledničky, pračky, mikrovlnné trouby, větrné elektrárny atd.

- Polyurethanové pryskyřice pro odolné nátěrové hmoty na povětrnost a lepidla pro automobilový průmysl, dopravu, strojírenství, aero–space
- Epoxidové, polyesterové a polyuretanové pryskyřice pro kompozity – doprava, aerospace, průmysl, stavebnictví a sportovní potřeby
- Alkydové pryskyřice pro ochranné a dekorativní aplikace ve stavebnictví, dopravě a průmyslu

Nicméně s růstem využití pryskyřic současně narůstá konkurence kovových a dřevěných kompozitů. Proto jsou hledány a nalézány další segmenty průmyslu pro aplikace pryskyřic spojené se skladováním energie, 3D tiskem, aplikace pro armádu – stealth drony a robotické bojové systémy, lodě, letadla, balistická ochrana.

Budoucnost má rozvoj a výroba kompletních pryskyřičných systémů pro koncové zákazníky a koncové aplikace v kompozitech, nátěrových hmotách, zalévacích hmotách a adhezivech. Budou vznikat formulace dle konkrétních požadavků zákazníků s využitím multi disciplinárních znalostí chemie, fyziky a strojírenství.

Pryskyřice mají a budou mít rostoucí význam jako komplety celých systémů, včetně tvrdidel, modifikátorů, aditiv, plniv a výztuží jak ze skleněných a uhlíkových vláken ale i aramidových, kombinace s dalšími typy strukturálních výztuží a také speciálními nanočásticemi modifikujícími významně některé vlastnosti, především z hlediska elektrické a tepelné vodivosti a dlouhodobé odolnosti, zvýšení interlaminárních pevností, houževnatostí atd. Zde bude nárůst především speciálních systémů. Formulace budou více a více upravovány dle aplikačních možností zákazníků. Budou tak mít výhodu vnitřně integrované firmy s kompletnějším sortimentem základních surovin a technologií na jejich výrobu, aby výroba byla ekonomická.

Je indikován celosvětový nárůst spotřeby pryskyřic, což dává českému chemickému průmyslu dobrý výhled na udržitelnost a dokonce rozvoj v této oblasti.

Polyolefiny a PVC

Pro ČR je výroba polyolefinů klíčová, a to zejména pro Ústecký kraj, kde je realizována velkokapacitní výroba polyethylenu, polypropylenu a výroba ethylenu, který je ve Spolaně převeden na vinylchlorid a kaptivně polymerován na PVC. Pro polyolefiny lze konstatovat několik obecných závěrů a doporučení:

1. V ČR se při výrobě komoditních plastů (polyolefinů HDPE a PP) postupně uplatňují vícestupňové polymerační technologie s využitím nejnovějších polymeračních katalyzátorů.

2. V krátkodobém horizontu se předpokládá zlepšení konkurenceschopnosti vyráběného portfolia HDPE a PP v těchto průmyslových segmentech:

Obaly – heavy duty průmyslové obaly pro přepravu nebezpečných chemikálií; pokročilé obaly pro spotřební chemii a potravinářství

Stavebnictví – výroba nejnovější generace materiálů pro páteřní a domovní rozvody vody a plynu, vysoce odolné materiály pro instalace energeticky efektivních systémů vytápění a klimatizaci budov

Automobily – vývoj lehčených materiálů na bázi polyolefinů s řízenými vlastnostmi a s usnadněnou recyklovatelností

Elektrotechnika – materiály pro izolaci kabelů v elektrické distribuční síti a izolaci optických vodičů v datových sítích

Zemědělství – materiály pro výrobu technických textilií a membrán umožňujících snižování aplikace herbicidních přípravků, k ochraně půdy před erozí a pro konstrukci vodohospodářských staveb

Kompaundy – elektrovedivé směsi se širokou oblastí použití

3. Ve střednědobém horizontu je cílem aplikovaného výzkumu nalézt průmyslové využití polymerních materiálů na bázi obnovitelných zdrojů a rozvíjet jejich aplikace. Nezbytnou oblastí výzkumu bude i vývoj kompaundů s využitím recyklovaných materiálů v rámci uplatňování cirkulární ekonomiky.

4. Technologie PVC zůstává stabilní, stále převažuje PVC suspenzní a emulzní. Technologie je založena na kontinuálním dávkováním iniciátoru (CID).

5. Globální růst pro PVC se odhaduje na 3-4%. Stavebnictví zůstává hlavním odvětvím (potrubí, profily oken, tuhé fólie a desky, podlahoviny). V Evropě lze očekávat růst o 2% ročně. V rozvojových zemích (Afrika, Indie) má dominantní podíl spotřeby PVC pro trubkové typy, protože je masivně budována vodohospodářská infrastruktura. Naopak PVC ztratil svou pozici jako obalový materiál, kde je nahrazován PET a PE.

4.5 Vhodné zaměření výzkumu

Výzkum v oblasti pryskyřic je zaměřen především na výše zmíněné oblasti vývoje speciálních systémů pro koncové zákazníky ve špičkových aplikačních oborech jako je automobilová výroba, transportation, vysoce účinné anti korozivní hmoty, lepidla a kompozity, optimalizace technologií, aplikace obnovitelných a druhotných surovin a aplikace nejnovějších poznatků z oboru interdisciplinárních studií, včetně využití nanomateriálů.

Současně výzkum sleduje i sortiment, publikace a patenty konkurentů. Je to jedna z důležitých činností výzkumu. Na sortimentu lze sledovat i směr vývoje konkurentů. Všichni cílí do specialit stejných jako Spolek pro chemickou a hutní výrobu. Kdo nemá potenciál výzkumu v oboru speciálních produktů, je odsouzen k prodeji nízkomaržových komoditních výrob, které mají při nízké ziskovosti násobnou citlivost na periodicitu trhu a jeho výkyvy. Patentové aktivity konkurentů míří masivně ale i na blokáce známých surovin, produktů a postupů s cílem zaměstnat výzkum při vyvracení těchto patentů a tím zpomalit vývoj Spolku.

Nové směry patentů se týkají především oblasti samo se opravujících epoxidů a alkydů, nových výrobních postupů výroby základních surovin pro přípravu pryskyřic, využití nových surovin a bio surovin a postupů při likvidaci odpadních látek.

Výzkum Spolku pro chemickou a hutní výrobu v oboru pryskyřic je rozdělen mezi tým působící ve Spolku a tým působící v dceřiné firmě SYNPO, akciová společnost Pardubice.

4.6 Prioritní výzkumná témata:

1. Moderní plasty a spotřební výrobky

- vývoj výroby moderních obalových materiálů
- vývoj nových izolačních materiálů
- vývoj materiálů z obnovitelných surovin, zejména aditiv pro plasty
- vývoj moderních technologií zpracování plastů, včetně kompaundování a recyklace odpadních plastů
- rozvoj moderních aplikací komoditních, inženýrských a speciálních plastů
- vývoj biodegradabilních polymerů
- využití a příprava strukturovaných polymerů
- vývoj polymerů se speciálními vlastnostmi (magnetické, vodivé atd.), výzkum využití komerčně dostupných nano-sloučenin křemíku na bázi polyhedrálních silsequioxanů (POSS) jako nosiče katalytických komponent při polymeraci styrenu a olefinů
- vývoj moderních zdravotně nezávadných anorganických UV absorbérů jak pro nátěrové hmoty, tak pro kosmetiku a plasty

- tkané a netkané polymerní textilie
- polymery pro ukládání energie
- polymery pro 3D tisk – do roku 2021 se očekává průměrný roční růst spotřeby 21,6 %
- vývoj a efektivní využití plastových recyklátů
- nové bio – polyoly pro PUR (očekávaný roční růst 9,5 % ročně do roku 2021)

2. Nanokompozity

- výzkum zaměřený na pochopení efektů nanoplniv s velkým specifickým povrchem na mechanické vlastnosti, degradační a hořlavostní chování polymerů
- výzkum podmínek přípravy nových, netradičních typů nanokompozitních materiálů na bázi montmorillonitických jílu a dalších typů anorganických nanočástic
- vývoj metod pro dispergaci nanočástic a hodnocení jejich vlastností
- výzkum povlakových technologií se specializací zejména na automobilový průmysl, a výrobu dopravních prostředků
- využití a modifikace dosavadních způsobů přípravy nanočástic ke zlepšení vlastností polymerních materiálů a optimalizaci vlastností nanokompozitů vzhledem k zamýšlené oblasti jeho využití
- studium možností náhrady klasických (kovových) materiálů pomocí kompozitů s vlastnostmi upravenými na míru
- vývoj technologií přípravy nových typů anorganických a organických nanočástic
- vývoj povrchových úprav se zlepšenými vlastnostmi a odolností proti různým, zejména povětrnostním vlivům
- studium vlivu používání nanočástic na životní prostředí a zdraví
- vývoj samoorganizovatelných kompozitních materiálů a “chytrých povrchů“

3. Materiály pro zdravotnictví

- vývoj vhodných biopolymerů pro aplikace ve zdravotnictví
- vývoj tzv. bioanalogických polymerů (doprava léků, náhrada kůže nebo kostní dřevě)
- vývoj výroby nových membrán pro dialýzu
- pokročilé plasty pro farmaceutický průmysl a lékařství

4. Biotechnologická výroba komoditních chemikálií jakožto zdrojů pro výrobu plastů – aplikace zejména enzymatických a termochemických procesů na přípravu a výrobu plastů s vysokým komerčním potenciálem

- výzkum nových typů katalyzátorů pro využití jak pro termochemické procesy, tak pro vzájemnou synergii s biochemickými konverzemi, které zvýší efektivitu a specifickou štěpení celulosy na molekuly o velikosti C3 – C6
- vývoj provozních technologií a celkový scale – up pro využití nových metod v reálných provozech
- výzkum a vývoj nových vysoce efektivních metod (synergie enzymatických a standardních katalyzátorů) pro specifickou depolymerizaci a dealkylaci
- extraktivní destilace rozvětvených bio-polymerů získaných z konverzí biomasy
- výzkum a vývoj biopolymerů a způsobů nakládání s bio-polymery, především s biodegradovatelnými, po skončení jejich životnosti
- návrh využití nových produktů ve stávajících podmínkách chemického a plastikářského průmyslu v ČR

5. Procesy výroby specialit

- snížit dobu produkčního cyklu s použitím nepřetržitého měření a kontroly výroby
- potlačit produkci zmetků a/nebo nutnost přepracování produktů
- posílit využití automatizace výroby pro zlepšení její bezpečnosti a snížení možných chyb operátora
- snížit spotřební normy materiálů a energie a posílit nárůst výrobní kapacity
- zajistit kontinualizaci procesu pro zvýšení efektivity s použitím zařízení malého měřítka – mikroaparáty
- usnadnit variabilitu výrobní linky

6. Využití moderních katalyzátorů

- nízkoteplotní katalýza pro rozklad zdraví škodlivých látek jako VOC ze stavebních hmot, lepidel a čisticích prostředků v interiérech
- vývoj katalytické vnitřní vrstvy obalů potravin pro odstranění zbytkového kyslíku pro skladování potravin
- výzkum výroby lehce nebo samočisticí superhydrofobní plochy pro různé užití např.
- stěnové barvy, okna, auta, zvukové bariéry, oděvy
- vývoj polymer-stabilizovaných bimetalových nanokatalyzátorů

7. Reakce v elektromagnetickém poli, chemické procesy iniciované zářením

- zářením iniciovaná polymerace, syntéza makromolekulárních látek
- stárnutí, foto-degradace materiálů

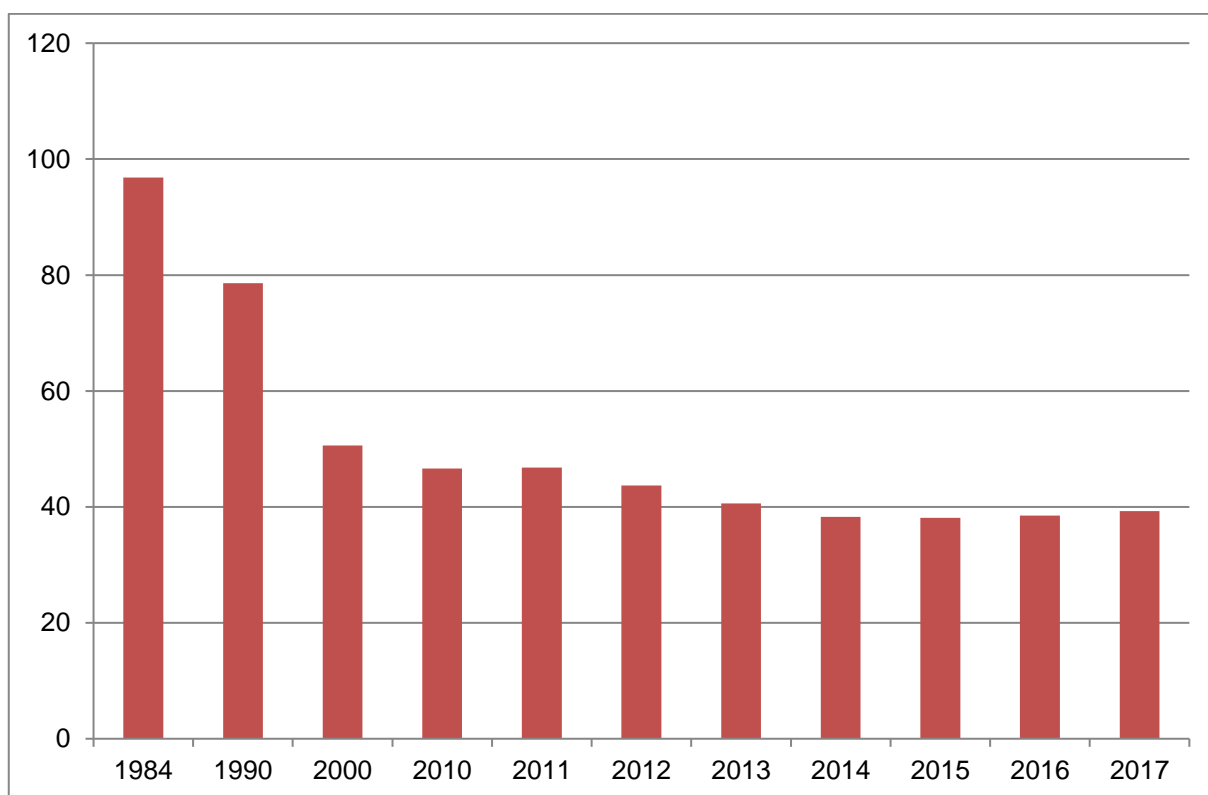
5 NEERGETICKÉ VYUŽITÍ UHLÍ

V této kapitole jsou uvedeny jednak základní bilanční údaje relevantní k těžbě uhlí v ČR a dále některé technologické varianty neenergetického využití. Tyto postupy jsou však zatím potenciálem, neboť v daném cenovém a technologickém rámci jsou tyto postupy prozatím pokládány za málo efektivní a je nutné je pokládat spíše za strategicko-perspektivní, jelikož jsou postaveny na jediném uhlíkovém surovinovém zdroji, které lze těžit v tuzemsku.

5.1 Východiska – dostupnost suroviny

Surovinová politika České republiky v oblasti nerostných surovin a jejich zdrojů

Domácí zásoby hnědého uhlí se nacházejí v oblasti podkrušnohorských hnědouhelných pánví (severočeská, sokolovská a chebská). Nejrozsáhlejší severočeská pánev se dále dělí na tři dílčí části (chomutovskou, mosteckou a teplickou). Dobývání probíhá téměř výhradně povrchoвым způsobem.



Obrázek 11 Těžba hnědého uhlí v ČR v letech 1984–2017 (mil. t)

Zdroj: MPO, ČGS

V chomutovské části severočeské pánve se nachází méně výhřevné energetické uhlí, s nižším až středním stupněm prouhelnění a se zvýšeným obsahem popela. Využívá se především spalováním v elektrárnách, jejichž odsířením byl eliminován problém se zvýšeným obsahem síry v tomto uhlí. Uhlí z této části pánve je těženo jedním velkolomem Tušimice-Libouš. V mostecké části severočeské pánve se těží uhlí s nižším obsahem popela a vyšším stupněm prouhelnění. Těžbu v této části pánve zajišťují tři velkolomy – Bílina, ČSA a Vršany (dobývací prostory Bílina, Ervěnice, Holešice, Vršany). Hlubinná těžba na dole Dolní Jiřetín – Centrum byla ukončena v roce 2016. Průměrná výhřevnost uhlí z této části pánve kolísá v poměrně širokém rozmezí cca 10 až 17 MJ/kg. Lom ČSA je výrazně omezen ÚEL. Stav zásob za ÚEL jsou v tzv. druhé etapě ČSA kvantifikovány na cca 280 mil. tun. Podíl ložisek v severočeské pánvi činil v dekádě 2005 až 2014 na celkové produkci hnědého uhlí v ČR zhruba 80 %, v posledních letech se mírně zvyšuje a od roku 2011 činí cca 84 %. V teplické části severočeské pánve těžba skončila v roce 1997 uzavřením lomu Chabařovice. Sokolovská pánev západně od Karlových Varů má dvě slojová souvrství. Jedná se o méně až středně prouhelněné energetické uhlí s nižším obsahem síry a vyšším obsahem vody oproti uhlí severočeské pánve. Uhlí je těženo povrchově, nejvýznamnější část pochází z velkolomu Jiří. Chebská pánev má zásoby hnědého uhlí s nízkým stupněm prouhelnění. Uhlí má zvýšený obsah vody, popeloviny, síry a dalších škodlivin. Těžba uhlí na většině území této pánve není pravděpodobná, převážná část zásob je vázána ochranou zdrojů minerálních vod Františkových Lázní, jejichž ochrana je v dané lokalitě prioritní.

Kromě zásob hnědého uhlí disponuje ČR relativně rozsáhlými zásobami lignitu ve Vídeňské pánvi. Většina zásob je ale v současnosti ekonomicky nevyužitelná a dobývání lignitu na jediném ložisku Hodonín (důl Mír v Mikulčicích) skončilo v závěru roku 2009.

Hnědé uhlí se v ČR primárně používá k výrobě elektrické energie a tepla. Procentní podíl výroby elektřiny z uhlí postupně klesá, dosud však v české elektroenergetice hraje nejdůležitější roli. V posledních letech se v ČR z obou typů uhlí vyrábělo zhruba 50 až 60 % elektrické energie; v roce 2014 činil podíl uhlí na hrubé výrobě elektřiny 50 % (44 % hnědé uhlí + 6 % černé uhlí). Ve spotřebě hnědého uhlí je ČR díky domácí produkci dosud soběstačná.

Jakkoliv je hnědé (a v menší míře i černé) uhlí stále velmi významnou součástí české energetiky, je zřejmé, že se bude podíl uhlí, coby významného zdroje CO₂, v české energetice postupně snižovat, s čímž počítá i nová Státní energetická koncepce, schválená vládou v roce 2015. Těžba a spalování uhlí má rovněž některé další negativní dopady, což se projevuje poměrně vysokými externími náklady energetického využívání uhlí.

Základními problémovými okruhy v oblasti hnědého uhlí jsou dlouhodobě zvýšení efektivity využívání hnědého uhlí a rozhodnutí o množství zásob, které budou využity. K dané problematice byla zpracována celá řada studií, jejichž výsledky a doporučení byly využity k přípravě podrobného materiálu „Řešení dalšího postupu územně ekologických limitů těžby hnědého uhlí v severních Čechách“, který projednala vláda a svým usnesením č. 827/2015 ze dne 19. října 2015 schválila novou hranici územně ekologických limitů (ÚEL) těžby na dole

Bílina s tím, že hranice limitů těžby bude stanovena 500 m od zastavěného území obce. V návaznosti na to zahájila těžební společnost Severočeské doly přepočítání zásob, z něhož bude patrné skutečné navýšení disponibilních zásob. Žádná z variant dalšího osudu ÚEL se netýká společnosti Sokolovská uhelná, která v posledních letech podřizuje svoji obchodní politiku přednostnímu zabezpečení suroviny pro potřeby vlastních technologických zařízení.

Tabulka 3 Těžba v České republice

	2010	2011	2012	2013	2014
Těžba (mil. t)	43,931	46,848	43,710	40,585	38,348

Tabulka 4 Ložiska a zásoby v České republice

Počet ložisek	Počet těžných ložisek	Počet dobývacích prostorů	Zásoby celkem (tis. t)	Zásoby bilanční volné (tis. t)	Zásoby vytěžitelné (tis. t)
			k 1. 1. 2015	k 1. 1. 2015	k 1. 1. 2015
52	10	28	8 826 333	1 433 966	796 277

Zdroj: ČGS, MPO

Tabulka 5 Stav zásob hnědého uhlí podle Bilance zásob výhradních ložisek nerostů ČR (mil. t)

Pánev	Společnost	Důl / Lom	Vytěžitelné zásoby	Vytěžitelné zásoby
Severočeská hnědouhelná pánev	Vršanská uhelná a.s. (VU)	Vršany	272	266
		Slatinice	12	12
		Vršany + Slatinice	284	278
	Severní energetická a.s. (SE)	ČSA	38	28
		Centrum	1	1
		ČSA + Centrum	39	29
	Severočeské doly a.s. (SD)	Libouš	219	210
		Bílina	145	136
		Celkem SD	364	346
Sokolovská pánev	Sokolovská uhelná a.s. (SU)	Celkem SU	137	131
Celkem ČR			825	784

Zdroj: ČGS, MPO

Záměry v oblasti těžby hnědého uhlí

V oblasti hnědého uhlí je základním problémovým okruhem zvýšení efektivity využití zásob hnědého uhlí před tzv. územně ekologickými limity a postoj k využití rozsáhlých zásob hnědého uhlí za nimi. Významnost rozhodnutí spočívala v zásadním prodloužení či neprodloužení životnosti nejdůležitějších velkolomů hnědého uhlí v severních Čechách. Konkrétně v severočeském hnědouhelném revíru by využití zásob za územně ekologickými limity mohlo posunout životnost velkolomu ČSA v tzv. 2. etapě z roku 2022 až za rok 2060 a životnost velkolomu Bílina z roku 2035 za rok 2050 a tím umožnit dlouhodobý provoz části

energetiky využívající domácí uhlí. Důležitost strategického rozhodnutí o dalším postupu v oblasti územně ekologických limitů se proto dlouhodobě promítalo, promítá a bude promítat do všech diskusí o budoucnosti zdrojového mixu ČR, a to včetně diskusí, které byly vedeny v rámci procesu přijetí Státní energetické koncepce (2015).

V usnesení vlády ČR č. 362 o Státní energetické koncepci ČR ze dne 18. května 2015 bylo ministru průmyslu a obchodu uloženo předložit vládě do 31. srpna 2015 k problematice územních ekologických limitů studii socio-ekonomických dopadů variant další těžby, studie dopadů těchto variant na životní prostředí a na zdraví obyvatelstva a studii analyzující sektor teplárenství spolu s návrhem usnesení vlády ohledně územně ekologických limitů těžby hnědého uhlí.

Na zpracování jednotlivých nezávislých studií se podílela firma Price Waterhouse Coopers (PwC), VUPEK – ECONOMY a Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO). Na internetových stránkách MPO jsou uveřejněny výše zmiňované studie:

- Posouzení ekonomických dopadů z pohledu zvažovaných variant prolomení limitu těžby uhlí na území severních Čech (PwC).
- Posouzení sociálních dopadů u jednotlivých obcí a dotčeného regionu z pohledu zvažovaných variant prolomení limitu těžby uhlí na území severních Čech (PwC).
- Analýza potřeby dodávek hnědého uhlí pro teplárenství s ohledem na navržené varianty úpravy územně-ekologických limitů těžby (MPO) - podkladovým dokumentem ke zpracování této analýzy se stal materiál „Dlouhodobá prognóza trhu s hnědým uhlím“ (VUPEK).

K požadovaným studiím vznikl specializovaný materiál "Řešení dalšího postupu územně ekologických limitů těžby hnědého uhlí v severních Čechách", jehož základem se staly závěry výše zmiňovaných studií. Současně byla Centrem pro otázky životního prostředí University Karlovy v Praze zpracována studie Kvantifikace environmentálních a zdravotních dopadů (externích nákladů) z povrchové těžby hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi v těžebních lokalitách velkolomů Bílina a ČSA a využití vydobytého hnědého uhlí ve spalovacích procesech pro výrobu elektřiny a tepla na území, která byla rovněž zveřejněna a předložena vládě.

V materiálu "Řešení dalšího postupu územně ekologických limitů těžby hnědého uhlí v severních Čechách" jsou popsány obě lokality (lom Bílina i lom ČSA), jednotlivé varianty, analýza jejich přínosů, dopadů i rizik a závěry u všech čtyř variant řešení ÚEL. První hodnocenou variantou bylo zachování těžby hnědého uhlí v severních Čechách podle současných limitů, druhou posun hranic těžby hnědého uhlí pouze na lomu Bílina, třetí posun hranice těžby hnědého uhlí na lomu Bílina a současně částečné prolomení limitů na

lomu ČSA a poslední zvažovanou variantou byl posun hranic těžby hnědého uhlí na lomu Bílina a prolomení územně ekologických limitů na lomu ČSA.

Vláda dne 19. 10. 2015 projednala materiál „Řešení dalšího postupu územně ekologických limitů (ÚEL) těžby hnědého uhlí v severních Čechách“ a usnesením č. 827 rozhodla v otázce řešení problematiky územně ekologických limitů.

Na lomu Bílina schválila vláda změnu hranice ÚEL s tím, že hranice limitů těžby bude stanovena 500 m od zastavěného území obce. Velkolom Bílina by měl hrát do budoucna klíčové místo v krytí budoucích potřeb řady spotřebitelů hnědého uhlí. Velkolom vstoupil do dlouhodobých bilancí zdrojů a potřeb s mnoha změnami. Byly zde maximalizovány odhady zásob hnědého uhlí za limity až na cca 120 mil. tun. Při těžbě hnědého uhlí za limity je zde uvažováno s hlubinným vytěžením až 30 mil. tun, a to s poměrně vysokými ročními těžbami (až 2 mil. tun), prakticky na úrovni standardního (černouhelného) hlubinného dolu. Skutečné množství zásob bude zpřesněno nyní prováděným přepočtem zásob ve smyslu usnesení vlády č. 827 ze dne 19. října 2015 (hranice limitů těžby 500 m od zastavěného území obce).

Na lomu ČSA ponechala vláda územně ekologické limity v platnosti. V materiálu „Řešení dalšího postupu územně ekologických limitů těžby uhlí v severních Čechách“, který vzala vláda na vědomí v rámci usnesení č. 827 ze dne 19. října 2015, vláda uložila v bodu IX. „Nástroje k naplnění opatření při zvolení korekce limitů těžby na lomu Bílina, včetně možných sociálních opatření“ úkol „zpracovat do návrhu surovinové politiky možnost využití strategických zásob na lomu ČSA“ (bod 3.2.) a úkol „V případě přijetí varianty č. 2 (posun ÚEL jen na dole Bílina) zajistit trvalé zachování přístupu k ložisku ČSA a jeho ochrany ve stávajícím rozsahu“ (bod 13). Další hodnocení situace proběhne v roce 2020 a bude záviset především na postupu výstavby nových jaderných bloků, které by podle Státní energetické koncepce měly do budoucna nahradit významnou část tepelných elektráren. Pokud bude v budoucnosti ČR hrozit nedostatek elektřiny a tepla, není vyloučeno, že bude znovu třeba uvažovat o využití „strategických“ zásob na lomu ČSA, eventuálně o využití jiných rezervních lokalit. Je však třeba mít na zřeteli, že jakékoliv budoucí rozhodnutí o potřebě uhlí z ČSA by neznamenal okamžitý přístup k surovině. Délku legislativního procesu umožňujícího zahájení těžby lze odhadovat na 4–5 let a zhruba stejnou dobu by trvala následná těžba skrývky.

ČR má z minulosti v Severočeské hnědouhelné pánvi rezervní lokality hnědého uhlí, které byly historicky vytipovány jako výhledové pro případné využití v budoucnosti, event. Pro případ vážných energetických krizí. V minulosti vytipovaná strategická území jsou v lokalitách Bylany, Záhořany a Podlesice – Veliká Ves. Celkově tyto rezervní lokality mohou představovat cca 450 mil. tun vytěžitelných zásob uhlí, ale jde o méně výhřevné uhlí. Úkolem státní geologické služby je aktualizovat informace o těchto rezervních lokalitách (aby bylo zřejmé, zda s nimi lze jako s rezervními lokalitami počítat či nikoliv). Ve smyslu usnesení vlády č. 827/2015 lze za rezervní zásoby považovat i zásoby vysoce výhřevného uhlí z lomu ČSA za hranicí ÚEL v celkové výši cca 750 mil. tun.

Vzhledem k nepřemístitelnosti ložisek hnědého uhlí a vzhledem k jejich současnému i budoucímu významu pro energetickou bezpečnost ČR je nutno striktně vyžadovat zákonnou ochranu těchto ložisek v rámci platné legislativy. Udržení si dlouhodobé těžební schopnosti v hnědouhelném hornictví je nezbytné také jako „plán B“ pro případ řešení nečekaných či neplánovaných událostí v energetice, např. kdyby z nějakého dnes neznámého důvodu nedošlo k dostavbě nových jaderných bloků, či byla ČR nucena některé své jaderné reaktory odstavit. V takovém případě by těžba hnědého uhlí představovala jedinou alternativu k prakticky totální závislosti na zahraničních energetických zdrojích (s výjimkou domácího potenciálu OZE) a obrovské zranitelnosti společnosti v případě nepříznivých vnějších podmínek.

Současně bylo uloženo předkládat každoročně vládě do 31. prosince v letech 2016-2020 vyhodnocení plnění cílů a opatření Státní energetické koncepce a do 31. prosince 2020 v rámci periodického vyhodnocování naplňování Státní energetické koncepce předložit analýzu potřeb hnědého uhlí a dále program kompenzující ztráty pracovních míst v souvislosti s možným ukončením těžby na dole ČSA. Současně má MPO a ČBÚ v rámci správních řízení o změnách dobývacích prostorů v předpolí dolu Bílina uložit těžební společnosti přednostní využití vytěženého uhlí v ČR pro pokrytí potřeb teplárenství a zpracovat analýzu možností právní úpravy státní regulace způsobu využití hnědého uhlí pro potřeby teplárenství. Tím by měl být dán časový prostor pro další posouzení a rozhodnutí.

Rozhodnutí o dalším postupu ve věci ÚEL těžby hnědého uhlí z října 2015 sebou nese řadu dalších velmi významných sociálních a daňových souvislostí, které jsou řešeny samostatně, a bude jim věnována mimořádná pozornost. V rámci každoročního vyhodnocování plnění cílů a opatření SEK v letech 2016, které vláda rovněž uložila svým usnesením č. 827 ze dne 19. října 2015, budou vyhodnocovány i reálné potřeby energetických surovin ve vazbě na evropskou legislativu v oblasti energetiky, ochrany klimatu a ochrany ovzduší.

Očekávané těžby hnědého uhlí do konce životnosti jednotlivých povrchových lomů

Problematikou očekávaných těžeb hnědého uhlí v České republice se od roku 2010 zabývalo několik studií, které se liší v jednotlivých variantách pouze podle toho, zda dojde k úpravě územně ekologických limitů na lomech Bílina a ČSA. Vzhledem k tomu, že vláda v roce 2015 svým usnesením č. 827 rozhodla v otázce řešení problematiky územně ekologických limitů tak, že upravila limity pouze na lomu Bílina a ponechala v platnosti limity na lomu ČSA, je možno očekávat těžby na jednotlivých lomech do roku 2030 zhruba v objemech uvedených v následující tabulce. Současně tabulka zahrnuje i možnost znovu zahájení těžby na lomu ČSA v případě potřeby po roce 2030, tak jak o tom hovoří Surovinová politika z roku 2017 – viz bod 5.1.) výše. Z tabulky je patrné, že se předpokládá ukončení těžby na lomu ČSA v horizontu let 2022–2025 a postupný pokles těžby na lomu Libouš a

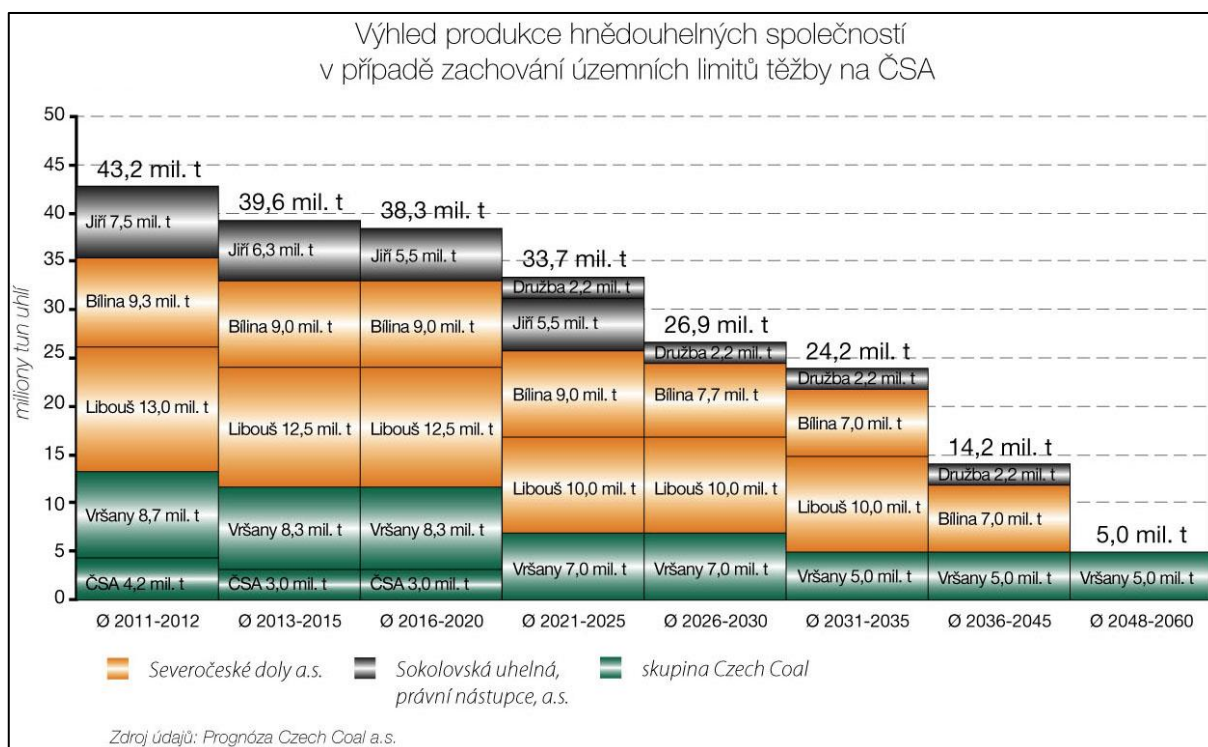
lomech Sokolovské uhelné a.s. Pokud nedojde k úpravě limitů těžby na lomu ČSA, měla by po roce 2035 těžba aktivně probíhat již jen na lomech Bílina a Vršany – zdroj dílčí výstup TE01020036DV002 – Centrum kompetence Pokročilé technologie pro výrobu tepla a elektřiny – TAČR TE01020036, 2013.

Tabulka 6 Předpoklad plánovaných těžeb zásob hnědého uhlí podle uhelných společností a lokalit do roku 2040

Rok	Těžební společnost, lokalita, predikovaná těžba [mil. t]							Celková predikovaná těžba HU [mil. t]
	SD a.s.		Seven a.s.		VUAS	SUAS		
	Libouš	Bílina	ČSA	Centrum	Vršany	Jiří	Družba	
2012	15	10	4	0,5	9	6,3	0	44,8
2013	14,5	9,5	2,7	0,5	9	6,3	0	42,5
2014	14,5	9,5	2,4		9	6,3	0	41,7
2015	14,5	9,5	2,4		9	5,6	0	41
2012-2015	58,5	38,5	11,5	1,0	36	24,5	0	170
2016	14,5	9,5	2,4		8	5,6	0	40
2017	14,5	9,5	2,4		8	5,6	0	40
2018	14,5	9,5	2,4		8	5,6	0	40
2019	14,5	9,5	2,4		8	5,6	0	40
2020	14,5	9,5	2,4		8	5,5	0	39,9
2016-2020	72,5	47,5	12	0	40	27,9	0	199,9
2012	11	7,7	2,4		8	5,5	0	34,6
2022	11	7,7	2,2		8	5,2	0	34,1
2023	11	7,7	0		8	4	0	30,7
2024	11	7,7	0		8	0	4	30,7
2025	11	7,7	0		8	0	4	30,7
2021-2025	55	38,5	4,6	0	40	14,7	8	160,8
2026	9	7,7			7	0	4	27,7
2027	9	7,6			7	0	4	27,6
2028	9	7,6			7	0	4	27,6
2029	9	7,6			7	0	4	27,6
2030	9	7,6			7	0	4	27,6
2026-2030	45	38,1	0	0	35	0	20	138,1
2012 - 2030	231	162,6	28,1	1	151,0	67,1	28	668,8

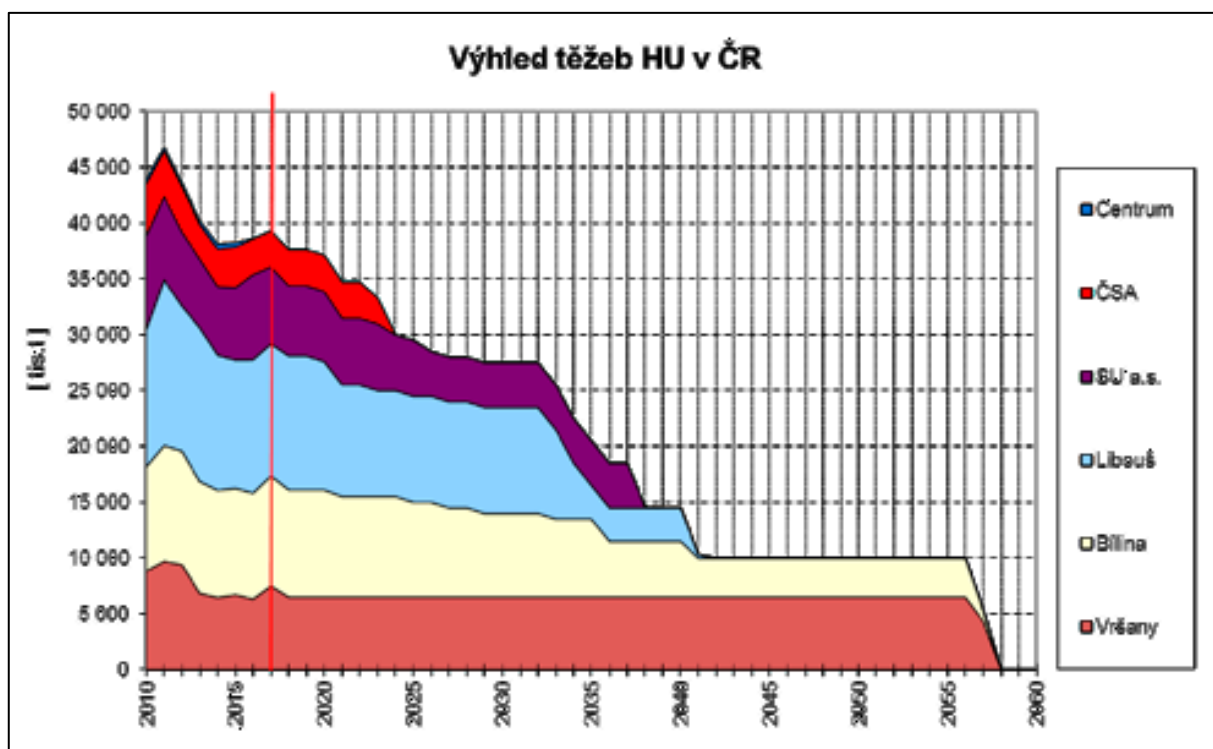
2031	9	7	6		7	4	33,0
2032	0	7	6		7	4	24,0
2033	0	7	6		7	4	24,0
2034	0	7	6		7	4	24,0
2035	0	7	6		7	4	24,0
2031 - 2035	9	35	30	0	35	0 20	129
2036	0	4	6		6	4	20,0
2037	0	4	6		6	0,3	16,3
2038	0	4	6		6		16,0
2039	0	4	6		6		16,0
2040	0	4	5,5		6		15,5
2036 - 2040	0	20	29,5	0	30	0 4,3	83,8
2031 - 2040	9	55	59,5	0	65	0 24,3	212,8
2012 - 2040	240	217,6	87,6	1	216,0	67,1 52,3	881,6

Graficky očekávaný vývoj při zachování limitů na lomu ČSA prezentují následující grafy. První graf vychází z prognózy skupiny Czech Coal uveřejněné ještě před rozhodnutím vlády o úpravě limitů na dole Bílina.



