

STUDIE TECHNOLOGICKÝCH TRENDŮ V KONTEXTU STRATEGIE NCE II A CANUT II

Pořizovatel dokumentu:

Národní centrum pro energetiku II

Číslo projektu: TN02000025

Hlavní řešitel: prof. Ing. Stanislav Mišák, Ph.D.

Tento projekt je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci Programu Národní centra kompetence.

Zpracovatel:

VŠB TECHNICKÁ | CENTRUM ENERGETICKÝCH
UNIVERZITA | A ENVIRONMENTÁLNÍCH
OSTRAVA | TECHNOLOGIÍ

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Centrum energetických a environmentálních technologií

17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba



bee inspired & funded

BeePartner a.s.

nám. Svobody 527, Lyžbice, 739 61 Třinec

Zpracovatelský tým:

Stanislav Mišák

Daniel Konczynna

David Pawera

Jelena Dědková

Martina Prejdová

Jana Jiříčková

Daneš Burket

OBSAH

Úvod	6
Metodika.....	7
1 Analýza technologických trendů	10
1.1 Konverze energie (alternativní paliva, využití odpadového hospodářství, obnovitelné zdroje, jaderné technologie)	12
1.1.1 Alternativní paliva	12
1.1.1.1 Syntetická paliva (CO ₂ to X)	12
1.1.1.2 Biopaliva.....	13
1.1.1.3 Vodík	14
1.1.2 Zpracování odpadů	20
1.1.2.1 Thermochemická konverze	21
1.1.2.2 Recyklace	22
1.1.3 Obnovitelné zdroje energie	30
1.1.3.1 Fotovoltaická energie.....	30
1.1.3.2 Větrná energie	32
1.1.3.3 Vodní energie.....	34
1.1.3.4 Geotermální energie.....	35
1.1.3.5 Využití odpadního tepla	37
1.1.3.6 Tepelná čerpadla.....	39
1.1.3.7 Solární kolektory	41
1.1.4 Jaderná energetika	42
1.1.4.1 Jaderná paliva	44
1.1.4.2 Nové materiály, technologie a systémy	47
1.1.4.3 Instrumentace, řízení a senzory	50
1.1.4.4 Provoz nových a stávajících jaderných elektráren	53
1.1.4.5 Vyřazování z provozu a nakládání s radioaktivním odpadem (RAW).....	57
1.2 Distribuce a přenos energie	63
1.2.1 Konvenční energetika	63
1.2.2 Integrované regionální energetické systémy.....	64
1.2.2.1 Komunitní energetika	65
1.2.2.2 Positive Energy Districts	66
1.2.2.3 Modely decentralního teplotního prostředí	68
1.2.2.4 Řídicí systémy pro decentralní lokální energetiku.....	69
1.2.2.5 Program CET Partnership	70
1.2.3 Distribuce vodíku	73
1.2.4 Distribuce tepla	77
1.3 Akumulace a užití energie	84

1.3.1	Baterie	84
1.3.1.1	Baterie s pevným elektrolytem (polovodičové baterie)	84
1.3.1.2	Vanad-redoxové baterie.....	85
1.3.1.3	Carnotovy baterie	87
1.3.2	Uskladnění energie ve formě vodíku	88
1.3.3	Akumulace tepla	89
1.3.4	Energetické úspory a systémy jejich řízení	93
1.4	Environmentální technologie	96
1.4.1	CCUS	96
1.5	Nasazení AI v energetice	100
1.5.1.1	Seznam literatury (formát ČSN ISO 690 – upravený)	102
1.6	Bezpečnost v souvislosti s megatrendy.....	102
1.6.1	Bezpečnost jako megatrend	102
1.6.2	Projekty CANUT II a NCE II v kontextu bezpečnosti.....	103
1.6.3	Shrnutí	103
1.6.4	Použité zdroje:	104
1.7	Společnost a životní prostředí	105
1.7.1	Společnost a životní prostředí jako megatrend	105
1.7.2	Projekty CANUT II a NCE II v kontextu společnosti a životního prostředí	105
1.7.3	Shrnutí	106
1.7.4	Použité zdroje a citace	106
1.8	Závěry a doporučení	106
1.8.1	Jaderná energetika	112
1.8.2	Nejaderná energetika	113
1.8.3	Role CANUT a NCE II	113
2	Syntéza analýzy technologických trendů a tematického zaměření projektů NCE II.....	114
2.1	A – Konverze energie	118
2.2	B – Akumulace a užití energie	119
2.3	C – Distribuce a přenos energie	120
2.4	D – Bezpečnost	120
2.5	E – Společnost a životní prostředí	121
2.6	NCE II	122
2.7	CANUT II.....	122
2.8	Společné doporučení.....	123
3	Zpracování doporučení k aktualizaci strategických dokumentů	124
4	Postup k uplatnění navržených doporučení	172
4.1	Stakeholder analýza klíčových hráčů	172

4.1.1	Klíčové hráči ve vztahu k Národní inovační RIS3 strategii	172
4.1.1.1	Řídící výbor RIS3	172
4.1.1.2	Národní inovační platformy (NIP)	173
4.1.2	Klíčové hráči ve vztahu ke Státní energetické koncepci České republiky	175
4.2	Návrh kroků k zapracování doporučení.....	176
4.2.1	Doporučení navrhovaná k aktualizaci NRIS3	176
4.2.2	Doporučení navrhovaná k aktualizaci SEK.....	176
5	Shrnutí	178

ÚVOD

Účelem této studie je **komplexně a logicky popsat vazby mezi momentálně realizovanými výzkumnými projekty NCE II a Centra pokročilých jaderných technologií (CANUT II)**, aktuálními globálními technologickými trendy a strategickými dokumenty v oblasti udržitelné energetiky na národní i mezinárodní úrovni. Studie se zaměřuje na synergii mezi oběma centry (NCE II a CANUT II) a reflektuje klíčové oblasti výzkumu, jako jsou pokročilé jaderné technologie, udržitelná energetika, dekarbonizace a cirkulární ekonomika, tj. **aktuálními globálními technologickými trendy a strategickými dokumenty v oblasti udržitelné energetiky na národní i mezinárodní úrovni**. Výstupy této studie budou zahrnovat popisy souladů výzkumných projektů NCE II a CANUT II s aktuálními technologickými trendy, včetně návrhů na úpravu těchto projektů v případech, kdy bude u nich zjištěn nesoulad, který bude nutné odstranit. Dále studie analyzuje provázanost projektů s vybranými národními i mezinárodními strategickými dokumenty, včetně návrhů na aktualizaci těchto dokumentů tam, kde bude identifikován nesoulad. Součástí výstupů budou také návrhy tzv. „roadmaps“ pro vybrané strategické dokumenty, které popíší konkrétní kroky k dosažení navržených úprav a lepší integrace výzkumných aktivit obou center. Bližší popis jednotlivých kroků zpracování studie, včetně jejich vzájemných vazeb, je uveden v následující kapitole **Metodika**.

Výsledným cílem této studie tak je zrevidovat, aktualizovat a dále konsolidovat aktuální výzkumné projekty NCE II a CANUT II, včetně návrhů nových výzkumných projektů, které budou reflektovat jak aktuální technologické trendy, tak budou rovněž provázány s prioritami a cíli vybraných klíčových strategických dokumentů. Tento podklad bude sloužit Výzkumné radě NCE II a CANUT II jako jeden ze strategických materiálů při rozhodování o úpravě stávajících a přípravě nových výzkumných projektů a jejich vzájemných vazbách během řešení projektu NCE II a CANUT II v letech 2026–2028, potažmo také pro účely přípravy návazného strategického rozvojového projektu NCE III a CANUT III.

