

Dekarbonizace chemického průmyslu jako jeden z cílů zelené transformace – stav a perspektivy

Technologie pro dosažení uhlíkové neutrality

Pracovní workshop

Česká technologická platforma pro udržitelnou chemii (ČTP SUSCHEM), Česká technologická platforma Plasty (ČTP Plasty), Česká Technologická Platforma pro užití Biosložek v dopravě a chemickém průmyslu (ČTP Bio), Česká technologická platforma Uhlíková neutralita (ČTP Uhlíková neutralita).

9.12.2025, Praha

Ing. Ivan Souček, Ph.D.

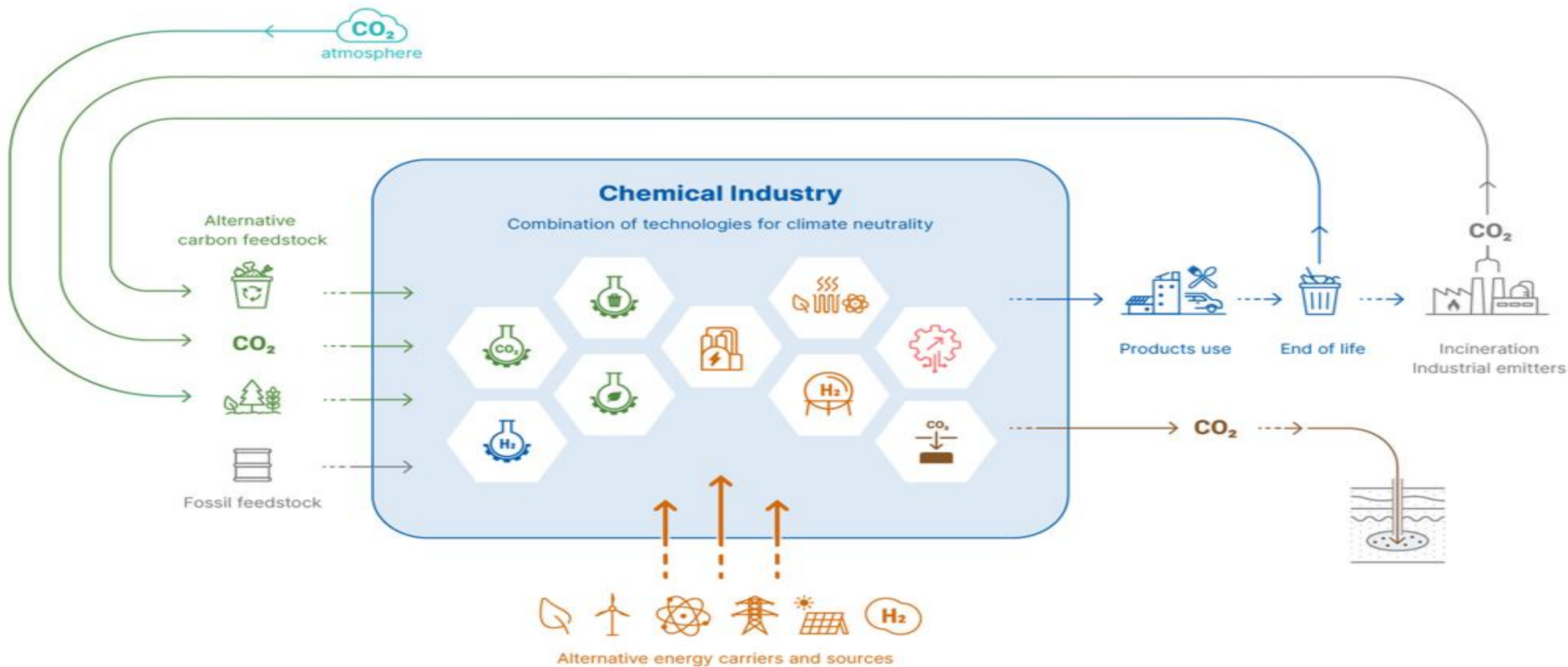
Technologie pro dosažení uhlíkové neutrality

Hlavní technologické priority pro snížení emisí skleníkových plynů (GHG) v chemickém sektoru zahrnují:

- Integraci alternativních nosičů energie a zdrojů, včetně:
 - přímé a nepřímé elektrifikace chemických procesů,
 - využití vodíku jako nosiče energie,
 - malé modulární jaderné reaktory (SMR),
- integraci nefosilných uhlíkových surovin:
 - odpad,
 - zachycený CO₂,
 - biomasa,
 - výrobu nízkouhlíkového vodíku pro použití jako surovina,
- optimalizaci procesů, zachycování a ukládání uhlíku.

Kombinace souvisejících technologií bude nezbytná pro dosažení klimatické neutrality v evropském chemickém průmyslu.

Technologie pro dosažení uhlíkové neutrality



Technologie pro dosažení uhlíkové neutrality

Elektrifikace

Elektrifikace chemického průmyslu se týká zavádění technologií, které umožňují napájení chemických procesů elektřinou místo fosilních paliv.