Obrázek 12 Výhled produkce hnědouhelných společností v případě zachování územních limitů těžby na ČSA

Druhý graf do prognózy těžby zahrnuje i zásoby uvolněné úpravou limitů na dole Bílina.



Obrázek 13 Výhled těžeb HU v ČR

Zdroj: MPO

Je tedy zřejmé, že těžba hnědého uhlí bude po roce 2030 rychle klesat a hnědé uhlí jako surovina pro případné chemické zpracování nebude příliš dostupné. Uhlí těžené v té době na lomech Bílina a Vršany by mělo být prioritně využíváno v teplárnách a při zásobování zbylých energetických zdrojů.

Svůj další rozvojový program definuje i největší energetická skupina v ČR – ČEZ, která nedávno oznámila svůj program útlumu uhelných energetických zdrojů. Energetická skupina ČEZ chce do roku 2035 odstavit více než polovinu kapacity uhelných zdrojů v Česku. V současné době je kapacita uhelných elektráren ČEZ v ČR 4641 MW, během dvou desetiletí bude odstaveno kolem 3000 MW výkonu. V provozu zůstanou pouze nové a modernizované elektrárny v Ledvicích, Prunéřově a Tušimicích a teplárna Mělník, která má dlouhodobě dodávat teplo pro Prahu. Současně ČEZ deklaroval, že teplárny ČEZ využívající hnědé uhlí firma neuzavře, pouze v nich přejde na jiný druh paliva.

Další osud hnědého uhlí jako suroviny pro výrobu elektřiny v hnědouhelných elektrárnách a také teplárnách závisí výrazně na přijetí a aplikaci nových emisní standardů Evropské unie pro velká spalovací zařízení (Large Combustion Plants BAT reference documents – LCP BREF), které mají začít platit v roce 2021, a jsou součástí směrnice EU o průmyslových emisích z roku 2010. Emisní limity se vztahují na elektrárny s tepelným příkonem nad 50 MW. Nejvíce ohrožené jsou elektrárny ve střední a východní Evropě, kde je okolo 25 GW instalovaného výkonu hnědouhelných elektráren nad povolenými limity NOx. Proti přijetí této směrnice a prováděcímu rozhodnutí bylo podáno několik žalob k Evropskému soudu, dosud není známo, kdy budou projednávány.

5.2 Odhadovaný technologický vývoj – využití hnědého uhlí

Uhlí jako surovina pro výrobu chemikálií

Relativně vysoké zásoby uhlí (hnědého i černého) v České republice nás nutí zamýšlet se, zda by bylo vhodné tyto vlastní zdroje uhlíkové suroviny využívat do budoucna jako suroviny pro výrobu chemikálií. Státy, které jsou bohaté na uhlí (Německo, Řecko, Velká Británie) takto uvažují a pokládají stále uhlí za strategickou surovinu, nad kterou mají kontrolu a kterou by bylo možné využít v případě naplnění nejčernějších scénářů dalšího vývoje ve světě – ropa a plyn se v těchto zemích masivně nevyskytuje. Je tedy možno tvrdit, že vše, **co dnes vyrábíme z ropy nebo zemního plynu, lze vyrobit z uhlí**. Vzhledem k vnitřní struktuře uhlí, kdy se jedná na rozdíl od ropy o pevnou makromolekulární látku, to ovšem bude vždy obtížnější a energeticky náročnější.

Je tedy potřeba nejdříve analyzovat, jaké chemikálie nebo poloproducty potřebuje chemický průmysl k tomu, aby mohl produkovat širokou paletu chemických látek a přípravků, které jsou v současnosti na trhu. Klíčovými základovými látkami jsou především ethylen, propylen, benzen, butadien a samozřejmě uhlovodíková paliva. Dnes se tyto látky vyrábějí převážně z ropy.

Výhoda ropy spočívá především v tom, že se svým frakčním i prvkovým složením blíží finálním výrobkům, a že tedy relativně jednoduchými procesními postupy převádíme uhlovodíky kapalného charakteru obsažené v ropě na komponenty paliv a monomery pro výrobu polymerů.

Uhlí je sice obdobně jako ropa koncentrovaný zdroj uhlíku, má však některé podstatné nevýhody. Jde o pevnou látku, která strukturně odpovídá zesíťované makromolekule, navíc obsahuje významné množství nežádoucích prvků a jako pevný substrát vykazuje pomalé reakce při jeho chemických přeměnách. Základní nevýhoda, tzn. jeho struktura, vždy znamená, že prvním krokem při přeměně uhlí je rozrušení jeho makromolekulárního charakteru. Přerušení uhlíkových vazeb v pevné struktuře uhlí, a navíc velký obsah balastní

vody vyžaduje vždy velké množství energie a účinnost energetická nebo materiálová je vždy podstatně nižší než v případě kapalné (ropa) nebo plynné (zemní plyn) suroviny. Vysoký obsah kontaminujících prvků (především síry, dusíku, těžkých kovů) pak v případě uhlí vždy znamená dosti velkou ekologickou zátěž. Pevný charakter pak obvykle komplikuje dávkování uhelného substrátu do chemických reaktorů a znamená vždy podstatně složitější zařízení, než je tomu v případě dávkování tekutin.

Pokud odhlédneme od občas publikovaných speciálních anebo nízkokapacitních postupů využití, lze v oblasti chemického využití uhlí mluvit o třech základních technologických variantách: pyrolýze (karbonizaci), přímém zkapalňování a nepřímém zkapalňování.

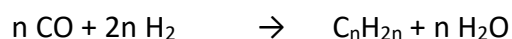
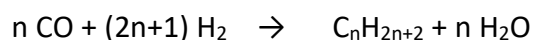
V případě pyrolýzy uhlí můžeme tento postup představit sumarizací údajů o procesu karbonizace, která byla v Československu v provozu až do 60. let minulého století. Karbonizace spočívala v zahřátí hnědého uhlí na teploty 550 až 750 °C, přičemž se kromě plynů a tuhých zbytků uvolňovala po ochlazení kapalina – dehet – s výtěžkem okolo 10 %. Výtěžek uhlovodíkových frakcí získaných následnou hydrogenací dehtů pak byl okolo 8 %. To znamenalo, že se z 1 tuny uhlí vyprodukovalo necelých 80 kg využitelných uhlovodíkových frakcí. Tyto frakce bylo možné využít i pro výrobu chemikálií. Jednalo se však o složitou technologii náročnou na množství surovin, energie, výrobní zařízení, údržbu a rovněž i na obsluhu.

Přímé zkapalňování uhlí v podstatě znamená jeho destruktivní hydrogenaci, kdy působením vodíku, katalyzátorů a za vysokých teplot (500 °C) a tlaků (30 MPa), štěpíme již zmíněnou zesíťovanou strukturu uhelné molekuly na menší fragmenty, které odpovídají frakčně složení ropy, jsou kapalné a lze je současnými rafinerskými procesy zpracovat obdobně jako ropu. Hydrogenaci uhlí, respektive jeho směsí např. s ropnými zbytky (tzv. koprocessing), byla věnována v 70. a 80. letech ve světě velká pozornost a výzkum těchto procesů byl prováděn i v ČR.

Z hlediska dnešního poznání je ovšem zdaleka nejperspektivnějším postupem nepřímé zkapalňování uhlí. Prvým krokem je jeho zplyňování, kdy za přítomnosti vodní páry a menšího množství kyslíku je uhelná hmota jen parciálně spalována za současného působení vodní páry. Teplo ze spalování do systému vnáší potřebnou energii (vysoké teploty) a umožňuje tak průběh endotermních reakcí s vodou za vzniku převážně vodíku a oxidu uhelnatého, tedy na tzv. syntézní plyn. Syntézní plyn, jak plyne již z názvu, je reaktivní směs vodíku a oxidu uhelnatého. Pro jeho využití jsou k dispozici v principu dvě základní – obě využívané a pokládáné za stejně perspektivní – syntetické cesty. Prvou je tzv. Fischerova a Tropschova syntéza (FT), druhou syntézní cestou je výroba metanolu. FT syntézou se produkují, kromě vyšších alkoholů, zejména uhlovodíkové směsi. V tomto stádiu máme k dispozici uhlovodíkové frakce prakticky shodného charakteru, jaké dnes produkujeme při zpracování ropy. Jejich transformaci na uvedené klíčové chemikálie – etylen, propylen,

butadien, benzen apod. lze pak realizovat (typicky ethylenovou pyrolýzou) běžnými petrochemickými postupy.

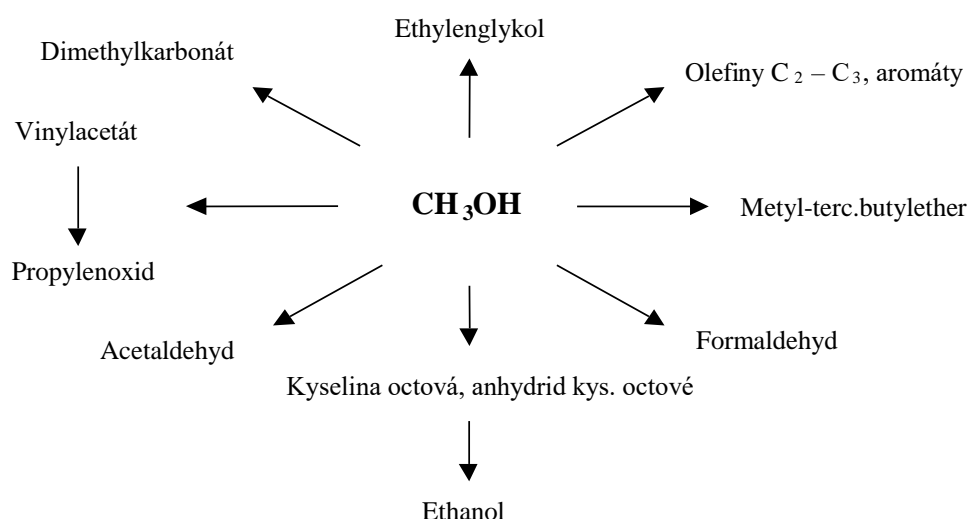
Reakční schéma Fischer Tropschovy syntézy:



Reakční schéma výroby metanolu:



Metanol pak představuje chemikálii s rozsáhlými možnostmi dalších chemických přeměn. Jednou z nich je transformace na klíčové olefiny (etylen a propylen). Syntézní cesty jsou patrné z následujícího schématu.



Obrázek 14 Schéma aplikačních možností methanolu

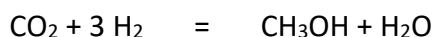
Přesto, že se nepřímé zkapalňování uhlí považuje za neekonomičtější postup, výtěžky důležitých výrobků jsou (ze shora uvedených důvodů) podstatně nižší, než je tomu v případě ropy.

Výroba methanolu

Technologie výroby methanolu vycházejí ze stejného syntézního plynu, jako používá Fischer-Tropschova syntéza. Tento syntézní plyn je možné opět vyrábět buď zplyněním uhlí,

či štěpením zemního plynu, příp. i jiných org. látek (např. ropné zbytky). Technologie vycházející z uhlí jsou dnes rozšířeny především v Asii. V devadesátých letech min. století byla zvažována výstavba technologie výroby methanolu jako navazující technologie využití syntézního plynu v Tlakové plynárně v Ústí n. Labem – Užíně. Nakonec však k realizaci této technologie nedošlo. Bývalé Československo však bylo výrobcem technologií syntézy methanolu pro celý východní blok (Královopolská strojírna Brno).

Syntéza methanolu ze syntézního plynu probíhá podle následujících rovnic:



Obě probíhající reakce jsou exotermní a probíhají za zvýšeného tlaku (až 30 MPa).

Ve světě jsou nejvíce rozšířeny dvě základní technologie výroby methanolu:

- technologie ICI (kterou se vyrábí asi 60 % světové produkce methanolu)
- technologie Lurgi (kterou se vyrábí asi 30 % světové produkce methanolu)

Technologie zplyňování uhlí

Zplyňování (gasifikace) je pojem obecně užívaný pro termickou přeměnu hlavně tuhých paliv na plynné palivo. Například, uhlí může být takto přeměněno na palivový nebo syntézní plyn, složený hlavně z vodíku a oxidu uhelnatého. Důvodem ke zplyňování uhlí a spoluzplyňování s biomasou a odpady může být následně zlepšené využití, doprava apod. plynného paliva, výroba chemikálií, kapalných paliv a často výroba plynu pro efektivní využití v kombinovaných cyklech s vysoce-účinnou výrobou elektrické energie nebo kombinovanou výrobou elektrické energie a tepla. Pevná paliva pro zplyňování zahrnují uhlí, biomasu (hlavně dřevo), petrochemický koks, hořlavé břidlice, těžké oleje a pevné odpadky. Konverze syntézního plynu na kapalná paliva je také doprovázena reformovacím procesem (konverze CH_4 a jiných uhlovodíků na CO a H_2) a katalytickou konverzí části CO na CO_2 pomocí reakce s vodní parou (tzv. WGS proces), kterou se upravuje poměr H_2/CO v plynu, který slouží potom k následné výrobě kapalných paliv katalytickými procesy (např. Fischer-Tropschův proces). Nejdůležitější a k vlastnímu pojmu zplyňování je nejbližší zplyňování tuhých paliv.

Transformace pevných paliv na plynná paliva zahrnuje obecně následující procesy:

1. Vypařování vlhkosti
2. Pyrolýzu a následné uvolnění těkavých látek
3. Sekundární reakce prchavých látek v plynné fázi
4. Heterogenní reakce uhlíkatého zbytku na plyny (hoření a vlastní zplyňování uhlíku)
5. Transformaci minerálních látek z původního paliva na popel.
6. Zdrojem tepla jsou buď spalovací (exotermní) reakce nebo dodávka tepla z okolí

Zplyňovací zařízení vhodné zvláště pro kombinované paroplynové cykly (IG CC)

Základní rozdělení zplyňovacích technologií je podle velikostí částic uhlí, jejich pohybu v zařízení a provozní teploty. Podle těchto parametrů se obvykle rozdělují zplyňovací technologie na tři typy: s nehybnou či pomalu se sunoucí vrstvou větších částic uhlí (nad asi 10 mm), s fluidní vrstvou (stacionární nebo cirkulující) a s hořákovým zplyňováním (entrained flow gasification) malých částic uhlí (pod asi 0.1 mm).

V případě zplyňovacích reaktorů s pomalu klesajícím ložem uhelných částic (např. v kombinátu Vřesová) se využívá tlakové technologie, uhlí se přivádí shora a pomalu klesá v reaktoru do dolní části, kde se přivádí kyslík s vodní parou. Tam je nejvyšší teplota (teplota stoupá shora směrem dolů). Teplota v dolní části reaktoru je buď pod teplotou tání popela nebo (při výtavném uspořádání, typ BGL) je teplota vyšší než bod tání popela. V důsledku relativně nižších teplot v horní části reaktoru, kde se odvádí surový plyn, je v surovém plynu relativně vysoká koncentrace dehtových sloučenin. Dodávání uhlí do tlaku vyžaduje tzv. systém tlakových zásobníků s oddělovacími zámky (pressurized lock hoppers system).

Zplyňovací reaktory s fluidní vrstvou se vyznačují tím, že zplyňovací plynné medium (směs vzduch/pára nebo O_2 /pára) zároveň udržuje vrstvu částic uhlí a popela ve vznosu (fluidační medium). Teplotní pole je ve fluidní vrstvě vyrovnané (uniformní, izoterní) a teplota ve fluidní vrstvě (obvykle 830–920 °C) je pod teplotou tavení popelovin, aby nedocházelo k aglomeraci částic popela. Podle typu zařízení je většina popela odváděno přes cyklon (zařízení s cirkulující fluidní vrstvou) nebo z fluidní vrstvy spodem, jako tzv. spodní popel. V důsledku podmínek zplyňování konverze uhlí u fluidního zplyňování není nikdy 100 % (jsou ztráty uhlíku v popelu) a surový plyn obsahuje obvykle významné koncentrace dehtových aromatických sloučenin. Zařízení s fluidní vrstvou mohou být provozována jak za atmosférického tlaku, tak i za zvýšeného tlaku.

U hořákového zplyňování uhlí může být uváděno nahoře nebo blízko spodku reaktoru bočními hořáky. Částice uhlí mohou se pohybovat směrem dolů nebo směrem nahoru. Ke zplyňování se používá směs O_2/H_2O pára, aby se dosáhlo vyšší teploty (obvykle nad 1300 °C), nad teplotou tání popela. Popel se tudíž odvádí v podobě taveniny (strusky). V případě jak systému s pohybem částic směrem dolů, tak i nahoru se také surový plyn pohybuje stejným směrem jako částice (sou proud). Teplotní profil je v hořákovém zplyňovacím reaktoru prakticky blízko izoternímu chování, s výjimkou oblasti, kde probíhá hlavně spalování. Doba prodlení části uhlí ve zplyňovacím reaktoru je krátká, několik sekund. Vysoká teplota má výhodu v tom, že se termicky rozloží dehtovité látky (plyn je směsí H_2 , CO , CO_2 , H_2O a něco málo CH_4). U vyrobeného plynu je důležité využití citelného tepla (např. výroba vysokotlaké páry). U hořákového zplyňování uhlí je možné využít také dvou-stupňový zplyňovací proces. Komerční hořákové zplyňovací reaktory pro vyšší provozní tlak s odváděním roztaveného popela a využitím citelného tepla vyrobeného plynu jsou velmi užitečné pro IGCC aplikace i pro výrobu vodíku, amoniaku a metanolu, protože neobsahují

dehty v surovém plynu. Několik typů hořákových zplyňovacích uspořádání, vyvinutých a postavených firmami GE, Shell, Siemens, CB&I, MHI a Thyssen-Krupp prokázalo svoji velmi dobrou využitelnost pro tyto účely (IGCC a polygenerace pro výrobu chemikálií).

Nové technologie zplyňování uhlí a kombinace IGCC se zachycováním CO₂ (IGCC-CCS procesy)

Pro zplyňování nízko-kvalitních popelnatých uhlí, hlavně prachových zbytků (pod 0,25 mm) z těžby a úpravy uhlí a kvůli snížení investičních nákladů byla vyvinuta tato technologie INCI. Technologie využívá na vstupu suchého uhlí a je založena na kombinaci pomalu se sunoucí se vrstvy a fluidní vrstvy v jedné reakční komoře. Vstupní proudy plynů jsou rozděleny na dva (do sunoucí se vrstvy a pro tvorbu tryskající fluidní vrstvy). Směsi plynů mohou obsahovat kyslík s vodní parou, O₂+ CO₂ nebo i kombinované směsi, dokonce i s menší koncentrací dusíku. Výstupní teplota plynů může být (podle chování popelovin) asi 1000–1100 °C, provozní tlak 20–30 barů, čímž se snižuje potřeba kyslíku pro spalovací proces a vývoj tepla ve srovnání s hořákovým zplyňováním. Popel není roztaven, jen může aglomerovat a klesat do spodní části, kde ovšem uhlík, i v popelových aglomerátech, je oxidován a zplyňován. Výstupní spodní popel má údajně obsah uhlíku pod 5 %. Uvádí se, že tento koncept zlepšuje účinnost IGCC asi o 3–5 % při snížení investičních nákladů o 20–30 % oproti hořákovému výše-teplotnímu zplyňování. Výstupní plyn při teplotě nad asi 1050 °C už má jen nízký obsah dehtu. Další energetické úspory se mohou dosáhnout vhodným uspořádáním chlazení surového plynu (pro další čištění s využitím absorpce) s využitím citelného tepla plynu k ohřevům a tvorbě páry.

Technologie využívající kombinace zplyňování a palivových článků (IGFC)

Další možnost, jak zvýšit účinnost výroby elektrické energie na bázi uhelného zplyňovacího procesu, je kombinace zplyňování, středně nebo vysoko-teplotního čištění palivového plynu a využití palivových článků (MCFC nebo SOFC). Výhodnější se zdají pro tento účel palivové články typu SOFC (Solid Oxide Fuel Cell), protože mohou pracovat při vyšších teplotách (nad 700 °C), mohou dosahovat vyšší účinnosti a jako palivo mohou využívat dokonce i metan, směs CO+H₂ apod., zvláště s využitím vnitřního reformingu pro konverzi paliva na vodík. Obr. 4. Jednotky na bázi zplyňování uhlí kombinované s SOFC mohou dosahovat celkové účinnosti výroby elektrické energie nad 52 %.

Obecně, na základě analýz vyplývá, že integrace IGFC s CCS procesem k odstranění CO₂ vede jen k malému snížení celkové účinnosti (asi 3–4 %) ve srovnání s kombinací klasické IGCC s CCS procesem, kde ztráta účinnosti je nad 5 % (asi 5-10 %). Demonstrační jednotka s kombinací IGFC v kombinaci s CCS je plánována v Japonsku (realizace v tomto nebo v dalším roce). Problémem je technologické nedořešení středně a vysokoteplotního čištění

palivového plynu a problémy s dlouhodobější provozní spolehlivostí palivových článků typu SOFC.

Technologie ekologicky přijatelného využití uhlí – čisté uhelné technologie CCT

Kromě přímého využití uhlí pro výrobu chemikálií je možno v budoucnosti stále uvažovat i s technologiemi využívajícími spalování uhlí při výrobě elektrické energie či tepla a využití technologií pro zachycování produkovaného CO₂ a jeho následného využití pro chemickou výrobu.

Tyto technologie (CCT) musí splňovat následující ekologické a technické požadavky:

- vysoká účinnost přeměny energie obsažené v uhlí na el. energii,
- nízká produkce škodlivin do ovzduší,
- dekarbonatace spalin (záchyt CO₂ ze spalin),
- nízká produkce odpadů,
- minimální požadavky na spotřebu pomocných látek (např. vápenec pro odsíření či čpavek pro denitrifikaci spalin).

Do skupiny technologií ekologického využití uhlí k výrobě elektřiny a tepla patří následující typy technologií:

- klasické technologie pracující s nadkritickou parou (krit. bod: 374 °C, 22 MPa), vybavené odsířením a denitrifikací spalin, příp. dekarbonatací spalin,
- zplynění uhlí, vyčištění plynu a jeho spalování v turbínách (paroplynové elektrárny),
- spalování uhlí v prostředí kyslíku (oxy-fuel proces),
- tlakové spalování uhlí s plynovou a parní turbínou,
- klasické technologie dovybavené zařízením pro záchyt CO₂ ze spalin,
- technologie s vysokoteplotní karbonátovou smyčkou.

Z těchto technologií ČR zatím využívá pouze technologie s nadkritickou parou v Elektrárně Ledvice a technologie zplynění uhlí, vyčištění plynu a jeho spalování v plynových turbínách v Paroplynové elektrárně SU a.s. ve Vřesové. Tato technologie však není vybavena zařízením pro zpracování zachyceného CO₂, který je ponechán v plynu za účelem zvýšení účinnosti plynové turbíny. V daném uspořádání tedy technologie nevyhovuje požadavkům pro čisté uhelné technologie. Její transformace na tuto úroveň je však technicky proveditelnou záležitostí.

Technologie s nadkritickou parou

Jedná se o oblíbený a ve světě značně rozšířený typ technologií, které dosahují ve srovnání s technologiemi pracujícími s podkritickou parou vyšší účinnosti výroby el. energie. To je však kompenzováno vyšší ekonomickou náročností při stavbě zařízení, protože se pro exponované části kotle používají speciální materiály odolávající dlouhodobě vysokým teplotám, vysokým tlakům páry a silně koroznímu prostředí. Tento typ technologií zřejmě představuje pro ČR jednu z nejlepších variant pro budoucí rozvoj uhelné energetiky, pokud budou dovybaveny zařízením na odstraňování CO₂ ze spalin.

V ČR je daná technologie realizována v Elektrárně Ledvice, která má následující parametry:

- kotel s práškovým topeništěm, výška 141 m, 8 ventilátorových mlýnů,
- spotřeba uhlí 72 t/hod.,
- teplota páry je 610 °C, tlak páry 28 MPa, množství páry je 1680 t/hod., tlak napájecí vody 28 MPa,
- blok je vybaven kondenzační turbínou,
- max. elektrický výkon bloku je 660 MW,
- čistá el. účinnost nového bloku je 42,5 %, hrubá el. účinnost 47 %,
- mokrá vápencová metoda odsíření spalin (SO₂ <150 mg/m³),
- spaliny jsou odváděny do chladicí věže,
- elektrárna spaluje uhlí z Lomu Bílina,
- součástí zařízení není technologie pro zachycování CO₂ ze spalin.

Technologie založené na zplynění uhlí, vyčištění plynu a jeho spalování v turbínách

Tato technologie v modifikované podobě je dnes provozována v Tlakové plynárně Vřesová SU a.s. Původně byla vybudována v 60. letech min. století pro účely výroby svítiplynu pro rozvodné plynárenské sítě. Vyrobený plyn je čištěn technologií Rectisol, která umožňuje odstranění CO₂, H₂S, vyšších uhlovodíků a dalších org. látek z plynu. Oxid uhličitý odstraněný z plynu během provozu tlakové plynárny v režimu výroby svítiplynu však nebyl zpracován a ukládán, nýbrž byl vypouštěn do ovzduší. Po přechodu plynárenské soustavy ČR na zemní plyn byla plynárna přestavěna na paroplynovou elektrárnu. Přestavba spočívala především v doplnění technologie o dvě plynové turbíny s generátory spalujícími vyrobený plyn a dvě parní turbíny s generátory poháněné parou vyrobenou z odpadního tepla spalin. Dále byl upraven provozní režim technologie čištění plynu Rectisol zvýšením teploty pracího média (methanolu), což vedlo k tomu, že hlavní díl CO₂ nebyl již z plynu vypírán. Důvodem úpravy pracovního režimu technologie Rectisol byla úspora provozních nákladů (energie na chlazení pracího média) a dále také skutečnost, že CO₂ ponechaný v plynu zvyšuje účinnost plynové turbíny, protože funguje jako účinné expanzní médium.

Po případném zavedení přísných legislativních požadavků na omezení emisí CO₂ z energetických zdrojů spalujících fosilní paliva by bylo technicky možné přizpůsobit

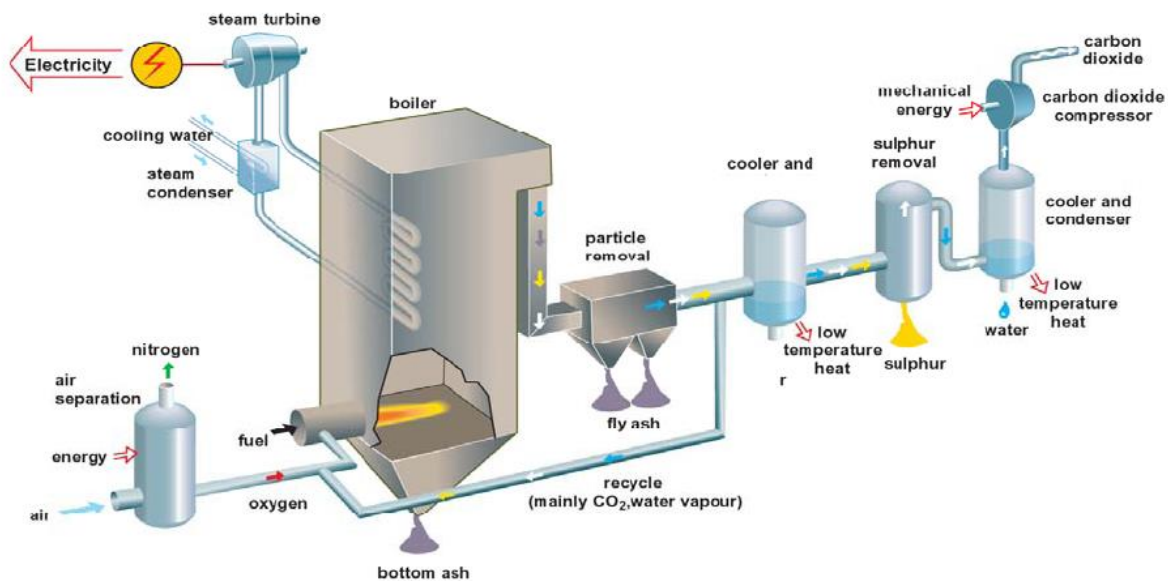
technologie ve Vřesové i k zachytu CO₂ z plynu. Konkrétní způsob úpravy zařízení by se odvíjel od legislativních požadavků (nároků na úroveň snížení emisí CO₂). Při nižších nárocích na snížení emisí CO₂ o méně než 50 %) by bylo postačující nastavení technologie čištění plynu Rectisol do původního režimu provozu a dovybavení zařízení o technologii zpracování zachyceného CO₂ (kompresie + zkapalnění + skladování kapalného CO₂). Dále by bylo potřeba vyřešit expedici CO₂ do prostoru budoucího úložiště, a to buď po železnici, nebo potrubím. Vhodná úložiště pro ukládání zachyceného CO₂ do podzemí byla vytipována v okolí Žatce.

Při přísnějších legislativních požadavcích na účinnost zachycování CO₂ by bylo zapotřebí technologii dovybavit ještě dalším zařízením. Vyčištěný plyn obsahuje jako hlavní složky vodík a oxid uhelnatý, který není v technologii čištění plynu Rectisol odstraňován. Jeho spalováním ve spalovací komoře plynové turbíny je produkován další CO₂. Moderní technologie tohoto typu realizované ve světě proto obsahují jako další stupeň úpravy plynu technologii katalytické konverze CO v plynu jeho reakcí s vodní parou na CO₂ a vodík. Technologie odstranění CO₂ z plynu je v tomto případě instalována až za konverzní katalytický stupeň, aby bylo zajištěno odstranění veškerého CO₂ z plynu. Vyčištěný a upravený plyn tak obsahuje pouze vodík. Aby jej bylo možné spalovat ve vhodné turbíně, míchá se vodík obvykle s dusíkem produkovaným v kyslíkárně, která je zapotřebí pro výrobu kyslíku pro tlakové zplyňování uhlí, a která jako další produkt poskytuje dusík.

Jako příklad takové provozní jednotky realizované ve světě je možné uvést Paroplynovou elektrárnu Kemper County realizovanou v USA (Mississippi). Tato elektrárna byla původně postavena jako paroplynová elektrárna používající hnědé uhlí v technologii zplynění uhlí, konverze CO na CO₂ a spalování vyčištěného plynu v plynové turbíně. El. výkon bloku je 582 MW, roční množství zachyceného CO₂ činí asi 3,5 mil. tun. Provoz elektrárny byl zahájen v r. 2016. Objevily se technické problémy v prvních stupních technologie (výroba plynu), proto byla elektrárna v r. 2017 upravena na provoz na zemní plyn, který je konvertován na CO a vodík tak, aby bylo možné provozovat technologii zachytu CO₂, která pracuje na principu aminové vypírky.

Technologie založené na spalování uhlí v prostředí kyslíku

Jedná se o nový typ technologií (označovaných jako oxy-fuel) vyvíjených speciálně pro účely možného zachycování CO₂. Palivo se v tomto případě spaluje nikoliv ve směsi se vzduchem, nýbrž ve směsi kyslíku (cca 20 %) a CO₂ (zbytek). Spaliny tak obsahují jako hlavní složky pouze CO₂ a vodní páru, takže je relativně jednoduché jejich zpracování na čistý CO₂. Ten je možné ukládat do podzemí nebo využít k jiným účelům. Schématické znázornění technologie oxy-fuel je na obr. 15.



Obrázek 15 Schématické znázornění technologie oxy-fuel

Technologie je vybavena klasickým zařízením na odstraňování SO_2 ze spalin pracujícím na principu mokré vápencové vypírky. Množství spalin, které je nutné vyčistit od SO_2 a zbavit vodní páry, je ve srovnání s klasickým elektrárenským blokem asi pět krát nižší, protože spaliny neobsahují dusík ze spalovacího vzduchu. Množství recyklovaných spalin je asi čtyři krát větší než množství spalin odváděných ke zpracování.

Pilotní jednotka technologie oxy-fuel byla postavena v německém Schwarze Pumpe a uvedena do provozu v září 2008. Výkon zařízení je $30 \text{ MW}_{\text{el}}$, účinnost odstranění CO_2 cca 95 %, čistota produkovaného CO_2 vyšší než 99 %. Náklady na odstraňování CO_2 se pohybovaly kolem 20 €/t. Zachycený CO_2 byl ukládán v salinném aquiferovém zásobníku Altmark (vytěžené plynové ložisko). Jeho kapacita je odhadována na 508 mil. t CO_2 . Doprava zkapalněného CO_2 byla realizována nákladními automobily. V roce 2010 byl provoz zařízení ukončen z důvodů protestů obyvatelstva v místě ukládání CO_2 .

Technologie oxy-fuel je jistě jednou z technologií, které najdou průmyslové uplatnění při energetickém využití uhlí v budoucnosti. Její aplikace je však možná pouze v podobě nových elektrárenských bloků. Nevýhodou je nutnost stavby kyslíkárny oproti stávajícím technologiím, výhodou pak menší zařízení pro zpracování spalin a skutečnost, že v procesu spalování bez dusíku vzniká minimum oxidů dusíku, které pocházejí především z paliva.

Technologie založené na tlakovém fluidním spalování uhlí s plynovou a parní turbínou

Tyto moderní technologie spalování uhlí za zvýšeného tlaku (až 1,6 MPa) se do provozní praxe začínají prosazovat v posledních 20 letech. Aby byl umožněn provoz spalovacího kotle při zvýšeném tlaku, je celé spalovací zařízení umístěno v tlakové nádobě,

do které je pod zvýšeným tlakem přiváděn komprimovaný spalovací vzduch. Tento vzduch, který slouží jako tepelná ochrana vnějšího tlakového pláště, se po přehřátí teplem sálajícím ze spalovacího kotle používá jako spalovací vzduch. Konstrukce vlastního spalovacího zařízení tedy nemusí být v tlakovém provedení, protože na obou stranách zřízení je přibližně stejný tlak.

Základní pracovní podmínky provozu tlakových spalovacích kotlů:

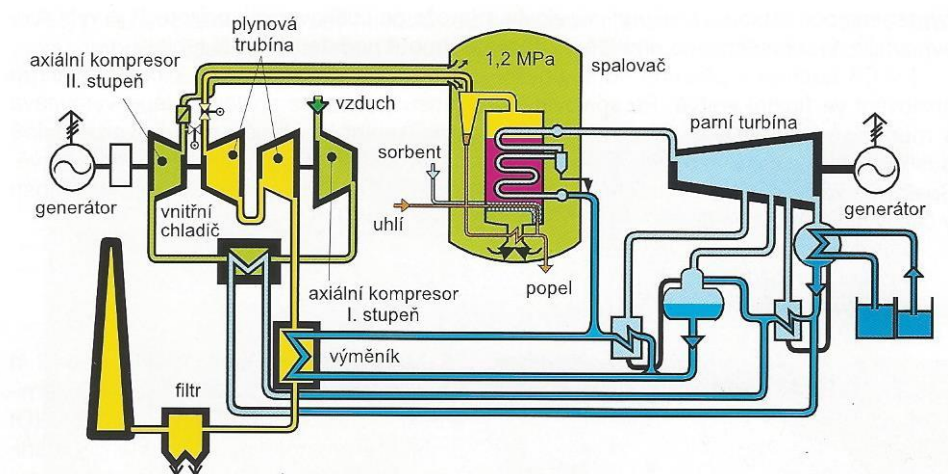
- spalovací teplota: 850–900 °C
- tlak: až 1,6 MPa
- účinnost procesu: cca 45 % pro výrobu el. energie
- produkce el. energie v parní turbíně: cca 80 %
- produkce el. energie v plynové turbíně: cca 20 %, turbína pohání také vzduchový kompresor

Elektrárna pracující na principu tlakového spalování uhlí má ve srovnání s klasickou elektrárnou následující výhody:

- menší velikost zařízení,
- vyšší účinnost spalování,
- možnost účinného omezení emisí již ve spalovacím zařízení (při zvýšeném tlaku je lepší koeficient přestupu hmoty).

Nevýhodou je složitější konstrukce zařízení daná nutností tlakového provedení technologie.

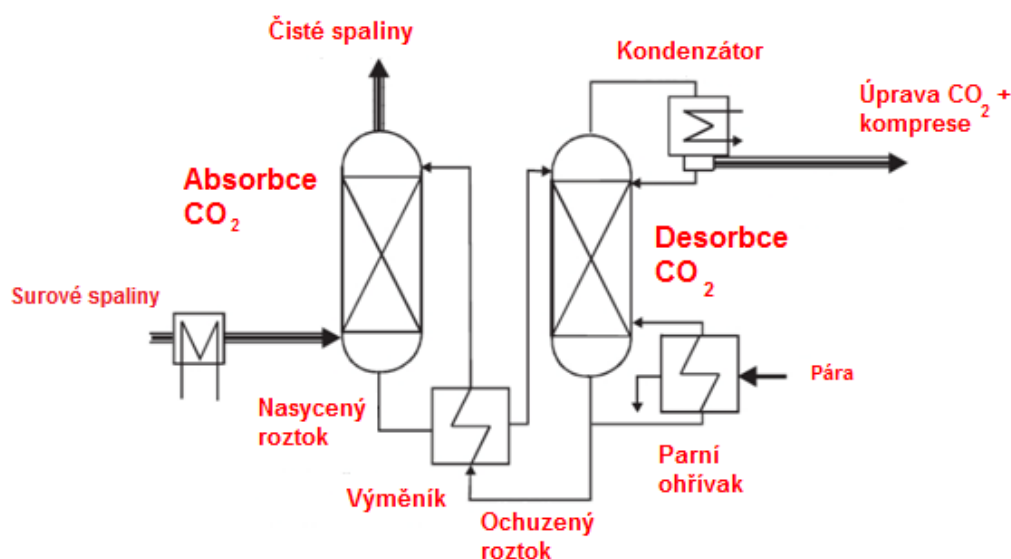
Schématické znázornění technologie tlakového fluidního spalování je na obr. 10. Tyto jednotky tlakového fluidního spalování byly realizovány na mnoha místech ve světě, např. Stockholm (Švédsko), Escatron (Španělsko), Tidd (USA), Wakamatzu (Japonsko), Cottbus (Německo) a další.



Obrázek 16 Schématické znázornění technologie tlakového fluidního spalování uhlí

Klasické technologie dovybavené zařízením pro záchyt CO₂ ze spalín

V těchto případech se předpokládá, že současně provozované technologie výroby elektřiny a tepla budou dovybaveny zařízením pro záchyt CO₂ ze spalín. V současné době jsou vyvíjeny technologie pracující na principu absorpce CO₂ v alkalických pracích roztocích nebo technologie adsorpce CO₂ na vhodných adsorbentech. Schematické uspořádání absorpční technologie záchytu CO₂ ze spalín je na obr. 17.



Obrázek 17 Schéma absorpční technologie odstraňování CO₂ ze spalín

Zdroj: Výzkum vysokoteplotní sorpce CO₂ ze spalín s využitím karbonátové smyčky, projekt Hitecarlo, NF-CZ08-OV-1-005-2015.

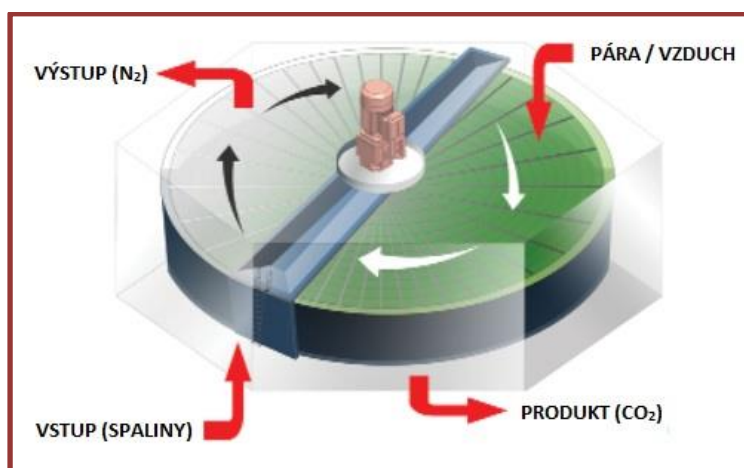
Jako prací roztoky se používají buď roztok amoniaku nebo roztoky org. aminů ve vodě. Firmy vyvíjející tyto technologie mají obvykle patentově chráněno své složení pracovního roztoku, který kromě alkalické složky a vody obsahuje také různé antikoroziční přísady a stabilizátory.