METODIKA

Dokument byl zpracován na základě vztahů mezi aktuálními globálními technologickými trendy, výzkumnými projekty NCE II, CANUTII a národními a mezinárodními strategickými dokumenty v následujícím logickém sledu vyjádřeném těmito klíčovými otázkami:

1. **Je projekt v souladu s některým/některými aktuálními technologickými trendy?**
ANO/NE – v případě, že ne – Jakým způsobem navrhnout úpravu daného projektu, aby v souladu s těmito trendy byl?
2. **Je projekt (bez nutnosti úpravy, příp. v upravené podobě – viz výše) v souladu s klíčovými strategickými dokumenty?**
ANO/NE – v případě, že ne – Jakým způsobem navrhnout úpravu předmětného strategického dokumentu, aby bylo dosaženo vzájemného souladu?
3. **Jakým způsobem docílit provedení navrhovaných úprav v předmětných strategických dokumentech?**

Z výše popsaných otázek vyplývá, že prvotním předmětem šetření je, zda je projekt v souladu s aktuálními globálními technologickými trendy čili zda je projekt sám o sobě svou výzkumnou náplní relevantní vůči těmto trendům, a to z důvodu, že strategickým cílem Výzkumné rady projektu NCE II a CANUT II je realizovat aplikovaný výzkum a experimentální vývoj, který odpovídá reálnému prostředí, jeho trendům a aktuálním a budoucím požadavkům / očekáváním. Až poté nastávají otázky, zda je projekt v souladu se strategickými dokumenty a jak je případně upravit ve vztahu k projektu odpovídajícímu reálným technologickým trendům.

Zpracování analýzy aktuálních globálních technologických trendů

Analýza aktuálních technologických trendů byla zpracována v rozdělení dle následujících aplikačních segmentů NCE II a CANUT II:

- A. **Konverze energie** (fúze, SMR, velké reaktory, palivový cyklus, BOP, I&C, teplo/CZT, OZE, vodík, alternativní paliva, zpracování odpadů)
- B. **Přenos energie**
- C. **Akumulace a využití energie** (akumulace elektřiny a tepla, vodík, materiály)
- D. **Bezpečnost** (jaderná a infrastrukturní bezpečnost, senzory, diagnostika, fyzická a kybernetická bezpečnost)
- E. **Společnost a životní prostředí** (nakládání s odpady, decommissioning, environmentální dopady, společenská akceptace)

Při zpracování této analýzy byly v uvedených oblastech identifikovány, vyhodnoceny a zpracovány dílčí globální technologické trendy a také megatrendy, které jsou interakcí jednotlivých technologických trendů naplňovány / ovlivňovány.

Nutno zároveň podotknout, že účelem tohoto dokumentu není postihnout všechny tematické oblasti energetiky a k nim vztahené technologické trendy, ale pouze ty oblasti a trendy, které zapadají do záběru aplikačních segmentů / výzkumných oblastí definovaných pro projekt NCE II a CANUT II (viz výše).

Při zpracování této analýzy byly v uvedených oblastech identifikovány, vyhodnoceny a zpracovány dílčí globální technologické trendy a také megatrendy, které jsou interakcí jednotlivých technologických trendů naplňovány / ovlivňovány. Cílem této analýzy nebylo zaměřit se explicitně pouze na dílčí technologické trendy projevující se v podmínkách ČR z důvodu, že ČR jakožto malá

proexportně orientovaná ekonomika je silně závislá na globálních trendech, které ji ovlivňují, a proto je nutné tyto trendy systematicky monitorovat a včas a adekvátně na ně reagovat.

Informace k technologickým trendům a s nimi souvisejícím megatrendům byly vyhledávány v renomovaných zdrojích na základě těchto kritérií:

- Tržní potenciál dané technologie – projekce obratu, potažmo tržního podílu na globálních trzích u dané technologie
- Technologická připravenost předmětné technologie – dle kategorizace TRL (Technology Readiness Level).

Uvedené informace byly shromážděny a zpracovány z následujících zdrojů:

- Články, studie a foresightové reporty renomovaných mezinárodních konzultačních společností
- Foresightové reporty a studie českých i mezinárodních think tanků, asociací, klastrových organizací a technologických platforem aktivních v oboru udržitelné energetiky a ochrany klimatu.

Jednotlivé zprávy, foresightové reporty a studie byly vybírány na základě následujících kritérií:

- Tematická relevance (ve vztahu k výše definovaným aplikačním segmentům a výzkumné oblasti environmentálních technologií),
- Časová aktuálnost (publikace ne starší než z roku 2021)
- Kvalita obsažených informací ve vazbě na výše stanovená kritéria vyhledávání informací k jednotlivým dílčím technologickým trendům a s nimi souvisejícím megatrendům (tržní potenciál a technologická připravenost).

Při koncipování výše popsaných pravidel výběru informačních zdrojů a způsobu práce se zjištěnými daty byl na základě dohody se zadavatelem kladen důraz na praktický přístup, tzn. na práci s informacemi pocházejícími z reálného tržního prostředí a navazujících aktivit aplikovaného výzkumu a experimentálního vývoje. Z toho důvodu bylo upuštěno od analýzy dat v předmětných oblastech, které spadají do kategorie vědy a základního výzkumu. Proto celá tato studie (nejen kapitola věnovaná analýze technologických trendů, ale i všechny další návazné kapitoly) nevykazuje znaky vědecké publikace, ale svodného reportu popisujícího globální technologické trendy, výzkumné projekty NCE II, CANUT II a vybrané strategické dokumenty (viz následující části metodiky) ve vzájemných logických a pragmatických souvislostech.

1. Syntéza informací z analýzy vůči projektům NCE II a CANUT II

V této části byly jednotlivé výzkumné projekty NCE II a CANUT II porovnány s technologickými trendy a megatrendy identifikovanými ve výše uvedeném bodě 1. Je nutno podotknout, že ke každému aplikačnímu segmentu (včetně výzkumné oblasti environmentálních technologií) byly přiřazeny pouze ty technologické trendy a megatrendy, které se jí primárně týkají. Pro porovnání jednotlivých projektů s těmito trendy byly uplatněny dva odlišné přístupy, které vycházejí z charakterů jednotlivých výzkumných projektů:

- A. Projekt má být v souladu se dvěma a více definovanými technologickými trendy / megatrendy v daném aplikačním segmentu / výzkumné oblasti – v případě projektů, které svým obsahem pokrývají širší spektrum výzkumných témat (např. zpracování odpadů, výroba biopaliv, zachytávání CO₂, vývoj malých modulárních reaktorů),

- B. Projekt má být v souladu s alespoň jedním definovaným technologickým trendem / megatrendem – v případě úzce zaměřených projektů orientujících se na vývoj konkrétní specifické technologie (např. zplyňování odpadů v tavenině soli, thoriové palivové cykly).

U některých projektů, v jejichž případě to bylo vzhledem k jejich výzkumné náplni a celkovému charakteru (viz výše – body A a B) vhodné, byly navrženy jejich možné úpravy / rozšíření. Technologické trendy, které nebyly pokryty žádným z výzkumných projektů NCE II, CANUTII, byly následně využity jako náměty na přípravu projektů zcela nových.

2. Zpracování doporučení k aktualizaci strategických dokumentů

V tomto kroku byly jednotlivé výzkumné projekty NCE II a CANUT II rozčleněné do jednotlivých aplikačních segmentů (včetně výzkumné oblasti environmentální technologie) porovnány s prioritními oblastmi a cíli relevantních vybraných strategických dokumentů (národních i mezinárodních) zaměřujících se na oblast udržitelné energetiky a ochrany klimatu.

Bylo vybráno celkem 8 klíčových strategických dokumentů na základě následujících kritérií:

- A. Aktuálnost
- B. Tematický záběr dokumentu – zda je svým tematickým zacílením relevantní vůči zaměření aplikačních segmentů NCE II a CANUT II a oblasti environmentálních technologií
- C. Úroveň nositele dokumentu (Evropská komise, Vláda ČR, ministerstvo, kraj, klastr, technologická platforma aj.) a forma jeho zpracování (strategie, akční plán, nařízení, vyhláška, směrnice, studie, analýza, position paper apod.).

Vzhledem k popsanému výběru prioritních strategických dokumentů vysokého významu bylo pro posuzování souladu výzkumných projektů zvoleno kritérium souladu každého konkrétního projektu se všemi těmito vybranými strategickými dokumenty.

Soulady projektů s vybranými prioritními strategickými dokumenty jsou popsány v kapitole 3 ve formě karet. V případech zjištěných nesouladů určitých projektů s některými strategickými dokumenty jsou v předmětné kapitole následně navrženy možné úpravy daných strategických dokumentů tak, aby bylo dosaženo vzájemných souladů.