Technologie a aplikace technologií Power-to-heat

- Elektřina může nepřímo napájet nízkoteplotní chemické procesy (např. prostřednictvím výroby páry nebo tepla) pomocí stávajících technologií, jako jsou elektrické kotle.
- Technologie pro vysokoteplotní procesy (nad 500°C), které jsou potřeba především pro elektrické EJ, elektrický parní reforming metanu a pecí, jsou stále ve vývoji.

Přímá elektrifikace a alternativní energetické formy

- Kromě aplikací Power-to-heat může být elektřina přímo využita v elektrochemických procesech (např. konvenční výroba chlóru) a/nebo se využitím nekonvenčních energetických forem (např. plazma).

Technologie pro dosažení uhlíkové neutrality

Pára a teplo z biomasy a SMR

Pára a teplo jsou nezbytné pro poskytování a řízení termální energie pro většinu procesů, včetně reakčních a separačních operací v chemickém průmyslu. Pára je v současnosti převážně vyráběna na chemických provozech za použití fosilních energetických zdrojů.

Technologie a aplikace

- Kromě elektrických kotlů nabízejí biomasa a technologie s nízkými emisemi uhlíku, jako jsou malé modulární jaderné reaktory (SMRs), alternativní cesty výroby tepla a páry.
- Biometan může nahradit zemní plyn v existujících systémech pro výrobu páry a tepla na chemických provozech a různé biologické materiály lze použít v kotlích na biomasu.
- Malé modulární jaderné reaktory (SMRs) jsou pokročilé jaderné reaktory s modulárním designem, které mohou dodávat elektřinu s nízkými emisemi uhlíku a/nebo vysokoteplotní páru a teplo ve velkém měřítku a s konzistentním výstupem.

Technologie pro dosažení uhlíkové neutrality

Vodík jako nosič energie

Vodíkové palivo s nízkým obsahem uhlíku (H_2) může být využito jako čistý nosič energie v chemickém sektoru.

Technologie a aplikace

- Vodík s nízkým obsahem uhlíku může primárně pocházet z elektrolýzy vody nebo NaCl/KCl, a to s využitím obnovitelné nebo jiné elektřiny s nízkým obsahem uhlíku.
- Dalšími zdroji vodíku s nízkým obsahem uhlíku jsou parní krakování, reforming benzínu nebo parní reforming metanu, pokud je aplikována elektřina s nízkým obsahem uhlíku a CO_2 je zachyceno.
- Chemické procesy se spalováním vodíku zahrnují parní krakování, dehydrogenaci ethylbenzenu na styren, reforming benzínu a také reforming parního metanu.
- Nosiče vodíku jako amoniak, stejně jako kapalné organické nosiče vodíku, nabízejí možnosti pro skladování vodíku. Amoniak může být také přímo využit pro výrobu páry/tepla v chemickém sektoru.

Technologie pro dosažení uhlíkové neutrality

Vodík z alternativních výrobních cest

Vodík (H_2) je nezbytným prvkem mnoha chemikálií. Vodík se v současnosti vyrábí na chemických provozech procesem parního reformování metanu s použitím zemního plynu. Alternativní výrobní cesty, jako je elektrolýza vody a pyrolýza biomethanu, mohou přispět ke snížení emisí skleníkových plynů.

Technologie a aplikace

- Alternativní cesty pro výrobu vodíku zahrnují technologie elektrolýzy vody, které jsou již komerčně dostupné (alkalické, membrány s protonovou výměnou) a další s nižším technologickým stupněm zralosti (typu Solid Oxide Electrolysis Cell, alkalická výměnná membrána).
- Pyrolýza biomethanu, která je v současnosti ve fázi demonstrace, je alternativou k parnímu reformování metanu spojenému s zachycováním a ukládáním uhlíku (CCS).

Technologie pro dosažení uhlíkové neutrality

Odpady jako surovina

Uhlík je základní prvek většiny chemikálií. Využití odpadů, jako je plastový odpad, jako alternativní uhlíková surovina místo panenských fosilních zdrojů, je klíčové pro přechod na oběhové hospodářství a pro výrobu chemikálií a polymerů s nižší uhlíkovou stopou.

Technologie a aplikace

Kromě mechanického recyklování, které je široce uznáváno v oběhovém hospodářství, je možné zvážit celou řadu technologií pro využití různých typů plastového odpadu jako alternativní uhlíkové suroviny:

- Technologie rozpouštění, které umožňují získání čistého polymeru z tříděného plastového odpadu. Tyto procesy používají určitý tepelný výkon a rozpouštědla k rozpuštění plastu na roztok polymerů.
- Procesy depolymerizace prostřednictvím přeměny čistého tříděného plastového odpadu na monomery (základní chemické stavební bloky pro výrobu polymerů).
- Pyrolýzní a zplyňovací technologie pro přeměnu smíšeného (plastového) odpadu na olej nebo plyn při vysoké teplotě, které se používají jako suroviny v chemickém průmyslu.