Tyto technologie jsou provozně realizovány na dvou uhelných elektrárnách v Kanadě (Boundary Dam) a v USA (Thompson). V prvním případě je k záchytu CO₂ ze spalín použita amínová vypírka vyvinutá firmou Cansolv, která je instalována na uhelném bloku o el. výkonu 130 MW. Technologie byla uvedena do provozu v roce 2016, ročně zachytí asi 1 mil. t CO₂.

V případě uhelné elektrárny Thompson (Texas) je použita amínová vypírka vyvinutá firmou PETRA NOVA, která je nainstalována na uhelném bloku o výkonu 650 MW. Zařízení

bylo uvedeno do provozu v roce 2017 a zachytí asi 1,6 mil. t CO₂ ročně. Zachycený CO₂ je vtlačěn do nedalekého ropného ložiska, což přispívá k podstatnému zvýšení jeho výtěžnosti.

Další technologií vyvíjenou pro záchyt CO₂ ze spalin je technologie pracující na principu adsorpce CO₂ na vhodných adsorbentech s následnou termickou desorpcí zachyceného CO₂ zvýšením teploty. Tuto technologii označovanou jako VeloxoTherm (adsorpční kolo) vyvíjí firma Inventys. Schematické znázornění technologie VeloxoTherm je na následujícím obrázku č. 18.



Obrázek 18 Schéma technologie VeloxoTherm

Zdroj: <http://inventysinc.com/>

Jednotlivé segmenty adsorpčního kola jsou vyplněny speciálním strukturovaným adsorbentem na bázi aktivního uhlí. Fotografie modulů tvořících výplň kola je na obrázku 19.



Obrázek 19 Moduly tvořící výplň jednotlivých segmentů adsorpčního kola

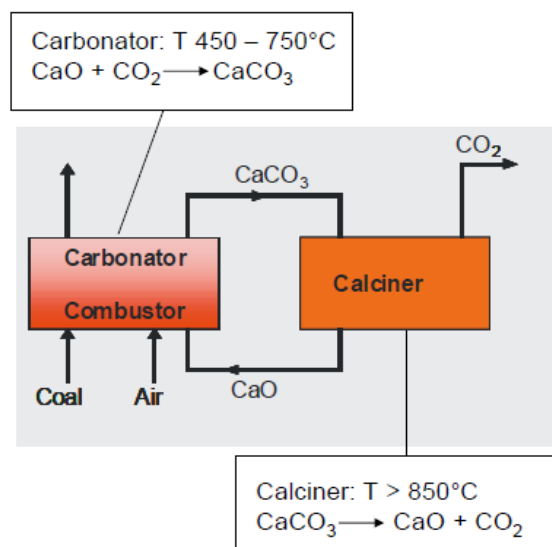
Zdroj: <http://inventysinc.com/>

Záchyt CO₂ ze spalin v adsorpčním kole probíhá při teplotách 50–60 °C (spaliny za výstupem z odsíření). Regenerace sorbentu nasyceného CO₂ se provádí zahřátím pomocí vodní páry, přičemž dojde u desorpci CO₂ v čisté podobě. Po jeho následném ochlazení (kondenzace vody) je možné CO₂ z plynu komprimovat a zkapalnit. Provoznímu nasazení této technologie zatím brání nízká sorpční kapacita sorbentu použitého pro záchyt CO₂. Firma Mitsubishi však vyvíjí speciální sorbent na bázi organických polyaminů, který má pro CO₂

podstatně vyšší sorpční kapacitu. Provozní náklady této technologie jsou ve značné míře ovlivněny právě tímto parametrem.

Technologie s vysokoteplotní karbonátovou smyčkou

Technologie s vysokoteplotní jsou vyvíjeny speciálně s cílem využití procesního tepla uvolňovaného v procesu záchytu CO₂, což vede ke snížení provozních nákladů čistícího zařízení i menšímu poklesu čistě el. účinnosti bloku ve srovnání s jinými technologiemi. Technologie vysokoteplotní karbonátové smyčky pracují na principu chemisorpce škodlivin (SO₂, CO₂) na vhodných alkalických sorbentech, nejčastěji na CaO. Aby dané chemické reakce probíhaly s dostatečnou rychlostí, je třeba pracovat při vyšších teplotách (ideálně kolem 650 °C). Reakční teplo, které se uvolní při reakcích SO₂ a CO₂ se sorbentem, přechází do spalin a je využitelné k výrobě vysokotlaké páry. Regenerace produktů čištění se provádí jejich zahřátím na teploty nad 850 °C, při kterých se uhličitán vápenatý vzniklý v procesu dekarbonatace spalin rozloží zpět na oxid vápenatý a CO₂ o vysoké koncentraci. Ten je možné po ochlazení a kompresi zkapalnit. Síran vápenatý, který se tvoří při odsíření spalin, je tepelně stabilní a při teplotách do 1300 °C se nerozkládá. Proto je nutné jej z procesu oddělovat a nahrazovat novým vápencem. Jak zařízení pro chemisorpci škodlivin ze spalin, tak i zařízení pro regeneraci sorbentu používají fluidní reaktory, které zaručí vysokou rychlost výměny tepla i hmoty. Schématické znázornění procesu vysokoteplotní karbonátové smyčky je na obr. 20.



Obrázek 20 Schéma procesu vysokoteplotní karbonátové smyčky.

Zdroj: Výzkum vysokoteplotní sorpce CO₂ ze spalin s využitím karbonátové smyčky, projekt Hitecarlo, NF-CZ08-OV-1-005-2015.

Technologie vysokoteplotní karbonátové smyčky pracující s fluidní vrstvou sorbentu má následující výhody:

- intenzivnější přestup tepla a hmoty ve srovnání se stacionární vrstvou sorbentu,
- menší velikost zařízení,
- stejná teplota v celém prostoru reaktoru,
- současné odsíření a dekarbonatace spalin,
- možnost separace těžších částic síranu vznikajících reakcí SO_2 s adsorbentem.

Nevýhodou procesu karbonátové smyčky je skutečnost, že jej nelze aplikovat na již provozované elektrárenské bloky, protože čistící zařízení je integrováno do vysokoteplotní části spalinového traktu a vyžaduje jinou konstrukci celého zařízení.

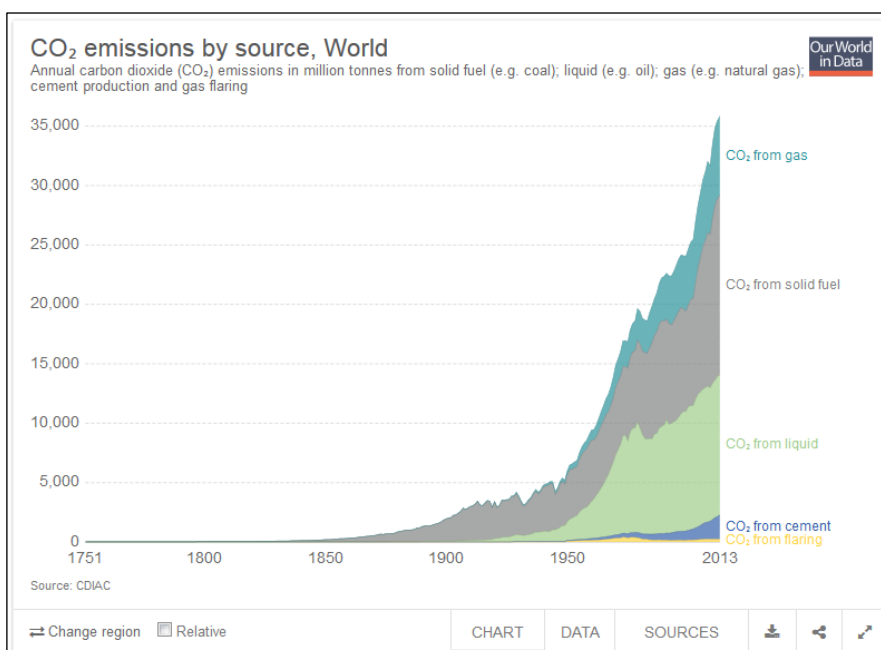
Technologie vysokoteplotní karbonátové smyčky je zatím realizována pouze v pilotním měřítku. To slouží k ověření a testování celého procesu. Největší pilotní zařízení je v provozu v Elektrárně La Pereda (Španělsko). Jednotka má výkon 1,7 MWth a pracuje se dvěma fluidními reaktory o průměrech 70 cm a výškách 15 m.

Možnosti využití zachyceného CO_2 – umělá fotosyntéza

zdroj – Ing. Leoš Gál, ČTP Biopaliva, TEMA Special – Hnědé uhlí, OHK Most 2018

Pro většinu vyspělých zemí byla Pařížská dohoda silným signálem pro vědu a výzkum. Jelikož Dohoda stanovuje, i výhledově, dlouhodobou záruku atraktivity „likvidace“ CO_2 , stala se silným impulsem rozvoje výzkumu problematiky konverze CO_2 .

emise

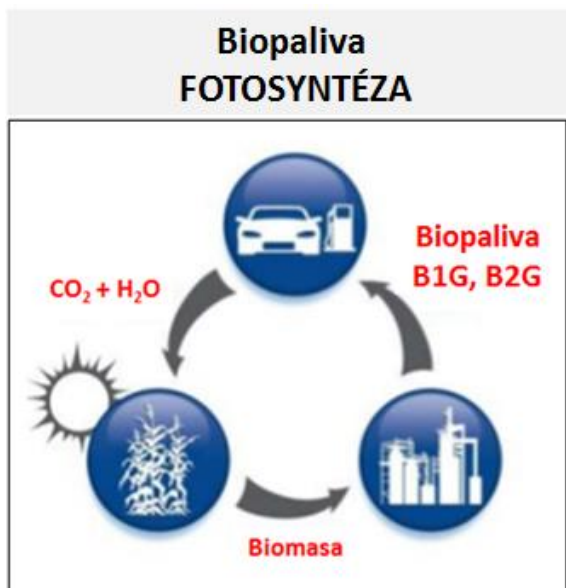


Obrázek 21 Roční dle regionu

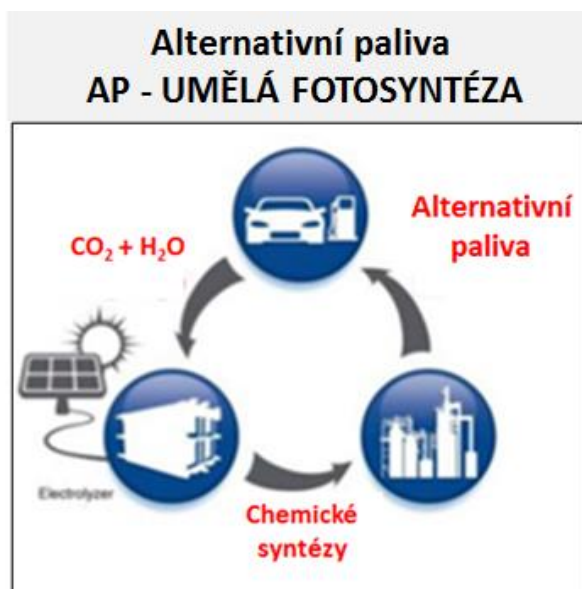
Obrázek 22 Roční emise dle zdroje vzniku

Faktem je, že se jedná o komplikovaný ale „nevyčerpatelný“ zdroj, kterého následná transformace nemá konflikt (na rozdíl od biomasy).

Hovoří se o umělé fotosyntéze (Artificial Photosynthesis). Kde člověk kopíruje přírodní postupy a vychází z nekonfliktních zdrojových surovin voda (resp. vodík), slunce (resp. kvantová energie) a CO₂. Klasický přístup k biopalivům první generace B1G či druhé generace B2G, využívá slunce, vodu a CO₂ k produkci biomasy a ta je následně transformována na biopaliva. Samotná efektivita využití energie fotosyntézou je přitom nízká – v řádu jednotek procent. Opatrnost k pojmu „nevyčerpatelná zdrojové báze“ je ale vždy na místě. Je však bezesporu nulová u slunce, minimální u CO₂ a fakt, že hladiny oceánů stoupají ročně o cca 3,2 mm/rok vytváří dlouhodobě stabilní základ pro budování efektivní technologické nadstavby. Klíčovou roli v přechodu na produkci alternativních paliv však hraje dostupnost levného vodíku.



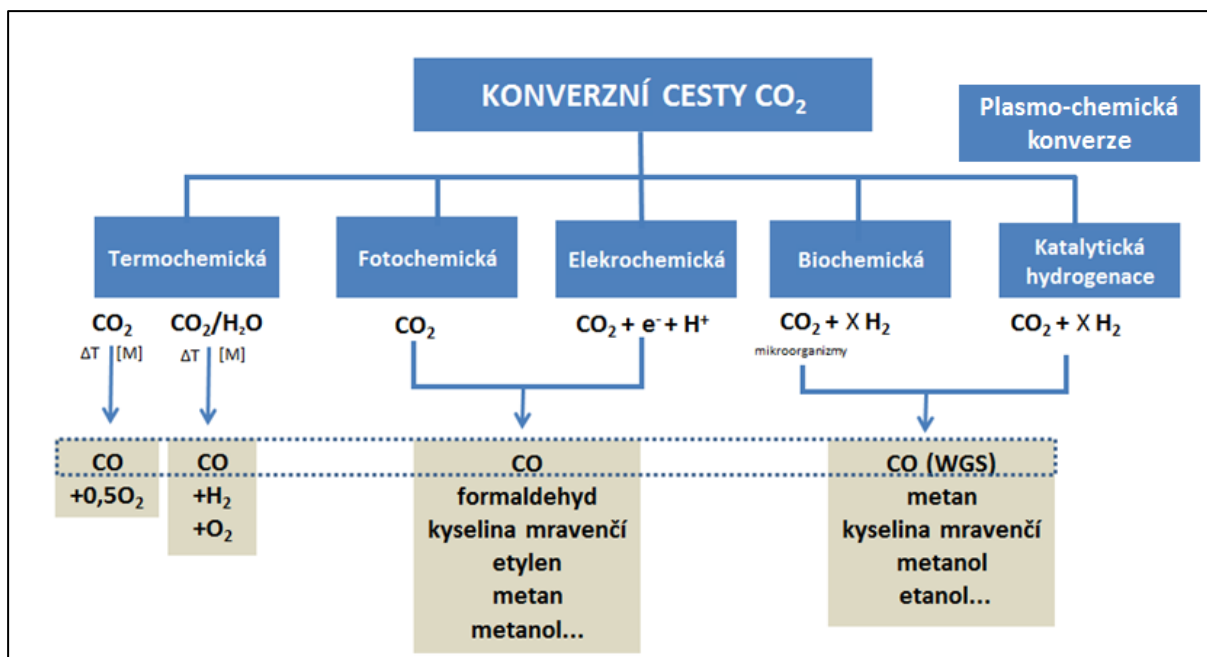
Obrázek 23 Biopaliva – Fotosyntéza



Obrázek 24 Alternativní paliva – Umělá fotosyntéza

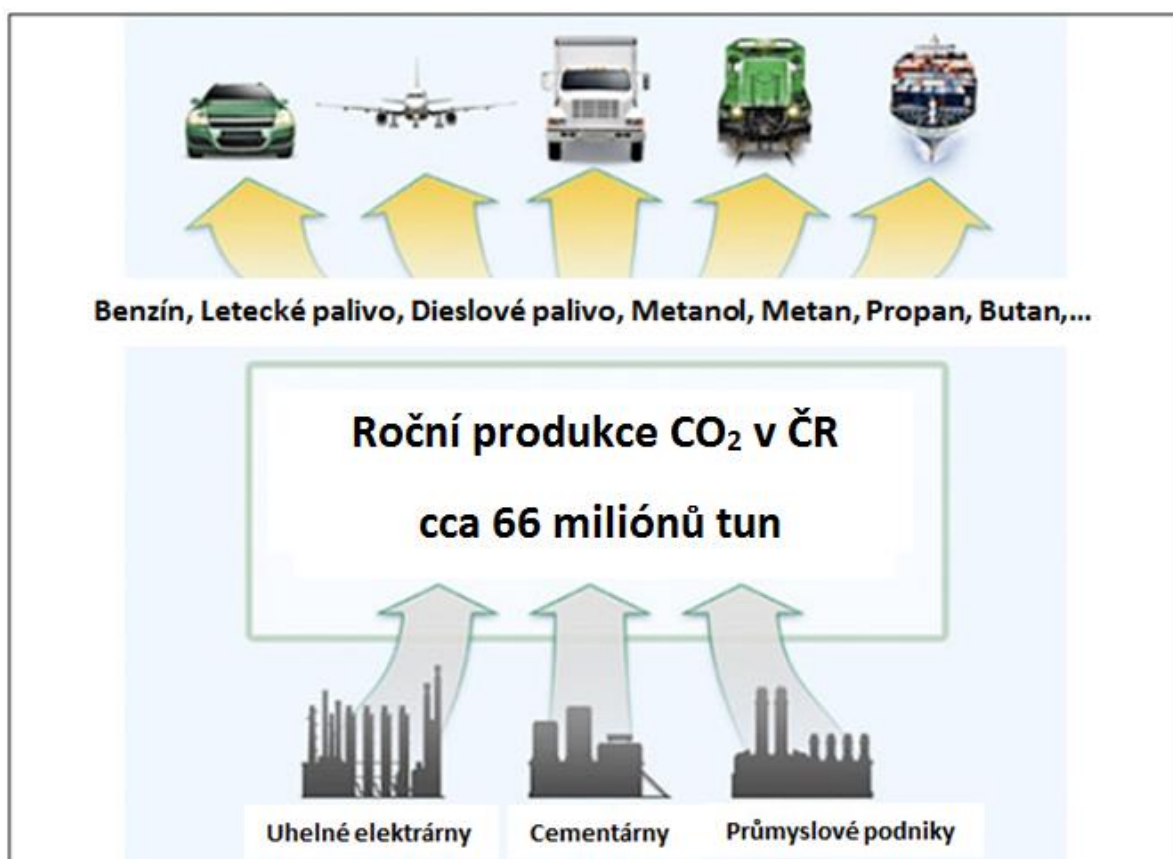
Principy umělé fotosyntézy a výroby alternativních paliv, kopírují principy přírodní fotosyntézy, která je dnes základem výroby biopaliv první generace (B1G) a druhé generace (B2G) a která je předmětem mnoha sporů a konfliktů.

Chemické syntézy ovšem nejsou zdaleka tak jednoduché. CO_2 je málo reaktivní sloučenina, a tak se zkoumá několik konverzních technologických cest, jak CO_2 v prvním kroku transformovat na již reaktivní CO a další chemikálie jako kyselinu mravenčí, formaldehyd, metanol, etanol, metan apod.



Obrázek 25 Schematické znázornění možných transferů CO₂

5.3 Doporučení pro budoucí zaměření výzkumu



Obrázek 26 Schematické znázornění potenciálu ČR pro vývoj alternativních paliv

ČR je nejprůmyslovnější zemí EU (v přepočtu na počet obyvatel), což znamená i vyšší energetickou potřebu. Na druhou stranu ročně vyprodukujeme cca 66 miliónů tun CO₂.

a) Česká republika nemá ropu ani významné ložiska zemního plynu, stále má však zásoby hnědého uhlí. Energetickému využití brání právě problematika emisí a CO₂ uvolňovaného spalováním. Tyto skutečnosti by se mohli (a měli) stát iniciačním faktorem mobilizace vědeckého potenciálu ČR tak, aby nebylo vnímáno pouze negativně ale stalo se vstupní surovinou pro následné chemické procesy.

b) V oblasti CCS (Carbon Capture Storage) – zachytávání a ukládání CO₂ do geologicky vhodných lokalit již ČR tuto cestu nastoupila.

c) Preferovaná varianta CCU (Carbon Caprute Utilization) tedy především využití zachyceného CO₂, vyžaduje systematizaci různých cest transformace CO₂.

d) V závislosti na budoucím přístupu k využití uhlí pro výrobu energií a tepla, by dalším výzkumným směrem mohlo být zdokonalování technologií zplyňování uhlí (technologie CTG) a využití syntézního plynu pro produkci chemikálií nebo vodíku, jako cenné reakční složky, využívané v mnoha chemických technologiích, nebo využití vodíku jako bezemisního paliva v dopravě při využití palivových článků.

Navržené směry výzkumu podporují i závěry 2. Workshopu Poland-Czech Republic-Germany on Integrated Technology Development for Effective and Sustainable Utilization of Domestic Carbon Resources, který se konal 18. října 2018 v Drážďanech na institutu Fraunhofer IMWS. Na workshopu se sešli účastníci ze tří států, aby se informovali o pokroku a zamýšlených krocích právě v oblasti „neenergetického“ využití uhlí. Je možno konstatovat, že nejdále v této oblasti je právě německá strana, kde za podpory státu probíhají projekty zaměřené na zplyňování uhlí ve směsi s různými odpadními frakcemi s cílem dosáhnout recyklace uhlíku v ekonomice, redukovat emise CO₂ a využít této technologie prostřednictvím výroby vhodných chemikálií (vodík, metanol apod.) pro ukládání energie. Uložení energie do chemických produktů je obecně mnohem efektivnější než např. její ukládání do bateriových úložišť. Jeden z projektů počítá s výstavbou pilotní jednotky v chemickém parku v Leuně.

Dalším výrazným tématem je potom použití vodíku, vyráběného ze synplynu pro bezemisní provoz vozidel a to nejen vozidel osobních, ale i autobusů a vlaků. V této oblasti hledá Fraunhofer institut partnery v obou zemích, kteří by měli zájem o realizaci pilotního projektu. Fraunhofer institut má i pro tento projekt již zajištěno financování.

Výroba chemikálií ze synplynu by pro dosažení co nejvyšší redukce emisí CO₂ měla být doplněna o vhodné metody zachytu CO₂, což by obecně při zplyňování mohl být snáze realizovatelný proces. Technologie založené na zplynění uhlí, vyčištění plynu a jeho

spalování v turbínách. Zachycený oxid uhličitý je potom možno opět využít k recyklaci a výrobě chemikálií či ukládání energií.

Všechny zúčastněné strany se shodly na zveřejnění memoranda oznamujícího spojení výzkumných kapacit těchto tří států na tématu alternativního využití uhlí a společné přípravě projektů do fondů výzkumu a vývoje Evropské unie.

6 SYNTETICKÁ HNOJIVA

6.1 Výroba syntetických minerálních hnojiv

Zabezpečení dostatečného množství potravin pro existující a budoucí populaci v regionu i v Evropě je klíčovým cílem z hlediska udržitelnosti životní úrovně, hospodářského růstu, potravinové soběstačnosti a národní bezpečnosti. Poptávka po potravinách má rostoucí charakter nejen díky zvyšování lokální spotřeby, ale i kvůli exportu potravin do jiných, rychle se rozvíjejících částí světa.

Výměra zemědělské půdy v regionu nemá potenciál dalšího růstu. Dochází k snižování této výměry využíváním na jiné než zemědělské aktivity, anebo k pěstování plodin na jiné než potravinářské účely. Příkladem je intenzivní produkce biopaliv ze zemědělských produktů. Proto není možné zabezpečit dostatek potravy extenzivním způsobem. Je nevyhnutelné zvyšovat hektarové výnosy zemědělských plodin. Jednou z podmínek zvyšování výnosů je zabezpečení dostatečného množství živin pro potřeby jednotlivých plodin, a to bez negativního dopadu na kvalitu půdy, vody ani ovzduší.

6.2 Odhadovaný vývoj v dostupnosti surovin

Základními složkami minerálních hnojiv jsou prvky – dusík (N), fosfor (P), draslík (K), síra (S), vápník (Ca), hořčík (Mg) a další prvky v menším zastoupení, tzv. *mikroživiny*.

Dusík

Z hlediska potřebného objemu a významu je nejdůležitějším prvkem minerálních hnojiv dusík. Jako zdroj dusíku pro výrobu minerálních hnojiv slouží vzdušný dusík, který se do hnojiv zpracovává přes čpavek. Ze čpavku se oxidací vyrábí kyselina dusičná a z kyseliny dusičné a čpavku pak dusičnan amonný, což základní chemikálie pro výrobu dusíkatých hnojiv v rámci EU. V regionu je pouze jeden výrobce čpavku – Unipetrol RPA, který jako surovinu využívá část ropných zbytků. Z důvodu využívání právě této suroviny je ale produkce čpavku zatížena vyššími emisemi skleníkových plynů. Aktuálně nejvýhodnější surovinou na výrobu čpavku je zemní plyn, a to jak z hlediska výrobních nákladů, tak také z hlediska emisí skleníkových plynů. Světový vývoj v oblasti technologií na výrobu čpavku se odehrává zejména s cílem snižování energetické náročnosti technologického procesu, dále

pak také s cílem snižování emisí skleníkových plynů. Existuje více alternativních koncepcí, které mají potenciál být v horizontu roku 2030 průmyslově využívané, prostor na rozvoj je však více u dodavatelů licencí a *know-how*, ze kterých ani jeden nesídlí v ČR. Aktuálně je v ÚK jediný výrobce minerálních dusíkatých hnojiv produkující jak pevná granulovaná hnojiva, tak hnojiva kapalná – společnost Lovochemie, a.s. patřící do skupiny Agrofert, a.s.

Fosfor

Dalším významným prvkem pro výrobu minerálních hnojiv je fosfor. V současné době není v portfoliu jediného výrobce minerálních hnojiv společnosti Lovochemie, a.s. výroba fosforečných hnojiv založených na zpracování fosforečné suroviny (fosfáty) chemickou cestou. Objemově omezená výroba NPK hnojiv využívá pouze již hotových fosforečných produktů pro výrobu tzv. směsných hnojiv. V ČR nejsou žádné z přírodního prostředí těžitelné zdroje fosforu. Na území EU se velmi čistá fosforečná surovina (apatit) vhodná pro výrobu hnojiv nachází na poloostrově Kola a v blízkém okolí, čehož využívají Rusko a Finsko. Další zdroje méně kvalitních fosfátů (tzv. fosforitů) dovážených do EU pochází ze zemí severní Afriky (Maroko, Alžír, Tunis, Egypt) a Blízkého východu. Disponibilita fosforu na trhu v EU není stabilní a fosfor je ve všeobecnosti považovaný za nedostatečnou surovinu. Proto se neustále pracuje na vývoji technologií zajišťujících fosforečnou surovinu z druhotných zdrojů jako např. z čistíren odpadových vod, nebo z bioplynových stanic. Výzkum v této oblasti má proto velký význam. Je potřebné vyvinout postupy získávání vhodné formy fosforu bez kontaminace biologicky aktivními látkami. Zároveň je potřebné docílit takovou výšku výrobních nákladů, které mohou konkurovat konvenčním zdrojům. Z výše uvedeno je ale zřejmé, že se jedná pouze náhradu malého procenta potřeb fosforu v zemědělství a hlavní zdroj fosforu bude muset nadále pocházet z vytěžených surovin dovezených do zpracovatelských kapacit EU z Ruska nebo oblastí mimo EU.

Vápník

Konvenčním zdrojem vápníku pro výrobu syntetických hnojiv je vápenec. Zdroje vápence v regionu jsou dostatečné i v horizontu do roku 2030. Kvalita vápence, který se nachází v regionu, je různá. Některé zdroje jsou natolik čisté, že jsou vhodné i pro velmi náročné technologie (např. sklářské). Jiné zdroje jsou více či méně znečištěné příměsí bitumenů, anebo dalších prvků. Proto je vhodné podporovat výzkum a vývoj technologií, které umožní zpracovat, anebo přečistit i méně kvalitní surovinu.

Síra

Význam hnojiv s obsahem síry roste, a to díky snižování emisí síry při výrobě elektrické energie. V ÚK se jako zdroj síry pro výrobu minerálních hnojiv používá síran amonný.

Ten se získává jako vedlejší produkt při výrobě kaprolaktamů (Spolana a.s.) anebo při výrobě koksu. V horizontu 2030 se očekává nedostatek této suroviny způsobený zejména zvyšováním jeho spotřeby, ale i omezováním výroby koksu ve střední Evropě. Alternativou je rozvíjet procesy cílené výroby síranu amonného. Jednou z možností je neutralizace kyseliny sírové amoniakem. Zajímavým zdrojem může být v budoucnosti konverze energosádrovce na síran a uhličitán vápenatý. Energosádrovec vzniká jako vedlejší produkt odsíření kouřových plynů, zejména v uhelných elektrárnách (Tušimice, Prunéřov, ...).

6.3 Odhadovaný vývoj v používaných výrobních technologiích

Vývoj technologií pro výrobu minerálních hnojiv bude nevyhnutelně, podobně jako v současnosti, směřovat k cílům jakými jsou:

- Snižování znečištění ovzduší, vody i půdy (legislativa EU)
- Zvyšování úrovně bezpečnosti provozování (legislativa EU)
- Využívání alternativních surovinových a energetických zdrojů (legislativa EU – „Cirkulační ekonomika“)
- Efektivnější využívání surovinových a energetických zdrojů (tlak na ceny surovin i produktů)
- Zavádění nových produktů (tlak na inovace s cílem zajistit vyšší komfort pro konečného uživatele)

Tento vývoj je již v současné době a nadále bude podmíněný politickým a společenským tlakem (Pařížská úmluva, Seveso, REACH, nitrátová směrnice EÚ, ...), stejně tak jako i tlakem provozovatelů na udržení nebo zlepšování pozice na trhu a ekonomické efektivity výrob. Pokud výrobní technologie nedokážou splnit uvedené cíle, jejich provozování může být ukončeno, ať už v důsledku nesouladu s budoucí legislativou, anebo jako důsledek konkurenčního boje. Z hlediska udržení úrovně regionu, zaměstnanosti, sociálních standardů apod., je důležité podporovat výzkum a vývoj technologií ve směru ke splnění uvedených cílů.

6.4 Odhadovaný vývoj ve výsledných produktech (vlastnosti, využití apod.)

Pro zachování udržitelné hospodářské produkce je aplikace inovativních forem hnojiv považovaná za nevyhnutelnou. Klíčová je využitelnost konvenčních hnojiv, která se pohybuje v rozmezí 30-50 %. Nedostatky současných – „standardních“, ve vodě rychle rozpustných hnojiv, mohou být shrnuté v následujících bodech:

- konverze živin do neefektivních forem kvůli reakcím s půdou
- kontaminace spodních vod
- nízká ekonomická návratnost
- limitované použití

Z hlediska výzkumu a vývoje v oblasti výroby minerálních hnojiv je pro budoucnost potřebné:

- Vyvíjet technologie výroby průmyslových minerálních hnojiv
 - S menším negativním dopadem výroby na životní prostředí
 - S větším využitím recyklovaných surovin
 - S vyšší úrovní bezpečnosti technologických procesů
- Vyvíjet nové typy hnojiv
 - S vyšší efektivitou využití živin, tzn. nižší spotřebou hnojiv
 - Zmírňujících negativní dopady klimatických změn
 - S nižšími emisemi do vzduchu a vody spojenými s aplikací hnojiv

6.5 Návrh zaměření výzkumu v oblasti vývoje nových typů minerálních hnojiv

Emise a účinná využitelnost živin

- Výroba tzv. stabilizovaných hnojiv s přidavkem inhibitorů nitrifikace a ureázy.
- Návrh, studium a vývoj nových aktivních látek na inhibici emisí oxidů dusíku a oxidu uhličitého použitelných pro hnojiva s řízeným uvolňováním živin, které nebudou škodit půdním mikroorganismům. Součástí výzkumu by měl být i vliv těchto látek na půdní mikroorganismy a posouzení jejich účinnosti z hlediska snížení emisí oxidů dusíku a vyplavování živin.
- Vývoj hnojiv s řízeným uvolňováním živin formou obalovaných hnojiv, a to novými typy polymerů s důrazem na biopolymery, jejichž složky po depolymerizaci neškodí životnímu prostředí.
- Vývoj nových látek pro inhibici nitrifikace a ureázy přátelských k životnímu prostředí.

Uvedená témata mají předpoklad zásadním způsobem řešit problematiku nežádoucích emisí tím, že nově vyvinuté polymerní vrstvy budou postupně uvolňovat živiny z granulovaného hnojiva. Tak se zabezpečí menší míra emisí spolu s větší využitelností

hnojiva pro rostlinnou produkci. V kombinaci s novými typy inhibitorů nitrifikace je předpoklad dosažení vysoce účinného hnojiva s řízeným uvolňováním živin. Témata dávají předpoklad pro vznik nových technologií s vyšší přidanou hodnotou a zvýšení podílu výzkumu na vývoji nových technologií se vytváří předpoklad pozitivního vlivu na hospodářský růst.

Racionální využívání zdrojů na výrobu hnojiv

Výzkum v oblasti využití škály dostupných surovinových zdrojů jako i zdrojů, které jsou v současnosti považované za odpady. Jedná se například o zdroje huminových látek a jejich solí (humátů), jako jsou zdroje lignitu využitelného jen omezeně v jiných oblastech hospodářství (například v energetice), některé odpadové proudy z výroby papíru a dostupné zdroje z odpadní biomasy.

Jako další potenciální zdroj surovin při výrobě hnojiv je možné považovat *struvit* ($\text{NH}_4\text{MgPO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) z čistíren odpadních vod. Další možností je v případě fosforečných surovin využití odpadů z bioplynových stanic.

Důležitým znakem environmentálně příznivého vlivu určité technologie anebo způsobu hospodaření je dobrý zdravotní a výživový stav plodin a optimálně fyzikálně-chemicko-biologické vlastnosti půdy, tzn., že z tohoto pohledu a strategických cílů projektu budou eliminované a snižované negativní environmentální dopady na venkovskou krajinu a na adekvátní kvantitu a kvalitu hospodářské produkce. Projekt ve významné míře přispěje k inovativnosti hospodářské výroby a kladnému vlivu na životní prostředí.

Výzkum komplexních (kombinovaných) hnojiv a jejich využití v podmínkách klimatických změn

Výzkum v oblasti komplexních hnojiv obsahujících dusičnany, amoniové kationty, sírany, uhličitany; druhé skupiny obsahující: fosforečnany, boritany, sloučeniny křemíku; třetí skupiny obsahující: sloučeniny vápníku, hořčíku a manganu, mikroživiny a čtvrté skupiny obsahující: sloučeniny železa, mědi, manganu, zinku a molybdenu ve spojení se stimulanty růstu, antistresovými aktivními látkami, humáty a látkami fixujícími vláhu. Velký význam má využití zdrojů huminových látek a jejich solí – humátů.

Výzkum komplexních hnojiv obsahujících makroživiny, mikroživiny, látky umožňující zadržování vláhy, humáty, protistresové a růstové stimulanty, který se bude zabývat vlivem extrémního sucha, resp. přivalových dešťů stejně jako vysokých průměrných teplot na využitelnost hnojiv při současném sledování emisí oxidů dusíku, oxidu uhličitého a výluhů dusičnanového a čpavkového dusíku, je v podmínkách ČR stejně jako v evropských zemích

unikátní. V rozsahu plánovaného projektu pro tvorbu výstupů a originálních metodických postupů nejsou klasické metody zemědělského výzkumu dostatečné. Jediněčná kombinace standardních polních experimentů a nejmodernějších technologických postupů umožní spolehlivou detekci celkové kondice plodin a splnění stanovených cílů projektu.

Vývoj perspektivních látek pro povrchovou úpravu granulovaných hnojiv

V rámci odezvy na klimatické změny je třeba se soustředit na výzkum v oblasti látek použitelných na povrchovou úpravu hnojiv s cílem zlepšení jejich fyzikálních vlastností, stejně jako na výzkum anorganických látek s pomalým rozpouštěním (draslík – K a hořčík – Mg obsahující soli dusičnanů anebo fosforečnanů). Systém granulace si vyžaduje kompaktní vrchní vrstvu granulí, bez pórů a adherovaných částic. Bude potřebný vývoj nových technologií pro procesy granulace hnojiv tak, aby bylo možné vyrábět granulovaná hnojiva s takovouto úpravou.

Výzvou v rámci tohoto téma je cílená syntéza nových typů látek, jejichž fyzikální a chemické vlastnosti ochrání hnojiva před dlouhodobými horky a zvýšenou vlhkostí v procesu skladování a dopravy.

Vývoj perspektivních analytických metod

V oblasti moderních hnojiv se vyvíjejí nové analytické metody respektující zelené principy analytické chemie, které se zaměřují na komplexní chemickou charakterizaci hnojiv s postupným uvolňováním živin šetrných k životnímu prostředí

Tato „zelená“ analytická chemie je zaměřená na metodologii identifikace, separace a skupinové stanovení analytů relevantních k řešení výzkumu (například forem dusíku, fosforu, kationtů kovů, jejich specializací, běžných aniontů, ionogenních organických látek a na charakterizování HL) ve vzorcích vod (technologických, odpadových, drenážních a pod.), ve vzorcích mezioperační kontroly, v půdách (klimatických komorách, maloplných pokusech, velkoplných pokusech), v cílových rostlinách, v hnojivech, v modifikovaných zeolitech, v lignitech, v odpadových prouděch technologií, v granulátech hnojiv a ve *smart* hnojivech, pomocí moderních analytických nástrojů roztokové analýzy.

Toto téma by se mělo řešit jako odezva na aktuální potřeby řešení ochrany životního prostředí a na minimalizaci produkce odpadových látek chemickou analýzou početných vzorků. Výzkum by měl být orientovaný na návrh, studium, vývoj a aplikaci přístupů šetrných ke složkám životního prostředí v každém kroku postupů chemické analýzy (odběr vzorku – úprava – měření - vyhodnocení výsledku - interpretace výsledku) s důrazem na miniaturizaci

technik, zařízení a postupů; preferování fyzikálního působení před chemickým a biologickým působením, preferování biodegradovatelných rozpouštědel před toxickými (úprava vzorku, preparativní separace), tandemových detekčních principů na získání maximální analytické informace z mála vzorku a podobně, tedy na důslednou a efektivní aplikaci zelených principů analytické chemie.

Tento přístup je v podmínkách evropských zemí unikátní. Běžně se přístupy zaměřené na ochranu životního prostředí zaměřují hlavně na minimalizaci masové produkce relativně malého počtu průmyslových odpadových látek z výroby, pro které se dají cíleně realizovat odpadové technologie. Naproti tomu je zaměření se na systematické eliminování velkého počtu často mimořádně toxických látek s relativně malými hmotnostmi z chemických analýz zanedbává, případně se řeší jen deklarativně. Tento komplexní přístup, zaměřený na komplexní řešení materiálových syntetických problémů a analytických problémů s ohledem na šetrné využívání environmentu, je unikátní v ČR, EU a také celosvětově.

Podpora výzkumu a vývoje výrobních technologií

Projekty zaměřené na vývoj technologií ve směru plnění celospolečenských, politických a hospodářských cílů jako jsou:

- Snižování znečištění ovzduší, vody a půdy průmyslovou produkcí
- Zvyšování úrovně bezpečnosti provozování výrobních technologií
- Využívání alternativních surovinových a energetických zdrojů
- Efektivnější využívání surovinových a energetických zdrojů
- Schopnost zabezpečit produkci inovativních syntetických hnojiv

7 VODÍK JAKO PŘENAŠEČ ENERGIE

EU usiluje o snížení emisí oxidu uhličitého ve všech průmyslových odvětvích. Důraz se projevu zejména změnou legislativy podporující zavádění pokročilých biopaliv a alternativních paliv v dopravě. V případě pokročilých biopaliv brání širšímu uplatnění především neukončený vývoj technologií pro konverzi odpadních surovin na paliva, v případě alternativních paliv je omezujícím aspektem i chybějící distribuční infrastruktura. Většina automobilek v souladu s nařízením regulátorů uvádí, nebo alespoň plánuje uvedení vozů využívajících pro pohon energii akumulovanou v bateriích. Jiné hledící dále do budoucnosti vidí perspektivu především ve využití vodíku. Ačkoliv vývoj a první aplikace vodíkových technologií v dopravě byl zaznamenán především ve vyspělých západních ekonomikách, jakými jsou například Německo, Norsko, Velká Británie, Kanada a Japonsko, současným lídrem v oblasti využívání vodíkových technologií je Čína. V rámci ČR jsou vodíkové technologie spíše tématem výzkumných a vývojových projektů, nicméně plánovaná podpora Ministerstva dopravy na rozvoj vodíkových plnicích stanic a dotace uvažované Ministerstvem životního prostředí na podporu vodíkové mobility umožní rozšíření alternativních pohonů na území ČR právě o vodík.