3. Zpracování postupu k uplatnění navržených doporučení

V tomto posledním kroku jsou u vybraných prioritních strategických dokumentů navržených k úpravě zpracovány dva dílčí výstupy:

- Analýzy klíčových stakeholderů (nikoliv tedy všech) popisující stručně jednotlivé klíčové stakeholdery, kteří měli podstatný vliv na zpracování předmětného strategického dokumentu a zároveň také významně ovlivňují jeho implementaci
- Postupy navrhující konkrétní dílčí kroky, jakými opatřeními/řešeními/návrhy, potažmo také jakou argumentací motivovat jednotlivé klíčové stakeholdery k tomu, aby ve vybraných prioritních strategických dokumentech prosadili navržené změny.

Cílem těchto dvou na sebe navazujících výstupů je tedy navrhnout koordinovaným a systematickým způsobem konkrétní procedury k dosažení navrhovaných změn v předmětných strategických dokumentech.

Na konci tohoto dokumentu je zpracována kapitola 5 sumarizující všechna klíčová zjištění a navrhovaná opatření za účelem komplexní a systematické podpory dalšího konsolidovaného rozvoje výzkumné agendy VŠB-TUO, CEET, Národního centra kompetence NCE II, Centra pokročilých jaderných technologií CANUT II a Regionálního inovačního centra energetiky RICE při ZČU v Plzni.

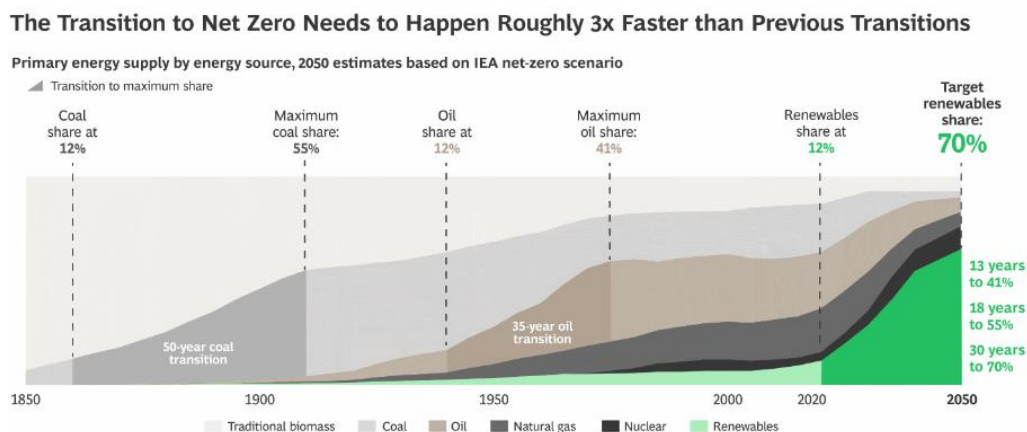
1 ANALÝZA TECHNOLOGICKÝCH TRENDŮ

Globální cíl a k němu vztažená východiska na cestě k nulovým emisím

Společnost v minulosti prošla několika energetickými přechody – současná energetická transformace je však bezprecedentní co do rozsahu i rychlosti, neboť klimatické cíle vyžadují nulové čisté emise do roku 2050. To v podstatě znamená úplné ukončení využívání fosilních paliv za méně než 30 let a nevyhnutelný rychlý nárůst výroby energie z obnovitelných zdrojů a pokročilých jaderných technologií. Rozšíření využívání uhlí jako zdroje energie trvalo zhruba pěti desetiletí, pozdější přechod od uhlí k ropě trval více než tři desetiletí. Abychom omezili globální oteplování na 1,5 °C nad předindustriální úroveň, musíme bezprecedentní rychlostí zvýšit podíl obnovitelných zdrojů, jaderné energie a další nízkouhlíkových řešení. Tyto zdroje energie musí dosáhnout maximálního dříve dosaženého podílu uhlí (55 %) a ropy (41 %) zhruba třikrát rychleji, než se tak stalo u těchto komodit. Do roku 2050 by obnovitelné zdroje a jaderná energie měly zajišťovat většinu primární energie – až 70 % podle scénáře IEA s čistými nulovými emisemi. Tento rychlý přechod se tak stává obrovskou výzvou a jeví se stále nepravděpodobnějším: současné energetické politiky vyspělých zemí by umožnily oteplení na +2,7 °C do roku 2100. A rychlost energetického přechodu k obnovitelným zdrojům a pokročilým jaderným technologiím v odvětvích, jako je průmyslová výroba a stavebnictví, je velmi nedostatečná.

Historie ukazuje, že pouhé zvýšení výrobní kapacity nestačí k usnadnění přechodu na novou energetiku. Uhlí vyžadovalo doly, kanály a železnice; ropa vyžadovala vrty, potrubí a rafinerie; elektřina vyžadovala generátory a složitou síť. Stejně tak úplný přechod na nízkouhlíkové zdroje vyžaduje rozsáhlé investice do přírodních zdrojů, infrastruktury, skladování energie v síti a vývoje pokročilých jaderných technologií, spolu se změnou našich spotřebních návyků.

Obrázek 1: Geneze energetických tranzicí



Zdroj: BCG analysis

Níže následuje přehled jednotlivých aplikačních oblastí s popisem všech klíčových technologií (s důrazem na jejich tržní projekci a technologickou připravenost), které by k naplnění výše popsaného scénáře IEA (Net Zero by 2050 – a roadmap for the global energy sector) k dosažení nulových emisí v roce 2050 měly přispět. Do jaké míry se tento scénář podaří naplnit, bude záviset na řadě vzájemně souvisejících faktorů, které jsou popsány rovněž v níže uvedených technologických segmentech.

Aplikační oblasti napříč oběma centry kompetence zahrnují:

- Konverzi energie (pokročilé jaderné technologie, alternativní paliva, zpracování odpadů, obnovitelné zdroje energie),
- Přenos energie,

- Akumulaci a užití energie,
- **Bezpečnost** (jaderná a infrastrukturní bezpečnost, senzory, diagnostika, fyzická a kybernetická bezpečnost)
- **Společnost a životní prostředí** (nakládání s odpady, decommissioning, environmentální dopady, společenská akceptace)

1.1 Konverze energie (alternativní paliva, využití odpadového hospodářství, obnovitelné zdroje, jaderné technologie)

Konverze energie představuje klíčový technologický uzel energetické transformace, v němž se propojují cíle dekarbonizace, energetické bezpečnosti, efektivního využívání zdrojů a dlouhodobé stability energetického systému. Tato kapitola se zaměřuje na analýzu technologických trendů v oblasti přeměny energie s důrazem na alternativní paliva, energetické využití odpadů, obnovitelné zdroje energie a jaderné technologie jako komplementární součásti budoucího energetického mixu.

Analytický přístup vychází z předpokladu, že žádná z uvedených technologických oblastí nemůže samostatně zajistit všechny požadované funkce moderní energetiky. Alternativní paliva a technologie využívající odpady přispívají ke snižování emisí a posilování oběhového hospodářství, obnovitelné zdroje zajišťují bezemisní výrobu energie s rostoucím podílem decentralizace, zatímco jaderné technologie představují stabilní nízkoemisní zdroj schopný vyrovnávat variabilitu výroby a podporovat systémovou spolehlivost.

Kapitola proto hodnotí jednotlivé technologie nejen izolovaně, ale především z hlediska jejich role v rámci integrovaných a hybridních energetických systémů, včetně vazeb na akumulaci energie, výrobu tepla a vodíku, infrastrukturu a digitální řízení. Zohledněna je rovněž úroveň technologické připravenosti (TRL), časový horizont jejich uplatnění a relevance k výzkumným aktivitám realizovaným v rámci projektů NCE II a CANUT II.

Cílem této kapitoly je vytvořit analytický základ pro pochopení současného stavu a budoucího vývoje technologií konverze energie a jejich vzájemných vazeb, který následně umožní systematické posouzení souladu výzkumných projektů s dlouhodobými strategickými dokumenty a identifikaci klíčových oblastí dalšího technologického rozvoje.