Technologie pro dosažení uhlíkové neutrality

Zachycování a ukládání CO₂

Oxid uhličitý (CO₂) z průmyslových zdrojů může být zachycen, vyčištěn a transportován k injekci do geologických rezervoárů pro trvalé ukládání.

Technologie a aplikace

- Různé technologie (kapalné rozpouštědlo, pevný sorbent, membrána, kryogenní technologie) byly vyvinuty pro zachycení a čištění CO₂ z jednotlivých zdrojů na (nejenom) chemických lokalitách.
- Ukládání CO₂ by mohlo být považováno za odstranění emisí do atmosféry, pokud další použití CO₂ není účinné a udržitelné.

Technologie pro dosažení uhlíkové neutrality

CO₂ jako surovina

Uhlík je základním prvkem většiny chemikálií. CO₂ je jedním z alternativních zdrojů uhlíku, které lze použít pro výrobu chemických látek a polymerů s nižší uhlíkovou stopou ve srovnání s konvenční výrobou.

Technologie a aplikace

- Využití CO₂ jako suroviny vyžaduje operace pro zachycování a přeměnu CO₂. Byly vyvinuty různé technologie (kapalné rozpouštědlo, pevný sorbent, membránové a kryogenní technologie) pro zachycování a čištění CO₂ (z průmyslových bodových zdrojů).
- Široké portfolio technologií (např. katalytické, elektrochemické, biotechnologické) lze zvážit pro výrobu různých základních chemikálií (např. methanol, ethanol) stejně jako speciálních chemikálií a polymerů.
- Konvenční výroba močoviny je již založena na využití CO₂ zachyceného z příbuzné výroby amoniaku, stejně jako na výrobě methanolu prostřednictvím hydrogenace CO₂.

Technologie pro dosažení uhlíkové neutrality

Biomasa jako surovina

Uhlík je základní prvek většiny chemikálií. Využití bio-založených zdrojů, jako jsou rostlinné materiály, zemědělské zbytky a biologický odpad, jako alternativní uhlíková surovina místo panenských fosilních zdrojů, je klíčové pro výrobu chemikálií a polymerů s nižší uhlíkovou stopou.

Technologie a aplikace

- Mnoho základních chemikálií (např. ethanol, glycerin), speciálních chemikálií a polymerů lze vyrábět z udržitelně získané biomasy.
- Různé chemické a biotechnologické procesy, jakož i jejich kombinace, mohou být zváženy pro konverzi biomasy, stejně jako pro předúpravy a následné operace.

Technologie pro dosažení uhlíkové neutrality

Optimalizace procesů

Nasazení nových a pokročilých možností optimalizace procesů je zásadní pro zvýšení efektivity využívání energie a zdrojů na úrovni procesů, výroben a závodů.

Technologie a aplikace

- Inovativní návrh procesů včetně pokročilých konceptů návrhu reaktoru a nových katalyzátorů poskytuje příležitosti pro zintenzivnění procesů, které umožňují efektivitu využívání zdrojů a energie.
- Pokročilé separační technologie (včetně alternativ k destilaci, integrovaných reaktivních a hybridních separačních technologií) představují vysoký podíl na spotřebě energie při chemické výrobě.
- Integrace systémů mechanické komprese páry pro vylepšení zbytkové páry, stejně jako tepelných čerpadel pro využití odpadního tepla, může účinně přispět k optimalizaci využití energie.
- Různé technologie akumulace tepelné energie (senzibilní, latentní, termo-chemické) lze zvážit pro skladování energie na místě v kontextu integrace obnovitelné elektřiny. Digitální technologie jsou klíčovými nástroji k umožnění optimalizace procesů.

Závěry

Vývoj nových technologií, potvrzení výsledků vývoje v průmyslovém měřítku a široké nasazení těchto technologií, které jsou nezbytné k dosažení hlavního megatrendu dnešní EU pro evropský chemický průmysl, kterým je dosažení klimatické neutrality, přičemž je třeba udržet/zajistit jeho mezinárodní konkurenceschopnost, vyžaduje:

- **Odpovídající opatření na sdílení rizik jak pro kapitálové, tak pro provozní výdaje;**
- **Podporující regulační rámec navržený s důrazem na ekonomickou udržitelnost a technologickou neutralitu (EU ETS, CBAM, Kritické chemikálie, chemická recyklace, „zelená chemie“, CCU aj.);**
- **Přístup k obnovitelné a nízkouhlíkové elektřině a nefosilním surovinám za konkurenceschopnou cenu;**
- **Včasné a nákladově efektivní nasazení související infrastruktury, zejména H₂ a CO₂;**
- **Podpora veřejnosti (předpokládaný růst cen) a místní správy (povolovací procesy, např. SMR)**