7.1 Dosavadní pozice a použití vodíku

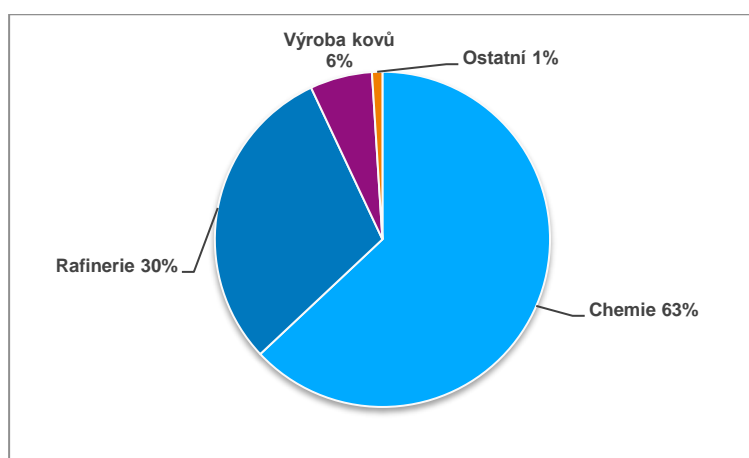
Pozice vodíku ve světě jako zdroje energie

- vodík je nejrozšířenější prvek ve vesmíru
- vodík je bezbarvý, bez zápachu, netoxický, vysoce hořlavý plyn
- vodík je lehkým nositelem energie (vysoká hustota energie na jednotku hmotnosti) ale objemný (nízká energetická hustota na jednotku objemu – jako plyn)
- vodík je vyráběn a spotřebováván v průmyslovém měřítku déle jak 100 let
- Předpokládá se, že vodík bude do budoucna významným zdrojem sekundární energie, tedy energie, prostřednictvím které se bude přenášet energie primární (světlo, teplo, elektrická energie)
- vysoká energetická účinnost, naprostá čistota při jeho spalování – nulový příspěvek ke globálnímu oteplování, nulová emise CO₂ výstupem je pouze čistá voda
- snadný přístup k surovině a její relativní dostatek

Použití vodíku

Současnost

- Surovina pro chemický a petrochemický průmysl – výroba amoniaku, metanolu, hydrogenace, desulfurizace, hydrokrakování,
- Hutnictví a zpracování kovů, skla, křemíku a polovodičů, použití v potravinářském průmyslu
- Topný plyn, možnost přidávat do zemního plynu



Obrázek 27 Přehled a rozdělení dosavadních aplikačních možností

Předpokládané budoucí použití

- Uložení energie z obnovitelných zdrojů – výroba vodíku elektrolýzou vody/výroba elektřiny palivovými články
- Palivo pro pohon dopravních prostředků, využití palivových článků – automobily nákladní/osobní, kolejová vozidla, lodní doprava hlavně v okolí přístavů, řeky
- metanizace CO_2 $\text{CO}_2 + 4 \text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$

Výroba vodíku

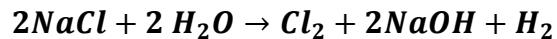
- Fosilní suroviny

Současná produkce je v ČR z 96 % kryta transformací fosilních paliv

- Parní reforming zemního plynu $CH_4 + 2 H_2O \rightarrow CO_2 + 4H_2$
- Parciální oxidace ropných frakcí
- Zplyňování uhlí

V současné době je tento postup ekonomicky nejvýhodnější, ale jeho nevýhodou je produkce CO₂, což je v současné snaze o zastavení nárůstu obsahu CO₂ v atmosféře značné omezení pro další rozvoj tohoto postupu

- b) Vedlejší produkt při výrobě chlóru a hydroxidů alkalických kovů elektrolýzou NaCl a KCl, např.



Tímto způsobem se dnes produkuje cca 3–4 % vodíku.

- c) Elektrolýza vody

Dlouho známý postup, nicméně teprve v poslední době, hlavně díky rozvoji pro elektrolýzu vhodných polopropustných membrán, se začíná prosazovat ve velkém měřítku. Dalším důvodem pro rozvoj tohoto postupu je využití elektrické energie z obnovitelných zdrojů, resp. využití obnovitelných zdrojů v období, kdy není jiný odběr v rozvodné síti. Pro použití ve větším měřítku se nabízejí tři hlavní postupy

- 1) Alkalická elektrolýza, je vlastně modifikací procesu výroby chlóru, jako elektrolyt se používá roztok KOH, i použité membrány a materiál elektrolýzérů jsou shodné
 - výhody – nejvíce prověřený postup, nižší CAPEX (versus PEM), vyšší životnost membrán (versus PEM)
 - nevýhody – vyšší náklady na údržbu (korozivnost elektrolytu), menší operační rozsah, nízký výstupní tlak
- 2) PEM* elektrolýza, membránový proces bez nutnosti použití elektrolytu
 - výhody – velký operační rozsah (10–100 %), vyšší výstupní tlak (cca 30 bar), nižší náklady na údržbu, menší zastavěná plocha, vysoká čistota H₂
 - nevýhody – vyšší CAPEX, menší provozní prověření výrobního postupu, nižší životnost membrán
- 3) Vysokoteplotní rozklad vody (solid oxide), tento postup je ve fázi výzkumu, hlavním důvodem zájmu je jeho příznivá ekonomika
 - výhody – teoreticky největší provozní účinnost, reverzibilní palivové články
 - nevýhody – výrobní postup není zatím provozně ověřený

*PEM = Proton Exchange Membrane

Dnes je tímto způsobem produkováno cca 1 % vodíku, ale je na poměrně velkém vzestupu, hlavně v souvislosti s lepším využitím obnovitelných zdrojů elektrické energie a využitím vodíku v dopravě.

- d) Bio-gas reforming, totéž, co a), ale z obnovitelných zdrojů, podobně možnost zplyňování biomasy

Skladování a doprava

Vzhledem k fyzikálně chemickým vlastnostem vodíku je jeho skladování způsobem běžným pro jiné technické plyny jedno z nejobtížnějších. Z výše uvedených důvodů je nejběžnější jeho skladování za vysokého tlaku v tlakových zásobnících nejčastěji v podobě baterií tlakových lahví, resp. jako bateriové vozy. V těchto zásobnících se skladuje obvykle za tlaku 20 MPa.

Pro využití vodíku jako palivo pro palivové články se ustálilo použití skladování a výdej vodíku za tlaku 35 MPa pro autobusy a nákladní automobily, pro osobní automobily 70 MPa. Skladování vodíku z výroby (většinou elektrolýzou vody) se pro tyto tlaky realizují jako svazky tlakových lahví.

Další možností je skladování v kapalném stavu za hlubokého podchlazení v kryogenních skladech. Tento způsob skladování je ale značně energeticky, konstrukčně a samozřejmě i investičně náročný. Proto se hodí pouze tam, kde je produkce vodíku hodně vysoká, a i jeho spotřeba velká a pokud možno stabilní, alespoň v takovém rozsahu, aby nebylo třeba zajišťovat dodatečné zkapalňování pro udržení rovnováhy ve skladu.

Skladování chemicky vázaný v některých sloučeninách: amoniak, který je možno snadno zkapalnit (nevýhodou je jeho toxicita), hydridy kovů, metylcyklohexan (použití v cyklu hydrogenace toluenu na metylcyklohexan → dehydrogenace na toluen)

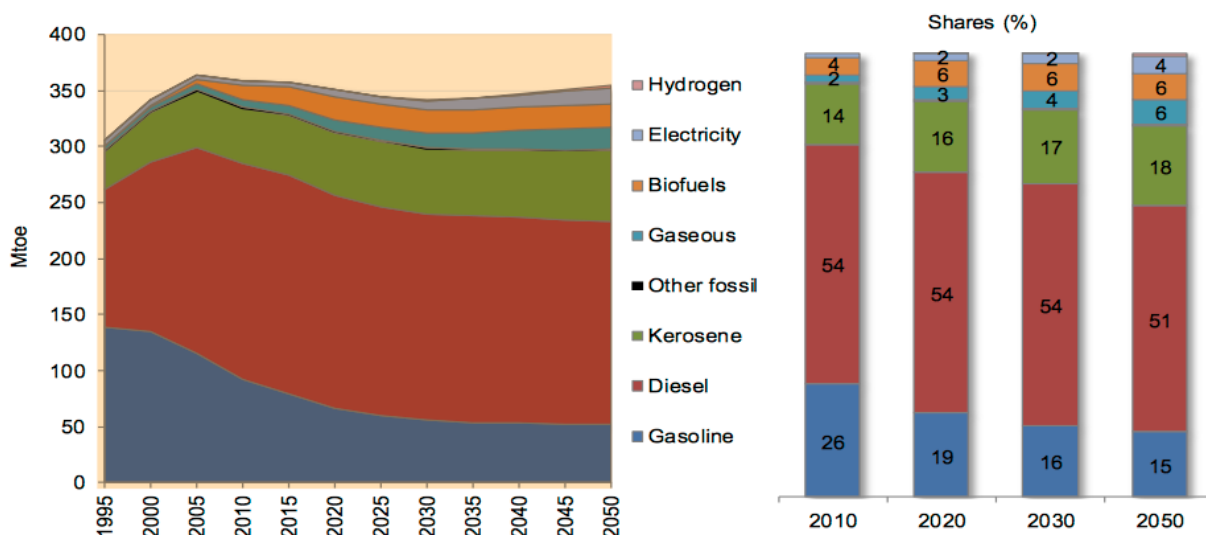
Využití podzemních skladovacích přírodních zásobníků (kaverny po těžbě solí, zemního plynu apod.). Nevýhodou jsou ztráty a nemožnost úplného vyčerpání, někdy i znečištění.

Doprava je stejně jako skladování ovlivněna fyzikálními vlastnostmi vodíku. Doposud nejběžnější způsob je doprava v bateriových vozech za tlaku 20 MPa. V dopravních prostředcích se používá přepravních zásobníků vyrobených z kompozitních materiálů (uhlíková vlákna + pryskyřice) za tlaku 35 MPa (autobusy, nákladní auta) nebo 70 MPa v osobních automobilech.

Pro dopravu velkých množství se uvažuje o využití metylcyklohexanu (cyklus hydrogenace toluenu → metylcyklohexan → uvolnění vodíku na spotřebu → zpětná doprava toluenu).

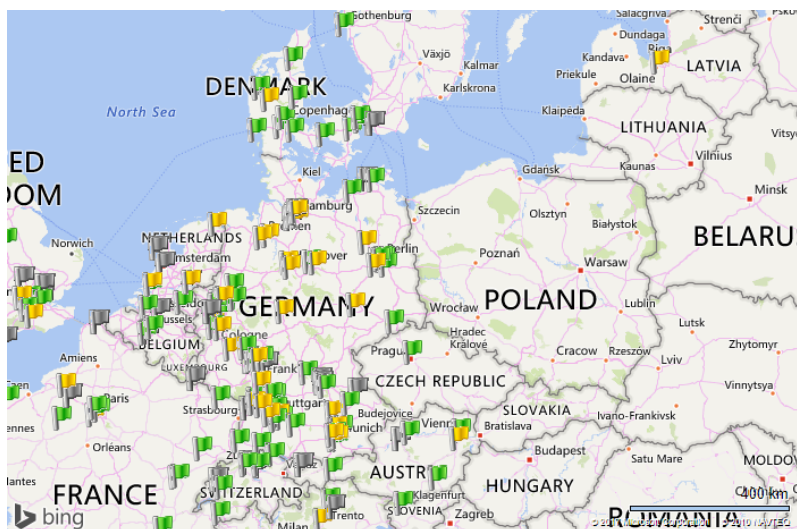
7.2 Vodík jako automobilové palivo

Masivní využití vodíků pro automobilové pohonné jednotky je stále věcí budoucnosti, jak to ukazuje graf:



Obrázek 28 Předpokládané zastoupení motorových paliv v EU

V západních zemích EU (bohužel na rozdíl od východních) je již dnes instalována poměrně hustá síť vodíkových čerpacích stanic (viz. obrázek níže).

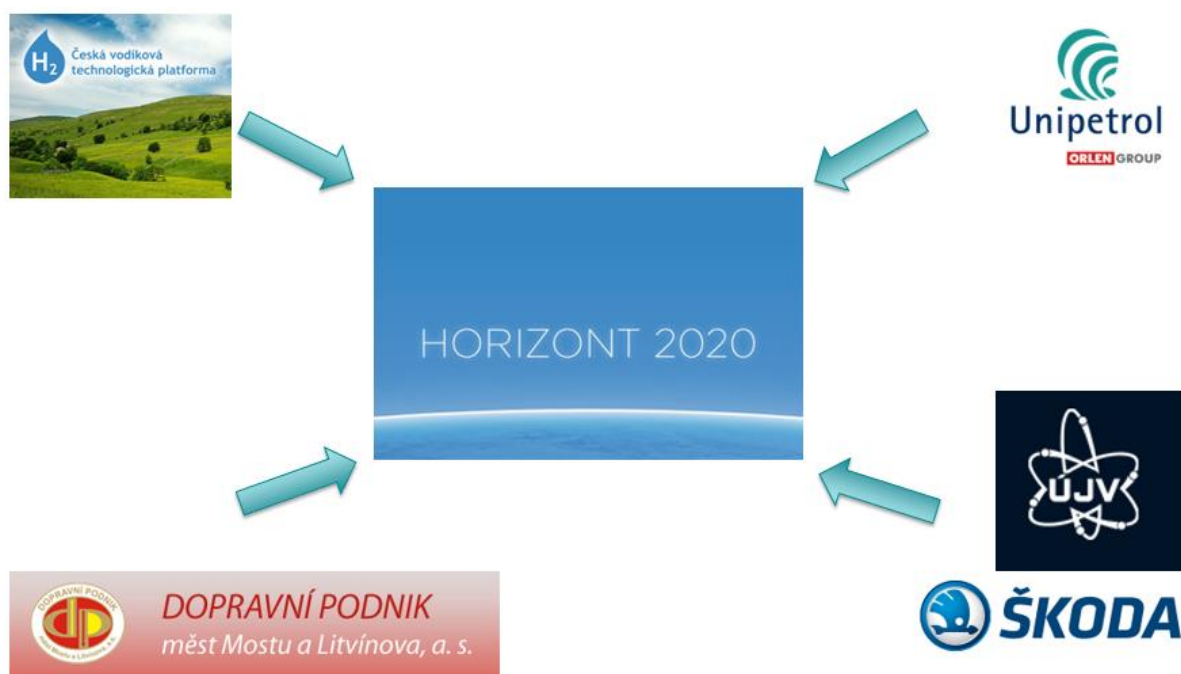


Obrázek 29 síť vodíkových čerpacích stanic v západní Evropě

7.3 Vodík v Ústeckém kraji

Největším výrobcem vodíku v ČR je Unipetrol RPA v Litvínově s výrobní kapacitou 85 tis. tun vodíku za rok. Výroba se zde děje parciální oxidací ropných zbytků a jedná se tedy o vodík produkovaný z neobnovitelných zdrojů energie. I tak může Unipetrol RPA spolu se Spolchemií, kde je nově instalovaná membránová elektrolyza solanky produkující jako vedlejší produkt vodík, hrát významnou roli při postupném zavádění vodíku jako pohonu motorových vozidel.

K zavádění vodíku jako motorového paliva se propojilo několik organizací, které plánují výstavbu dvou vodíkových čerpacích stanic – v areálu Unipetrolu RPA a v Praze.



Obrázek 30 Vodíkové konsorcium

Uvedené konsorcium předpokládá následující spotřeby vodíku (dle let):

Tabulka 7 Předpoklad spotřeby vodíku

<i>year</i>	<i>passenger cars</i>	<i>buses</i>	<i>peak daily sales</i>	<i>peak weekly sales</i>	<i>yearly sales</i>
2020	2	0	100 m ³ / 10 kg	200 m ³ / 20 kg	5 000 m ³ / 400 kg
2025	20	0	300 m ³ / 30 kg	1 700 m ³ / 150 kg	45 000 m ³ / 4 000 kg
2030	120	0	1 700 m ³ / 150 kg	10 100 m ³ / 890 kg	268 000 m ³ / 23 600 kg

7.4 Zaměření výzkumu

Je v silách tuzemského výzkumu – především při spojení relevantních pracovišť – orientovat výzkum do těchto oblastí:

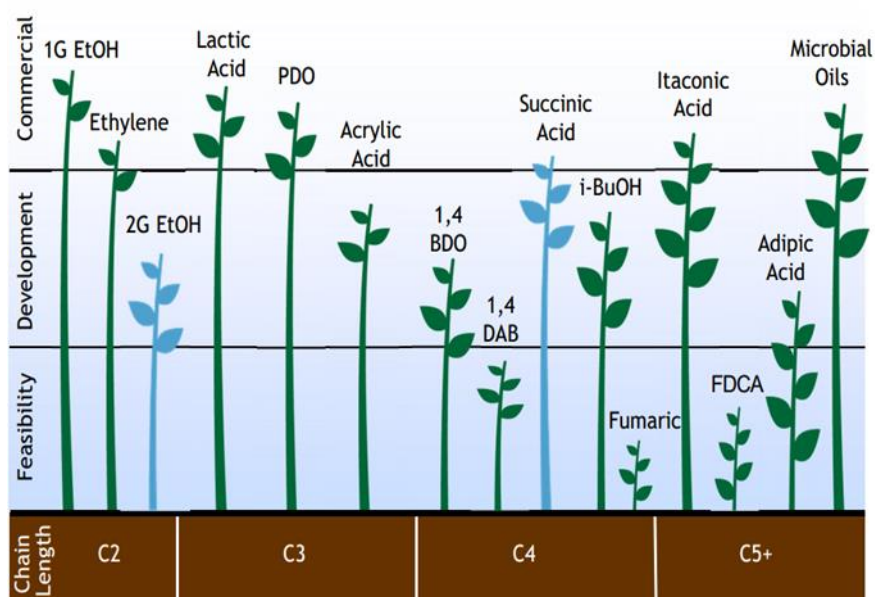
- 1) Rozvoj technologií výroby vodíku, hlavně elektrolýza vody – vývoj vhodných membrán, snižování spotřeby elektrické energie, rozvoj vysokotepečných procesů (teoreticky nejnižší spotřeba energie/nejvyšší účinnost)
- 2) Další rozvoj palivových článků pro výrobu elektrické energie – zvýšení účinnosti, minimalizace rozměrů pro využití v autech, snížení výrobních nákladů
- 3) Nové postupy pro komprimaci vodíku na vysoké tlaky
- 4) Zkapalňování a kryogenní skladování
- 5) Hledání nových postupů pro skladování vodíku
- 6) Doprava vodíku

8 „ZELENÁ“ (GREEN) CHEMIE

8.1 „Green chemistry“ ve světě

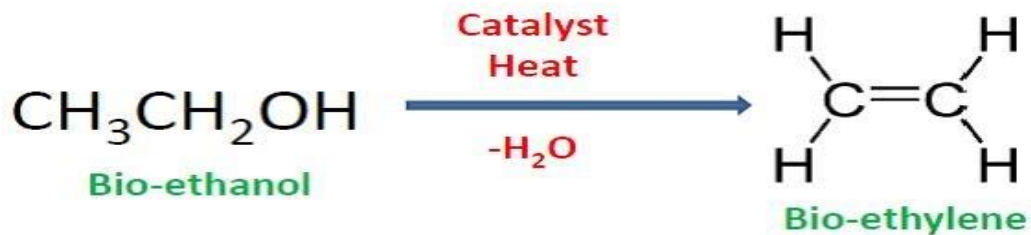
Výrobou základních produktů organické technologie, které se doposud získávají z fosilních uhlíkových surovin (uhlí, ropa, zemní plyn) a které by bylo možné alternativně získat z obnovitelných uhlíkových surovin (dřevo, obilí, neminerální oleje apod.) se dnes zabývá významná část světových výzkumných kapacit. Mnohé technologie jsou již pevně etablované na trhu, mnoho postupů je rozpracováno v různých úrovních procesu TRL (technology readiness level). Problematika souvisí též s celosvětově řešeným problémem emisí oxidu uhličitého – této problematice je věnována závěrečná část kapitoly.

Na následujících obrázcích jsou naznačeny vybrané klíčové informace převzaté z literatury.



Obrázek 31 Naznačení možností výroby klíčových chemikálií z obnovitelných surovin

V dále naznačeném schématu se např. dokládá možnost výroby nejvíce vyráběné uhlíkové chemikálie - ethylenu - z kvasného lihu, tedy ze suroviny získávané fermentací obnovitelných sacharidických (cukry, škrob, celulóza) surovin.

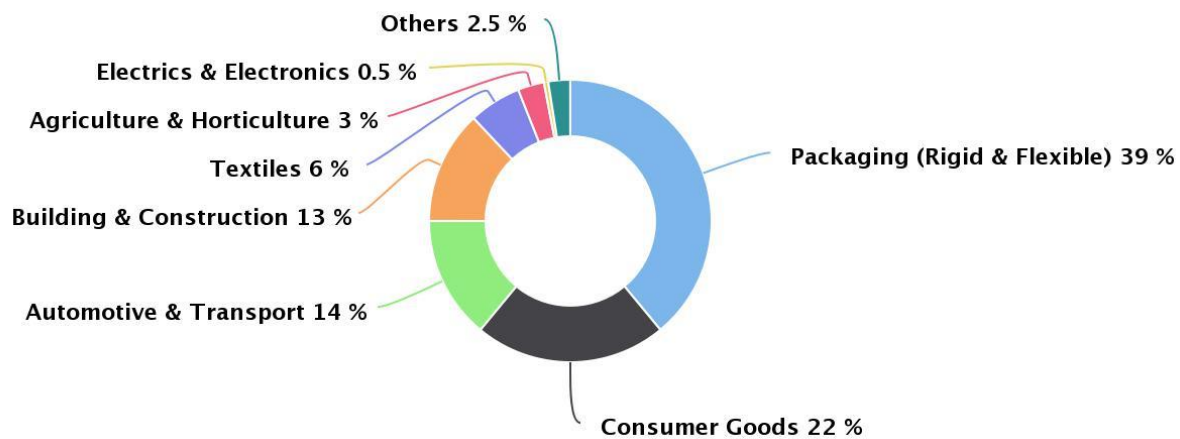


Obrázek 32 Výroba bio-ethylenu z obnovitelného zdroje - biolihu

Obdobně je svět masivně připravován na využití plastů na bázi obnovitelných surovin (bio based plastics), jak je to uvedeno v následujících obrázcích. Připomeňme, že předpolymerační fázi bioplastu je primárně syntetizovaný bio-monomer.

Global Production Capacities Of Bioplastics

In 2016



PlasticsInsight.com | Data Source: European Bioplastics

Obrázek 33 Světové aplikační kapacity pro bioplasty

Global production capacities of bioplastics



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2017).

More information: www.bio-based.eu/markets and www.european-bioplastics.org/market

Obrázek 34 Světový produkční kapacity bioplastů

8.2 Zelené chemikálie – relevance pro Ústecký kraj

Cílem studie není dát úplný přehled o problematice, ale navrhnout směry pro zelenou chemii pro Ústecký kraj, pro který má přední význam zejména využití mastných kyselin a glycerolu. Tyto látky pocházejí zejména z plodin, zemědělských činností a již instalovaných lokálních výrobních kapacit. Další text je tedy omezen na tyto dvě surovinové komodity.

8.2.1 Chemické výrobky z metylesterů mastných kyselin

Výroba chemických organických produktů je převážně orientována na zpracování fosilních surovin, tj. ropy, zemního plynu a uhlí. Jedná se o neobnovitelné a tudíž o vyčerpitelné surovinové zdroje. Lze předpokládat, že z dlouhodobého hlediska se jejich ceny (i v důsledku zhoršujících se podmínek jejich těžby a vývoje geopolitické situace) budou nadále zvyšovat a povedou k růstu cen výrobků z nich vyrobených. Současné zaměření (až na některé výjimky) surovinové základy chemických kapacit v Ústeckém kraji je reprezentováno právě ropou, pro energetické účely pak zemním plynem a hnědým uhlím. Hlavním problémem s tím spojeným jsou emise CO₂.

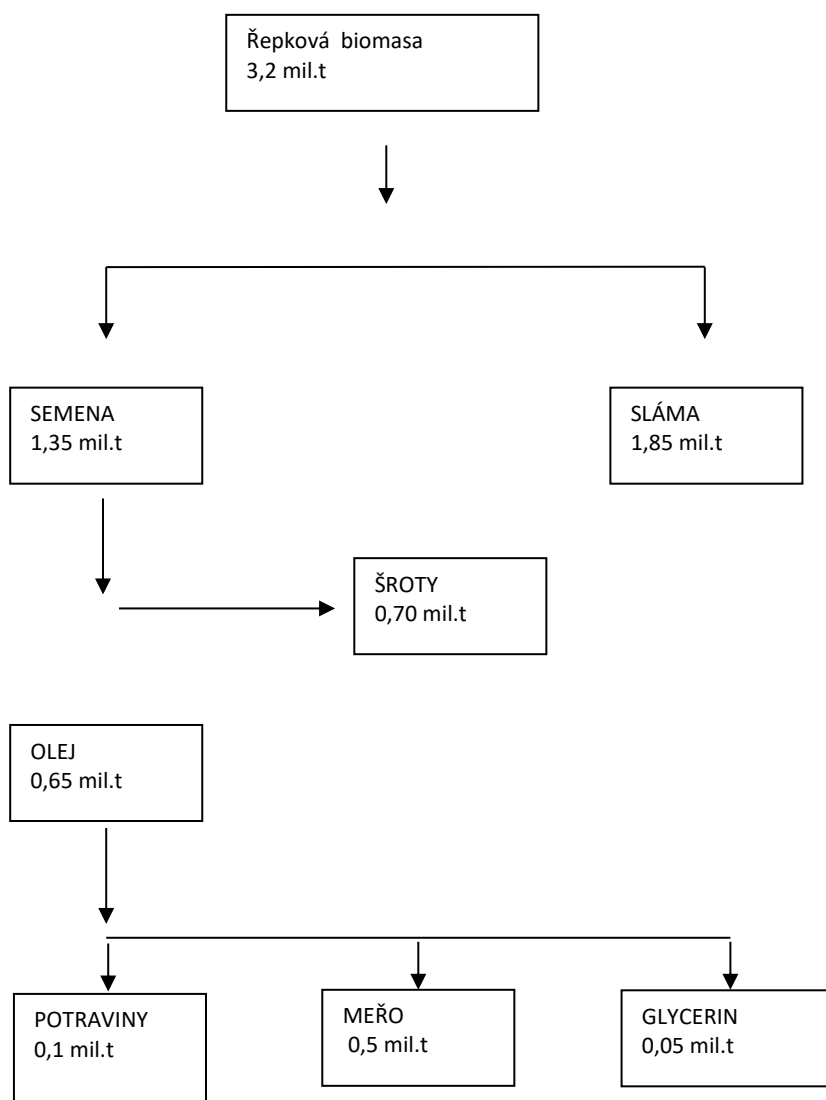
Tento problém se řeší globálně a v rámci EU jsou za tímto účelem zpracovány a realizovány programy na úspory energií, zvýšení účinností a snížení emisí v oblasti výroby elektřiny, tepla, chladu a v dopravě. V oblasti dopravy jde o program náhrady fosilních motorových paliv, tj. automobilového benzínu a motorové nafty alternativními palivy, které řeší uvedené problémy. Jako alternativní paliva se v současné době uplatňují biopaliva 1. generace, což jsou metylestery mastných kyselin získané přeesterifikací rostlinných olejů (řepkový, sójový, palmový aj.) označované FAME, z nichž se v ČR jedná hlavně o MEŘO (metylestery kyselin řepkového oleje), označovaný jako Bio-diesel. Dalším biopalivem 1. generace je bioetanol získaný kvasným procesem z obilí, cukrové řepy a kukuřice. Podle Komise EU mělo být v členských zemích v roce 2010 nahrazeno tímto palivem 5,75% e.e. a v roce 2020 10% e.e., pro rok 2030 se sice počítá s dalším navýšením na 14% e.e., avšak s omezením podílu biopaliv 1. generace max. 7% e.e. V ČR je zákonem stanoveno povinné přimíchávání FAME do motorové nafty v množství 6% obj. a povinné přimíchávání bioetanolu do benzínu v množství 4,1 % obj. Současně jsou výrobci a distributoři motorových paliv zavázáni plněním úspory skleníkových plynů (CO₂), což v praxi znamená výrobu motorových paliv dle EN 228 a EN 590 skoro na max. přípustné kvalitativní hranici. Na trhu jsou k dispozici i směsná a čistá biopaliva. Dá se očekávat, že spotřeba MEŘO v ČR bude v roce 2020 na dosavadní úrovni tj. cca 300 tis. kt. České výrobní kapacity MEŘO jsou umístěny v Ústeckém kraji: Lovosicích (PREOL) 120 kt/rok, v Ústí n.L. (Chemoprojekt) 100 kt/rok a dále v jiných krajích ČR: v Milíně (Primagra) 35 kt/rok a v Liberci (Oleochemical) 50 kt/rok (další menší výrobní kapacity vybudované v předchozím období byly postupně odstaveny). Celková kapacita tedy činí 505 t/rok. Ne všechny kapacity však jsou v současné době využívány.

Pro období 2020 až 2030 se v rámci EU v oblasti alternativních paliv v dopravě predikuje rozvoj spotřeby biopaliv 2 generace, tj. esterů a uhlovodíků z nepotravinářské biomasy a hlavně elektřiny z obnovitelných zdrojů (RED II). Spotřeba biopaliv 1. generace má přinejmenším stagnovat a po roce 2030 se má utlumovat vzhledem k preferenci paliv vyšší generace a současně s ohledem na postupné snižování spotřeby kapalných paliv pro dopravu (razantnější uplatnění elektromobility nejenom pro železniční dopravu). Z toho vyplývá, že po roce 2030 se v ČR uvolní a nebudou využity kapacity na výrobu MEŘO, která činí cca 0,5 mil. t/rok. Je nasnadě tuto kapacitu využít pro výrobu jiných chemických produktů.

V případě ukončení výroby MEŘO by u výrobců došlo ke snížení ročních příjmů o 5 mld. Kč, snížení produkce krmných šrotů ve výši 450 tis. t v hodnotě 1,5 mld. Kč a snížení zemědělské produkce (řepkových semen) o 750 kt tj. 5 mld. Kč.

Tak jako v dopravě a jiných oblastech dochází k náhradě fosilních surovin na obnovitelné zdroje, je třeba realizovat obdobné změny i v chemickém průmyslu, tj. zvažovat náhradu ropy, zemního plynu a uhlí biomasou, z níž výhodné jsou rostlinné oleje a jejich estery. K tomu mohou být výhodně využita uvolněná zařízení na výrobu MEŘO. Zařízení je možné využít buď na výrobu jiných esterů než MEŘO, nebo vyráběné MEŘO využít na výrobu dalších chemických produktů. Alternativní možnosti na realizaci chemických výrob vycházejících z MEŘO jsou navrhovány v této kapitole s tím, že během 10 let je možné připravit příslušné výroby na základě licencí nebo vlastního výzkumu.

Následující schéma uvádí základní hmotnostní bilanci výhledově možné roční produkce surovin z řepky v ČR:

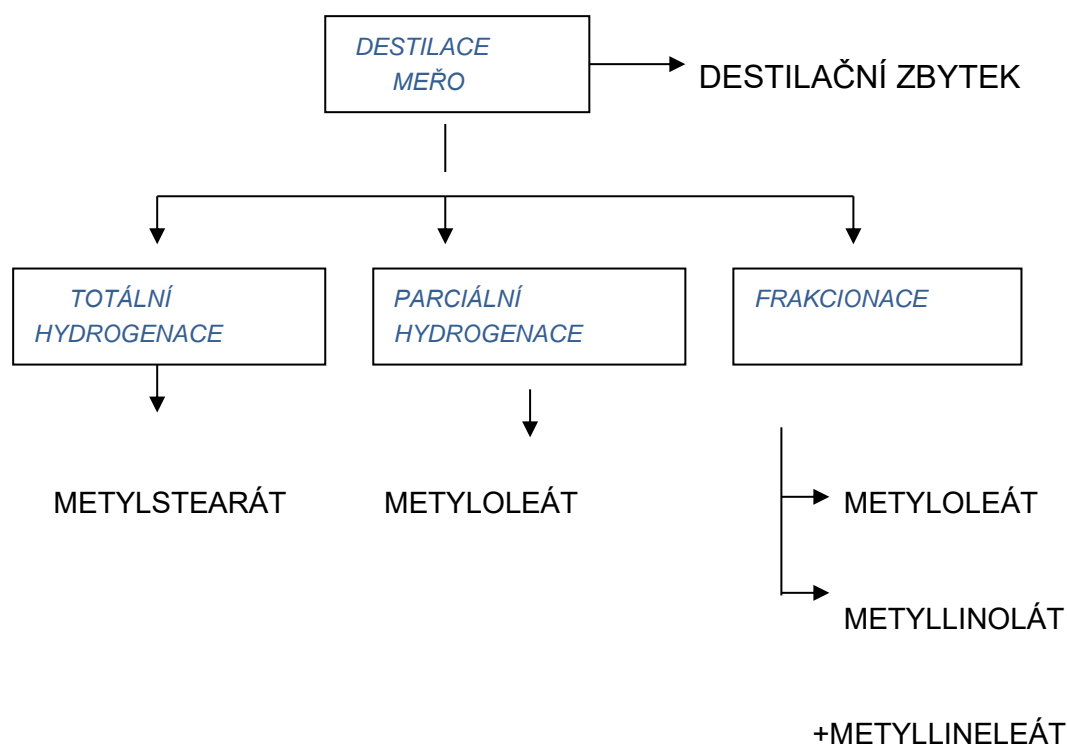


Řepková sláma (resp. její přebytek po zaorání dle agrotechnických podmínek) může být využita jak pro energetické účely, tak i pro chemické zpracování. Biochemickými způsoby může být využita pro výrobu různých produktů zvláště k výrobě bioetanolu. Zplyněním na syntézní plyn lze vyrábět uhlovodíky (syntéza Fisher-Tropsch), metanol, dimethyléter aj. Řepkové šroty mohou být kromě krmiva využity k výrobě syntézního plynu a následných chemických produktů a k izolaci obsažených bílkovin a k jejich dalšímu zpracování na chemické výrobky. MEŘO může být využito na výrobu různých chemických výrobků. Z hlediska dlouhodobé perspektivy jsou dále uvedeny alternativní možnosti sedmi výrobních programů.

Výroba technicky čistých esterů

V chemickém průmyslu se zpracovávají suroviny požadované kvality. MEŘO je směs esterů, ze které lze s použitím metod hydrogenace a frakční krystalizace vyrobit v různé kvalitě základní produkty, které se následně využijí pro výrobu dalších chemických výrobků. Jedná se o metylstearát, metyloleát, metyllinolát a metyllinoleát. Technický metylstearát lze získat katalytickou úplnou hydrogenací MEŘO za použití niklových katalyzátorů. Reakce se uskutečňuje bez tlaku při teplotě cca 180 °C. Technický metyloleát lze získat přímou frakcionací MEŘO. S vyšší kvalitou se metyloleát získá frakcionací parciálně hydrogenovaných MEŘO. Směs metylesterů kyseliny linolové a linolenové se získají frakcionací výchozích metylesterů kyselin řepkového oleje.

Celkové schéma výroby čistých metylesterů z MEŘO:



Fytosteroly

Steroly jsou látky, které se díky svým farmakologickým a dietetickým vlastnostem využívají jako přísady do potravin a jako suroviny ve farmacii. Fytosteroly mají antioxidační, emulgační, antikancerogenní a antipolymerizační aktivitu a vykazují pozitivní vliv na lidský organismus. V poslední době jsou široce využívány pro snižování obsahu cholesterolu a to buď v původní formě nebo po chemické úpravě jako stanoly. Hlavními zdroji k izolaci fytosterolů jsou rostlinné oleje a vedlejší produkty z výroby celulózy jako je tallový olej a

sulfitová mýdla. Fytosteroly lze izolovat z destilačních zbytků po destilaci MEŘO. Těchto zbytků je zpravidla okolo 5% a obsahují cca 10 % fytosterolů. Jejich obsah v řepkovém oleji je 0,4-1,1 % a cena cca 500 Kč/kg. Fytosteroly aplikuje např. finská fy Raisio do emulgovaných tuků, margarínů v množství až 10%, fy Unilever do margarínů a mléčných výrobků, fy Coca-Cola do nápojů, fy ADM do salátových dressingů, mléčných výrobků a sýrů. V ČR je na trhu margarín s obsahem 6 % fytosterolu Flora pro-active fy Unilever.

Povrchově aktivní látky

Rostlinné oleje respektive MEŘO lze využít pro výrobu různých povrchově aktivních látek.

Etoxylované metylestery mastných kyselin

Metylestery kyselin řepkového oleje a jiných olejů byly využity pro výrobu neionogenních povrchových látek oxyetylací. V rámci projektu EUREKA byly v roce 2000 polskými a českými výzkumnými organizacemi vyvinuty etoxyláty metylesterů kyselin řepkového oleje, upraveného parciální hydrogenací k eliminaci kyseliny linolenové, s použitím speciálního katalyzátoru etoxylace. Produkty měly různý stupeň etoxylace a byly určeny pro výrobu pracích a čisticích prostředků, jako emulgátory a odpěňovače.

Alfa-sulfonované metylestery

V 80. letech byla zveřejněna technologie sulfonace metylesterů mastných kyselin jakožto anionaktivních povrchových látek. K sulfonaci se užívají totálně hydrogenované metylestery s nízkým jódovým číslem. Výroba sestává ze sulfonace esterů, bělení produktů peroxidem vodíku a neutralizace hydroxidem sodným. Produkty jsou odolné vůči hydrolýze jak v kyselém tak i v alkalickém prostředí, mají vysokou biologickou rozložitelnost, nedráždí oči a pokožku a mají nízkou akutní orální toxicitu. Výhodnou vlastností je stálost k tvrdé vodě, což se projevuje vysokou schopností dispergovat vápenatá mýdla a malým poklesem detergenčních vlastností.

Alkanolamidy

Alkanolamidy jsou povrchově aktivní látky používané pro výrobu čisticích prostředků, kosmetických výrobků, detergentů, kde působí na zvýšení viskozity, stabilizaci pěny, zlepšení emulgačních vlastností, detergence, jako inhibitory koroze a mazadla v textilním průmyslu. Používají se i k výrobě dalších druhů povrchově aktivních látek. Vyrábějí se amidací mastných kyselin monoetanolaminem nebo dietanolaminem při teplotě okolo 180 °C. Výhodněji se vyrábějí z metylestrů mastných kyselin při nižší teplotě. Alkanolamidy se vyrábějí zpravidla z kyselin C 10 až 16 a je možné je vyrábět i na bázi metylesteru kyseliny olejové.

Plastické hmoty

Deriváty rostlinných olejů jsou široce používány jako pomocné přípravky při výrobě a zpracování plastických hmot (PVC, polyolefiny, ABS, polystyren, fenolické a melaminové pryskyřice). Jsou využívány jako kluzné přípravky, lubrikanty, antistatické přípravky,

plastifikátory a stabilizátory. Řada těchto produktů může být vyrobena na bázi kyselin nebo esterů mastných kyselin obsažených v řepkovém oleji.