1.1.1 Alternativní paliva

Alternativní paliva představují jednu z klíčových technologických cest ke snižování emisí skleníkových plynů v sektorech, kde je přímá elektrifikace technicky nebo ekonomicky omezená. Tato kapitola se zaměřuje na analytické zhodnocení trendů v oblasti syntetických paliv, pokročilých biopaliv a vodíkových paliv, a to v kontextu jejich technologické připravenosti, aplikačního potenciálu a systémové role v energetickém a průmyslovém ekosystému.

Analýza vychází z předpokladu, že alternativní paliva nejsou univerzálním řešením, ale cíleným nástrojem pro dekarbonizaci specifických aplikačních segmentů, zejména těžké dopravy, letectví, námořní dopravy a energeticky náročného průmyslu. Důraz je proto kladen na posouzení celého hodnotového řetězce – od výroby primární energie, přes konverzní technologie a logistiku, až po konečné využití – včetně energetické účinnosti, emisní bilance a vazeb na infrastrukturu.

Kapitola dále hodnotí alternativní paliva v širším systémovém kontextu, zejména ve vazbě na rozvoj obnovitelných zdrojů energie, akumulace, jaderné energetiky a digitálního řízení energetických toků. Zohledněna je rovněž role alternativních paliv při zvyšování energetické bezpečnosti a flexibility systému, včetně jejich potenciálu pro sezónní akumulaci energie a diverzifikaci zdrojů.

Součástí analytického rámce je také posouzení relevance alternativních paliv pro výzkumné aktivity realizované v rámci projektů NCE II a CANUT II, a jejich vazeb na stávající strategické dokumenty a dlouhodobé cíle energetické transformace.

1.1.1.1 Syntetická paliva (CO₂ to X)

Vědci a petrochemický průmysl po desetiletí pracovali na hledání způsobů, jak přeměnit CO₂ v něco užitečného než ho jen ukládat do nadzemních či podzemních zásobníků. Nyní se některé produkty vznikající přeměnou CO₂ (produkty CO₂ to X) stávají komerčně životaschopnými.

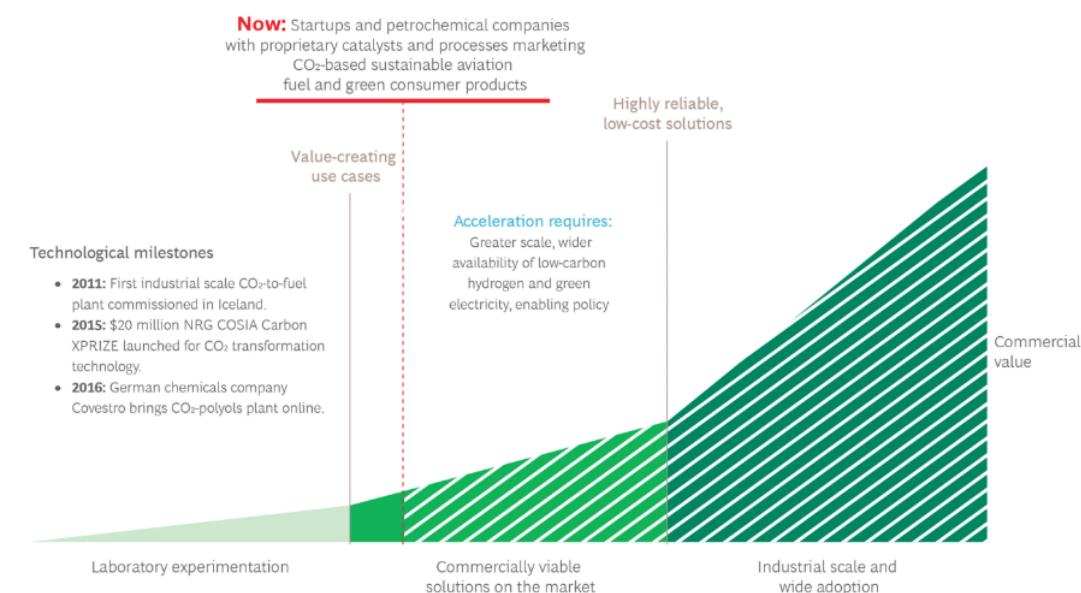
Zjednodušeně lze fungování této technologie popsat takto: Spalováním jakéhokoli uhlovodíku na bázi fosilních paliv vznikají CO₂, voda a energie jako konečné produkty. Nové technologie v podstatě tuto spalovací reakci obrací: na počátku je CO₂, voda a energie (ideálně obnovitelná) a na konci uhlovodíky. Alternativně může CO₂ reagovat s vodíkem (ideálně vyrobeným z vody a obnovitelných zdrojů elektrolýzou) za vzniku uhlovodíků. Chemická reakce těchto látek probíhá prostřednictvím materiálu v katalyzátoru, který přeměňuje CO₂ na uhlovodík. Konečným cílem je použití recyklovaného uhlíku k výrobě syntetického plynu nebo etylenu a propylenu, což jsou suroviny v téměř každé petrochemii, kterou dnes máme.

Právě na tuto technologii by se měla soustředit pozornost společností prodávajících zboží s vysokým obsahem uhlíku. Recyklace a zachycování uhlíku nestačí: na konci této dekády nebude mnoho zákazníků chtít mít nic společného s fosilními palivy a bude jim jedno, kolik uhlíku je sekvestrováno. CO₂ to X proto bude důležitou součástí dekarbonizačních strategií mnoha společností. I když již nyní budou schváleny nové investice založené na využití CO₂, může trvat pět až deset let, než budou zprovozněny v komerčně konkurenčním měřítku. Je tedy čas začít.

Následující obrázek schematicky popisuje genezi dosavadního, současného a dalšího předpokládaného vývoje syntetických paliv a jejich následné komercializace.

Obrázek 2: Geneze a další vývoj syntetických paliv

CO₂ to X: A Progress Report



Source: BCG analysis.

Note: Projections based on current investments.

Zdroj: BCG analysis

Své produkty na trhu má již několik startupů podporovaných prudkým nárůstem rizikového kapitálu v posledních pěti letech. Další podniky v rané fázi sledují potenciálně disruptivní přístupy k efektivnější přeměně CO₂ na vysoce hodnotné produkty. Německá společnost Enadyne například používá technologii netepelného plazmového procesu k přeměně CO₂ na zelené chemikálie. A startup HYCO1 se sídlem v USA využívá průlomů ve vědě o materiálech, jako je „nekoksovací“ katalyzátor, který je vysoce účinný při přeměně CO₂ a biometanu nebo skládkového plynu na zelené chemikálie, včetně leteckých paliv.

Obzvláště aktuální jsou alternativní letecká paliva. V září 2023 Evropská komise rozhodla, že minimálně 6 % paliva dodávaného na letištích v EU musí být vyrobeno z obnovitelných zdrojů. Tento ukazatel se v roce 2050 zvýší na 70 %, přičemž polovina tohoto obnovitelného paliva má být „power to liquid“ neboli PtL, vyrobená z CO₂, vody a obnovitelné energie. Mnoho současných předních společností pro transformaci CO₂, včetně LanzaTech, Twelve a Air Company, se proto nyní zaměřuje na paliva.

I když se o syntetických palivech hovoří v drtivé většině případů v souvislosti s dopravou (syntetický benzín, syntetická nafta, ethanol, methanol, aj.), jsou tato paliva velmi dobře využitelná také v jiných segmentech, konkrétně v teplárenství (kogenerační jednotky), těžkém strojírenství (pohony těžkých manipulačních zařízení v případech nedostatečných příkonů elektrické energie), chemickém průmyslu, a v dalších odvětvích.

1.1.1.2 Biopaliva

Bioplyn je směs metanu a CO₂, která vzniká anaerobní digestí biomasy. Může být dále zpracován na biometan nebo biometanol, které označujeme jako biopaliva. Zkapalněný biometan může přímo nahradit zkapalněný zemní plyn ve vhodných lodních motorech, zatímco biometanol je kapalina při pokojové teplotě, kterou lze zaměnit za e-metanol.

Biopaliva nabízejí jako nízkouhlíkové alternativy pro lodní průmysl několik výhod:

- **Zralost.** Výrobní proces těchto paliv je plně vyzrálý a dostatečné množství je již k dispozici. V současnosti se vyrábí 0,3 až 0,4 exajoulu (EJ) biometanu a používá se pro různé aplikace a nabídka by se mohla do roku 2030 potenciálně zvýšit na 2 až 5 EJ. Tyto objemy jsou výrazně větší než jiné zásoby nízkouhlíkových paliv a mohly by významně napomáhat uspokojování konečné poptávky po energii globálního lodního sektoru ve výši 13 EJ.
- **Dostupnost suroviny.** Ve srovnání s jinými biopalivy lze použít širokou škálu vstupních surovin. Anaerobní digestce je vhodnou metodou zpracování odpadu pro různé suroviny, jako jsou kukuřičné slupky, čistírenské kaly a každodenní odpadky. Poskytuje větší zásobu surovin (až 40 EJ ze samotného odpadu a zbytků) než jiná biopaliva, jako je bionafta, kterou lze vyrobit pouze z úzkého souboru olejů a tuků (odhadem pouhé 2 EJ).
- **Snížení emisí.** Paliva využívající bioplyn nabízejí ve srovnání s typickým topným olejem potenciál pro více než 100% snížení emisí po zažehnutí. Při výrobě bioplynu jsou totiž zachycovány a odváděny emise skleníkových plynů, které by vznikly přirozeným rozkladem organického materiálu. Materiály, které přirozeně uvolňují velké množství metanu během rozkladu, jako je zvířecí hnůj, nabízejí největší snížení emisí skleníkových plynů při použití pro bioplyn – za předpokladu úspěšného řízení fugitivních emisí.
- **Nížší toxicita.** Paliva využívající bioplyn jsou pro člověka a vodní organismy mnohem méně toxická než amoniak. Amoniak je toxický pro vodní organismy v koncentracích 0,07 mg/litr, díky čemuž je 1000krát smrtelnější než současný těžký topný olej, a vyvolává velké obavy z dopadu úniků na životní prostředí. Metan má podobnou toxicitu jako těžký topný olej pro ryby a metanol je mnohem bezpečnější. K dosažení stejné toxicity pro ryby jako únik těžkého topného oleje by bylo zapotřebí 200krát více metanolu.

- Dostupnost. A konečně, tato dvě paliva jsou nejdostupnější nízkouhlíková paliva. Zkapalněný biometan stojí dnes 17 až 31 USD za gigajoul (GJ) a biometanol z anaerobní digesce lze vyrobit za 25 až 45 USD za GJ. Pro srovnání se předpokládá, že výrobní náklady na e-čpavek do roku 2030 klesnou pouze na 30 až 55 USD za GJ, zatímco náklady na e-metanol se v roce 2030 odhadují na 40 až 60 USD za GJ. Tato dvě e-paliva závisí na širokém přijetí nízkouhlíkového vodíku v průběhu příštích 20 až 30 let.

Mnoho nízkouhlíkových paliv bude pravděpodobně hrát roli v úsilí o dekarbonizaci lodního průmyslu. Středisko Maersk Mc-Kinney Møller Center odhaduje, že odvětví dálkové námořní dopravy bude v roce 2050 používat čtyři různé hlavní typy paliv (vyráběné několika výrobními cestami) a bez ohledu na to, které nízkouhlíkové palivo se stane dominantním, na nejčastěji používané palivo nebude připadat více než 54 % z celkového objemu. Do té doby by bioplynová paliva mohla tvořit 19 až 37 % celkového mixu.

Obrázek 3: Faktory pro širší uplatnění biopaliv v lodní dopravě

Exhibit 1 - Four Challenges for Biogas-Pathway Shipping Fuels



Source: BCG analysis.

Zdroj: BCG analysis

Analogicky jako u paliv syntetických, i v případě biopaliv se nabízí kromě dopravy jejich využití také v jiných segmentech, konkrétně v teplárenství (kogenerační jednotky), chemickém průmyslu, zemědělství a v dalších odvětvích.

1.1.1.3 Vodík

Velké projekty s nízkouhlíkovým vodíkem jsou extrémně složité – v některých případech kombinují chemickou výrobu a obnovitelnou energii do jednoho projektu. Aby se takové projekty rozběhly, musí se sladit řada faktorů, včetně povolení dohod o odběru mezi výrobcí a kupujícími, výroby položek s dlouhými dodacími lhůtami (jako jsou elektrolyzéry), financí a exportní infrastruktury.

V rané fázi se vývojáři projektů zaměřují na celkové technické koncepty, obchodní případ a komerční základy. Pokročilá fáze vývoje a realizace, která zahrnuje detailní inženýring, nákup, konstrukci, uvedení do provozu, trvá dalších šest až osm let. Vzhledem k této časové ose je nepravděpodobné, že projekty, které se v současné době neposunuly do pokročilé vývojové fáze, přinesou na trh nízkouhlíkový vodík do roku 2030.

Bohužel, nárůst nabídky je tlumen třemi faktory.

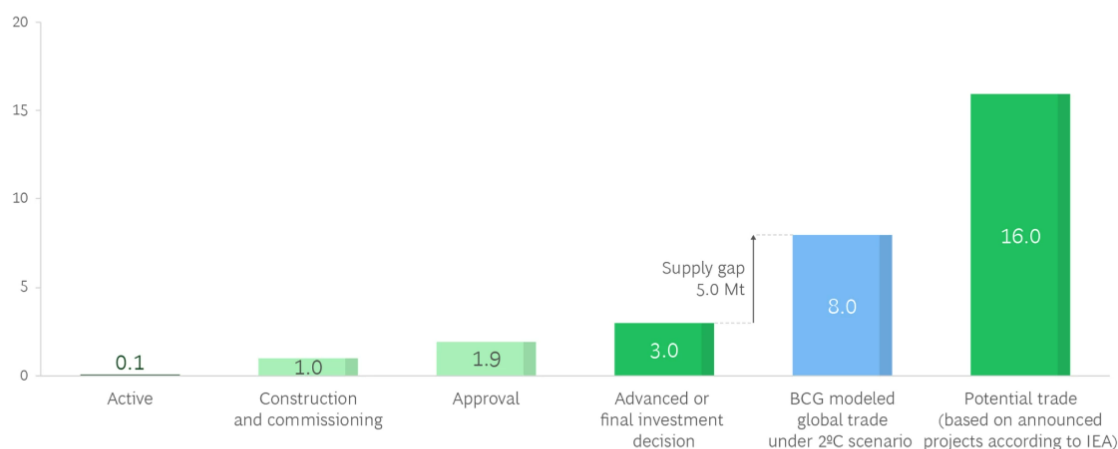
- Podepisuje se omezený počet smluv o odběru. Průzkum ukazuje, že oznámené dohody mezi kupujícími a prodávajícími, včetně memorand o porozumění, dopisů o záměru a společných podniků, pokrývají v roce 2030 celosvětově celkové objemy 11 Mtpa. Nicméně pokud jde o formální smlouvy o odběru – ujednání, na jejichž základě se kupující zavázali nastavit objemy – signály trhu jsou slabší. Dostupné informace ukazují méně než 2 Mtpa pokryté definitivně podepsanými dohodami o odběru.
- Náklady na energii, které jsou primárním hnacím motorem pro výrobu vodíku, zůstávají vysoké. Ceny kritických zařízení na trhu s obnovitelnými zdroji energie se za poslední rok nesnížily, nebo dokonce vzrostly, z velké části v důsledku inflace a narušení dodavatelských řetězců. Očekávalo se například, že ceny elektrolyzérů klesnou kvůli úsporám z rozsahu a procesním inovacím při jejich výrobě. Náklady se však držely na stabilní úrovni kolem 2 000 \$/kW a očekává se, že na této úrovni zůstanou minimálně do roku 2025.
- Přestože v některých regionech byly schváleny podpůrné politiky pro trh – například mechanismus uhlíkového vyrovnání na hranicích v EU a zákon o snižování inflace v USA – plný dopad těchto politik se projeví až za pět až deset let.