Mastné amidy a aminy

Nesubstituované mastné amidy nacházejí použití jako kluzné přípravky (slip agents) a separační přípravky (antiblock agents) pro polyolefinické plasty, zejména ve formě folií, které se používají hlavně při výrobě a distribuci potravin, kde musí být zaručena zdravotní nezávadnost. Mastné aminy ale i při výrobě sypkých produktů (hnojiva) pro nespěkavou úpravu. Výroba spočívá v amidaci mastné kyseliny amoniakem při teplotě cca 200 °C a tlaku 0,3 - 0,7 MPa. Jejich hydrogenací se vyrábějí mastné aminy. Jako lubrikanty pro různé plasty se používají i alkylendiamidy, tj. produkty reakce mastných kyselin nebo esterů mastných kyselin s alykldiaminy.

Soli vyšších mastných kyselin

Velmi rozšířenými lubrikanty jsou soli mastných kyselin, zvláště soli kyseliny stearové. Vyrábějí se neutralizací kyseliny stearové hydroxidy, nebo oxidy příslušných kovů. Hlavními výrobky jsou stearan vápenatý, zinečnatý, hořečnatý a hlinitý. Výrobky se používají ve farmaceutickém průmyslu a ve výrobě stavebních hmot.

Kyselina azelaiová

Již ve 40. letech minulého století byla v Holansku (UNICHEMA) a v USA (EMERY) realizovaná výroba kyseliny azelaiové, jakožto výchozí látky pro výrobu polyamidů. Výroba se uskutečňuje ozonolýzou kyseliny olejové za vzniku kyseliny azelaiové a pelargonové. Kyselina azelaiová je používána k výrobě polyesterů, polyaminů a diesterů, používaných jako plastifikátory PVC a jiných plastických hmot. Tato aplikace se v současné době jeví zvláště aktuální s ohledem na postupný zákaz používání ftalátů tj. nejrozšířenějších plastifikátorů, u kterých byly zjištěny kancerogenní účinky. Kyselinu pelargonovou je možné využít pro výrobu sikativů, přísadu k polyuretánovým hmotám, k výrobě syntetických maziv aj.

Epoxidované produkty

Epoxidovaný sójový olej s jodovým číslem 5–7 a vysokým obsahem oxiranu 7%. se široce používá jako tepelný a světelný stabilizátor a jako plastifikátor PVC. Epoxidace se provádí peroxidem vodíku v přítomnosti kyseliny octové. Analogicky je možné jako výchozí produkt použít řepkový olej, nebo frakcionované MEŘO s vyšším obsahem dvojných vazeb.

Laky, rozpouštědla

Při výrobě laků a nátěrových hmot se používají tzv. vysychavé a polovysychavé rostlinné oleje, tj. oleje s vysokým obsahem polynenasycených kyselin, zvláště kyseliny linolenové (lněný olej, tungový olej, makový olej, sójový olej). Bylo by účelné použití nenasycené frakce MEŘO, tj. směsi metylesterů kyseliny linolové a linolenové pro výrobu

pryskyřic a bezrozpouštědlových laků, kde by estery měly funkci rozpouštědla s následnou polymerací převedeny na polymery.

Další výrobky

Adjuvant - pro zvýšení účinností pesticidů se používají látky, které zvyšují přilnavost chemických prostředků k rostlinám. Jsou to směsi povrchově aktivních látek a olejů. Olejovou složkou může být řepkový olej.

Rozpouštědlo - MEŘO mají výborné rozpouštěcí schopnosti a je možné je využít jako netěkavé rozpouštědla a jako součást čistících prostředků. Má analogické vlastnosti jako nafta jsou však biologicky plně odbouratelná.

Mazací oleje - řepkový olej má vynikající mazací vlastnosti a používá se jako základový olej pro mazání motorových pil, katrů a jiných zvláště ztrátových mazání

Separátor - na bázi rostlinných olejů a metylesterů se připravují separační prostředky pro povrchovou úpravu bednění při stavebních pracích.

Vyšší mastné alkoholy.

Vyšší mastné alkoholy jsou široce používanými surovinami zvláště pro výrobu tenzidů ve formě sulfátů a etoxylátů. Vyrábějí se z metylesterů mastných kyselin vysokotlakou hydrogenací. K jejich výrobě lze použít vyráběná FAME z odpadních živočišných tuků (kafilátní aj.) a získat stejné alkoholy jako jsou vyráběny v současné době při zpracování čistých živočišných tuků (sádlo, lůj). K výrobě mastných alkoholů možné využít i MEŘO eventuálně upravené parciální hydrogenací a frakcionací na frakci nasycenou (směs esterů palmitové a stearové kyseliny) a nenasycenou frakci esteru kyseliny olejové. Nasycenou frakci je možné alternativně použít k výrobě alfa-sulfonovaných metylesterů. Mastné alkoholy lze výhodně vyrábět z metylesterů palmového oleje (MEPO), kde bude nasycená část obsahovat vyšší podíl metylesteru palmitové kyseliny, což je příznivé z hlediska funkčních vlastností na jejich základě vyráběných tenzidů.

8.2.2 Chemie a možnosti glycerolu

Glycerol jako vstupní surovina

Zajímavou surovinou pro výrobky zelené chemie je glycerol. Tento produkt je na světovém trhu v přebytku a odpadá při výrobě MEŘO v množství 10 %. V EU v roce 2015 byla produkce glycerinu z této výroby až 800 kt/rok, v ČR pak cca 20 kt/rok.

Výroba epichlorhydrinu

V roce 2007 byla ve Spolku Ústí n. L. úspěšně zavedena technologie výroby epichlorhydrinu, hydrochlorací glycerinu, kde se výchozí fosilní surovina - propylen nahradila přírodním glycerinem. Epichlorhydrin je základní složka pro výrobu epoxidových pryskyřic.

Propylenglykoly

Glycerin je výhodnou surovinou pro výrobu propylendiolu. Výroba 1,3 propylenglykolu se provádí biochemickým způsobem a používá se jako polyolová složka při výrobě polymerů např. polytrimetylenftalátu. Výroba 1,2 propylenglykolu spočívá ve vysokotlaké hydrogenaci při 7 MPa, teplotě 250 - 300 °C, v přítomnosti niklových nebo měďných katalyzátorů. Používá se při výrobě polymerů a jako teplotnosná kapalina.

Dihydroxiaceton

Selektivní biochemickou oxidací se z glycerolu vyrábí dihydroxiaceton, který se používá hlavně v kosmetice. K výrobě se používá glycerin vysoké kvality. Jeví se zajímavé uskutečnit výrobu z technického glycerinu a výsledný produkt využít jako diolovou složku pro výrobu nových polyesterových aj. polymerů.

Akrolein, kyselina akrylová

Rozkladem glycerolu lze získat akrolein, jehož oxidací se vyrábí kyselina akrylová. Rozklad glycerolu na akrolein je známá reakce, ale není publikováno její průmyslové využití. Dehydratace glycerolu se provádí v přítomnosti kyselých katalyzátorů jako je kyselina sírová, boritá a fosforečná nebo sulfátových katalyzátorech jako síran hořečnatý, nebo kyselý síran draselný při teplotě 300 - 350 °C. Při reakci dehydratace probíhají i polykondenzační procesy s tvorbou oligomerů a polymerů, které ve formě pryskyřičnatých produktů komplikují proces. Zvládnutí procesu dehydratace glycerolu na akrolein by byl ekonomicky efektivní proces, při kterém by propylen fosilního původu byl nahrazen glycerinem, tj. surovinou obnovitelnou.

Biopolymery

Kondenzací glycerolu a vícesytných organických kyselin lze syntetizovat biopolymery, tj. látky biologicky rozložitelné.

Polyglyceroly

Kondenzací glycerolu vznikají di-, tri- a vyšší polyglyceroly. Využívají se jejich povrchově aktivní vlastnosti, zvláště jako emulgátory v kosmetických přípravcích.

Nitroglycerin

Jedním z klasických derivátů glycerinu je nitroglycerin využívaný jako výbušnina a lék. Vyrábí nitrací kyselinou dusičnou.

Mono- a diglyceridy

Jsou parciální estery vyšších mastných kyselin a glycerolu. Vyrábějí se buď glycerolýzou triacylglycerolů, nebo esterifikací mastných kyselin glycerolem. Používají se hlavně jako emulgátory a prostředky pro zachování čerstvosti v potravinářském průmyslu.

Výroba vodíku

Je vyvinuta technologie výroby ekologicky čistého vodíku pyrolýzou, zplyňováním a parním reformingem glycerolu. Ze syntézního plynu lze následně vyrobit metanol a reakcí Fischer-Tropsche uhlovodíky.

8.3 CO₂ – technologická výzva

Dnes se oxid uhličitý (CO₂) stal synonymem pro globální oteplování a celosvětově se stal i hlavním výzkumným tématem jeho smysluplné a efektivní transformace. CO₂ vzniká především při spalování uhlovodíkových paliv.

8.3.1 CO₂ z celosvětového pohledu – Pařížská dohoda

Celosvětová Pařížská konference⁵ poprvé dosáhla celosvětové dohody o snižování dopadů klimatických změn a stala se závaznou 4. 11. 2016. Ratifikace v ČR nastala 5. října, samotná dohoda pro Českou republiku vstoupila v platnost 4. listopadu 2017. Účelem dohody mimo jiné je „sladění finančních toků s rozvojem nízko emisních technologií.“ Pod tím se rozumí financování výzkumu zaměřeného na transformaci CO₂ a rozvoj nízkouhlíkových technologií všeobecně. Pařížská dohoda je tak silným signálem pro vědu a výzkum. Jelikož Dohoda stanovuje, i výhledově, dlouhodobou záruku atraktivity „likvidace“ CO₂, stala se silným impulsem rozvoje výzkumu problematiky konverze CO₂.

Chemické syntézy ovšem nejsou zdaleka tak jednoduché, zkoumá se několik konverzních cest CO₂ na CO a další chemikálie jako kyselinu mravenčí, formaldehyd, metanol, etanol, metan apod.

⁵ https://cs.wikipedia.org/wiki/Klimatick%C3%A1_konference_v_Pa%C5%99%C3%AD%C5%BEi_2015

8.3.2 Přínos pro ÚK

Struktura zdrojů CO₂ (teplárny, či kvasné procesy etanolu) ale i výzkumné zázemí, včetně blízkosti německých výzkumných ústavů, možnosti zapojení VÚHU předurčují právě území ÚK jako nejefektivnější teritorium v rámci celé ČR.

8.4 Doporučení pro výzkum a vývoj

Rozvoj výroby a použití alternativních paliv pro motorová vozidla směřuje k záměně ropných paliv a následně i biopaliv na elektrickou energii, vyráběnou z obnovitelných surovin. Tím se uvolňuje surovinová základna (přírodní oleje) k výrobě jiných chemických výrobků, kde budou nahrazovat dnes používané fosilní suroviny (ropa, plyn, uhlí). Tím přispěje chemický průmysl k celosvětovému procesu snižování emisí skleníkových plynů a přechodu na obnovitelné suroviny. Při tom je možné účelně využít současná zařízení na výrobu FAME, které se z motorových paliv stanou surovinou pro výrobu chemických výrobků. Naznačené směry alternativního uplatnění FAME jsou nepochybně příležitostí pro podniky působící v Ústeckém kraji, zejména pro společnost PREOL a Chemoprojekt/Technoexport Ústí nad Labem. S přihlédnutím k vývoji legislativy a nezbytné investiční přípravě je horizont 2030 relevantní.

Pro aplikovatelnost zmíněných technologií v podnicích chemického odvětví Ústeckého kraje lze očekávat pokračování využívání glycerolu při výrobě epichlorhydrinu ve Spolku pro chemickou a hutní výrobu. Ostatní zmíněné směry mohou být dále zvažovány, zejména v případech přebytku glycerolu z provozovaných výrobních FAME v Ústeckém kraji.

Pro oblast oxidu uhličitého lze doporučit:

- Vývoj separačních technologií na zdrojích CO₂ v kraji
- Využití CO₂ z výroby biopaliv 1. generace
- Image špičkového centra v rámci EU
- Špičkový výzkum v oblasti efektivního ukládání elektrické energie
- Napojení místního výzkumu na špičkový výzkum CO₂ transformací

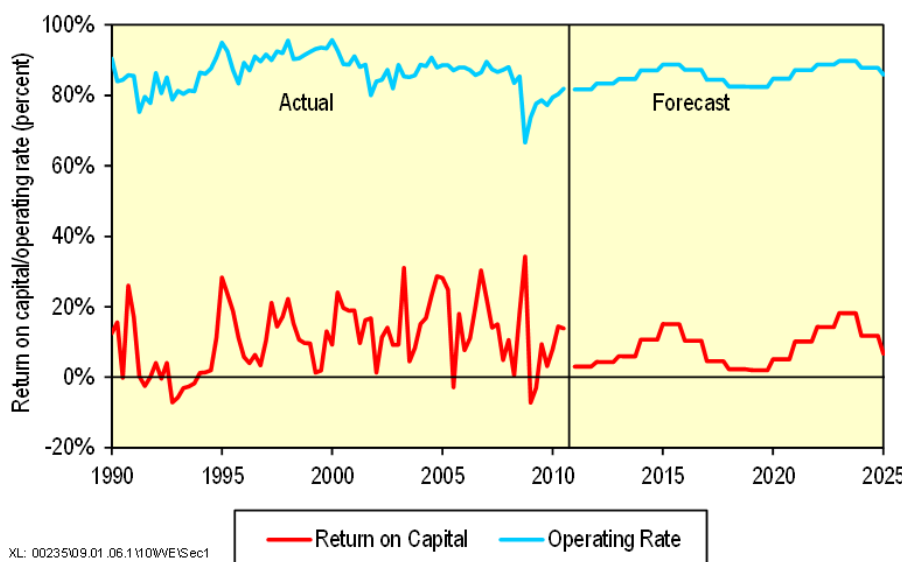
9 KOMODITNÍ PETROCHEMIKÁLIE

Olefiny a aromáty jsou základním stavebním kamenem petrochemických produktů. Výroba olefinů (ethylen, propylen aj.) je kapitálově velmi náročné odvětví. Většina výrobců je integrována upstreamově (tj. v návaznosti na zpracovávané suroviny) souvisejících, tak i downstreamově (tj. v návaznosti na zhodnocení vyráběných produktů). Standardizace vyráběných produktů produktu je vysoká a jedná se o klasické petrochemické velkotonážní komodity. Konkurence se obvykle nezaměřuje na odlišení se kvalitou, ale efektivnost výroby, resp. na minimalizaci výrobních nákladů. Vzhledem k vysokým investičním nákladům a integraci do navazujících výrob (viz výše) jsou bariéry vstupu i výstupu z odvětví velmi vysoké. Současně je petrochemické odvětví velmi cyklické. V recesních obdobích petrochemického cyklu obvykle dochází k rozsáhlým restrukturacím:

- méně ziskové jednotky jsou odstavovány
- zavádí se úsporné programy (energetické spotřeby, úspory fixních nákladů)
- vytváření silnějších celků slučováním, zakládáním JV, společné investice, vznik marketingových a technologických aliancí

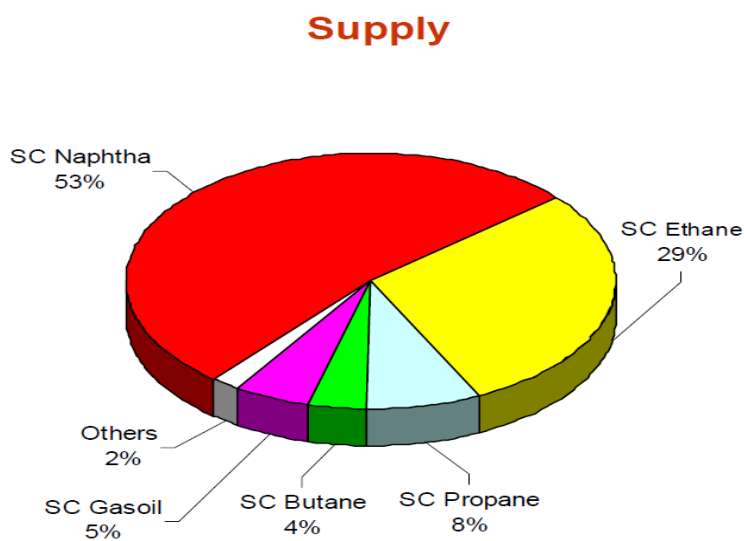
Od 80. let trvají petrochemické cykly pravidelně 5-7 let.

Vývoj petrochemického cyklu a lokalizace ethylenových jednotek jsou uvedeny na obrázcích.

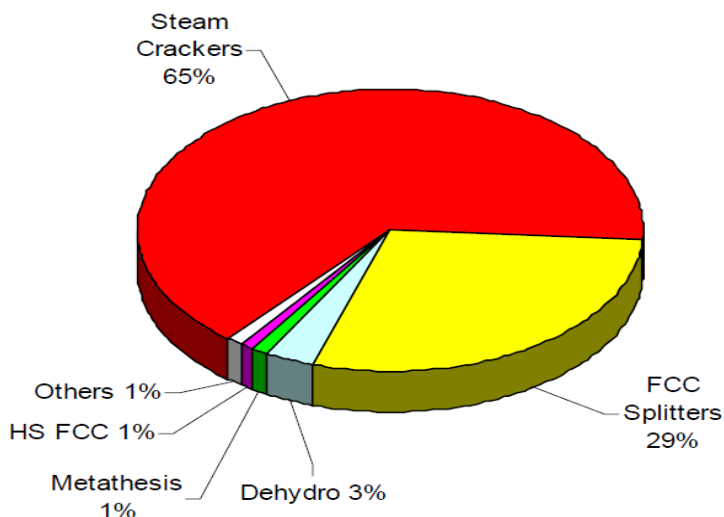


Obrázek 37 Fluktuace petrochemického průmyslu

jednotlivých ethylenových jednotek rozmanitý: Surovin těžších než primární benzín se v Evropě zpracovává pyrolýzou méně než tzv. zkapalněných plynů a ethanu. Atmosférický plynový olej je používán na některých flexibilních jednotkách, např. Elenac (Francie, Berre), OMV (Rakousko, Schwechat), Ruhr Oel (Německo, Munchmunster), Enichem (Itálie, Priolo). O něco vyšší podíl na spotřebě surovin měl vakuový plynový olej včetně hydrogenovaného vakuového plynového oleje a hydrowaxu. Je určován především dostupností jednotlivých typů surovin (blízkost zdrojů, logistické možnosti) a mírou propojení s rafinérskou výrobou, případně návaznými technologiemi. Vhodná skladba surovin, jejich cena, celková výše produkce umožňující případnou racionalizaci, velikost jednotlivých výrobních kapacit a přístup k produktovodní síti jsou základní faktory určující efektivitu výroby ethylenu.



Obrázek 39 Typická skladba surovin ethylenových jednotek



Obrázek 40 Rozdělení světových zdrojů propylenu

Vývoj výroby propylenu však od roku 2011 prochází významnými změnami, kdy přes „ethanový“ boom v určitých regionech bude největším zdrojem pyrolýza (viz následující obrázek), přičemž významnou roli bude sehrávat i proces methateze.

Firma KBC ve své zprávě KBC Petrochemical Perspectives uvádí, že ziskovost petrochemického odvětví je v průběhu svého cyklu vyšší než rafinérského, i když zůstává silně cyklická. Zdůrazňuje, že kombinované rafinérsko-petrochemické komplexy jsou nejlepší reakcí na udržení konkurenceschopnosti a možností udržení konkurenčních výhod.

Kieran Cosgrove of ICIS Consulting uvádí, že navzdory ekonomickému poklesu by globální olefinové trhy měly v nadcházejících třech čtyřech letech růst 4 % nebo více ročně. Tj. růst spotřeby o 10-11 mil. tun za rok. Trend + 3,5 % by měl být zachován i pro následující období. Nárůst kapacit na Středním Východě byl v podstatě absorbován. Z důvodu přechodu k lehčím surovinám bude nabídka propylenu a butadienu stále napjatější. V budoucnu bude poměr cen propylenu a butadienu k etylenu vyšší. Propylen je napjatý i kvůli omezování kapacit a odstavování rafinérií. Nové kapacity na butadien se připravují v Belgii, Francii, Německu, Maďarsku a Turecku. Varuje, že to může znamenat přesun problému od butadienu k těsné kontrole pyrolýzní C4. Import etylenu do Evropy z USA vzroste i díky novému terminálu INEOS, ale USA a Evropa budou čelit omezené dodávce propylenu.

Je pravděpodobné, že krakování primárního benzínu zůstane jediným způsobem, jak vyrábět nezbytné množství butadienu, propylenu a aromátů. Evropský trh primárního benzínu je přebytkový a silně závisí na aktuální poptávce. Růst poptávky ethylenu a propylenu v jednotlivých obdobích dle CMAI je uveden v následujících přehledech:

Tabulka 8 Bilance ethylenu

Ethylene Demand Growth in Europe			
y/y	1995-2011	2011- 20	2020 -25
Western Europe	0,8 %	0,2 %	1,4%
Central Europe	1,5 %	- 0,3 %	2,4%
Eastern Europe	4,8 %	10,1%	5,3%

West European Ethylene Consumption			
y/y	1995-2011	2011- 20	2020 -25
HDPE	1,5 %	-0,6%	2,8 %
LDPE	- 0,7 %	- 0,9 %	0,8 %
EDC	0,1 %	0,1 %	0,5 %
LLDPE	4,9 %	3,9%	2,3 %
Ethylene oxid	1,8 %	- 0,7 %	0,2 %
Styrene	1,3 %	0,8 %	0,4 %
Alpha olefins	1,5 %	1,2 %	1,7 %

Tabulka 9 Bilance propylenu

Propylene Demand Growth in Europe			
y/y	1995-2011	2011- 20	2020 -25
Western Europe	1,6 %	0,2 %	1,5 %
Central Europe	3,5 %	0,2 %	5,0 %
Eastern Europe	4,8 %	10,2%	4,6 %

West European Propylene Consumption			
y/y	1995-2011	2011- 20	2020 -25
Polypropylene	2,6 %	-0,7 %	2,8 %
Propylenoxid	3,0 %	0,3 %	0,8 %
Cumene	2,1 %	0,9 %	0,5 %
Acrylonitril	-2,8 %	0,1 %	2,3 %
Acrylic acid	9,7 %	0,5 %	0,2 %
Oxoalcohols	-1,9 %	0,1 %	0,0 %
Isopropanol	-3,7 %	1,6 %	0,0 %

Nákladovost výroby ethylenu z různých surovin je uvedena níže na obrázku:

World Cash Cost Comparison



Source: IHS Chemical (Houston, Texas), 2012. Information reprinted with permission.

Obrázek 41 Srovnání nákladů primární suroviny pro etylénovou výrobu

Přechod skladby surovin z původního (hlavně) primárního benzínu (Naphtha) na Ethan však v USA vyvolal nedostatek dalších derivátů, zejména propylenu a C4 frakce. V USA tak sice dochází k levnější výrobě ethylenu (a jeho přebytku), ale současně k nedostatku výše uvedených klíčových surovin pro navazující petrochemické výroby. Pro výrobce propylenu a C4 frakce (příp. butadienu) se tak otevírají větší perspektivy (i když zejména u C4 frakce tomu současný vývoj nenasvědčuje, ale jsme přesvědčeni, že se jedná o krátkodobou situaci).

Příklad výtěžkových vektorů při rozdílném nástřiku na „standardní“ ethylenovou jednotku na jednotku nástřiku:

Tabulka 10 Výtěžkové vektory standardní etylénové jednotky

	Nástřik ethanu	Nástřik primárního benzínu
Ethylen	0,805	0,290
Propylen	0,016	0,152
C4	0	0,103
Pyrolýzní benzín	0	0,237
Palivo	0,179	0,218

Výhoda ethanu jako nástřiku na ethylenovou jednotku je dána jeho cenotvorbou. Zatímco cena primárního benzínu je odvozena od vývoje ceny ropy, je cena ethanu odvozena v současné době od ceny zemního plynu.

9.2 Stávající technologické aspekty

Technologické okolnosti výroby etylénu

Olefiny se vyrábí zejména parním krakováním (pyrolýza), dodatečně i jako vedlejší produkt rafinérských výrob (např. FCC) a jako produkt katalytické dehydrogenace parafinů (cíleně zaměřené na žádaný olefin). Ethylen je průmyslově vyráběn prakticky pouze parním krakováním – tedy štěpením suroviny za vysokých teplot za přítomnosti vodní páry. Základní technologie je více méně stabilní. Během 80. let byl kladen v technologii důraz především na vysokou efektivnost z hlediska výtěžků, v 90. letech došlo k přesunu pozornosti směrem k nižším nákladům třeba i na úkor efektivnosti. V současné době je to zkapacitňování výrob a kombinace optimalizace výtěžků žádaných produktů při využití méně hodnotných surovin a pochopitelně minimalizace energetické spotřeby. Spotřeba energie poklesla z 6500 kcal/ kg ethylenu v roce 1970 na současných cca 4300 kcal/kg ethylenu při zpracování primárního benzínu. Doba zdržení se v té době pohybovala okolo 1.5-2 sec při teplotě okolo 900 K, nyní je doba zdržení 0.15 -0.30 sec při teplotách až 1150 K.

Ethylen je vyroben prakticky ze všech dostupných a používaných surovin (LPG, primární benzín, další benzínové frakce, střední destiláty, hydrowax), zatímco výtěžek ostatních produktů (ze žádaných to jsou zejména propylen a butadien) závisí silně od skladby surovin. Právě flexibilita nástřiku ethylenových jednotek jim dává dodatečnou přidanou hodnotu v současné velmi volatilní době změn energetických vstupů a hodnoty jednotlivých surovin, resp. produktů (ze kterých lze zmínit např. propylen, jehož výroba na ethanových pyrolýzách je velmi omezená).

Technologický vývoj výroby ethylenu se dále zaměřuje do těchto oblastí:

- tam, kde to umožňují surovinové zdroje (např. ethan z břidlicového plynu), optimalizace řešení pyrolýzy na nástřik ethanu při specifickém řešení navazujícího zpracování produktů dle očekávaných výtěžků s minimální flexibilitou při dosažení maximální efektivnosti zařízení a minimalizace investičních nákladů. Tyto pyrolýzy mají významnou výhodu v nižší ceně surovin a v nižších investičních nákladech, avšak vyrábí v omezené míře nebo vůbec nevyrábí některé žádané vedlejší produkty (propylene, C4/butadiene, aromáty). To může být za určitých okolností nevýhodné.
- zlepšení vlastní pyrolýzy s cílem snížení nákladů, snížení tvorby koksu a zvýšení výtěžků žádaných produktů

- Proces UOP MaxEne zvyšuje adsorpční separační technologií koncentraci C5-C11 parafínů v nástřiku na EJ a zvyšuje tak výtěžek ethyleny až o 30 %.
- Stone & Webster společně s IFP nabízí řešení pyrolýzy v keramické vlásence. Konverze na ethylen se dosahuje cca 90 % (při současných 65-70 %), účinnost 75 % (při současných 50 %).
- Chevron Phillips Chemical vyvinul technologii CCA-500, která snižuje tvorbu koksu a produkci CO. Délka cyklu pece by mohla být prodloužena 2-6 krát.
- zlepšení separace složek z vlastní reakční směsi
 - Technologie BOC: PSA dělení ethylene/ethan. Systém lze použít i pro dělení směsi propan/propylen.
- nová technologie výroby (zejména z ethanu, který se stává snáze dostupný nejenom v arabských zemích jako koprodukt při těžbě zemního plynu, ale nyní i v oblastech těžby břidlicového plynu, zejména USA – viz výše)
 - Technologie Sabic: na katalyzátoru (Mo,V,Nb,P) reaguje směs ethanu se vzduchem (15:85) při teplotě 260 °C a 14 bar při selektivitě 50 % a konverzi 53 % na ethylen, kys. octovou a vodu
 - Technologie Dow: katalytická dehydrogenace ethanu se selektivitou asi 86 % a konverzí 50 % (katal. Ga, Zn). Proces je využíván k výrobě ethylbenzenu, protože takto vyrobený ethylen neobsahuje acetylen ani butadien a lze jej použít přímo k syntéze.
 - Iran Polymer Institut: konverze methanu na ethylen cestou oxidative coupling. Technologie je založena na reakci methanu s kyslíkem rozpuštěným v heliu na katalyzátoru (CaBaTiO3) při teplotě 700-800 °C. Výtěžek ethyleny je 26 %.

Zatímco alternativní procesy výroby ethyleny nenachází široké uplatnění, situace v možnostech dodatečného zajištění propylenu je jiná (viz komentář výše), kdy dochází k širšímu uplatnění procesu methateze (založené na výrobě propylenu z „méně atraktivních“ produktů pyrolýzy: ethyleny a C4 olefinů).

Perspektivy v segmentu komoditních petrochemikálií

Růstový potenciál

Etylén

Do roku 2025 očekáváme objemový růst spotřeby etylénu v regionu Střední Evropy okolo 3 %/rok, zejména z důvodu vyšší poptávky po styrenu a HDPE. Po roce 2025 se tento

růst zpomalí na cca 2,5 %/rok, přičemž hlavním tahounem tohoto růstu bude poptávka po EDC a LDPE.

Propylen

Do roku 2025 očekáváme objemový růst spotřeby propylenu v regionu Střední Evropy okolo 4 %/rok, zejména z důvodu vyšší poptávky po propylenoxidu a polypropylenu. Po roce 2025 se růst poptávky zpomalí na cca 1,5 %/rok a v tomto období budou největšími tahouny růstu poptávka po kumenu a kyselině akrylové.

Butadien

Do roku 2025 očekáváme objemový růst spotřeby butadienu v regionu Střední Evropy asi 3 %/rok, po roce 2025 se tato poptávka zvýší na 4 %/rok. Tahounem růstu bude po celé období zejména butadienový kaučuk (BR).

Benzen

Do roku 2030 očekáváme objemový růst spotřeby benzenu v regionu Evropy do 1,5 %/rok. Hlavním tahounem růstu bude poptávka po styrenu a kumenu.

Vývoj v dostupnosti surovin

Etylén

Hlavní surovinou pro výrobu etylénu zůstane nadále primární benzín, který může být kombinován s některými lehčími podíly (např. plynový olej, LPG). Vzhledem k předpokládanému růstu spotřeby v daném období i postupnému tlaku na snižování spotřeby tradičních motorových paliv (alternativní pohony pro motorová vozidla) předpokládáme, že dostatek suroviny bude zajištěn z našich rafinérií.

Propylen

Propylen vyrábíme jednak přímo v rafinérii (jednotka FCC) a jednak na etylénové jednotce. Pro zajištění surovin platí stejné teze, jako v případě produkce etylenu. Dostatek kvalitních surovin budou schopny zajistit naše rafinérie.

Butadien

Hlavní surovinou pro výrobu butadienu je C4 frakce z etylénové jednotky. Předpokládáme, že i nadále budeme butadien vyrábět tímto postupem. Z toho plyne, že surovinu budeme zajišťovat z naší etylénové jednotky.

Benzen

Benzen vyrábíme z pyrolýzního plynu, jakožto vedlejšího produktu etylénové jednotky. Dostatek suroviny pro výrobu benzenu nám tedy zajistí naše etylénová jednotka.

Vývoj v používaných výrobních technologiích

Etylén

Největší množství etylénu se ve světě vyrábí pomocí etylénové jednotky (steam cracker), přičemž jako vstupní surovina mohou být použity např. etan, primární benzín, plynový olej či LPG. Mezi další používané nebo testované výrobní technologie patří:

- CTO (Coal-to-Olefins)
- MTO (Methanol-to-Olefins)
- ETE (Ethanol-to-Ethylene)
- Fischer-Tropsch syntéza
- Katalytická dehydrogenace etanu

Naše etylénová jednotka používá jako vstupní surovinu především primární benzín. V České republice nelze do roku 2030 očekávat významnější prosazení alternativní technologie výroby etylénu, nevylučují však možné spuštění malé testovací jednotky s alternativní technologií (CTO, ETE, Fischer-Tropsch). Hlavní směry rozvoje budou orientovány především na zvýšení efektivity, bezpečnosti a snížení dopadů na životní prostředí v rámci stávající výrobní technologie.

Propylen

Největší množství etylénu se ve světě vyrábí pomocí etylénové jednotky (steam cracker), přičemž jako vstupní surovina mohou být použity např. etan, primární benzín, plynový olej či LPG. Mezi další používané nebo testované výrobní technologie patří:

- FCC jednotka
- CTO (Coal-to-Olefins)
- MTO (Methanol-to-Olefins)
- Metathese

- Fischer-Tropsch syntéza
- Katalytická dehydrogenace propanu

Jako hlavní výrobní technologie pro výrobu propylenu bude v České republice do roku 2030 využívána stávající etylénová jednotka a výroba propylenu na jednotce FCC. Opět nelze vyloučit možné spuštění malé testovací jednotky s alternativní technologií (CTO, Fischer-Tropsch). Hlavní směry rozvoje budou orientovány především na zvýšení efektivity, bezpečnosti a snížení dopadů na životní prostředí v rámci stávající výrobní technologie.

Butadien

Největší množství butadienu se ve světě vyrábí pomocí extrakční destilace C4 frakce z etylénové jednotky (cca 97 %). Menší množství butadienu se vyrábí katalytickou dehydrogenací butenu. Naše jednotka využívá k výrobě butadienu extrakční destilace C4 frakce z etylénové jednotky. Hlavní směry rozvoje budou opět orientovány na zvýšení efektivity, bezpečnosti a snížení dopadů na životní prostředí v rámci stávající výrobní technologie.

Benzen

Hlavní výrobní technologií pro výrobu benzenu je v Evropě etylénová jednotka (steam cracker), kde se benzen získává krakováním pyrolýzního plynu. Z dalších používaných technologií jmenujme:

- Katalytický reforming (hlavní výrobní proces benzenu v USA)
- (Selektivní) disproportionaci toluenu (TDP)
- Hydrodealkylaci toluenu (HDA)
- Cyclar proces (LPG to mixed aromatics)
- CTB (Coal-to-Benzene)

Naše technologie využívá pro výrobu benzenu též etylénové jednotky. Pro další rozvoj technologie zde platí stejné teze jako v případě základních olefinů.

Vývoj ve výsledných produktech (vlastnosti, použití, ...)

Etylén

Světová spotřeba etylénu v letech 2018/2030 směřuje do následujících produktů: 28 %/29 % HDPE, 20 %/22 % LLDPE, 15 %/14 % etylenoxid, 14 %/13 % LDPE, 9 %/10 % EDC, 6 %/5 % styren, 3 %/2,5 % alfa olefiny, 1 %/1 % propylen, 4 %/3,5 % ostatní (PP, VAM, EPDM, acetaldehyd, etanol, ...).

Ve Střední Evropě je rozdělení spotřeby etylénu v letech 2018/2030 poněkud odlišné, vypadá asi takto: 50 %/44 % HDPE, 21 %/20 % LDPE, 15 %/18 % EDC, 4 %/3 % etylenoxid, 4 %/3 % styren, 0/6 % LLDPE, 5 %/4 % propylen, 1 %/2 % ostatní.

Propylen

Světová spotřeba propylenu v letech 2018/2030 směřuje do následujících produktů: 64 %/71 % polypropylen, 7,5 %/8 % propylenoxid, 6,5 %/6 % akrylonitril, 5 %/5 % kumen, 4 %/4 % kyselina akrylová, 5,5 %/5 % oxo-alkoholy, 7,5 %/1 % ostatní (EPDM, ...).

Ve Střední Evropě vypadá rozdělení spotřeby propylénu v letech 2018/2030 takto: 75,5 %/75 % polypropylen, 9 %/8 % oxo-alkoholy, 6 %/5 % propylenoxid, 2,5 %/5 % kyselina akrylová, 7 %/8 % ostatní.

Butadien

Světová spotřeba butadienu v letech 2018/2030 směřuje do následujících produktů: 30,5 %/32 % BR, 29 %/30 % SBR, 11 %/12 % ABS, 8 %/7 % SB Latex, 4,5 %/4 % HMDA, 17 %/15 % ostatní.

Ve Střední Evropě vypadá rozdělení spotřeby propylénu v letech 2018/2030 takto: 64 %/49 % SBR, 31,5 %/47 % BR, 2 %/1,5 % SB Latex, 2,5 %/2,5 % ostatní.

Benzen

Světová spotřeba benzenu v letech 2018/2030 směřuje do následujících produktů: 49 %/48 % styren, 21 %/22 % kumen, 11 %/10 % cyklohexan, 10 %/11,5 % anilín, 3 %/3 % LAB, 6 %/5,5 % ostatní.

V Západní Evropě vypadá rozdělení spotřeby propylénu v letech 2018/2030 takto: 47,5 %/47 % styren, 24 %/24 % kumen, 9 %/9 % cyklohexan, 13 %/14 % anilín, 3 %/3 % LAB, 3,5 %/3 % ostatní.

Odhady vývoje spotřeby etylénu a propylenu reflektují sílící tlaky na snižování spotřeby standardních plastů a jejich částečné nahrazování přírodními nebo lépe odbouratelnými materiály (biopolymery).

V rámci doporučení pro výzkum a vývoj v oblasti výroby ethylenu a propylenu lze zejména doporučit aktivity v následujících oblastech:

- Adsorpční separační technologie zvyšující koncentraci C5-C11 n-alkanů v nástřiku na ethylenovou jednotku s potenciálem zvýšení výtěžku ethylenu.
- Řešení pyrolýzy v keramické vlásence zaměřené na podstatné zvýšení konverze a selektivity na ethylen.
- Snižování tvorby koksu a produkci CO₂.
- Zlepšení separace složek z vlastní reakční směsi – využití technologie PSA při dělení směsi ethylen/ethan a propan/propylen.
- Katalytická dehydrogenace ethanu.
- Konverze methanu na ethylen cestou oxidative coupling. Technologie je založena na reakci methanu s kyslíkem.
- Zvýšení produkce propylenu - methateze (založené na výrobě propylenu z méně atraktivních produktů pyrolýzy, případně ethylenu z katalytického krakování a C4 olefinů).
- Zvýšení selektivity na propylen v procesu katalytického krakování (FCC)
- Výroba olefinů z obnovitelných surovin (dehydratace biolihu, pyrolýza HVO)

10 MODERNÍ KATALYZÁTORY

10.1 Obecná problematika katalýzy a katalyzátorů – světové trendy

Společnost je významně ovlivňována pokročilými materiály a technologiemi. Materiály pomohly zvýšit naši životní úroveň, ale stále se objevují nové výzvy a vyžadují se nové materiály a vlastnosti, které představují klíčový prvek úspěchu zítřejších průmyslových výrobků a konkurenceschopnosti českého chemického průmyslu. V tomto ohledu je katalýza jednou z nejrozsáhlejších a nejdůležitějších disciplín v chemickém průmyslu. Katalytické materiály mají zásadní význam pro snížení dnešních a budoucích zátěží v oblasti životního prostředí a mohou přispět k ekologičtějším a udržitelnějším vývoji produktů, ke snížení emisí CO₂ nebo k řešení budoucích energetických problémů. Klíčovou charakteristikou katalýzy jako vědní disciplíny je její interdisciplinární charakter. Úspěšná realizace nových katalytických řešení a technologií vyžaduje integraci odborných znalostí z chemie, fyziky, biologie, matematiky do chemického a materiálového inženýrství a aplikované průmyslové chemie. Integrace teoretického modelování in situ k pochopení reakčních mechanismů, vědy o přípravě katalyzátoru na úrovni nanometrů, pokročilé mikrokinetiky a modelování reaktorů jsou příklady současných trendů v katalýze. Dalším úkolem je dosáhnout jednotného přístupu pro homogenní, heterogenní a biokatalýzu.

Všechny tyto aspekty jsou prvky generické výzvy "Katalyzátory podle návrhu", která je obsahem materiálu „Science and Technology Roadmap on Catalysis for Europe“ publikovaného v říjnu 2016 Evropským klastrem pro katalýzu. Katalýza je jednou z klíčových technologií pro většinu ze sedmi společenských výzev v programu Horizont 2020.

V současné době se obor katalýzy vyvíjí od popisu k predikci. Důležitými prvky takového přístupu jsou výpočetní modelování katalytických procesů a pokročilé syntetické přístupy zaměřené na přípravu materiálů s vylepšeným katalytickým výkonem. Reprezentativním příkladem této koncepce jsou nanomateriály na bázi uhlíku dopované lehkými hetero prvky, které představují třídu katalytických systémů bez kovů, s potenciálem katalyzovat řadu klíčových chemických reakcí v rámci environmentálních technologií. Přestože heterogenní katalýza bude pravděpodobně stále dominovat budoucímu průmyslovému využití katalýzy, je zřejmé, že mnohé nové výzvy, kterým katalýza čelí, od využití sluneční energie až po zpracování biomasy, vyžadují integraci homogenních, heterogenních a bio-katalýz.