Průzkum odhaluje, že exportně orientované projekty s objemem pouhých 3 Mtpa se posunuly do pokročilého stádia nebo dosáhly konečného investičního rozhodnutí (FID – Final Investment Decision) v globálním měřítku, což je výrazně pod 8 Mtpa v objemech obchodu potřebných k udržení světa na cestě k omezení globálního oteplování na 2 °C. Rozdíl je ještě větší, když porovnáme tyto agregované součty a součty projektů FID s odhady objemu obchodu (na základě oznámených projektů) od Mezinárodní energetické agentury (IEA). Mezitím průmyslové skupiny předložily ještě ambicióznější projekce, které jsou dvojnásobné oproti původnímu odhadu IEA (viz obrázek) – celkem 350 investičních projektů s celkovou výrobní kapacitou 16 mil t vodíku ročně o investičních nákladech přibližně 150 mld USD. To má významné důsledky pro Evropu. Bude nemožné dosáhnout dovozního cíle 10 Mtpa a mimořádně obtížné dokonce dosáhnout 5 Mtpa.

Obrázek 4: Porovnání teoretické poptávky po nízkouhlíkovém vodíku s reálnými exportními dodávkami v roce 2030

Hydrogen Trade Shortfall Puts 2°C Warming Limit at Risk

Potential export-oriented projects (Mt H₂)



Sources: GlobalData on hydrogen project pipeline, accessed September 2023; IEA website, accessed September 2023; BCG H₂ deals and offtakers agreements database; BCG supply model; BCG analysis.

Note: IEA = International Energy Agency.

Zdroj: BCG analysis

Jako příklad potřebného rychlého nástupu vodíkových technologií uvedme elektrolyzéry, které jsou nezbytné pro výrobu nízkouhlíkového vodíku potřebného jako vstup při rafinaci, hnojivech, výrobě železa a oceli, jako suroviny pro palivové články a syntetická paliva potřebná k transformaci odvětví dopravy a jinde. Má-li tato technologie významně přispět ke splnění cílů Pařížské dohody, musí během příštích tří let dosáhnout masové industrializace – více než čtyřikrát rychleji, než je doba potřebná k uvedení solární energie na trh. A do roku 2030 musí rozšířit svou kapacitu výroby vodíku na množství 600krát větší, než je současná úroveň (viz následující obrázek). Pro srovnání, solární energii trvalo 19 let, než bylo dosaženo této úrovně zvýšené kapacity, a pobřežní větrné energii to trvalo více než 26 let.

Obrázek 5: Projekce potřebné rychlosti masové industrializace a instalace elektrolyzérů

Exhibit 3 - Electrolyzers Must Be Industrialized Far Faster Than Legacy Technologies Were



Sources: International Energy Agency (2021), Net Zero Emissions by 2050 Scenario; Breakthrough Energy Catalyst; BCG–BDI Climate Paths 2.0 study; industry expert views; BCG analysis.

Note: PEM = proton exchange membrane.

¹Time to scale production by a factor of 10 to reach maximum capacity.

²Time to scale capacity to deliver on the International Energy Agency's Net Zero Emissions by 2050 Scenario (installed base 2030 versus 2022).

Vodíkový ekosystém je sám o sobě poměrně složitým celkem. Pomineme-li skladování a distribuci vodíku, tak jeho výroba a následná inverzní konverze je založena na dvou klíčových technologiích – elektrolýze a palivových článcích.

Elektrolýza

V současné chvíli se hovoří nejčastěji celkem o třech typech elektrolyzérů. Jedná se o elektrolyzéry využívající alkalickou elektrolýzu, PEM elektrolýzu a vysokoteplotní elektrolýzu probíhající v palivových článcích s pevnými oxidy.

Nejlevnější a v současnosti nejvíce komerčně rozvinutou je technologie alkalické elektrolýzy. Z hlediska atraktivnosti a technických vlastností se pro výrobu zeleného vodíku z přebytků obnovitelných zdrojů energie v současnosti nejvíce hodí technologie PEM pro její rychlé možnosti spuštění a relativně nízkou provozní teplotu. Nevýhodou PEM elektrolyzérů je jejich vyšší cena, která je dána zejména využíváním dražších materiálů při výrobě, jakými je iridium a platina společně s vysokou cenou membrány.

Následující obrázek přináší přehledné srovnání jednotlivých výše popsaných technologií elektrolýzy s uvedením jejich klíčových výhod a nevýhod.

Obrázek 6: Přehled aktuálních technologií elektrolýzy

Three technologies dominate water electrolysis process, still with a lot of costs reduction potential for green hydrogen

	PEM	Alkaline	SOEC
Efficiency	65 - 84% ¹	62 - 84% ¹	65 - 95% ¹
Technological maturity	Medium - TRL 7-9 ¹	High - TRL 9 ¹	Low - TRL 6 ¹
Lifetime	30,000 - 90,000 hours ²	60,000 - 90,000 hours ²	Up to 12,000 hours ²
Costs (2020)	€750 - 1750/kW ⁴	€500 - 1500/kW ⁴	€2000 - 60000/kW ⁴
Cost outlook (2050)	€400 - 700/kW ³	€400 - 550/kW ³	€300 - 700/kW ³
Advantages	Low maintenance, fast response to fluctuating renewable energy, quick start-up	Highest production capacity out of these three, lower cost	Very high efficiency
Disadvantages	Low production output, expensive stack replacements	Low start-up time (but improving), more complex maintenance	Expensive, technology not sufficiently mature, complex high temperature operation
Key suppliers	NEL, ITM Power, Hydrogenics, Siemens, H-TEC systems	thyssenkrupp, Sunfire, NEL, McPhy	Sunfire, Haldor Topsoe, Elcogen, Convia
Conclusion	Highest market potential but currently limited production capacity, technology maturity medium	Alkaline most mature technology and highest production capacity	Promising technology potential but low technology readiness level and supplier base

Source: ¹ FFE (2021). Elektrolyse – Die Schlüsseltechnologie für Power-to-X, ² Elsevier (2017). Future cost and performance of water electrolysis: An expert elicitation study, ³ Deutsche Energie-Agentur (2020). Power to X: Technologien, ⁴ Deutsche Energie-Agentur. Power to X: Technologien

39

Zdroj: PWC Německo

Palivové články

Palivové články fungují na inverzním principu vůči elektrolyzérům čili umožňují zpětnou přeměnu vodíku na elektrickou energii – tato technologie se využívá zejména u osobních vozů s vodíkovými palivovými články, díky nimž je elektřina vyráběna „přímo na palubě“ těchto vozů z vodíku uskladněného v tlakových nádržích. Tyto vozy tak nejsou závislé na rozdíl od čistě elektrických vozů na vnější nabíjecí síti a nabízejí reálný dojezd srovnatelný s klasickými osobními vozy s benzinovým či dieselovým spalovacím motorem, a to při stejné době plnění.

Existují následující typy palivových článků:

- Membránový palivový článek (PEMFC = Proton Exchange Membrane Fuel Cell)**
 Elektrolyt v palivovém článku PEM je tvořen plastovou membránou, která propouští pouze protony. Palivový článek PEM není složitý, protože si vystačí s kyslíkem obsaženým ve vzduchu. Nevyžaduje žádné složité filtrační a čisticí procesy. Palivový článek PEM lze použít ve stacionárních i mobilních aplikacích. Díky nízké teplotě systému lze tento palivový článek provozovat velmi flexibilně a často jej zapínat a vypínat.
 Pro výrobu elektřiny z vodíku je však vhodný pouze tento jeden výše uvedený, neboť následující typy palivových článků spalují buď metanol anebo zemní plyn.
- Přímý metanolový palivový článek (DMFC)**
 DMFC je dalším vývojem PEM. Namísto vodíku využívá metanol. Vzhledem k tomu, že metanol lze skladovat a přepravovat podobně jako benzin, je vhodný jak pro použití ve vozidlech, tak i v přenosných zdrojích energie a jako náhrada baterií.
- Palivový článek na bázi pevných oxidů (SOFC)**
 Palivový článek na bázi pevných oxidů je vyroben výhradně z pevných látek. Jako elektrolyt se používá keramika. Palivový článek na bázi SO lze provozovat na zemní plyn bez složité úpravy plynu. Charakteristické pro SOFC jsou dlouhé zahřívací fáze a také delší doba provozu, protože kvůli vysoké teplotě snesou během své životnosti pouze několik cyklů start-stop. Proto je SOFC vhodný pro aplikace, které umožňují téměř nepřetržitý provoz.

- **Palivový článek na bázi kyseliny fosforečné (PAFC)**

PAFC je palivový článek vyvinutý pro velké kogenerační jednotky a energetické podniky. Palivový plyn potřebný pro provoz se získává ze zemního plynu. Kyslík pochází přímo ze vzduchu.

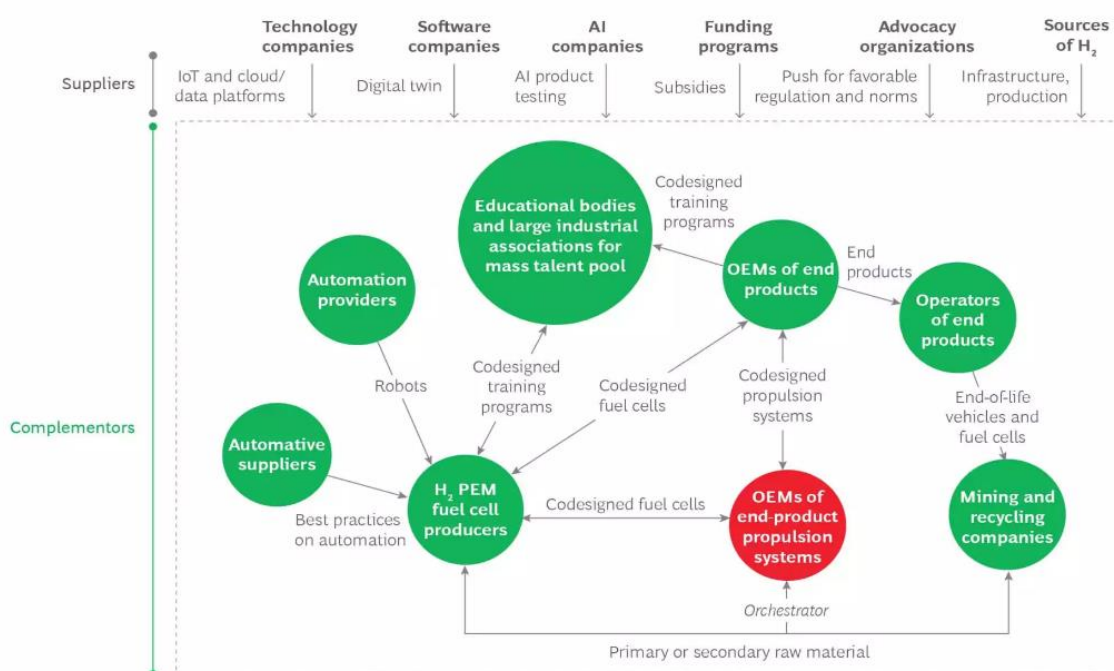
- **Palivový článek s roztavenými uhlíčitany (MCFC)**

Uhlíčitanový palivový článek dosahuje teploty 650 °C a umožňuje optimální využití odpadního tepla. MCFC je provozován přímo se zemním plynem a atmosférickým kyslíkem. Používá se především ve velkých elektrárnách energetických společností.

Následující obrázek ilustruje veškerý ekosystém nutný pro vývoj, výrobu a provozování vodíkových palivových článků.

Obrázek 7: Ekosystém vodíkových palivových článků

Exhibit 6 - A Blueprint for a Hydrogen Fuel Cell Ecosystem, from Product Development to Go-to-Market



Zdroj: BCG analysis

Rozšíření možností využívání vodíku

Vodík by mohl hrát významnou roli při dekarbonizaci jako nosič čisté energie nebo složka paliva s mnoha aplikacemi. Díky spalování s nulovým obsahem uhlíku (zelený vodík) se vodík dobře hodí k řešení 30 procent emisí skleníkových plynů – napříč odvětvími tak různorodými, jako je letectví a lodní doprava, průmysl, budovy a silniční doprava, jejichž emise by bylo těžké snížit samotnou elektřinou. Vodík by nakonec mohl uspokojit 15 až 20 procent poptávky po energii.

Nízkonákladová výroba. Pokud by se vodík mohl vyrábět za méně než 2 dolary za kilogram v Evropské unii nebo 1 dolar za kilogram v některých částech Spojených států do roku 2030, hlavní konečné využití by se stalo ekonomicky životaschopným. Odhady naznačují, že náklady na elektrolyzéry by mohly během příštího desetiletí klesnout o 60 až 80 procent.

Palivo pro silniční dopravu. Elektrická vozidla s vodíkovými palivovými články (FCEV) jsou vhodná pro dálkovou nebo těžkou silniční dopravu díky poměrně dlouhému reálnému dojezdu a krátké době plnění. Aby byly FCEV široce přijaty, musely by být levnější a musely by být vybudovány plnicí stanice.

Výroba amoniaku. Toto je jedno z nejslibnějších krátkodobých využití nízkouhlíkového vodíku. Zelený čpavek vyrobený ze zeleného vodíku by měl být prvním produktem, který bude odpovídat nákladům na konvenční výrobu čpavku. Vodík se také poměrně snadno integruje do výroby čpavku, takže je zapotřebí méně podpůrné infrastruktury. A čpavek lze použít jako palivo nebo jako „vektor“ pro přepravu vodíku.

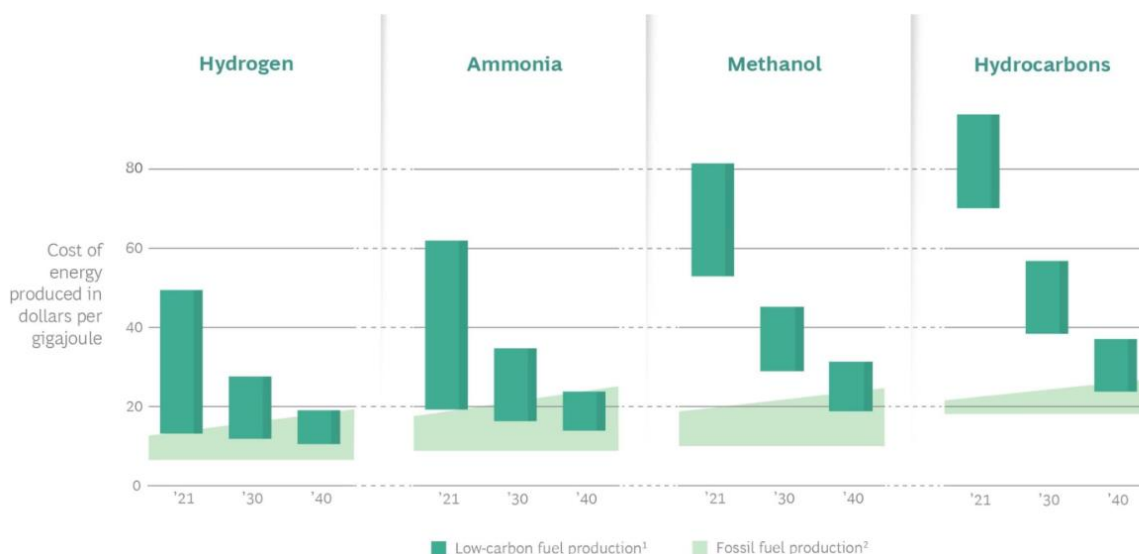
Výroba oceli. Ocelářský sektor je jedním z největších průmyslových producentů emisí, produkuje asi 7 až 9 procent celosvětových emisí. Konvenční způsob výroby ve vysoké peci emituje přibližně 1,8 tuny uhlíku na tunu oceli. Ale použití zeleného vodíku k pohonu přímé redukce železa jako suroviny pro elektrické obloukové pece (které by mohly být také poháněny obnovitelnými zdroji) je jednou z cest k oceli s nulovým obsahem uhlíku. Velcí výrobci oceli v Evropě nyní zkoušejí výrobu oceli s aplikací vodíku.