Katalýza a katalytické procesy představují přímo nebo nepřímo asi 20–30 % světového HDP. Výroba katalyzátorů v Evropě má velký ekonomický dopad, který činí zhruba 3–4 miliardy EUR. Technická zlepšení katalyzátorů a výrobních procesů by mohly do roku 2050

snížit energetickou náročnost výrobků o 20 % až 40 %. V absolutních číslech by zlepšení mohlo ušetřit ročně až 13 EJ (exajouly) a 1 Gt ekvivalentu oxidu uhličitého (CO₂ ekv.) Katalýza je proto zásadní pro snížení tohoto zatížení životního prostředí. Více než 85 % všech současných chemických produktů se vyrábí pomocí katalytických procesů a katalytické procesy umožňují moderní rafinování paliv. Katalýza neovlivňuje jen chemický průmysl a ropné rafinérie. Má rozhodující úlohu při umožnění udržitelného využívání energie, například v palivových článcích a bateriích, při výrobě biopaliv, jakož i při ochraně životního prostředí a klimatu. Neustále roste význam nanomateriálů v katalýze. Nanomateriály na základě vlastností závislých na velikosti a povrchu částic nacházejí stále širší uplatnění v chemickém průmyslu, energetice, automobilovém a leteckém průmyslu, v obnově životního prostředí atd. To však vyžaduje věnovat mimořádnou pozornost hodnocení jejich bezpečnosti v rámci celého životního cyklu.

Významné výzkumné záměry jsou zaměřeny na hledání nových teoretických přístupů k přípravě katalyzátorů pomocí efektivního modelování. Je třeba získat další znalosti o molekulárních mechanismech heterogenní katalýzy a aktivace / deaktivace katalyzátorů v nano rozměrech. V cyklické ekonomice je CO₂ stále častěji vnímán chemickým průmyslem jako stavební kámen spíše než výroba chemických odpadů. Pokračuje úsilí o reakci CO₂ s olefiny, dieny a alkyly za vzniku karboxylátů, karbonátů a karbamátů. Mnohé z těchto procesů jsou katalytické. Některé procesy jsou endergonické a tedy je lze obtížněji realizovat. Zpravidla se mnoho chemických procesů spoléhá na syntézní plyn (CO + H₂), např. Fischer-Tropschova syntéza, hydroformylace a karbonylace. Je třeba zkoumat možnosti rozvoje chemie založené na CO₂ + H₂ namísto CO + H₂ jako vhodného způsobu funkcionalizace uhlovodíků. Příprava uhličitánů a polykarbonátů z CO₂ nabízí přímý přístup na rozsáhlé trhy v chemickém a plastikářském sektoru. Nedávno došlo v oblasti katalýzy k významnému pokroku. Katalytická karboxylace nabízí nové způsoby výroby karboxylových kyselin. Elektrokatalytická konverze CO₂ představuje další velmi elegantní způsob použití oxidu uhličitého. Nedávný pokrok ukázal nejen schopnost snižovat CO₂ v životním prostředí, ale také vytvářet vazby C-C během konverze, což je například otevření nových cest syntézy kyseliny octové.

V krátkodobém až střednědobém horizontu bude pokračovat rozvoj využití CO₂, zejména v oblastech, které jsou technologicky pokročilejší (např. polymery obsahující CO₂, hydrogenace CO₂). Konverze CO₂ bude mít také rostoucí úlohu při využívání obnovitelných zdrojů energie nebo při snižování nestability na síti (související s diskontinuální výrobou energie z obnovitelných zdrojů, tedy s chemickou konverzí jako způsobem skladování a distribuce energie).

Z dlouhodobého hlediska bude využívání CO₂ klíčovým prvkem udržitelného nízkouhlíkového hospodářství v chemických a energetických společnostech. Očekávaná změna surovinové základny při vyčerpávání zdrojů fosilního uhlíku vyvolává potřebu postupné evoluce struktury chemického průmyslu.

ČR má významnou fundovanou vědeckou základnu pro procesní inženýrství a vývoj katalyzátorů, včetně fotokatalyzátorů. Výrobní základna je však menší.

Katalyzátory pro udržitelné energie

Výrobní procesy založené na fosilních palivech je třeba dále zdokonalovat, což vyžaduje významné úsilí v oblasti VaV s cílem udržet vysokou úroveň inovací a zajistit konkurenceschopnost. S ohledem na obrovské objemy spalovaných materiálů bude mít i drobné zlepšení podstatný dopad na životní prostředí a hospodářství. Spolu s novými katalyzátory pro aktivaci metanu a dalších zdrojů uhlíku C1, včetně CO₂, jsou zapotřebí pružnější a robustnější katalyzátory a procesy pro přeměnu a vyčištění např. frakcí těžkého rafinérského oleje.

V roce 2010 byl celosvětově spotřebováván elektrický výkon 13,6 TW. Někteří odborníci odhadují, že pokud udržíme současný ekonomický růst, budeme v roce 2050 potřebovat 30 TW. Zatím je většina energie kryta z fosilních (neobnovitelných) zdrojů, jako jsou uhlí, ropa nebo zemní plyn. Lepší využívání fosilních paliv a účinné využívání biomasy vyžadují lepší pochopení deaktivace katalyzátoru. Vývoj nových procesů nabízí také možnosti nahradit kritické suroviny, jako jsou drahé a kritické kovy levnějšími materiály.

Pokročilá katalytická řešení výroby obnovitelného vodíku z vody (photo-splitting např. pomocí fotokatalýzy), z odpadních vod obsahujících sacharidy, alkoholy a krátké karboxylové kyseliny (foto-reformování) nebo z odpadních organických zdrojů (buď foto, bio nebo heterogenní katalýza) prostřednictvím fotokatalytických procesů při přímém ozáření slunečním zářením se ukazuje jako cenné a zajímavé řešení obnovitelné energie a je jednou z priorit umožňující konverzi oxidu uhličitého na solární paliva nebo chemikálie. Nicméně zdaleka není tato cesta optimalizována a účinnost těchto procesů zatím omezuje jejich technologické uplatnění. Konverze oxidu uhličitého na solární paliva nebo solární chemikálie přináší vlastní výzvy k vývoji účinné konverze založené na nejrůznějších formách obnovitelné energie. Solární paliva a solární chemická výroba jsou potenciální strategií pro snížení negativního dopadu zvyšování atmosférického CO₂ a rovněž přispívá k ukládání přebytečných obnovitelných zdrojů energie. Z krátkodobého hlediska je kritickým faktorem snížení nákladů na výrobu vodíku díky lepšímu designu katalyzátoru v elektrolyzérech, avšak v dlouhodobém horizontu by měla být využívána bezprostředně obnovitelné energie bez meziprojektu vodíku ke konverzi CO₂ na solární paliva a chemikálie. To mimo jiné vyžaduje další vývoj elektrokatalýzy, která může pracovat v synergii s fotoaktivními materiály a katalyzátory. Takové procesy umožní chemickému průmyslu vyrábět více uhlíkové chemikálie v příštích desetiletích.

Vyvinout nové katalyzátory pro stabilizaci a modernizaci katalytického krakování pyrolýzních olejů, které jsou odolnější vůči různým formám deaktivace. Tento výzkum společného procesu fluidního krakování by měl být rozšířen na všechny hlavní procesy

konvenčních rafinérií. Při přechodu na nová paliva je reálnou alternativou k biopalivům první generace výroba hybridních biopaliv a fosilních paliv tím, že se společně rafinuje pyrolýzní olej s biomasou v konvenční rafinérii minerálních olejů s cílem splnit cíle v podílu obnovitelných energií do roku 2020. Budoucí scénář vychází z postupné náhrady produktů získaných z fosilních paliv pro chemický průmysl a energetiku na biomasu. To má svá omezení spojená s náklady a náročností její přeměny, což pravděpodobně omezí rozsáhlé využívání jako biopaliva pouze na několik produktů odvozených z biomasy. I když existují různé názory na přechod k udržitelnější a nízkouhlíkové budoucnosti, bude pravděpodobně postupně docházet k omezenému využívání energetických zdrojů z fosilních paliv, k růstu podílu biopaliv, uplatnění solárních paliv a postupnému zavádění paliv třetí generace odvozených např. ze zpracování řas. Podíl biopaliv na celkové poptávce po energiích však nepřesáhne 20 % a bude zahrnovat spíše jednodušší výrobní procesy.

Pochopení nano-architektury a její úlohy při řízení funkčních výkonů zůstává hlavní výzvou pro katalytické nanomateriály. Příkladem je vývoj pokročilých elektrod. Existují klíčové technologické oblasti energetického odvětví, které vyžadují lepší elektrodovou nanostrukturu, aby překonaly běžné hranice a zvýšily svůj výkon.

Klíčovou otázkou přípravy solárního paliva je dostupnost obnovitelného vodíku. Uvažují se různé cesty jako bioproceny založené na enzymech nebo bakteriích, sluneční tepelná energie nebo použití polovodičů absorbujících fotony, pokročilá elektrolýza spojenou s obnovitelnou elektrickou energií, katalytické systémy buď v plynné, nebo kapalně fázi s využitím odpadu nebo vedlejších produktů z transformace biomasy a mikrobiální elektrolýzy.

Nové vědecké pokroky v homogenních i heterogenních katalyzátorech a také v biokatalyzátorech oživily vědecký i průmyslový zájem o využití metanolu, dimetyleteru a oxymetylen eteru a to zejména proto, že jejich výroba a použití vykazují jedinečné rysy flexibility. Metanol může být používán jako surovina jak pro velkotonážní chemické látky, ale také jako palivo. Dimetyleter (DME) a oxymetylen-ethery (OME) se v budoucnu považují za důležité čisté palivo.

V souladu se současným zájmem průmyslu by měly být vyvinuty nové katalytické systémy pro selektivní částečnou oxidaci metanu, které by měly být odolné vůči ukládání uhlíku na povrchu katalyzátoru a vykazovat vysokou konverzi metanu při nízké teplotě a vysokou selektivitu vůči vodíku. Takové cíle lze řešit vhodnými volbami nosiče a použitím aktivního katalytického kovu, zejména niklu, a případně přidáním vhodných dopantů.

Potřeby v oblasti výzkumu a očekávané výstupy

Z dlouhodobého hlediska se VaV soustředí na vysoce integrovaná řešení, která umožní produkci energie bez emisí uhlíku ve všech oblastech, včetně mobility a chemikálií. K dosažení tohoto požadovaného cíle je třeba vyřešit technologii, která dokáže zachytit CO₂ z

atmosféry. To může být vyřešeno pomocí „umělých listů“, ve kterých je CO₂ ze vzduchu fotokatalyticky přeměněn na užitečné produkty nebo meziprodukty, nebo přístupy, při kterých je zachycování CO₂ provedeno kondenzací, buď elektrochemicky nebo znovu obnovitelným H₂. Biomimetika i geneticky modifikované organismy mohou být také volbou. V takovém scénáři, kde lidé již nejsou závislí na fosilních zdrojích energie, by se tyto zdroje (včetně biomasy) mohly stát výchozími chemikáliemi pro výrobu spotřebních výrobků. CO₂ by již nebyl odpadním produktem, ale byl by považován za primární stavební prvek. Je třeba vyvinout nové katalytické postupy, které by umožnily efektivní využívání CO₂ jako monomerní jednotky při výrobě paliv a chemikálií.

V dlouhodobém horizontu jsou očekávány velké přínosy z vývoje třetí generace fotovoltaických článků a nanostrukturovaných termoelektrických zařízení.

Podle prognózy očekávaných výsledků VaV v příštích dvou desetiletích se předpokládá vyřešení:

- technologie elektrolýzy založené na levných a dostupných katalytických kovech, které přeměňují obnovitelnou elektřinu na vodík;
- generátorů vodíku s účinností generování solárního na vodík o 20 % vyšší, než je účinnost fotovoltaické technologie;
- katalytické technologie pro skladování obnovitelné elektřiny nebo obnovitelného vodíku v kapalných palivech;
- integrace solární energie a využívání CO₂ do výroby chemických látek a paliv. Existuje řada výzkumných průnikových témat společných pro technologické platformy pro energetiku, udržitelnou chemii, plasty a biosložky, která mohou být základem pro další spolupráci těchto technologických platform. Jedná se na příklad o problematiku výroby metanu nebo metanolu ze syntézního plynu, zplyňování biomasy a další.

Tato strategie vyžaduje vybudování celosvětového systému pro obchodování se solárními palivy a chemickými látkami, a tím souvisejícími obnovitelnými zdroji energie.

Prioritní výzkumná témata

- katalytické procesy pro efektivní využití uhlíkatých energetických surovin;
- elektrokatalytický vývoj vodíku na Ni katodě aktivované redukováním grafenoxidem;
- vývoj neplatinových katalyzátorů pro alkalickou elektrolýzu vody;
- příprava katalyzátorů pro palivové články typu PEM;
- přímá dekompozice metanu;
- katalyzátory pro použití při zapalování reaktorů pro reformování benzínu a nafty, které jsou velmi robustní a odolné vůči katalytickým jedům a koksování;

- výzkum a vývoj katalyzátoru na bázi oxidu zirkoničitého a jeho aplikace pro izomeraci C5 a C6 uhlovodíkové frakce;
- zlepšení elektrokatalyzátorů s cílem snížit spotřebu energie;
- rozšíření používání technologií na širší spektrum procesů, které vyžadují vyvíjení inovativních a vysoce produktivních elektrod (např. 3D-tyt), které mohou zefektivnit procesy a snížit náklady;
- vývoj termických a netermických katalyzátorů (elektro- a fotokatalyzátorů) pro selektivní konverzi nízké kvality suroviny (např. biomasy, glycerin glycerol atd.) na chemikálie s vysokou přidanou hodnotou.
- vývoj elektrokatalyzátorů s redukcí kyslíku pro aplikace v palivových článcích;
- vývoj bifunkčních (oxidačně / redukčních) elektrokatalyzátorů pro aplikace na přeměnu a ukládání energie (např. baterie kov-vzduch);
- vývoj aplikací molekulární katalýzy v energetických procesech;
- zlepšení katalytických procesů, jako je hydrogenace, zplyňování odolné proti síře a metody selektivní konverze aromátů z uhlénohého dehtu.

Strukturované katalyzátory pro procesy intenzifikace

Procesy intenzifikace můžeme definovat jako "jakákoliv aplikace poznatků chemického inženýrství, která vede k podstatně menší, čistší, bezpečnější a energeticky účinnější technologii". Jejich cílem je tedy výrazné zvýšení efektivity využívání zdrojů z hlediska spotřeby materiálu a energií, což má zajistit další ekonomickou udržitelnost chemických procesů do budoucna. Potřeba účinnějších procesů, včetně dalších flexibilních konstrukčních návrhů a současně zvýšení bezpečnosti a snížení environmentálního dopadu těchto procesů, vyvolává požadavky na nový výzkum v této oblasti. Zlepšení transportních procesů v chemických reaktorech může hrát klíčovou úlohu při intenzifikaci procesů, povede rovněž ke kompaktnějším a efektivnějším zařízením a umožní lepší integraci procesů, což zase vede ke snížení počtu procesních kroků (např. multifunkční reaktory). Intenzifikace procesů katalýzou a integrace katalýzy s jinými technologiemi (např. membránovými technologiemi) povede rovněž ke snížení počtu kroků procesu.

Strukturované katalyzátory a reaktory poskytují velkou příležitost pro implementaci těchto strategií do průmyslové praxe. Několik studií jednoznačně prokázalo potenciál výrazně zvýšit přenos tepla a hmoty na mezifázovém rozhraní (plyn / pevná látka a plyn / kapalina / pevná látka) při současném zachování omezených poklesů tlaku, stejně jako celkový přenos tepla v reaktoru. Nové příležitosti pro budoucí aplikace strukturovaných katalyzátorů mohou vyplývat z kombinace pokročilého modelování pravidelné geometrie reaktoru, schopného poskytnout přesný popis všech relevantních chemických a fyzikálních jevů na různých stupních s novými technologiemi výroby aditiv, která umožní realizaci komplexních a vysoce specializovaných geometrií zařízení. Příkladem je monolitický, membránový, mikro kanálkový a hierarchický návrh nebo 3D tisk. Taková kombinace

modelové optimalizace s přizpůsobenou výrobou by vedla k technologickému procesu se zvýšenou výkonností, které lze aplikovat jak na výrobní procesy velkotonážních chemických produktů, tak na výrobu chemických specialit, jakož i na vysoce inovativní energetické a environmentální technologie zahrnující chemickou transformaci.

Stále se objevují nové trendy a zdůrazňuje se potřeba vyvinout a vylepšit nové katalytické materiály, zařízení a procesy. V některých oblastech se jedná o zlepšení stávajících katalyzátorů nebo jejich přizpůsobení novým surovinám, jako je přechod z ropy na biologické suroviny. V jiných sektorech na příklad při přímé konverzi metanu nebo při výrobě solárních paliv, je potřebný vývoj nových katalyzátorů. Jedním z příkladů je fixace dusíku. Výroba amoniaku je jedním ze světově nejvíce energeticky náročných procesů s více než 2,5 TJ energetické spotřeby a produkcí 350 Mt CO₂ ekv. emisí/rok. Výrazné snížení spotřeby energie při výrobě amoniaku se uskutečnilo před rokem 1930, ale další vylepšení bylo v posledních pěti desetiletích pouze pozvolné a nedávno téměř nulové. Výroba NH₃ za mírných podmínek, například elektrokatalýzou nebo fotokatalýzou za použití obnovitelných zdrojů energie pro řízení reakce, by mohla zcela změnit dopady výroby amoniaku na životní prostředí a současně poskytnout nový základ pro konkurenceschopnost chemického průmyslu.

Existuje řada dalších příkladů nových trendů ve vývoji katalýzy:

- fotochemické nebo fotochemické katalytické výroby obnovitelného vodíku;
- nové katalyzátory pro přímou konverzi metanu
- nové syntetické katalytické strategie pro chemii, například fotokarboxylaci nebo integraci chemo – nebo elektro – katalytických kroků (např. při regeneraci kofaktorů v enzymatických katalytických cyklech)

Intenzifikace výrobních procesů katalýzou a integrace katalýzy s jinými technologiemi (např. membránovými technologiemi) vede ke snížení počtu operací a ke snížení spotřeby energií. V současné době sice existují průmyslové technologie, s jejichž pomocí lze z metanu vyrobit zajímavé produkty, obvykle ale fungují za vysokých teplot a tlaků, a bývají komplikované. Metan zpracovávají na finální produkty jenom s malou účinností a vyplatí se jedině při produkci ve velmi velkém měřítku. V současné době je ale přitom poptávka po ekonomicky výhodných technologiích zpracování metanu na zajímavé uhlovodíky ze zdrojů, které jsou malé, jen dočasné, anebo obtížně dostupné. Jediný známý katalyzátor, ať už jde o průmyslové nebo biologické procesy, který umožňuje přeměnu metanu na metanol za pokojových podmínek a se slušnou účinností, je enzym metanmonooxygenáza (MMO).

Moderní katalyzátory a integrace katalýzy s ostatními technologiemi (např. membránovými technologiemi) významně přispívají ke zvýšení efektivnosti výrobních procesů, snižování spotřeby energie a snižování počtu výrobních operací. Za efektivní katalytické procesy jsou považovány: vysoce selektivní katalýza, nízkenergetické operace, komplexní a variabilní vstupní suroviny, multifunkční "inteligentní" katalýza, zvyšování

a postupné zasahování enzymatické katalytické / syntetické biologie do oblastí tradičně patřících k heterogenní katalýze.

Samostatnou kapitolou jsou fotokatalyzátory. Tyto materiály mají díky fotokatalýze schopnost rozkládat organické látky v přímém kontaktu s aktivovaným povrchem, mají samočisticí vlastnosti, rozkládají znečišťující látky z ovzduší: NO_x , SO_x , NH_3 , CO , aromatické uhlovodíky, aldehydy, organické chloridy a jiné. Aplikace nano forem TiO_2 se neustále rozšiřují a vedle již delší dobu zavedených aplikací vznikají stále nové náměty. Významná část těchto aplikací využívá fotokatalytického efektu povrchu TiO_2 pokud je osvětlen světlem nebo vysoké absorpční schopnosti vůči UV záření. Mezi rychle se rozvíjející aplikace nano TiO_2 patří samočisticí povrchy (keramika, nátěrové hmoty, vlákna, stavební materiály, zvukové bariéry, plasty, sklo, textil) a fotokatalyzátory (čištění vody, vzduchu, kontaminované zeminy). V současné době cca 54 % nano TiO_2 je používáno pro výrobu katalyzátorů. Velmi čistý nano oxid titaničitý je vhodným prekurzorem pro výrobu DeNO_x katalyzátorů, katalyzátorů pro Clausův proces odsíření ropy a zemního plynu, pro oxidaci SO_2 na SO_3 , katalyzátorů pro epoxidaci olefinů, pro Fisher-Tropschovy syntézy, konverzi oxylenu na ftalanhydrid, konverzi toluenu na benzaldehyd, pro parciální oxidaci CH_4 na formaldehyd nebo hydrodesulfurizaci.

Potřeby v oblasti výzkumu a očekávané výstupy

Aplikace dostupných přechodových a hlavních skupin kovů v zeolitech (Zn, Cu, Ga atd.) otevírá nové zajímavé možnosti pro nové transformace plynů a kapalných fází, např. metanolu, olefinů apod. Nové procesy konverze metanu založené na homogenních nebo biokatalyzátorech ukazují zajímavé vyhlídky, ekonomika těchto procesů však vyžaduje zlepšení. Kombinace s pevnými (foto) katalyzátory vede ke zvýšení rychlosti reakce nebo cyklizaci, což je další vznikající oblast vývoje.

Vzhledem k nízkým reaktivním nebo dokonce inertním molekulám, jako je oxid uhličitý, dusík nebo alkany, počet účinných katalytických postupů pro jejich použití jako suroviny téměř neexistuje. V nejlepším případě vyžadují velmi drsné podmínky. Bližší pohled na dosavadní vývoj katalýzy ukazuje, že právě ty substráty, které vykazují nepotřebnou chemickou inertnost jako CO_2 , N_2 nebo $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$, nebyly zkoumány extenzivně. Zatímco položky jako "hydrogenace a katalýza" vykazují v literatuře mnohem větší dopad v souladu s vodíkem za přítomnosti vhodných katalyzátorů. Jeden budoucí směr v této oblasti by tedy měl směřovat k modifikaci inertních molekul, jako je oxid uhličitý, dusík nebo alkyany, které mohou být efektivně přeměněny na komoditní nebo speciální chemikálie.

Katalyzátory metallocenového typu umožňují za přítomnosti kokatalyzátoru polymeraci i kopolymeraci etylenu a vyšších olefinů, polymeraci norbornenu, kopolymeraci 1,5-hexadienů, polymeraci vinyleterů a isobutylenu a v neposlední řadě styrenu na vysoce stereoregulární syndiotaktický polystyren. CGC katalyzátoru (ansa – cyklopentadienylamido

sloučeniny kovu ze 4. skupiny přechodové řady prvků) je vhodný pro kopolymeraci etylenu se styrenem a monocyklopentadienylové sloučeniny titanu pro polymeraci styrenu na syndiotaktický polystyren. Katalyzátory na bázi metalocenů vykazují velmi specifické charakteristiky. Kokatalyzátory (např. methylaluminiumoxid) jsou obecně používané při polymeraci. Pátou generaci katalyzátorů pro výrobu polyetylenů lze kombinovat se Ziegler-Nattovými katalyzátory, což vede k četným novým možnostem.

Prioritní výzkumná témata

- další rozvoj heterogenní a homogenní katalýzy
- vývoj deoxygenačních katalyzátorů pro výrobu motorových paliv a surovin pro petrochemii a průmysl na bázi obnovitelných surovin – katalyzátory páté generace pro výrobu polypropylenu
- konverze vysokovroucích zbytků z rafinérských a dalších procesů na produkty s vyšší přidanou hodnotou
- vývoj výroby aplikací metalocenových katalyzátorů
- vývoj heterogenní katalýzy na bázi Raney Ni a Co, katalyzátorů na bázi Cu a Cr
- rozvoj homogenní katalýzy – katalyzátory Wilkinsonova typu, na bázi Ir a Rh, komplexní sloučeniny přechodových kovů, binukleární katalyzátory

Katalýza za čistší a udržitelnou budoucnost

Katalýza sehrává nezastupitelnou úlohu v ochraně životního prostředí a zdraví lidí nejenom v chemickém průmyslu, ale také v energetice, automobilovém průmyslu a v řadě dalších odvětví. Katalýza je tedy klíčovou technologií, která umožňuje čistou a udržitelnou budoucnost, a proto je nutné v těchto oblastech intenzivně provádět výzkum. Byly identifikovány následující hlavní směry:

- a) Katalýza environmentálních technologií. Tato oblast zahrnuje například: environmentální heterogenní katalýzu, katalytické spalování, oxidaci VOC a Cl-VOC, odstraňování organochlorovaných sloučenin a snižování emisí ze spalování. Dále vývoj nových fotokatalyzátorů a fotokatalytických technologií pro čištění vody a vzduchu a pro sterilizaci ve zdravotnictví a hygieně.
- b) Katalýza ke zlepšení udržitelnosti chemických procesů a zlepšení výrobních procesů hlavních meziproduktů a chemických produktů. To zahrnuje snahu o posun směrem ke 100 %ní selektivě katalyzátorů při navrhování nového procesu pro efektivitu zdrojů a energie.
- c) Nové katalytické procesy k snížení ekologického dopadu nebo rizika výroby speciálních chemických látek (včetně katalyzátorů pro asymetrické syntézy, organokatalýzy a enzymatického procesu, tandemového procesu)

Některé z těchto "konvenčních" oblastí, v nichž je potřeba podporovat další výzkum a vývoj, jsou následující:

- čistší paliva při rafinaci;
- ekologická katalýza: odstranění hlavních znečišťujících látek na nízké úrovni, jako jsou NO_x, CO, uhlovodíky, SO_x, prachové částice a aerosoly;
- přeměna uhlovodíkových surovin na komoditní chemikálie a materiály s vyšší selekcí pro snížení emisí CO₂;
- nové katalytické a ekologičtější procesy pro speciální chemikálie; návrh a sestavení robustních chemo-, regio- a stereoselektivních heterogenních katalyzátorů.

Pro ochranu životního prostředí, zejména v oblasti vodního hospodářství, jsou významné pokročilé oxidační procesy, které mohou odstranit biologicky obtížně odbouratelné persistentní organické látky. Rozvoj membránových separací, fotokatalytického čištění ovzduší jsou další významné směry současného vývoje. Dalším budoucím trendem v této oblasti je modifikace inertních molekul jako je oxid uhličitý, dusík nebo alkany, které mohou být efektivně přeměněny na komoditní nebo speciální chemikálie.

Vylepšená prediktivní schopnost výpočetního modelování a rostoucí využívání modelování k předvídání skutečných vlastností katalyzátorů jsou hnacím motorem racionálního návrhu katalyzátoru, jejich charakterizace a testování. Úkolem je integrovat výpočty „Density functional theory (DFT)“, simulace molekulární dynamiky a modelování reaktorů v různých měřítcích.

Potřeby v oblasti výzkumu a očekávané výstupy

Vzhledem k rozmanitosti chemických technologií a výrobků můžeme souhrnně potřeby výzkumu v této oblasti popsat klíčovými slovy následovně:

- homogenní a heterogenní katalýza, fotokatalyzátory, asymetrická katalýza, chemokatalýza, enzymatická katalýza, biokatalýza, chirální katalyzátory, hybridní materiály, nízkoteplotní katalýza, micelární katalýza, hydrodehalogenace, organo katalýza, inteligentní katalyzátory, automobilové katalyzátory, aplikace syntetických zeolitů, katalyticky aktivované povrchy, tandemová katalýza, redox aktivní katalyzátory a celá řada katalyzátorů pro polymerace.
- zavedení nových reaktorových technologií, jako jsou mikrostrukturální reaktory, nano reaktory, využití membránových separací a aplikací modelování.
- nahradit používání anorganických solí a stechiometrických korespondujících látek a omezit těžkopádné separační nebo purifikační postupy nahrazením

ekologicky nevhodných oxidantů (na bázi stechiometrických solí kovů nebo aktivního chlóru) procesy založenými na udržitelných druzích oxidace (H_2O_2 , ozon, kyslík, vzduch) aktivované heterogenními katalyzátory.

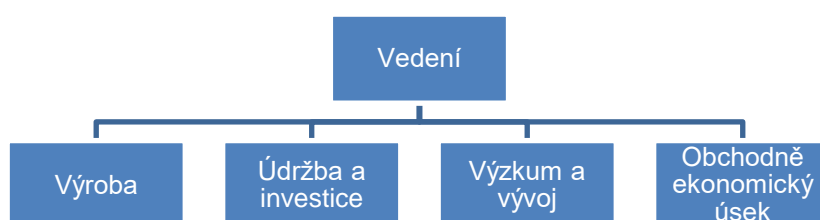
- ačkoli některé z těchto technologií jsou již zavedeny v praxi, nové oblasti, zejména pro katalytické čištění pitné vody a odpadních vod, a rostoucí požadavky na nižší úroveň emisí vyžadují další VaV.
- vylepšená prediktivní síla výpočetního modelování a rostoucí využívání modelování k předvídání skutečných katalyzátorů jsou hnacím motorem racionálního návrhu katalyzátoru, charakterizace a testování.
- organokovové komplexy, imobilizované organokovové katalyzátory nebo molekulové katalyzátory.
- syntéza pokročilých a hybridních katalytických systémů s přizpůsobenou reaktivitou.
- katalýza pro materiály se specifickými vlastnostmi (elektronické, fotonické, magnetické). ☐ syntéza pokročilých a hybridních katalytických systémů s přizpůsobenou reaktivitou.
- funkční nano-architektury a nanočástice (také polymetalické a nano klastry) v katalyzátorech, struktury jádra-pláště, duté kuličky, tandemová katalýza.
- vývoj nových organických a anorganických hybridních katalyzátorů.

10.2 Katalyzátory – relevance pro Ústecký kraj

Jediným výrobcem katalyzátorů pro velkokapacitní použití v ČR je firma Euro Support Manufacturing Czechia s.r.o., která se přednostně orientuje na výrobu katalyzátorových specialit. Firma navazuje na tradiční vyspělou výrobu katalyzátorů v areálu litvínovských chemických závodů (dnes Unipetrol RPA). Výroba heterogenních katalyzátorů v Záluží u Litvínova vznikla v druhé polovině 40. let minulého století. Již od počátku byla výroba katalyzátorů propojena s výzkumem (Výzkumný ústav pro chemické využití uhlovodíků – VÚCHVU). V období 1950 až 1989 se stala výroba katalyzátorů v Záluží klíčovým dodavatelem pro řadu chemických provozů v bývalém Československu. Počátkem 90. let došlo k značnému omezení poptávky, ale přesto se udržela výroba několika málo katalyzátorů pro technologie vyvinuté v 80. létech. Jako příklad je možné uvést katalyzátor pro výrobu anilínu nebo hydrogenační katalyzátor pro výrobu olejů v Litvínovské rafinérii. Přesto se výroba postupně stávala ekonomicky neefektivní. V roce 1996 byl založen "Join-Venture" podnik mezi tehdejší společností Chemopetrol a.s. a holandskou společností Euro Support B.V. V roce 2003 došlo k privatizaci výroby katalyzátorů společnosti Chemopetrol, a.s. a její převedení do společnosti Euro Support Manufacturing Czechia, s.r.o. (dále jen ESMC) Postupně se výrobní program změnil z výroby klasického výrobního na výrobu tzv.

zákaznických výrobků. Dnes společnost vyrábí zhruba 90 % objemu výroby zákaznických výrobků.

Je velmi obtížné předpovídat vývoj tohoto segmentu do roku 2030, ale porovnání objemu výroby vůči roku 1989 může dát určité vodítko. Stejně vodítko může poskytnout i počet technologických a výrobních inovací. Společnost ESMC patří mezi střední podniky. Počet zaměstnanců se zvýšil ze 112 v roce 2003 na 165 v roce 2018. Organizační struktura společnosti je velmi plošná, viz. organizační diagram na obr. č. 42. Výroba je nepřetržitá, zajištěná pěti osmihodinovými směny.



Obrázek 42 - Organizační struktura společnosti Euro Support Manufacturing Czechia, s.r.o.

Jak je vidět z organizačního diagramu, jedním z hlavních úseků je úsek Výzkumu a vývoje. Pro společnost vyrábějící speciality, je tento úsek klíčový. Jak už bylo uvedeno v úvodu v současné době převažuje zejména výroba tzv. "zákaznických katalyzátorů", což znamená, že zákazník dodá technologii výroby a požadované parametry produktu nebo společně se zákazníkem se technologie výroby vyvíjí.

Z hlediska toho, že se vždy jedná o převedení laboratorního nebo poloprovozního měřítko do provozních parametrů, je součinnost úseku Výzkumu a vývoje nezbytná. Mimo tyto zakázkové projekty, vyvíjí tento úsek katalyzátory pro Clausův proces (v současnosti nejpoužívanější postup pro odsíření ropy a zemního plynu a současně hlavní průmyslový proces výroby síry) na bázi TiO_2 ve formě stabilizované anatasové krystalické struktury. Společnosti ESMC se jako jedné z prvních podařilo, v druhé polovině 90. let, zavést průmyslovou výrobu tohoto materiálu ve formě použitelné v průmyslových reaktorech. Tento materiál vykazuje oproti standardně používanému Al_2O_3 vyšší stabilitu a možnost regenerace "in situ".

Úsek Výzkumu a vývoje se nesoustředí pouze na výrobní inovace, ale i na vývoj nových technologických postupů. Od roku 2003 společnost ESMC investovala do nových

technologíí výroby heterogenních katalyzátorů 200 000 000 Kč. Tyto technologie nesouvisí pouze s přípravou nových katalyzátorů, ale i se snížením ekologické zátěže při výrobě heterogenních katalyzátorů. Byly zavedeny technologie na eliminaci těžkých kovů v odpadních vodách a likvidaci organických látek a oxidů dusíku vznikajících při tepelném zpracování meziproductů jejich výroby.

Společnost Euro Support Manufacturing Czechia, s.r.o. spolupracuje s VŠCHT Praha, Ústavem Fyzikální Chemie Jaroslava Heyrovského a UNICRE. Společně s těmito partnery řeší výzkumné projekty vyhlašované TAČR. Jedná se zejména o vývoj katalyzátoru pro katalytický proces pro úplnou likvidaci emisí oxidů dusíku pro technologie výroby kyseliny dusičné, katalyzátor pro rafinace bio-oleje na palivo pro vznětové motory, vývoj modifikovaných hydrotalcitů pro heterogenní katalýzu bazických kondenzačních reakcí a vývoj vysoce výkonných alkylačních a izomerizačních katalyzátorů. Tato spolupráce umožňuje společnosti ESMC si udržet kontakt se základním výzkumem a umožnit rychlé zavedení výroby vyvinutých katalyzátorů. V neposlední řadě jsou nové technologické postupy aplikovatelné při řešení výroby zákaznických katalyzátorů.

Nejen spolupráce s výzkumnými institucemi, ale i spolupráce přímo se zákazníky výrazně urychluje zavádění nových výrobků a technologií do výroby. Realizace projektů se odehrává v úrovni měsíců, ne let. V průměru se ve společnosti ESMC řeší kolem deseti zákaznických projektů ročně. Jejich úspěšnost je téměř 80 %. Projekty řešené v rámci TAČR jsou tříleté a ESMC společně s řešitelskými partnery uplatňuje jejich výsledky co možná nejdříve do praxe.

Strategie společnosti spočívá v dodávání špičkových komplexních služeb v oblasti výroby zákaznických výrobků při zachování vysoké flexibility jak v kapacitách výroby, tak sortimentu. ESMC je schopné připravit šarže katalyzátorů jak v kilogramových množstvích, tak v objemu několika tisíc tun za rok.

Předpoklad budoucího vývoje

Jak už bylo řečeno, v úvodu je velmi obtížné předpovídat vývoj tohoto segmentu do roku 2030. Ale narůstající objem zakázek a objem výrobků (zejména TiO_2 katalyzátory pro Clausův proces) dávají velmi dobrý předpoklad pro rozvoj výroby heterogenních katalyzátorů.

Lze předpokládat použití speciálních materiálů pro výrobu katalyzátorů, jako jsou Zeolity, TiO_2 (stabilizovaná anatasová struktura ve formě nano-krystalů), hydrotalcity a ZrO_2 . Tyto materiály lze definovat jako základní (nosičové). Další speciální materiály dovolují ztvarovat výše uvedené materiály do požadované formy s minimálním vlivem na aktivitu a selektivitu výsledných katalyzátorů.

Stále více se ukazuje, potřeba jiných zdrojů výše uvedených materiálů, zejména zeolitů, které jsou dodávány zejména z USA, Číny a Indie. V oblasti vývoje speciálních zeolitů má dlouholeté zkušenosti UNICRE a ÚFCH Heyrovského v Praze. Společnost ESMC sama uvažuje o výrobě některých typů zeolitů. Je zde i možná spolupráce s jinými chemickými podniky v Ústeckém kraji (Vodní sklo, Spolek). Další možnosti spolupráce je výroba aditiv do heterogenních katalyzátorů na bázi organických látek, pro zlepšení jejich tváření a zpracování.

Jako příklad dobré spolupráce je výroby TiO_2 (stabilizovaná anatasová struktura). Technologie byla vyvinuta ve společnosti ESMC. V počátku vyráběla tento základní materiál sama, ale pro zajištění větších objemů (stovky tun) extrudovaného katalyzátoru je v současné době jedním z hlavních dodavatelů společnost PRECHEZA.

Závěr

Výroba zákaznických heterogenních katalyzátorů je velice efektivní zhodnocení znalostí a dovedností špičkových techniků. Vysoká přidaná hodnota těchto výrobků a zvyšující se zájem zákazníků dává dobré předpoklady pro další rozvoj tohoto segmentu. Propojení výroby, výzkumu a zákazníků je unikátním příkladem zavádění výzkumu a inovací do praxe s minimálními marketingovými náklady.

11 CHLOROVÁ CHEMIE A DOPROVODNÁ CHEMIE ALKÁLÍÍ

11.1 význam a rozvoj pro Ústecký kraj

Výroba chlóru a hydroxidů alkalických kovů (Na, K,) patří mezi skupinu základních anorganických výrob, jako zdroj základních anorganických chemických surovin a polotovarů. Tyto tradiční produkty slouží jako základní výchozí produkty pro celou řadu dalších chemických výrob, ať už anorganických nebo organických včetně zpracování ropy a navazující petrochemie. V českých zemích se průmyslové použití nejběžnějšího postupu získávání chlóru a hydroxidů alkalických kovů elektrolýzy započalo na přelomu 19. a 20. století zavedením originální technologie zvonové elektrolýzy ve Spolku pro chemickou a hutní výrobu (Spolchemie) v Ústí nad Labem. Tato téměř 120letá tradice výroby se ve stejné společnosti zachovala postupnou modernizací přes výrobu s použitím rtuti pro oddělení alkalického kovu a chlóru v amalgámové technologii a dnes samozřejmě s použitím nejmodernější ve světě používané technologie, membránové elektrolýzy. V současné době je Spolchemie jediným výrobcem chlóru, hydroxidu sodného a hydroxidu draselného v rámci České republiky vzhledem k tomu, že druhý producent hydroxidu sodného a chlóru neratovická Spolana (součást společnosti Unipetrol) neprovedla zákonem o integrované prevenci a omezování znečištění (IPPC) ve stanoveném termínu požadovanou konverzi na výrobu, která vyhovuje použití nejlepší dostupné techniky a koncem roku 2017 svoji výrobu odstavila.

11.1.1 Produkty elektrolýzy chloridů alkalických kovů NaCl a KCl a jejich využití

Chlór Cl₂

Chlór je za normálních podmínek plynná látka, je jedovatý (v minulosti se použil jako bojový plyn) a skladuje se a dopravuje většinou jako stlačený a zkapalněný. Vzhledem k výše uvedeným vlastnostem je snaha ho při velkých výrobních kapacitách, pokud možno zpracovávat v místě výroby, takže jeho prodej jako hotového výrobku je značně omezený.

Použití chlóru

Chlór se používá pro výrobu různých chlorovaných derivátů:

- vinylchlorid jako monomer pro výrobu PVC - největší spotřebič
- skupina chlormetanů (monochlormetan, dichlormetan, chloroform, tetrachlormetan)
- epichlorhydrin jako meziprodukt pro výrobu epoxidových pryskyřic
- organická chlorovaná rozpouštědla (perchlorylen, trichloretylen, chlorbenzen)
- allylchlorid jako polotovar pro výrobu silanů pro pneumatiky

- výroba brómu a chloridů kovů

Velký význam má použití chlóru ve fosgenové chemii při výrobě:

- TDI (toluendiisokyanát), MDI (methyldifenyldiisokyanát). TDI a MDI se používají například pro výrobu polyuretanových pěnových hmot hlavně pro automobilový průmysl a pro výrobu nábytku (u nás známý jako „molitan“)
- Polykarbonáty. Polykarbonáty jsou opět používány ve velkém v automobilovém průmyslu (světlomety), v elektrotechnice a elektronice a ve stavebnictví.

I v současné době je stále chlór používán jako významný desinfekční prostředek, ať už přímo např. dávkováním do pitné vody nebo v podobě dalších produktů.

Kyselina chlorovodíková HCl

Při výrobě chlóru se s výhodou zároveň vyrábí kyselina chlorovodíková (HCl rozpuštěný ve vodě), spalováním chlóru s vodíkem jako nejlepší způsob využití chlorového odplynu, který vzniká při zkapalňování chlóru. Kyselina chlorovodíková je jednou z nejběžnějších silných anorganických kyselin pro různé použití v:

- chemickém průmyslu jako silná kyselina pro všeobecné použití v reakcích s potřebou silně kyselého prostředí
- energetice na úpravu vody pro napájení kotlů
- hutnictví pro úpravy povrchů válcovaných profilů, drátů a plechů
- strojírenství pro povrchové úpravy kovových výrobků

Chlornan sodný NaClO

Při výrobě chlóru se produkuje chlornan sodný jako produkt, který vzniká likvidací chlorového odplynu při jeho uvolňování ze zařízení při běžném provozu i v havarijních situacích v absorpčních kolonách zkráplených roztokem hydroxidu sodného. Ve většině výrob se také vyrábí účelově uváděním chlóru do zředěného roztoku hydroxidu sodného. HClO je silné oxidační činidlo, používá se jako desinfekční prostředek (např. Savo) nebo jako bělidlo.

Hydroxid sodný NaOH

Hydroxid sodný (někdy také louh sodný) je nejběžnější dostupná ve vodě dobře rozpustná alkálie (na rozdíl od hydroxidu vápenatého – vápenného mléka). Díky uvedeným vlastnostem má NaOH široké použití v:

- chemickém průmyslu jako silná alkálie, pro neutralizace, absorpce kyselých plynů apod.
- energetice opět úpravny vody pro napájení kotlů
- hutnictví a strojírenství pro povrchové úpravy kovových výrobků

Hydroxid sodný se může produkovat ve dvou základních komerčních kvalitách. Nejběžnější je jeho produkce v kapalném stavu ve vodném roztoku s koncentrací cca 50 %

hm. Tato kvalita je samozřejmě levnější, ale na velké vzdálenosti se tato výhoda ztrácí, protože se vozí 50 % vody. Pro některé aplikace je tato kvalita nevhodná.

Druhá komerční kvalita je hydroxid sodný ztužený, což je NaOH prakticky bezvodý v podobě šupin nebo peciček. Výhodou je, že se jedná o bezvodý produkt, z hlediska dopravy výhodnější, ale samozřejmě dražší. Pro některé aplikace je ale nutná pouze tato forma.

Hydroxid draselný KOH

Hydroxid draselný je významný polotovar pro řadu dalších výrob. KOH je produkt, který se pohybuje na pomezí komoditních výrobků a specialit. Jeho použití je v chemickém průmyslu jako polotovar pro výrobu dalších produktů jako např.:

- kyanid draselný KCN
- dusičnan draselný KNO₃
- uhličitan draselný K₂CO₃
- manganistan draselný KMnO₄

Je významnou chemikálií pro:

- potravinářský průmysl při výrobě kakaa a čokolády, slazených nápojů
- elektrotechniku a elektroniku při výrobě polovodičů (zde se požaduje hodně vysoká čistota), při výrobě fotovoltaických článků a pro výrobu galvanických článků
- pro výrobu speciálních prostředků na odmrazování letadel
- výrobu hnojiv atd.

Hydroxid draselný se může stejně jako NaOH produkovat ve dvou základních komerčních kvalitách. Nejběžnější je jeho produkce v kapalném stavu ve vodném roztoku s koncentrací cca 50 % hm. Tato kvalita je samozřejmě levnější, ale na velké vzdálenosti se tato výhoda ztrácí, protože se vozí 50 % vody. Pro některé aplikace je tato kvalita nevhodná.

Druhá komerční kvalita je hydroxid draselný ztužený, což je KOH prakticky bezvodý v podobě šupin nebo peciček. Výhodou je, že se jedná o bezvodý produkt, z hlediska dopravy výhodnější, ale samozřejmě dražší. Pro některé aplikace je ale nutná pouze tato forma.

11.1.2 Suroviny a jejich dostupnost

Chlorid sodný NaCl

Zásoby NaCl „kuchyňské soli“ jsou zatím v Evropě dostatečné, i když někteří tradiční producenti z důvodů vysokých nákladů těžbu zastavili (Polsko, Slovensko), nicméně zatím nejsou signály, že by byl suroviny nedostatek. Dodavatelé v Evropě, jsou Německo, Polsko, Rakousko, Nizozemí.

Německo, nejbližší dodavatel společnost K+S Group, jsou možné dodávky různých kvalit soli, nicméně pro účely výroby chlóru a hydroxidu sodného v elektrolýze je nevhodnější přečištěná vakuová sůl. Snižují se tím náklady na čištění soli před použitím ve výrobě.

Polsko, dodavatel kopané soli SKS Klodawa. Poslední polský dodavatel tradiční kopané soli. Výhodou je nižší cena, nevýhodou horší kvalita, resp. čistota soli.

Rakousko, těžba soli ještě pokračuje v okolí Hallstattu, ale množství je omezené

Nizozemí, dodavatel soli s nízkým obsahem draslíku, resp. s nízkým obsahem protispékavých přísad nebo protispékavých přísad navržených speciálně pro použití v membránové elektrolýze. Běžně se jako protispékavá přísada používá ferrokyanid sodný, který je ale pro použití soli v membránové elektrolýze nevhodný a jeho obsah je proto limitován. Sůl z této lokality je vhodná pro výrobu vysoce čistého hydroxidu sodného s nízkým obsahem draslíku, pro použití např. ve výrobě polovodičů.

Slovensko, tradiční těžba soli v oblasti Solivaru byla z ekonomických důvodů uzavřena, nicméně jsou známá a prozkoumaná ložiska, která by bylo možné v budoucnu otevřít, pokud by se to ukázalo ekonomicky zajímavým.

Chlorid draselný KCl

Zásoby KCl jsou v Evropě zatím dostatečné a vyskytují se v Německu, Bělorusku a v Rusku. Těžba a cena draselných solí je určována trhem hnojiv, použití draselných solí, což je hlavně KCl, pro chemický průmysl představuje podíl mezi 5 – 10 %, takže nemá zásadní vliv na tento byznys, na druhou stranu požadavky na kvalitu produkované suroviny jsou podstatně vyšší než pro použití na hnojiva a tudíž náklady na jejich úpravu jsou také vyšší. Z toho plyne, že v období hospodářského růstu je pro dodavatele zajímavější prodávat soli draslíku do výroby hnojiv a ceny pro nákladově náročnější KCl pro chemický průmysl jsou vysoké, v období stagnace, kdy je odbyt omezen, jsou ceny pro relativně stabilní odběry pro chemický průmysl většinou hodně výhodné.

Německo, nejbližší a největší evropský dodavatel je společnost K+S KALI GmbH (součást K+S Group). Dodávají KCl ve kvalitě vhodné pro použití v membránové elektrolýze i pro výrobu vysoce čistého KOH pro elektroniku.

Bělorusko, v současné době rychle se rozvíjející těžba surovin a díky velkým investicím ze zahraničí se rychle zlepšuje i kvalita produkce. Dodávky z oblasti Soligorsk, původně dodavatel, který nebyl schopen dodat kvalitu KCl vhodnou pro použití v elektrolýze, postupně se ale zlepšuje a dá se počítat, že bude stabilním a spolehlivým dodavatelem. Postupně se objevují i nová naleziště a začínají se uplatňovat na trhu, např. Petrikovskaja oblast.

Rusko, v oblastech kolem města Perm na Uralu a poblíž Volgogradu jsou nově otevřená nebo se otevírají doly na těžbu KCl. Primárně jsou tato ložiska určena pro trh s hnojivy, ale dá se předpokládat jejich využití i pro chemický průmysl. Nicméně dodávka KCl z Ruska je z hlediska vzdálenosti už hodně problematická a připadala by v úvahu pouze v případě, že by nebyla jiná možnost blíže nebo by byla cenově hodně zajímavá.

Pro úplnost je potřeba ještě zmínit, že jedno z největších nalezišť KCl se nachází v **Kanadě** a běžně se z něho zásobují výroby KOH v jiných částech světa např. Jižní Korea (firma Unid), nicméně není jednoduché si zvolit dodavatele KCl, protože společnosti, které provozují výše zmíněná naleziště v Německu, Bělorusku a v Kanadě mají z větší části společnou majetnickou strukturu a ta určuje z jakého naleziště jsou zásobovány jednotlivé tržní lokality.

Elektrická energie

Podstatnou složkou, která je podmínkou pro realizaci výroby chlóru a hydroxidů alkalických kovů, je dostupnost dostatečně velké a stabilní dodávky elektrické energie. Proto je i elektrická energie zařazena mezi suroviny a jejich dostupnost. Vzhledem k tomu, že elektrolyza chlorků alkalických kovů je velkým odběratelem s možností výrazné regulace odběru elektrické energie, je tato výroba zajímavým a perspektivním stabilizačním prvkem v elektrické rozvodné síti. Je tedy hodně pravděpodobné, že bude velký zájem ze strany producentů a distributorů elektrické energie o získání takového velkého a stabilního odběratele. Nabízí se zároveň vazba na obnovitelné zdroje elektrické energie a stabilní výrobce elektrické energie bez emisí oxidu uhličitého (jaderná energetika). Speciálně v regionu severních Čech, kde je energetika tradičně jeden z nejvýznamnějších oborů, se dá očekávat, že dostupnost dostatečného zdroje elektrické energie by měla být zachována.

11.1.3 Používané technologie a jejich vývoj

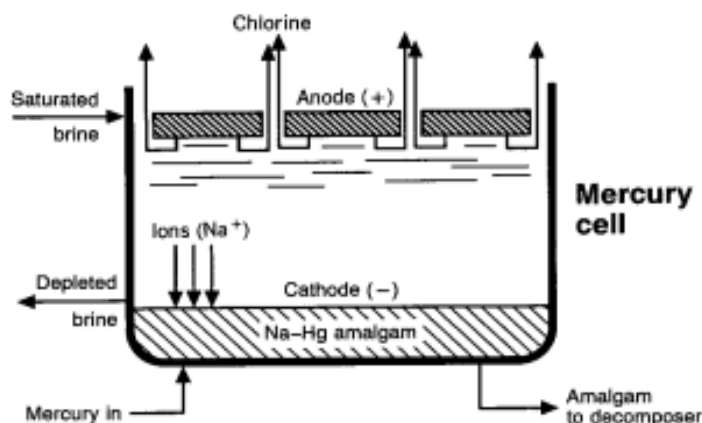
Pro výrobu chlóru a hydroxidů alkalických kovů, je prakticky výhradně průmyslově používanou technologií elektrolyza chlorků příslušného alkalického kovu elektrickým proudem

a) Amalgámová technologie

Po velkou část 20. století byla nejběžnější a nejlepší technologie výroby chlóru a hydroxidů alkalických kovů technologie amalgámová, která využívala k oddělení anodového a katodového prostoru tvorby kapalných slitin alkalických kovů (Na a K) s kapalnou rtuť. V elektrolyzáru, který je tvořen ocelovou vanou s pružným gumovým nebo plastovým víkem, je katodovým prostorem kovové dno, po kterém gravitačně stéká tenká vrstva kapalné rtuti a anodový prostor je tvořen anodami vyrobenými z povrchově aktivovaného titanu, které prochází víkem elektrolyzáru, kde jsou zatěsněny proti úniku chlóru do okolí. Mezi dnem a víkem elektrolyzáru cirkuluje nasycená solanka příslušné soli. Průchodem elektrického proudu vzniká na katodě alkalický kov, který se okamžitě rozpouští do rtuti stékající po dně elektrolyzáru a na anodě se vyvíjí chlór, který je odsáván na další zpracování, sušení, komprimaci a případně zkapalnění. Rtuť na konci elektrolyzáru s rozpuštěným kovem se čerpá do rozkladačů, kde je promývána zředěným roztokem příslušného hydroxidu, alkalický kov reaguje s vodou na hydroxid a vodík. Zkoncentrovaný hydroxid se odvádí jako produkt k dalšímu zpracování, stejně jako vodík, který se zkomprimuje a po vysušení dopravuje potrubím k další spotřebě. Při této reakci se v rozkladači vyvíjí elektrická energie, která se

likviduje v odporech. Provoz elektrolyzáru se s ohledem na snížení rizika emise chlóru do ovzduší vede za mírně sníženého tlaku na straně chlóru, takže v případě případných netěsností se do chlóru přisává vzduch z okolí. V případě drobných netěsností to obvykle nevadí, vzduch se jako inertní plyn odstraní během procesu zkapalňování. V případě větší netěsnosti se zařízení musí odstavit vyprázdnit a přetěsnit.

Pro lepší pochopení principu tohoto postupu viz obr. 43



Obrázek 43 Schematické znázornění amalgámové technologie výroby chlóru a alkalických hydroxidů

(zdroj: BAT Reference Document for the production of chlor-alkali, 2014)

Výhody tohoto výrobního postupu jsou:

- Produkce komerční koncentrace NaOH nebo KOH cca 50 % v jednom výrobním kroku
- Vysoká čistota produktu z pohledu obsahu chloridů, obvykle obsah Cl^- nižší než 1 ppm hm.
- Nižší požadavky na čistotu vstupní solanky do procesu, takže proces čištění solanky není tak náročný ať už z pohledu investičních nákladů, tak nákladů provozních

Nevýhody:

- Vyšší měrná spotřeba elektrické energie (proti membránové i diafragmové elektrolýze)
- Často horší kvalita chlóru (větší obsah inertních plynů), při výskytu netěsností na elektrolyzérech
- Horší kvalita hydroxidů z pohledu obsahu těžkých kovů, hlavně Hg, nutnost čištění hydroxidů od kontaminace rtutí, většinou na aktivním uhlí

- obtížné najíždění elektrolyzátoru po odstavení (odstranění korozních zplodin z povrchu ocelové katody), platí obzvláště pro výrobu KOH a s tím spojené ztráty na energiích, surovinách a časového fondu
- Nutnost likvidace odpadů kontaminovaných rtuťmi
- Nutnost manipulace s jedovatou kovovou rtuťmi, emise rtuti do ovzduší

Vzhledem k používání jedovaté kovové rtuti v amalgámovém procesu výroby chlóru a hydroxidů alkalických kovů, nebyl v rámci evropské legislativy tento proces zařazen mezi nejlepší dostupné techniky (BAT) a od 11. 12. 2017 je tento proces v zemích Evropské Unie zakázán. Z výše uvedeného důvodu je vývoj této technologie ukončen a není tedy perspektivní pro další využití v tomto segmentu výroby.

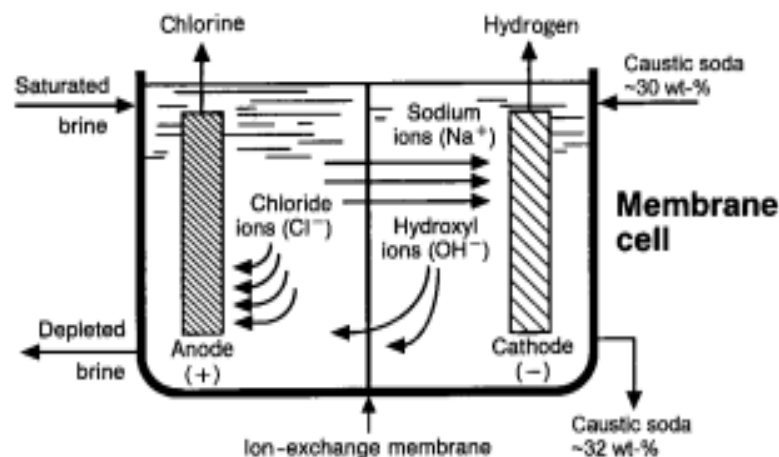
b) Membránová elektrolýza

Vývoj ionexových membrán umožnil novou technologii výroby chloru, membránový elektrolytický postup. První ionexové výměnné membrány byly vyvinuty začátkem sedmdesátých let firmou Du Pont (Nafion) následovanou firmou Asahi Glass (Flemion), která v důsledku tlaku japonských úřadů pro ochranu životního prostředí instalovala v roce 1975 první průmyslové membránové zařízení v Japonsku. Problémy se znečištěním rtuťmi v Minamata vedly úřady k zákazu všech rtuťových postupů a Japonsko bylo první zemí, která instalovala uprostřed 80. let membránový postup v masovém měřítku.

V dnešní době jde o nejslibnější a nejrychleji se vyvíjející metodu výroby chloru a louhu, která, nepochybně nahradí ostatní výrobní postupy.

V této technice jsou anoda a katoda odděleny pro vodu neprostupnou a ionty vodící membránou. Roztok solanky protéká anodovým prostorem, kde jsou chloridové ionty oxidovány na chlor. Ionty alkalického kovu migrují membránou do prostoru katody, kde proudí roztok louhu. Elektrolýzou demineralizované vody přidávané do cirkulujícího katolytu dochází k jejímu rozkladu a uvolňuje se vodík a hydroxidové ionty. Z kovových a hydroxidových iontů vzniká hydroxid alkalického kovu recirkulací roztoku před vypuštěním z článku obvykle o koncentraci 32-35 %. Membrána zabraňuje migraci chloridových iontů z anodového do katodového prostoru, proto roztok hydroxidu téměř neobsahuje sůl jako v diafragmovém postupu. Vyčerpaná solanka je odvedena z anodového prostoru a dosycena patřičnou solí. Pokud je potřeba, aby se dosáhla koncentrace louhu 50 %, je roztok louhu zkoncentrován odpařením (použitím páry) v odparkách obvykle vakuových a vícestupňových.

Princip fungování membránového elektrolyzátoru je patrný z obr. 44:



Obrázek 44 Schematické znázornění membránové technologie výroby chlóru a alkalických hydroxidů

(zdroj: BAT Reference Document for the production of chlor-alkali, 2014)

Zařízení

- Anoda je z aktivovaného titanu
- Katoda je aktivovaná niklová slitina
- Membrána je tvořena fluorovaným polymerem s definovanou velikostí pórů
- Aktivace anody – aktivační vrstva (coating) je tvořena speciálním povlakem s přídavkem oxidu ruteničitého RuO_2 , oxidu titaničitého TiO_2 a oxidu iridičitého IrO_2
- Aktivace katody – aktivační vrstva s obsahem Ni-S, Ni-Al, směs Ni-NiO a směs Ni s kovy Pt skupiny

Používané membrány

Při membránovém způsobu výroby je kritickou součástí zařízení membrána. Proudová hustota a napětí na elektrolyzérch a v důsledku toho i spotřeba energie jsou silně závislé na kvalitě membrány. Membrány používané při výrobě chloru jsou obvykle zhotoveny z polyfluorovaných polymerů. Membrány mají jednu až tři vrstvy, ale zpravidla sestávají ze dvou vrstev. Jedna z těchto vrstev se skládá z perfluorovaných polymerů s karboxylovými skupinami a sousedí s katodickou stranou. Druhá vrstva se skládá z perfluorovaného polymeru se sulfonovými skupinami a sousedí s anodickou stranou. To dává membráně mechanickou pevnost, membrána je obvykle vyztužena PTFE vlákny.

V současné době jsou vyvinuty a používají se vysokovýkonné membrány. Existují vysokovýkonné membrány pro výrobu chloru a 30 % louhu hydroxidu použitelné v elektrolyzérch s malou nebo tzv. nulovou mezielektrodovou vzdáleností (s nízkým napětím, sníženou spotřebou energie). Jsou to zpevněné kompozitní membrány s vrstvou polymeru obsahujícího sulfonové skupiny a vrstvou polymeru obsahujícího karboxylové skupiny. Jsou

konstruovány specificky k optimalizaci cirkulace plynu a kapaliny mezi anodou a povrchem membrány na straně anody. Jsou zpevněny pro dosažení bezpečného provozu a mají jak na straně anody, tak na straně katody, povrch modifikovaný tak, aby usnadňoval uvolňování plynů.

V konstrukci elektrolyzérů užívajících standardní membrány je minimalizován spád napětí v elektrolytu zúžením mezielektrodové vzdálenosti. Je-li však tato vzdálenost příliš malá, je možné, že se při vyšších proudových hustotách mezi katodou a hydrofobní membránou zachycují bubliny vodíku. U nově vyvinutých membrán je vliv bublin odstraněn tím, že povrch membrány na straně katody je pokryt tenkou vrstvou pórovitého anorganického materiálu, čímž je zvýšena smáčivost povrchu membrány. Tyto povrchově upravené membrány umožnily konstrukci moderních elektrolyzérů s velmi malou nebo nulovou mezielektrodovou vzdáleností.

Výše uvedené membrány umožňují použití proudové hustoty v elektrolyzérech v rozmezí 5 – 7 kA/m² při zachování dostatečné životnosti membrány s akceptovatelnou výkonností resp. nízkým odporem a tím nízkou spotřebou elektrické energie. V současné době se při zachování odpovídající čistoty vstupní solanky a správného řízení elektrolyzéro dosahuje životnost membrán mezi 4 až 6 roky.

Na světě není mnoho výrobců, kteří vyvíjejí a dodávají membrány s požadovanými vlastnostmi a obvykle se na elektrolyze kombinuje použití membrán od dvou výrobců na několika řadách elektrolyzérů. Takovými výrobci jsou DuPont, Asahi Glass a Asahi Kasei, přičemž posledně jmenovaný je v současné době jediným kdo je jak výrobcem elektrolyzérů i membrán.

Výhody membránové elektrolýzy

- nižší spotřeba elektrické energie pro výrobu, a to i celková spotřeba energie včetně procesu zahuštění hydroxidů
- absence rtuti v produkovaném hydroxidu a v zařízení
- vyšší kvalita produkovaného chlóru (nižší obsah inertních plynů) vzhledem k tomu, že elektrolyzér pracuje s mírným přetlakem, i když bez okyselení vstupní solanky je v chlóru zvýšený obsah kyslíku
- bezproblémové najíždění a odstavování elektrolyzéro

Nevýhody

- nižší koncentrace produkovaného hydroxidu (cca 32 %) a nutnost provádět jeho zakoncentrování v odparce
- horší kvalita produkovaného hydroxidu z pohledu chloridů Cl⁻ obvykle vyšší než 10 ppm hm.
- vysoké nároky na čistotu vstupní solanky do elektrolyzéro a s tím spojené vyšší investiční a provozní náklady na její přípravu

- zvýšený obsah kyslíku v chlóru, dá se snížit okyselením vstupní solanky dávkováním kyseliny chlorovodíkové, což ale snižuje výkon a zvyšuje spotřebu elektrické energie

Membránová elektrolýza je v současné době nejlepší dostupnou technikou pro výrobu chlóru a hydroxidů alkalických kovů, je objektem neustálého výzkumu a rozvoje ve všech částech výrobního procesu a konstrukce elektrolyzérů. Tím je mezi známými technologiemi této výroby nejperspektivnější.

c) Diafragmová elektrolýza

Proces s diafragmou byl vyvinut v USA v osmdesátých letech devatenáctého století a byl prvním komerčním procesem použitým pro výrobu chloru a louhu ze solanky. V dnešní době je to stále ještě nejdůležitější cesta k výrobě chloru v USA, kde představuje téměř 70 % celkové produkce. Proces se liší od rtuťového elektrolytického procesu v tom, že všechny reakce se odehrávají v jednom článku a kapalný produkt obsahuje sůl i hydroxid sodný. Pro oddělení chloru uvolněného na anodě a vodíku a hydroxidu sodného vyrobených na katodě se používá diafragma. Bez použití diafragmy pro jejich izolaci by se vodík a chlor samovolně vznítily a hydroxid sodný by reagoval s chlorem za tvorby chlornanu sodného (NaClO), přičemž v dalším stupni by se vytvořil chlorečnan sodný (NaClO_3) [Kirk Othmer, 1991].

Diafragma je obvykle vyrobena z azbestu a odděluje nátokovou solanku (anolyt) od katolytu, který obsahuje louh sodný. Vyčištěná solanka vstupuje do anodového prostoru a proniká diafragmou do komory s katodou. Rychlost pronikání (perkolace) se reguluje udržováním vyšší hladiny kapaliny v anodovém prostoru tak, aby se zajistila pozitivní a dobře regulovaný hydrostatický spád. Perkolační rychlost se určuje jako kompromis mezi nízkou rychlostí, při které by se vytvářela požadovaná koncentrace hydroxidu sodného v katolytu (zajišťuje odtok z článku), a vysokou rychlostí, která omezuje zpětnou migraci hydroxylových iontů z katolytu do anolytu, což snižuje proudovou účinnost katody [Kirk Othmer, 1980].

V diafragmovém elektrolytickém článku se rozkládá nasycená solanka (zhruba 25 % hm. NaCl) jedním průchodem elektrolyzérem z přibližně 50 % své původní koncentrace (pro srovnání, ve rtuťových elektrolyzérch je konverze soli 16 %). Ohřev způsobený průchodem proudu diafragmovým článkem zvyšuje provozní teplotu elektrolytu na 80-99 °C.

Při použití grafitové elektrody přestávala diafragma pracovat po 90-100 dnech, protože se ucpávala částicemi grafitu. Dnes používají prakticky všechny výroby v zemích EU kovové anody a životnost diafragmy přesahuje jeden rok. Životnost se zvýšila také proto, že se změnilo jejich složení Na začátku byly diafragmy dělány pouze z azbestu a byly rychle ucpávány ionty vápníku a hořčíku ze solanky. Azbest byl vybrán kvůli jeho dobré chemické stabilitě, a protože je relativně levným a zšířeným materiálem. Počínaje rokem 1970 azbestové diafragmy začaly být nahrazovány diafragmami obsahujícími 75 % azbestu a 25 % vláken z polymeru obsahujícího fluor, který je vysoce rezistentní. Tyto diafragmy obchodně nazývané modifikované diafragmy jsou více stabilní. Polymer stabilizuje azbest, který sám

snižuje napětí a také dovoluje užití anod se zvětšeným povrchem. Jedinou formou azbestů používaných v diafragmových elektrolytických člancích je chrysotilový (bílý) azbest.

Výhody diafragmové elektrolýzy:

- nižší napětí než rtuťové elektrolyzéry, tím nižší měrná spotřeba
- pracuje s méně čistou solankou, než vyžadují membránové elektrolyzéry, takže jsou nižší investiční a provozní náklady na její přípravu

Nevýhody

- Významně horší kvalita produkovaného hydroxidu z pohledu obsahu chloridů, který činí 1 – 1,5 % hm.
- při použití azbestových diafragem se uvolňuje azbest do životního prostředí

Diafragmová elektrolýza je sice zařazena mezi nejlepší dostupné techniky (BAT), ale vzhledem k technickým omezením, které má, je pro výrobu chlóru v podmínkách našeho regionu neperspektivní.

11.2 Doporučované zaměření výzkumu v sektoru

Výzkum v tomto sektoru je možné směřovat do následujících okruhů:

- 1) Zdokonalení používané BAT technologie pro výrobu chlóru a hydroxidů alkalických kovů
- 2) Vývoj v oblasti membránových technik
- 3) Vývoj nových perspektivních chlorovaných produktů
- 4) Vývoj vysoce čistých anorganických sloučenin na bázi chlor-alkali produktů
- 5) Rozvoj chlorovaných polymerů jako kvalifikovaná náhrada PVC

K těmto jednotlivým návrhům lze dále doplnit:

- 1) Jak je uvedeno v popisu membránové elektrolýzy, je tento proces objektem intenzivního zkoumání a rozvoje. Určitě by bylo zajímavé věnovat se některému z problémů spojených s rozvojem této techniky. Ať už se jedná o používané materiály a jejich zpracování, např. titan (Ti), nikl (Ni) a jeho slitiny, speciální typy vysoce legovaných nerezových ocelí nebo výzkum v oblasti aktivních povrchů výše uvedených materiálů s ohledem na jejich využití v elektrochemických procesech.
- 2) Zvláštní kapitolu v oblasti použitých technologií pro výrobu chlóru a hydroxidů tvoří vývoj vhodných vysoce výkonných membrán. V České republice existuje několik pracovišť, které se problematikou polopropustných membrán zabývají, jistě by se

dalo na tyto zkušenosti navázat a stát se možným hráčem na trhu těchto speciálních produktů

- 3) Důležitými produkty navazujícími na zpracování chlóru jsou organické chlorované uhlovodíky. Mezi ně patří například různé druhy odmašťovadel (tetrachloretylén, trichlóretylén, tetrachlormetan), jejichž použití je často limitováno negativním dopadem na životní prostředí, na druhou stranu jejich nehořlavost je stále důležitým aspektem pro jejich použití. Výzkum v hledání produktů s nižším rizikem pro životní prostředí při zachování pozitivních užitečných vlastností je jistě perspektivní.

Další skupinou jsou chlorované uhlovodíky používané jako polotovary pro další výroby. Sem patří např. epichlorhydrin a nabízí se vývoj nových postupů k jeho výrobě hlavně se změnou dostupných surovin a s hledáním cest ke snížení negativních dopadů na životní prostředí, dále polotovary pro výrobu nové generace chladiv na bázi fluorovaných uhlovodíků, kde se uplatňuje hledání nových látek s mnohonásobně menším dopadem na ozonovou vrstvu a globální oteplování, tak jak to požadují nové předpisy EU.

- 4) Jak vyplývá z popisu membránové elektrolýzy, mají produkty z tohoto postupu výroby určité kvalitativní limity, které omezují jejich použití pro některé výrobní obory. Příkladem je produkovaný hydroxid, který má omezenou kvalitu z pohledu jeho čistoty a nabízí se vývoj postupů k získání nových produktů s požadovanou vyšší čistotou pro další použití např. pro elektrotechnickou výrobu a výrobu elektronických produktů.
- 5) Největším spotřebičem chlóru v celosvětovém měřítku je i nyní výroba PVC. I když je snaha nahrazovat výrobky z PVC jinými polymery, je stále PVC i z pohledu jeho dobrých užitečných vlastností (např. nehořlavost) materiálem, který se vyplatí rozvíjet a hledat nové modifikace k uplatnění chlorovaných polymerů v různých oborech lidské činnosti.

12 VYUŽITÍ POLYMETALICKÝCH RUD Z KRUŠNOHOŘÍ

12.1 Význam některých kovů pro moderní technologie

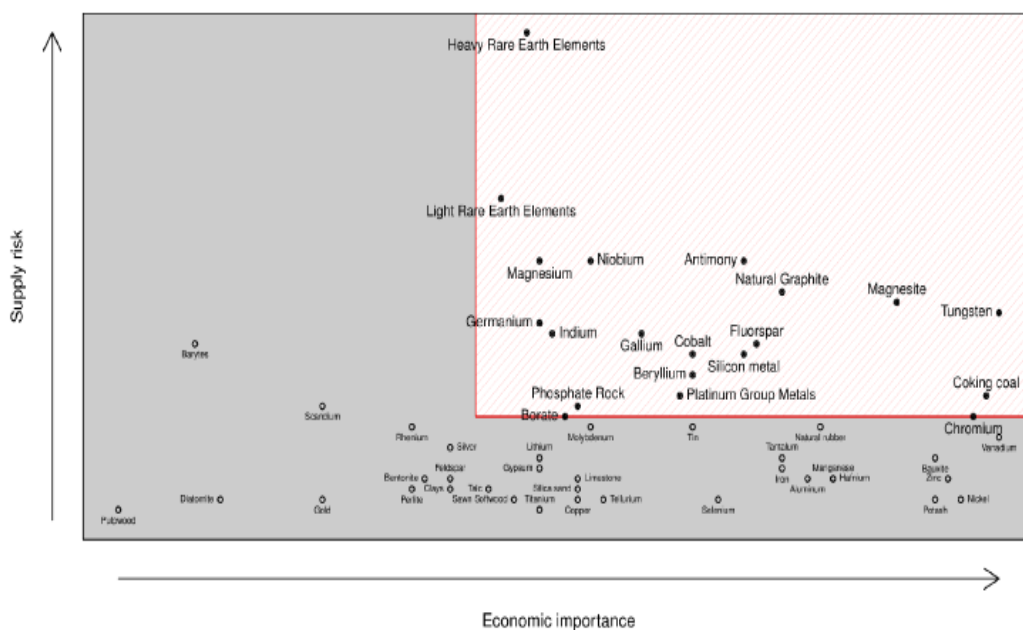
Klíčovým tématem současného vývoje globální společnosti je zabezpečení udržitelné, bezpečné, konkurenceschopné a cenově dostupné energie. To se odráží v řadě výzkumných aktivit realizovaných v oblasti snížení energetické náročnosti a zvýšení odolnosti elektrické rozvodné sítě, efektivní transformace energie a její využití v průmyslu a v dopravě, přenos energie a její skladování, palivové články a vodík, zachycování uhlíku a technologie jeho skladování s cílem redukce emisí skleníkových plynů z fosilních paliv a biopaliv.

V oblasti skladování energií se současný výzkumný a technologický rozvoj zaměřuje především na zvýšení efektivity baterií, rozvoj elektrochemických kondenzátorů a vývoj palivových článků. V oblasti vývoje baterií je věnováno úsilí zvýšení výkonu lithiových baterií snížením difuzních vzdáleností lithia-iontů, ale výstupy zůstávají daleko pod úrovní elektrochemických kondenzátorů a pod úrovní požadovanou pro mnoho aplikací. Nadějná řešení jsou hledána v alternativním přístupu založeném na redoxních reakcích funkčních skupin na povrchu uhlíkových nanotrubic. Techniky vrstvy po vrstvě se používají k sestavení elektrody, která se skládá z aditiv-free, hustě zabalených a funkcionalizovaných multivrstev uhlíkových nanotrubic.

Dalším představitelem elektrochemických řešení ukládání energie v pevné fázi jsou superkondenzátory nazývané také elektrochemické kondenzátory. Superkondenzátory uchovávají energii buď pomocí iontové adsorpce (elektrochemické kondenzátory s dvojitou vrstvou) nebo pomocí rychlých redoxních reakcí (pseudokonzervátory). Zlepšení výkonnosti superkondenzátorů bylo dosaženo zvýšením hustoty energie pomocí kombinace nanostrukturovaných lithiových elektrod. Většina současných výzkumů se soustředí na polovodičové kvantové tečky, jelikož vykazují zřetelné "efekty kvantové velikosti". Pro realizaci superkondenzátorů jako zdrojů elektrické energie s velmi vysokými hodnotami měrné energie a výkonu a je potřeba zkoumat nové materiály, fyzikální a chemické procesy probíhající v okolí a na povrchu elektrod. Je zapotřebí plně porozumět mechanismům uchovávání náboje a navrhnout nové druhy elektrodových materiálů. Je nezbytné zkoumat nové druhy elektrolytů, které budou mít vysokou vodivost společně s elektrochemickou, chemickou a tepelnou stabilitou. Pro mnohé z těchto nových technologií jsou významné některé vzácné kovy a jejich sloučeniny, které jsou prokazatelně přítomné v polymetalických rudách těžitelných v Krušných horách.

12.2 Popis současného stavu a znalostí

V Evropské unii je vážný nedostatek minerálů několika strategicky významných surovin. Některé jsou nedostatkové i v měřítku světovém, a to absolutně nebo výskytem na omezeném počtu nalezišť, často v zemích blokuujících jejich vývoz (např. Čína a Rusko). Proto nejen šetrná těžba a komplexní využití tenčících se zásob přírodních surovin, ale i zpracování odpadních materiálů **je na pořadu dne**.



Obrázek 45 Kritická dostupnost surovin významných pro průmysl EU

Dle zveřejněných informací některé zdroje klíčových surovin budou vyčerpány rychleji, pokud se neobjeví nová vydatná ložiska těžitelná dostupnými technologiemi spolu s účinnějšími zpracovatelskými technologiemi za přijatelných environmentálních a ekonomických podmínek. Je známo několik lokalit na mořském dně, kde se nedostatkové minerály nacházejí, ale neexistuje technologie jejich těžby, která zároveň musí mít přiměřenou kapacitu a ekonomické parametry. Dle odhadů zásob ve známých nalezištích výchozích minerálů mohou dojít – viz tabulka: Potenciálně nedostatkové materiály

Tabulka 11 Kovy a jejich využití

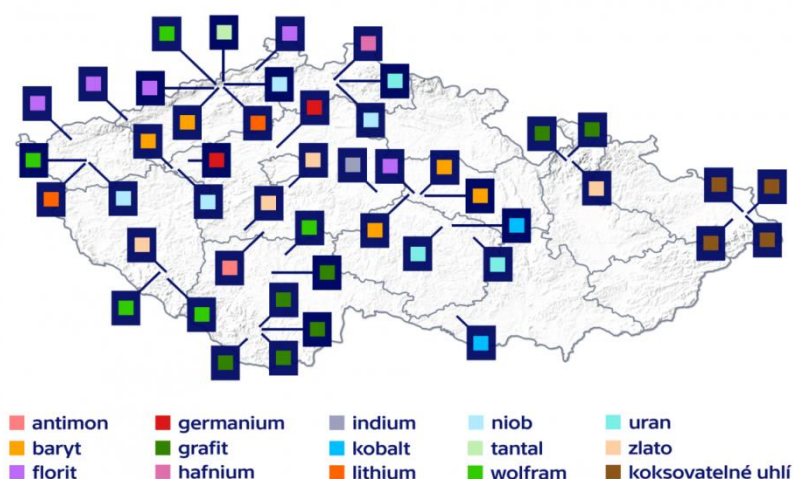
Materiál	Použití	Odhad zásob
Antimon	slitiny, elektronika, výroba kaučuku	na 15–20 let
Hafnium	složka speciálních slitin	na 10 let
Indium	elektronika, LCD displeje a obrazovky	na 5–10 let
Platina	katalyzátory pro průmysl a motorová vozidla	na 15 let
Stříbro	elektronika, výpočetní technika, fotovoltaika	na 15–20 let
Tantal	elektronika, mobilní telefony	na 20–30 let
Lithium	baterie, akumulátory, jaderná energetika	na 20–30 let
Zinek	antikoroziční povlaky a nátěry	na 20–30 let
Wolfram	obrábění kovů, vlákna žárovek a topné spirály	na 15–20 let
Fosfáty	hnojiva, přísady do krmiv, úprava vody, DNA, RNA	na 50 let

O dalších kovech významných pro elektroniku, vojenské účely a speciální slitiny není dostatek spolehlivých údajů. Týká se to především **kovů vzácných zemin, galia, germania, titanu a kobaltu**. Většina z nich se nachází ve velmi omezeném počtu zemí, často s nestabilním politickým systémem. Některá ložiska jsou zakoupena Čínou, která prodej minerálních surovin blokuje ve prospěch vlastního zpracovatelského průmyslu.

Z uvedeného přehledu plyne, že již generace našich dětí a vnuků může mít vážné problémy s pokrytím potřeb řady dnes běžných průmyslových výrob a produktů!

Podíváme-li se na mapku České republiky, některé z nedostatkových minerálů se nacházejí i na území našeho státu.

Ložiska potenciálních zdrojů kritických nerostných surovin EU



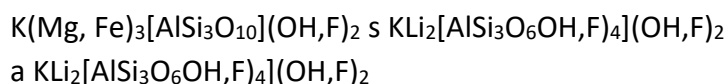
Zdroj: Česká geologická služba

Obrázek 46 Ložiska potenciálních zdrojů kritických nerostných surovin EU

Jejich zásoby v nedaleké budoucnosti mohou být významné nejen pro ČR. Zásadní nevýhodou je výskyt žádaných materiálů jen v polymetalických rudách s nevysokou kovnatostí, což se týká i ložisek v Krušnohoří. Tím je jejich zpracování technicko-technologicky složitější a dražší. Za současných cen nezajišťuje efektivní těžbu a zpracování na finální produkty. Ale časem nepochybně bude situace příznivější. Navíc do rozhodování o těžbě a úpravě rubaniny i jejího zpracování vstupují do jisté míry limitující hlediska environmentální legislativy, bezpečnosti práce a ochrany zdraví plus stanoviska veřejnosti v daných lokalitách

V Krušných horách se nachází nejvýznamnější evropské naleziště sloučenin lithia v minerálu cinvalditu. Dle dosavadních poznatků obsahuje ložisko cca 3 % světových zásob Li. V posledních letech je lithium strategickým materiálem především pro akumulátory, tj. nastupující elektromobilitu. Možnost těžby a přepracování cinvalditu na obchodovatelnou formu – uhličitan lithný – si nyní zaslouží, a pokud možno rychle, velkou pozornost.

Cinvaldit náleží do skupiny slíd obsahujících směsné krystaly sloučenin, jejichž základem jsou hlinito-křemičitany typu:



Je doloženo, že těžba rud cínu probíhala v lokalitě Cínovce prakticky 600 let. Cinvaldit doprovází cíno-wolframové rudy, které byly v oblasti Cínovce těženy do začátku 90. let minulého století. V letech 1958–1960 se k výrobě koncentráту cinvalditu používalo ruční třídění, následně rozduřování v těžkých kapalinách a pěnová flotace ((Tichý et al., 1968). Již tehdy bylo lithium považováno za strategickou surovinu! Ceněn byl význam pro metalurgii slitin Al a Mg pro automobilové a letecké strojírenství i kosmickou techniku, v silikátové chemii pro výrobu skel a keramiky odolné vůči tepelným šokům, v nukleárních aplikacích pro konstrukce vodíkových pum a výzkum jaderná fúze a později pro elektrotechniku na výrobu baterií a akumulátorů. V tu dobu bylo v Československu produkováno 1.200 až 4.400 tun koncentráту ročně. Koncentrát byl zpracováván na uhličitan lithný a další lithné soli v chemickém závodě Spolana v Kaznějově. V roce 1960 také bylo Ing. V. Procházkou připraveno elektrolyticky ve Spolaně Neratovice první české kovové lithium (doc. V. Brožek). Od r. 1962 produkce klesala, až byla z ekonomických důvodů v r. 1966 zastavena (Götz a Matějka, 1964 aj.). Slídy s obsahem lithia se s dalšími odpady z úpravny cíno-wolframových rud pak opět ukládaly bez využití do skládky. Navíc tyto odpady obsahují i sloučeniny rubidia a cesia. Je odhadováno, že ve skládce, tzv. cínovecké deponii, je cca 200 tis. tun materiálu. Z uvedeného textu plyne, že není pravda, že by se cinvaldit neuměl přepracovat na komerčně využitelné produkty.

Na tzv. cínoveckou deponii byl ukládán odpad z úpravny koncentráту cíno-wolframových rud. Obsahy dalších významných prvků v koncentrátech uvádí tabulka:

Tabulka 12 Výsledky chemických analýz vyráběných koncentrátů za posledních 15 let provozu úpravny

Výsledky chemických analýz vyráběných koncentrátů za posledních 15 let provozu úpravny.

Prvek	Obsah [%]		Prvek	Obsah [%]	
	Sn - koncentrát	W - koncentrát		Sn-koncentrát	W-koncentrát
Sn	60.0 – 65.0	5.0 – 10.0	Bi	0.1 – 0.5	-
W	2.0 – 3.0	40.0	Ag	0.01	-
Nb	0.1 – 1.19	0.34 – 2.0	Y	-	0.006 – 0.0X
Ta	0.06 – 0.32	0.16 – 0.82	Li	0.007	0.037
Sc	0.01 – 0.13	0.15 – 0.30	Zn	0.2 – 0.4	0.05
In	0.015 – 0.016	0.022	Zr	0.02 – 0.03	-
S	0.5 – 1.3	-	Fe	1.10 – 2.0	-
As	0.1 – 0.5	0.06	Ti	0.04 – 0.16	-
Cu	0.1 – 0.5	-	Yb	-	0.0X
Pb	1.0 – 3.5	-			

Již v 70. letech minulého století bylo opět uvažováno o získávání lithia z Cinvalditu, především pro výrobu hydridu lithného, paliva pro rakety. Později byly sloučeniny lithia zajímavé pro výrobu speciálních skel a keramiky i výrobu hliníku a jeho slitin i výrobu léčiv. Z těchto důvodů na základě smlouvy mezi Severočeskými chemickými závody, k.p. Lovosice a Výzkumným ústavem anorganické chemie, k.ú.o. Ústí n.L. byla v závěru 80. let řešena předběžná technicko-ekonomická studie „Výroba uhličitanu lithného – jednotka 500 t/r v k.p. SCHZ Lovosice“. Laboratorními testy byla prokázána technologická a ekonomická schůdnost výroby uhličitanu lithného ze slíd obsažených v Cinvalditu. Základním krokem technologie bylo alkalické tavení mletého koncentráту zbaveného magnetickou separací sloučenin železa. Po rozemletí kalcinátu byl v horké vodě vyluhován síran lithný. Po filtraci srážením roztoku síranu lithného se sodou byl připraven žádaný uhličitan lithný. Ke srážení lze rovněž použít potaš. Byla také prokázána vysoká výtěžnost Li u tohoto postupu proti jiným technologiím využívajícím např. kyselinu sírovou, chlór nebo kyselinu chlorovodíkovou, nehledě na strojně technologickou schůdnost tohoto postupu. To je významné z pohledu bezpečnosti práce, korozních nároků na aparaturu, ale i dnes důležitých environmentálních rizik. Tento postup byl podrobně rozpracován na VŠCHT v Praze po roce 2000. Z uvedeného je patrné, že jsou dostupná věrohodná laboratorní data pro další řešení uvedené technologie.

Je vhodné zdůraznit, že při obnovení těžby polymetalické rudy je nutné v úpravárenském procesu oddělit vedle cíno-wolframové rudy magnetickou separací sloučeniny železa. Sloučeniny železa jsou také v materiálu – odpadu uloženém v cínovecké deponii, neboť dříve nebyly separovány. Tím se zlepší ekonomika zpracování lithných slíd a usnadní se chemické zpracování na uhličitan lithný.

Tabulka 13 Průměrné složení lithiových surovin

Vzorek	Průměrné prvkové složení (hm.%)						
	Li	Rb	K	Si	Al	Fe	Ca
Odpad	0,21	0,20	1,1	37,5	5,8	1,1	0,62
Koncentrát	1,36	0,94	6,1	29,1	13,8	6,1	0,22

12.3 Návrh dalšího postupu a výzkumné činnosti

Předběžné kroky k možnostem řešení procesu úpravy rubaniny byly konzultovány s pracovníky TU VŠB Ostrava. O možnostech úpravy bylo rovněž pracovníky FŽP jednáno s ředitelem s.p. Diamo ve Stráži pod Ralskem Ing. Rychtaříkem. Je vhodné předeslat, že Diamo, s.p. bylo pověřeno MPO ČR sledovat nakládání se strategickým materiálem pro průmysl ČR, mezi něž lithium náleží.

Ve směru chemického přepracování koncentráту lithných slíd na uhličitán lithný se v posledních dvou letech angažuje katedra technických věd Fakulty životního prostředí Univerzity J.E.Purkyně v Ústí n.L. Cílem je ověření laboratorních výsledků ve větším měřítku, nejlépe poloprovozním, tj. cca s desítkami kg materiálu. Zároveň ve spojení s výzkumnou organizací UniCRE, s.r.o. Litvínov (dříve VÚAnCh, s.r.o. Ústí n.L.) je sestavován řešitelský tým s doktorandy. Tím bude vyškolen okruh technologů, techniků a analytiků pro pokračování výzkumu a vývoje zpracování cinvalditu v následujících letech.

Pro potřeby projektu poloprovozní linky byl také zpracován návrh na kvalitu vstupních surovin a pomocných látek. Zároveň byla zpracována rámcová materiálová bilance. Ta spolu s tepelnou bilancí je základem pro odhad provozních nákladů.

Dostupné laboratorní výsledky umožnily návrh schématu poloprovozní linky a technologických zařízení do ní začleněných. Z těchto úvah vyplynuly nároky na provozní a manipulační plochy s předpokládaným vertikálním členěním poloprovozní linky. Toto je základem pro odhad nároků na rozměry objektu, do něhož by bylo možné linku umístit. Ideální by bylo úpravnu cíno-wolframových rud situovat co nejbližší místu těžby a výzkum poloprovozního zpracování koncentrátu do některého z průmyslových areálů na Ústecku. S výhodou by tak byly využity stávající inženýrské sítě, potřebná média (voda pára, zemní plyn a elektřina) a ČOV, případně i nevyužitý objekt. Sestavením a zprovozněním poloprovozní linky by byla rozšířena základna znalostí o meziproduktech, doprovodných látkách, jejich fyzikálně-chemických a mechanických vlastnostech. Z nich lze odvodit nároky

na konstrukční a materiálové provedení jednotlivých aparátů linky. Byl by získán detailnější přehled o možnostech měření, regulace a řízení technologie. Ověřením analytických metod by byly získány podklady pro vstupní kontrolu surovin, mezioperační kontrolu a výstupní kontrolu kvality produktu. Poloprovozní výzkum by rovněž poskytl vzorky pro potenciální zpracovatele uhličitanu lithného, případně jeho prodejem lze získávat další finanční prostředky na pokračování projektu.

Základním cílem rozšířeného laboratorního a poloprovozního výzkumu na dostupném odpadu z úpravny cíno-wolframových rud cínovecké deponie bude:

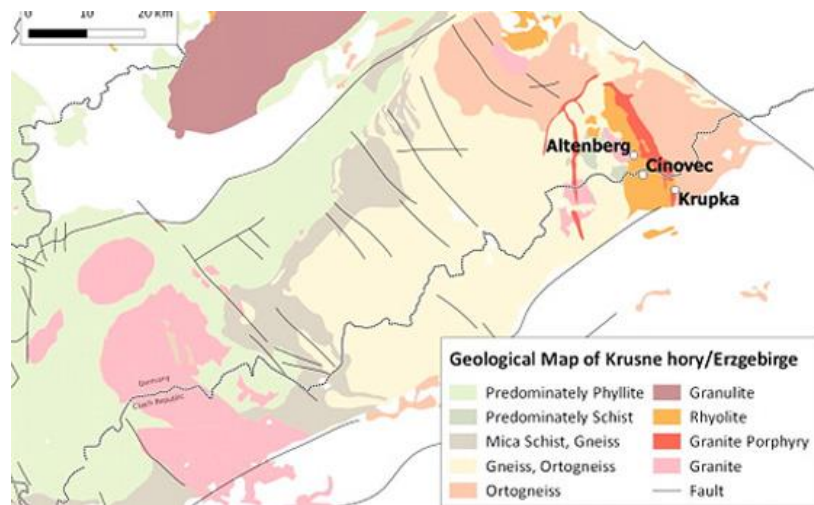
- vyškolení okruhu pracovníků pro obsluhu aparatury, údržbu aparátů a analytickou kontrolu meziproduktů a výrobku
- optimalizace technologických parametrů výroby uhličitanu lithného
- získání údajů o množství a kvalitě tuhých, kapalných a plyných odpadů
- zpřesnění materiálové a energetické bilance
- specifikace aparátů technologické linky, systémů měření, regulace a řízení
- příprava vzorků uhličitanu lithného pro potenciální odběratele
- získání dat k projekci provozní jednotky

Dosavadní pokusy o zpracování návrhu projektu poloprovozního výzkumu do OP PIK „Aplikace“ vyhlášeného MPO ČR pro podniky a výzkumné organizace ztroskotaly na výši finanční spoluúčasti, kterou musí podnik vložit do řešení.

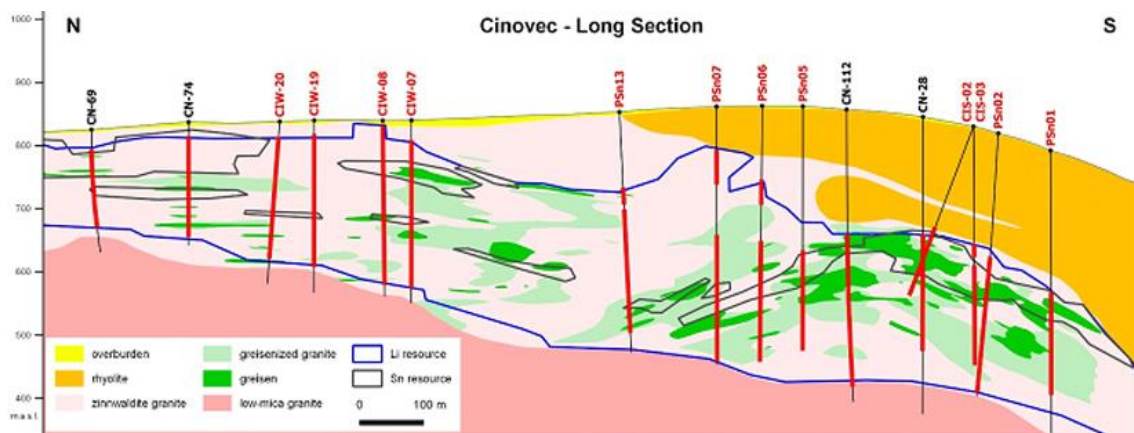
Je nutné nalézt environmentálně přijatelná, technicko-technologicky schůdná a zároveň ekonomická cesta k těžbě, úpravě a zpracování cinvalditu včetně využití lithných sloučenin v průmyslu České republiky s možnostmi oddělení dalších doprovodných a žádaných kovů.



Obrázek 47 Stará důlní díla na Cínovci



Obrázek 48 Geologická mapa Krušných hor



Obrázek 49 Cínovecká oblast

13 NANOTECHNOLOGIE A NANOMATERIÁLY

Oblast nanotechnologií a nanomateriálů lze doposud pokládat za speciální rozvojové odvětví, které zatím nemá za sebou významnou průmyslovou základnu. Je ovšem příležitostí pro českou ekonomiku a má velký potenciál v Ústeckém kraji, jak je popsáno dále. V úvodu jsou krátce zmíněny aktuální aplikační možnosti – z hlediska návaznosti na orientaci ústecké chemie na polymerní látky je poukázáno zejména na aplikační možnosti nanotechnologií a nanomateriálů v plastikářském sektoru. Druhá část kapitoly je věnována možnostem a doporučením ve výzkumu, který je v současné době realizován v kraji především na Univerzitě Jana Evangelisty Purkyně.

13.1 Nanotechnologie a nanokompozity

Jednou z aplikací plastů jsou výrobky s vysokou přidanou hodnotou na bázi nanokompozitů. Nanokompozity jsou materiály složené ze dvou nebo více různých složek, z nich alespoň jedna se v materiálu vyskytuje ve formě částic o velikostech jednotek až desítek nanometrů, přičemž často jde o aktivní nanočástice, tj. částice se zajímavými optickými, magnetickými, elektrickými a jinými vlastnostmi rovnoměrně rozptýlené nejčastěji v polymerní matici. Důvodem použití aktivní látky ve formě nanočástic jsou její kvalitativně odlišné fyzikální vlastnosti oproti běžným plnivům. Vlastnosti nanokompozitů se odvíjejí jednak od složení, ale zároveň od velikosti částic, jejich morfologie a uspořádání. Kompozitní nanomateriály mají velmi široké použití. Například ukládání informací, magnetické chlazení, ferrofluidy, zobrazovací metody v medicíně, různé senzory, elektromechanické a magnetomechanické měniče, antiseptická vlákna, a mnohé další.

Polymerní nanokompozity s anorganickými nanoplnivy (jíly, oxidy, kovy) mají dnes již poměrně široké průmyslové využití, např. v automobilovém, leteckém a obranném průmyslu. Jednou ze stěžejních otázek přípravy těchto materiálů ale zůstává dispergace nanoplniva v matici a jeho adheze k polymeru. Perspektivní jsou plastové konstrukční materiály, které budou mít vyšší pevnost, tvrdost, tvarovou stálost, větší tepelnou stabilitu a menší hořlavost. Polymerní nanokompozity se také uplatňují v případě nátěrových hmot a povrchových úprav. Takto lze použitím nanoplniv očekávat zlepšení následujících vlastností: odolnosti proti poškrábání, zlepšení tepelné odolnosti, vzrůst tvrdosti, zlepšení oděruvzdornosti, zlepšení bariérového efektu (nižší plyno- a paropropustnost), zvýšení odolnosti proti UV záření, snížení koeficientu tření na povrchu úpravy, snížení hodnoty expanzního koeficientu, snížení prostupnosti vůči kapalinám, snížení hořlavosti, antimikrobiální vlastnosti, rozměrovou stálost, zvýšenou odolnost proti šíření trhlin. Je tak možnost ovlivnit nejen životnost, ale tyto změny jsou extrémně důležité z i hlediska konečné

aplikace takového materiálu. Vyvíjené nanokompozity naleznou uplatnění zejména při zvyšování kvality plastových, gumárenských a dalších polymerních výrobků.

Stále více se budou používat nanomateriály v otěruvzdorných a korozivzdorných povlacích, v nových keramických materiálech pro výrobu vodních trysek, injektorů, opláštění zbraňových systémů či povlékání elektrod v energetických zařízeních. V elektronice se budou nahrazovat současné logické obvody optickými spoji. Nanotrubičky budou využívány pro výrobu pružných obrazovek, displejů a velkokapacitních paměti. V energetice se trubičky využijí pro uskladňování vodíku pro palivové články. Výzkumné práce budou zaměřeny zejména na přípravu nanočástic, dispergační proces a na studium vlivu modifikujících látek na konečné vlastnosti nanokompozitů. Mezi nanokompozity lze také zařadit tzv. „chytré, inteligentní“ nátěry a povlaky, pokud jsou založeny na využití různých typů nanočástic. Tyto nátěry mají nové vlastnosti a funkce a jsou schopny reagovat na vnější podněty a interagovat s okolím. V současné době jsou tyto nátěry používány hlavně jako clearcoaty v automobilovém průmyslu a nanostrukturované elektro- nebo opticky aktivní inteligentní povrchy.

Nanokompozity jsou reálnou aplikací v řadě významných oborů techniky, včetně plastů. Tyto materiály často s novými vynikajícími vlastnostmi přinášejí do řady odvětví žádoucí inovace a nezachycení těchto trendů může negativně ovlivnit budoucí konkurenceschopnost např. strojírenství, automobilového průmyslu, stavebnictví a atd. ČR má dobré předpoklady pro efektivní rozvoj aplikací moderních nanokompozitů. Možný směr vývoje nanokompozitů by mohla být i možnost aplikace nanovláken. Tato vlákna na bázi různých polymerů i anorganických sloučenin (TiO_2 , ZrO_2 , TiN) jsou v ČR vyvíjena na Technické Univerzitě v Liberci v úzké spolupráci s firmou Elmarco.

Prioritní výzkumná témata

a) Střednědobý horizont:

- výzkum zaměřený na pochopení efektů nano-plniv s velkým specifickým povrchem na mechanické vlastnosti, degradační a hořlavostní chování polymerů, představující velmi atraktivní část;
- výzkum podmínek přípravy nových, netradičních typů nanokompozitních materiálů na bázi montmorillonitických jílu a dalších typů anorganických nanočástic;
- metody přípravy nových nanostrukturních a nanokompozitních materiálů založených na unikátních vlastnostech nanočástic (slitin) kovů a (směsných) oxidů kovů a jejich interakci s anorganickými nosiči;
- vývoj metod pro dispergaci nanočástic a hodnocení jejich vlastností;
- výzkumu povlakových technologií se specializací zejména na automobilový průmysl, a výrobu dopravních prostředků;

- využití a modifikace dosavadních způsobů přípravy nanočástic ke zlepšení vlastností polymerních materiálů a optimalizaci vlastností nanokompozitu vzhledem k zamýšlené oblasti jeho využití;
- studium možností náhrady klasických (kovových) materiálů pomocí kompozitů s vlastnostmi upravenými na míru;
- vývoj povrchových úprav se zlepšenými vlastnostmi a odolností proti různým, zejména povětrnostním vlivům;
- vývoj technologií přípravy nových typů anorganických a organických nanočástic.

b) Dlouhodobý horizont:

- vývoj samoorganizovatelných kompozitních materiálů a “chytrých povrchů”;
- studium vlivu používání nanočástic na životní prostředí a zdraví.

13.2 Současný stav ve vývoji nanotechnologií a nanomateriálů v Ústeckém regionu

V současné době je neformálním centrem výzkumu a vývoje nanotechnologií a nanomateriálů v Ústeckém kraji Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem (dále UJEP). V současném vývoji sehrály klíčovou roli čtyři faktory, zásadní pro rozvoj nanotechnologií:

- UJEP získal v posledních letech celou řadu projektů vědy a výzkumu v oblasti nanotechnologií jednak z národních zdrojů: jako GAČR, TAČR a MPO ve spolupráci s průmyslem, ale též projekty mezinárodní spolupráce: COST projekty bilaterální spolupráce s univerzitami v Lodži, TU Dresden, Upsala, Madrid, dále dva NATO granty atd. Na významu získávají zakázky z oblasti bezpečnostního výzkumu, kde UJEP spolupracuje s tuzemskými i zahraničními institucemi na vývoji moderních dekontaminačních prostředků.
- Významným impulzem pro rozvoj nanotechnologií bylo v roce 2015 získání projektu velké výzkumné infrastruktury: NanoEnviCz – nanomateriály a nanotechnologie pro ochranu životního prostředí a udržitelnou budoucnost, kde UJEP je členem konsorcia šesti subjektů České republiky vyvíjejících nové nanomateriály a poskytující výzkumný servis akademickým institucím a průmyslovým partnerům: Nositelem tohoto projektu na UJEP je mezifakultní tým MATEQ. Koordinátorem projektu NanoEnviCz je Ústav fyzikální chemie J. Heyrovského AV ČR. Členy konsorcia jsou dále Univerzita J.E. Purkyně, Univerzita Palackého Olomouc, TU Liberec, Ústav experimentální medicíny AV ČR a Ústav anorganické chemie AV ČR.

- Velkým úspěchem, významným pro rozvoj výzkumné infrastruktury, bylo v roce 2017 získání projektu UniQSurf ve výzvě OP VVV – Před-aplikační výzkum pro ITI (Integrated Territorial Investment). Projekt je zaměřen na vývoj funkčních nanopovrchů pro širokou škálu aplikací v katalýze, medicíně, farmacii, senzorce atd.
- Výzkumné programy navazují na vzdělávací studijní programy Přírodovědecká fakulta UJEP má akreditovaný studijní program Nanotechnologie ve všech třech stupních od bakalářského až po doktorské, akreditované postupně v letech 2010–2014. Tento studijní program se těší velkému zájmu studentů, kteří jsou důležitou součástí výzkumných týmů v oblasti nanotechnologií a vývoje nových nanomateriálů. V této oblasti jsou významnou podporou výzkumu i studijní programy Fakulty životního prostředí, a to zejména doktorský studijní program Environmentální analytická chemie (nově transformovaný na Environmentální chemii a technologii).

Oblasti nanotechnologií a nanomateriálů rozvíjené v současné době na UJEP

Nanotechnologie a vývoj nových nanomateriálů je interdisciplinární obor, kde se prolínají chemické přístupy (chemické syntézy a supramolekulární chemie) s fyzikálními (např. plazmové aktivace povrchů a plazmové depozice nanostrukturovaných povrchových vrstev, a elektrostatické vytváření nanovláknenných struktur).

Nicméně vzhledem k tradici chemie a ke spolupráci s praxí v regionu převažují na UJEP přístupy chemické. Chemické přístupy v nanotechnologiích určují také typy nanomateriálů, které se zde vytvářejí:

- Chemicky modifikované polymerní nanovláknenné struktury připravené elektrostatickým zvlákněním metodou “one-pot synthesis“ pro širokou škálu funkcí: (1) jako antimikrobiální textilie pro vzdušné i vodní filtrace, (2) jako ochranné oděvy a obličejové masky rozkládající zvláště nebezpečné toxické látky včetně nervových plynů, (3) textilie s naroubovanou léčivou látkou, nepropouštějící mikroorganismy pro krytí ran a bércových vředů.
- Principy supramolekulární chemie využíváme pro design supramolekulárních nanostruktur jako nosičů léčiv pro cílený transport v organismu.
- Supramolekulární nanostruktury připravujeme také jako bioreceptory pro biosenzory, sloužící k analýze tělových tekutin;
- Specifické supramolekulární nanostruktury na bázi dendrimerů připravujeme pro katalytické aplikace.
- Syntetizujeme nanočástice kovů a jejich oxidů pro širokou škálu aplikací od fotokatalyzátorů až po reaktivní sorbenty schopné účinně a rychle

rozkládat organické polutanty a zejména zvláště nebezpečné toxické látky včetně nervově paralytických látek.

- Vytváříme chemicky i plazmově modifikované povrchy a nanostrukturované povlaky pro nejrůznější funkce.
- Jako teoretickou podporu nanotechnologií využíváme počítačový design nanomateriálů a simulace procesů v nanorozměrech. Tento teoretický směr, který rozvíjíme jako nedílnou součást technologií nám umožňuje predikci struktury a vlastností supramolekulárních struktur a šetří tak čas, energii a materiál technologům.

Výzkumné oblasti nanotechnologií na UJEP v současné době lze rozdělit do následujících okruhů z hlediska jejich potenciální praktické aplikace:

- Nanomateriály pro ochranu životního prostředí – sem patří: (1) reaktivní sorbenty ve formě nanočástic směsných oxidů přechodných kovů, které jsou schopné účinně degradovat organické polutanty, a to i obtížně degradovatelné toxické látky jako pesticidy, cytostatika, bojové chemické látky; (2) Nanovláknenné membrány pro nanopórzní filtrační media nové generace, která nejenže nepropouští mikroorganismy, ale navíc inhibují jejich množení na filtrech vody a vzduchu. (3) Dále do této oblasti spadá vývoj nových sanačních technologií založených na nanomateriálech.
- Nanomateriály pro medicínské aplikace – sem patří: (1) vývoj nových lékových forem pro genovou terapii; (2) nanostrukturované materiály pro biosenzory pro analýzu tělových tekutin a pro detekci nádorových buněk v krvi; (3) Nanovláknenné textilie pro krytí ran a bércových vředů s antimikrobiálním účinkem a modifikovaných molekulami léčivých látek nanostrukturované povrchy a (4) nanomateriály pro tkáňové inženýrství.
- Funkční nanopovrchy a nanovrstvy připravené chemickou depozicí v plazmatu připravené pro celou řadu funkcí – ochranné, reaktivní, hydrofilní, antimikrobiální, biokompatibilní ...atd.

Návaznost výzkumu v oblasti nanotechnologií na průmysl a instituce v Ústeckém kraji

Klíčovým průmyslovým partnerem UJEP v oblasti nanotechnologií je Nanovia s.r.o., Litvínov a NanotexGroup s.r.o. Rakovník. Nanovia vyrábí a globálně exportuje nanovláknenné textilie nejen pro filtrační media, ale i pro biomedicínské aplikace. Společné projekty Nanovie a UJEP dotované Ministerstvem průmyslu a obchodu a Ministerstvem zdravotnictví vyústily do dvou patentů a dvou ověřených technologií průmyslové výroby funkčních

nanovlákných textilií pro filtrace a medicínské aplikace. Dalším spolupracujícím partnerem je Krajská zdravotní – nemocnice v Ústí nad Labem, kde testujeme naše biosenzory pro analýzu tělových tekutin. S ostatními průmyslovými partnery v regionu je spolupráce příležitostná, např.: BARD s.r.o. Úherce u Loun; Mikrochem LKT (pobočka v Ústí n.L.); Preciosa (K. Šenov); Enaspol a.s. Velvěty; Unipetrol Litvínov; ADLER International a.s. v Ústí n.L; Zdravotní ústav v Ústí n.L; Glanzstoff Bohemia v Lovosicích; Humatex Bílina; Mondi Štětí.

Je třeba zmínit, že v oblasti vývoje nových nanomateriálů má univerzita intenzivnější spolupráci s malými a středními firmami. Důvodem je větší flexibilita těchto subjektů, pokud jde o dohody o spolupráci, což je dáno zřejmě nižší mírou byrokracie v malých a středních firmách.

Výzkumná infrastruktura NanoEnviCz představuje významnou podporu pro navazující projekty včetně projektu CACTU (Centre of Advanced Chemical Technologies in Usti region), jehož cílem je dobudování otevřené výzkumné infrastruktury na spojených pracovištích Univerzity Jana Evangelisty Purkyně v Ústí nad Labem (UJEP), Unipetrolu výzkumně vzdělávacího centra, a.s. (UniCRE) a Unipetrolu RPA, s.r.o.

Budoucí technologický vývoj v oblasti nanotechnologií v Ústeckém regionu

Předpoklady budoucího rozvoje

Současný stav poznání - tj. dosažené výsledky v základním i aplikovaném výzkumu – pokud jde o nanotechnologie a nanomateriály je dobrým východiskem pro rozvoj této disciplíny nejen na UJEP, ale prostřednictvím partnerů i v regionu.

Další významné faktory zajišťující budoucí rozvoj nanotechnologií a vývoj nových materiálů na UJEP lze shrnout v následujících bodech:

1. Příisun lidských zdrojů díky studijním programům na UJEP jako jsou zejména dva programy: (a) Aplikované nanotechnologie a (2) Analytická chemie životního prostředí, které vychovávají bakaláře, magistry i doktory v těchto oborech. Část studentů sice odchází do zahraničí, ale velká část se vrací s novými zkušenostmi a buď pokračují ve výzkumných projektech na UJEP, nebo odcházejí do korporátní sféry především v Ústeckém kraji.
2. Výstavba nové budovy Centra přírodovědeckých a technických oborů v univerzitním kampusu UJEP
3. Projektová aktivita v základním výzkumu je významným základem pro pochopení jevů v nanosvětě, což vytváří znalostní předpoklady pro aplikovaný a průmyslový výzkum.
4. Multidisciplinární přístup je dalším významným faktorem ve vývoji nanomateriálů. Nanotechnologie je multidisciplinární obor a čistě chemické přístupy – chemické

syntézy a vytváření supramolekulárních struktur – je často nutné kombinovat s fyzikálními (plazmové technologie, nebo elektrostatické zvláknění, litografie...) a navíc i s biologickými metodami testování bioaktivity nanomateriálů. To je zaručeno existencí potřebných pracovišť na jednom místě v univerzitním kampusu, kde spolu těsně spolupracují chemické, fyzikální a mikrobiologická pracoviště. To považujeme za velkou přednost univerzitního výzkumu a vývoje a dobrý základ pro další rozvoj nanotechnologií.

5. Spolupráce s průmyslem se stále rozšiřuje a stále častěji vede od pouhého analytického servisu ke smluvnímu výzkumu s výstupy jako: ověřené technologie, patenty, užité vzory a funkční vzorky.

Výhledy budoucího rozvoje

Obecná východiska: Plány budoucího rozvoje v oblasti nanotechnologií a vývoje nových nanomateriálů vycházejí ze současného stavu výzkumu a výzkumné infrastruktury, která vytváří předpoklady pro budoucí rozvoj. Směry budoucího rozvoje nanotechnologií vycházejí z priorit výzkumu daných národní politikou výzkumu, která vychází z priorit EU a respektuje globální výzkumné výzvy. S ohledem na tyto trendy plánujeme náš aplikovaný výzkum zaměřit na potřeby průmyslu v regionu. To je dáno naší současnou spoluprací s průmyslovými partnery v regionu, kterou plánujeme dále rozšiřovat. Platformou pro tuto spolupráci je i členství UJEP v konsorciu výzkumné infrastruktury NanoEnviCz. Jednání s průmyslovými partnery stále probíhají, každoročně pořádáme inovační burzy pro firmy zejména v Ústeckém regionu a naše výstupy připravené pro transfer technologií představujeme na veletrzích věda-výzkum-inovace v Brně i v Praze.

Současné trendy výzkumu zaměřené na nanomateriály pro biomedicínské aplikace, pro ochranu životního prostředí, nanomateriály pro sensoriku a funkční nanopovrchy plánujeme dále rozvíjet. Z hlediska potřeb průmyslových partnerů a jednání o budoucí spolupráci se plánuje posilovat tyto oblasti:

- Vývoj funkčních nanovlákněných materiálů, chemicky modifikovaných, a to jednak jako filtrační media nové generace pro vzdušné a vodní filtrace, a dále pro medicínské aplikace jako krytí ran a tkáňové inženýrství
- Vývoj nanostrukturovaných pro medicínské aplikace – nanostrukturované biosenzitivní povrchy pro biosenzoty analyzující tělové tekutiny; supramolekulární struktury jako nosiče léčiv zajišťující selektivní transport v organismu.
- Funkční nanopovrchy pro širší škálu aplikací
- Nanomateriály ve formě nanočástic a nanokompozitů pro degradaci toxických látek v sanačních technologiích

- Inovace sanačních technologií založené na nových typech nanomateriálů na bázi nanovláken, nanočástic a nanopovrchů při čištění odpadních vod a plynů.

14 Závěr

Chemický průmysl je pro Ústecký kraj (a nejenom pro něj) významným segmentem. Chemický průmysl patří mezi nejvíce inovativní průmysly. Charakterem je to průmysl, který dodává do dalších průmyslových sektorů. Je zásadním dodavatelem do navazujících oborů: automobilového, elektrotechnického, farmaceutického, potravinářského a mnoha dalších. Jeho vliv a působnost se promítá ve všech oblastech lidského konání. Koneckonců, všechno je chemie. Chemický průmysl už nyní čelí (a v budoucím období bude stále více čelit) mnoha výzvám. Kromě stále se zpřísnující se regulace – chemický průmysl patří mezi ty vůbec nejvíc legislativně regulované – jsou to i nové trendy, na které chemický průmysl musí a bude reagovat. Především je to nadcházející digitalizace, tzv. Průmysl 4.0. Uchopit toto téma je pro chemický průmysl zásadní inovací a cestou vpřed. Další velkou výzvou je koncept Cirkulární ekonomiky, bezodpadového hospodářství. Vracet do výrobního procesu odpady různého původu umí právě chemický průmysl už se současnými anebo teprve vyvíjenými technologiemi. Z toho vyplývá, že chemický průmysl musí udržet inovativní potenciál. Potřebuje stále kvalitní a vzdělaný personál. To je zároveň pobídkou i pro Ústecký kraj – zachovat a posílit základní, střední i vysokoškolské chemické vzdělávání. V neposlední řadě je to neutuchající práce na vylepšení pověsti chemického průmyslu, chemie a chemických technologií. Vždyť bez chemie není života.

15 Seznam obrázků

Obrázek 1 Schéma vazeb mezi megatrendy, aplikačními sektory a technologickým vývojem .	6
Obrázek 2 Města a jejich vliv na využívání přírodních zdrojů a emise skleníkových plynů	7
Obrázek 3 Očekávaný vývoj poptávky po zdrojích ve vazbě na růst populace.....	8
Obrázek 4 Očekávaný vývoj podílu na tvorbě světového HDP (v PPP) do roku 2050	10
Obrázek 5 Očekávaný vliv stárnutí populace do roku 2050.....	11
Obrázek 6 Regionální rozložení světového obratu produktů chemického průmyslu v roce 2015.....	13
Obrázek 7 Regionální rozložení světového obratu plastů v roce 2015.....	15
Obrázek 8 Blokové schéma výroby automobilového benzínu	19
Obrázek 9 Blokové schéma výroby motorové nafty	21
Obrázek 10 Situace ve využití obnovitelných zdrojů energie v dopravě pro jednotlivé evropské státy	23
Obrázek 11 Těžba hnědého uhlí v ČR v letech 1984–2017 (mil. t)	44
Obrázek 12 Výhled produkce hnědouhelných společností v případě zachování územních limitů těžby na ČSA.....	51
Obrázek 13 Výhled těžeb HU v ČR.....	52
Obrázek 14 Schéma aplikačních možností methanolu	55
Obrázek 15 Schématické znázornění technologie oxy-fuel	62
Obrázek 16 Schématické znázornění technologie tlakového fluidního spalování uhlí.....	63
Obrázek 17 Schéma absorpční technologie odstraňování CO ₂ ze spalin.....	64
Obrázek 18 Schéma technologie VeloxoTherm	65
Obrázek 19 Moduly tvořící výplň jednotlivých segmentů adsorpčního kola	65
Obrázek 20 Schéma procesu vysokoteplotní karbonátové smyčky.....	66
Obrázek 21 Roční emise dle regionu.....	67
Obrázek 22 Roční emise dle zdroje vzniku	68
Obrázek 23 Biopaliva – Fotosyntéza	69
Obrázek 24 Alternativní paliva – Umělá fotosyntéza.....	69
Obrázek 25 Schematické znázornění možných transferů CO ₂	70
Obrázek 26 Schematické znázornění potenciálu ČR pro vývoj alternativních paliv	70
Obrázek 27 Přehled a rozdělení dosavadních aplikačních možností	81
Obrázek 28 Předpokládané zastoupení motorových paliv v EU	84
Obrázek 29 síť vodíkových čerpacích stanic v západní Evropě	84
Obrázek 30 Vodíkové konsorcium.....	85
Obrázek 31 Naznačení možností výrob klíčových chemikálií z obnovitelných surovin	87
Obrázek 32 Výroba bio-ethylenu z obnovitelného zdroje - biolihu	88
Obrázek 33 Světové aplikační kapacity pro bioplasty	88
Obrázek 34 Světový produkční kapacity bioplastů	89
Obrázek 35 Schéma řetězce transformace CO ₂	98
Obrázek 36	98

Obrázek 37 Fluktuace petrochemického průmyslu	100
Obrázek 38 Rozmístění ethylenových jednotek v Evropě.....	101
Obrázek 39 Typická skladba surovin ethylenových jednotek	102
Obrázek 40 Rozdělení světových zdrojů propylenu	103
Obrázek 41 Srovnání nákladů primární suroviny pro etylénovou výrobu	105
Obrázek 42 - Organizační struktura společnosti Euro Support Manufacturing Czechia, s.r.o.	124
Obrázek 43 Schematické znázornění amalgámové technologie výroby chlóru a alkalických hydroxidů.....	132
Obrázek 44 Schematické znázornění membránové technologie výroby chlóru a alkalických hydroxidů.....	134
Obrázek 45 Kritická dostupnost surovin významných pro průmysl EU	140
Obrázek 46 Ložiska potencionálních zdrojů kritických nerostných surovin EU	141
Obrázek 47 Stará důlní díla na Cínovci	146
Obrázek 48 Geologická mapa Krušných hor	146
Obrázek 49 Cínovecká oblast	146

16 Seznam tabulek

Tabulka 1 Kvalitativní požadavky na motorové benzíny	20
Tabulka 2 Kvalitativní požadavky na motorové nafty	22
Tabulka 3 Těžba v České republice.....	46
Tabulka 4 Ložiska a zásoby v České republice.....	46
Tabulka 5 Stav zásob hnědého uhlí podle Bilance zásob výhradních ložisek nerostů ČR (mil. t)	46
Tabulka 6 <i>Předpoklad plánovaných těžeb zásob hnědého uhlí podle uhelných společností a lokalit do roku 2040.....</i>	50
Tabulka 7 Předpoklad spotřeby vodíku.....	85
Tabulka 8 Bilance ethylenu	103
Tabulka 9 Bilance propylenu	104
Tabulka 10 Výtěžkové vektory standardní etylénové jednotky	105
Tabulka 11 Kovy a jejich využití.....	141
Tabulka 12 Výsledky chemických analýz vyráběných koncentrátů za posledních 15 let provozu úpravny.....	143
Tabulka 13 Průměrné složení lithiových surovin	144