Letecké palivo. Vzhledem k tomu, že se cestovní ruch zotavuje z pandemie COVID-19, očekává se, že letecká doprava bude produkovat 3 procenta globálních emisí uhlíku. Tyto emise bude těžké snižovat, dokud letadla nebudou létat na jiná paliva, než je tryskové palivo na bázi ropy. Nejlepší krátkodobou alternativou mohou být podle koalice Clean Skies for Tomorrow Coalition udržitelná letecká paliva vyrobená z obnovitelných surovin, jako je zemědělská biomasa. Během příští dekády by vodík mohl poskytovat elektrickou energii pro menší letadla vybavená palivovými články. Nakonec by se vodík mohl používat pro spalování ve větších letadlech nebo i v autech se spalovacími motory.

Z výše uvedeného obsahu této podkapitoly zaměřené na alternativní paliva vyplývá, že díky dalšímu technologickému vývoji těchto paliv, postupné komercializaci technologií pro jejich výrobu, větší míře jejich masového využívání (avšak včetně potřeby vybudování dostatečně dimenzované infrastruktury) a souvisejícím politicko-ekonomickým opatřením se budou výrobní náklady a cena těchto alternativních paliv přibližovat do roku 2040 ceně paliv fosilních. Projekci postupného přibližování výrobních nákladů a tím i prodejních cen nastiňuje následující graf.

Obrázek 8: Předpokládaný vývoj nákladů na výrobu fosilních a alternativních paliv do roku 2040

As Fossil Fuel Costs Rise, Low-Carbon Fuels Will Become More Competitive



Zdroj: BCG analysis

Současná legislativa EU v oblasti výroby vodíku

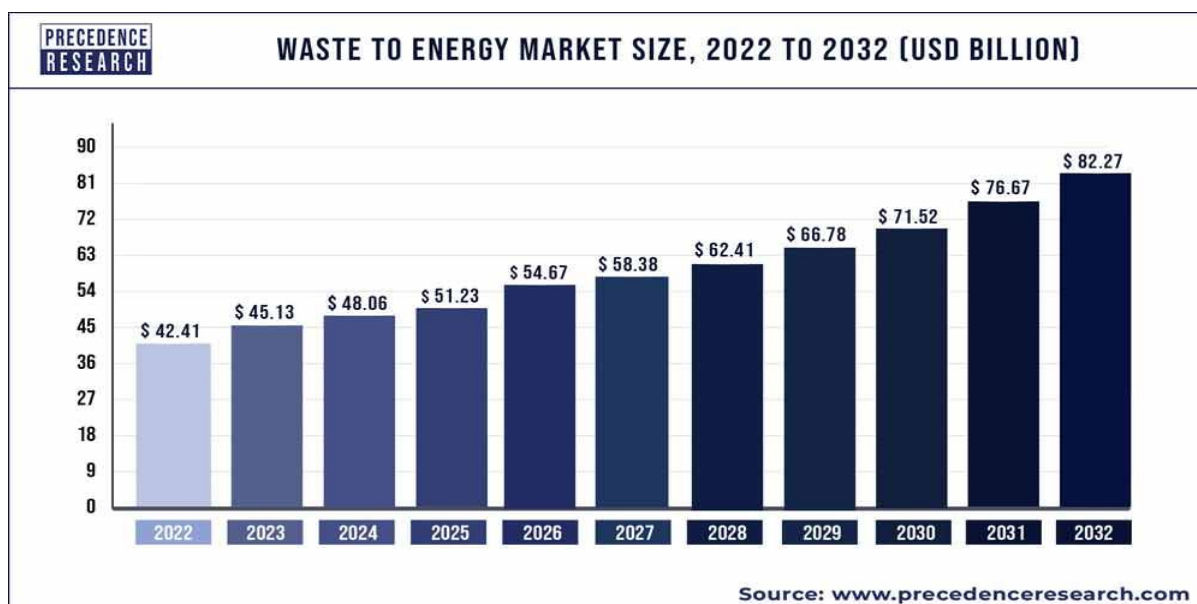
Momentální evropská právní úprava v oblasti výroby vodíku je definována dvěma delegovanými právními akty - NAŘÍZENÍM KOMISE V PŘENESENÉ PRÁVOMOCI (EU) 2023/1184 A NAŘÍZENÍM KOMISE V PŘENESENÉ PRÁVOMOCI (EU) 2023/1185. Z těchto právních norem vyplývá definice tzv. zeleného RFNBO vodíku, který je možné vyrábět pouze ze zelené elektřiny, čili ze sluneční, větrné, vodní či geotermální energie. Tato právní norma nepřipouští pro výrobu zeleného RFNBO vodíku energii vyrobenou z biomasy, jádra, odpadů, a jiných zdrojů. Vodík vyrobený z těchto zdrojů je považován za tzv. špinavý vodík, který, je-li očištěn o emise CO₂ eq. např. pomocí CCS technologií, může být pokládán za tzv. nízkouhlíkový vodík. Kromě tohoto kritéria je ve druhém výše zmiňovaném právním předpisu stanoven max. možný limit obsahu emisí CO₂ eq. v zeleném RFNBO vodíku - jedná se o max. 94 g CO₂ eq. / MJ.

Výše uvedené vymezení pravidel pro výrobu zeleného vodíku není úplně šťastně definováno ve vztahu k možnostem výroby zeleného vodíku v ČR ve vztahu k jejímu stávajícímu energetickému mixu i jejím přírodním podmínkám jako takovým. Vyvstává zde však otázka, zda tzv. nízkouhlíkový vodík vyrobený z nezeleňých zdrojů, který bude dostatečně očištěn o emise CO₂ eq. pomocí CCS technologií a vejde se výsledným obsahem emisí CO₂ eq. do výše uvedeného limitu, může být považován za zelený RFNBO vodík či nikoliv. To z výše uvedených stávajících právních předpisů není zřejmé. Lze však očekávat v dohledné době vyjasnění této záležitosti, jelikož jako delegovaný akt vzniknou i pravidla pro výrobu nízkouhlíkového vodíku zakotvená ve směrnici plynárenského balíčku, a to nejpozději do srpna 2025.

1.1.2 Zpracování odpadů

Velikost globálního trhu s odpady využitelnými pro energetické účely (waste to energy market) dosáhla v roce 2022 42,41 miliardy USD a předpokládá se, že do roku 2032 překročí přibližně 82,27 miliardy USD. Během prognózovaného období od roku 2023 do roku 2032 se očekává zvýšení CAGR o 6,9 % (7,4 miliardy USD v roce 2022).

Obrázek 9: Velikost trhu „odpad na energii“ v letech 2022 až 2032 (mld. USD)



Zdroj: Precedence Research

Klíčovými hráči na trhu energetického využívání odpadů jsou Hitachi Zosen, Wheelabrator, Keppel Seghers, Covanta, Tenologies, Foster Wheeler, Mitsubishi Heavy Industries, Xcel Energy, Veolia Environment, China Everbright International, Plasco Energy a Green Conversion Systems.

Evropa vede na celosvětovém trhu energetického využívání odpadů, v roce 2022 získala podíl na trhu kolem 41 %. Přísná vládní nařízení týkající se emisí uhlíku, ochrany životního prostředí a likvidace odpadu hrají významnou roli v růstu evropského trhu energetického využívání odpadů. Zavedení přísné uhlíkové daně, daně ze skládkování a přímých dotací a pobídek pro energetické závody na zpracování odpadu má na růst tohoto trhu významný vliv.

Severní Amerika měla v roce 2022 druhou největší pozici na celosvětovém trhu energetického využívání odpadů. Očekává se, že rostoucí vládní iniciativy a posílení využití čistých zdrojů výroby energie budou růst trhu umocňovat. Dle predikcí bude Asie a Tichomoří během let 2022–2032 v daném sektoru nejperspektivnějším trhem. Rychlá industrializace a rychlá urbanizace má za následek vznik obrovského objemu domácího a průmyslového odpadu. Rostoucí počet domácností a průmyslových jednotek v regionu navíc zvyšuje poptávku po energii v celém asijsko-pacifickém regionu. Očekává se, že vládní výdaje na program nakládání s pevným komunálním odpadem spolu s rostoucí popularitou zařízení na zpracování odpadu do energetických závodů v několika ekonomikách, jako je Indie, Thajsko, Singapur a Indonésie, budou mít vliv na růst trhu.

1.1.2.1 Termochemická konverze

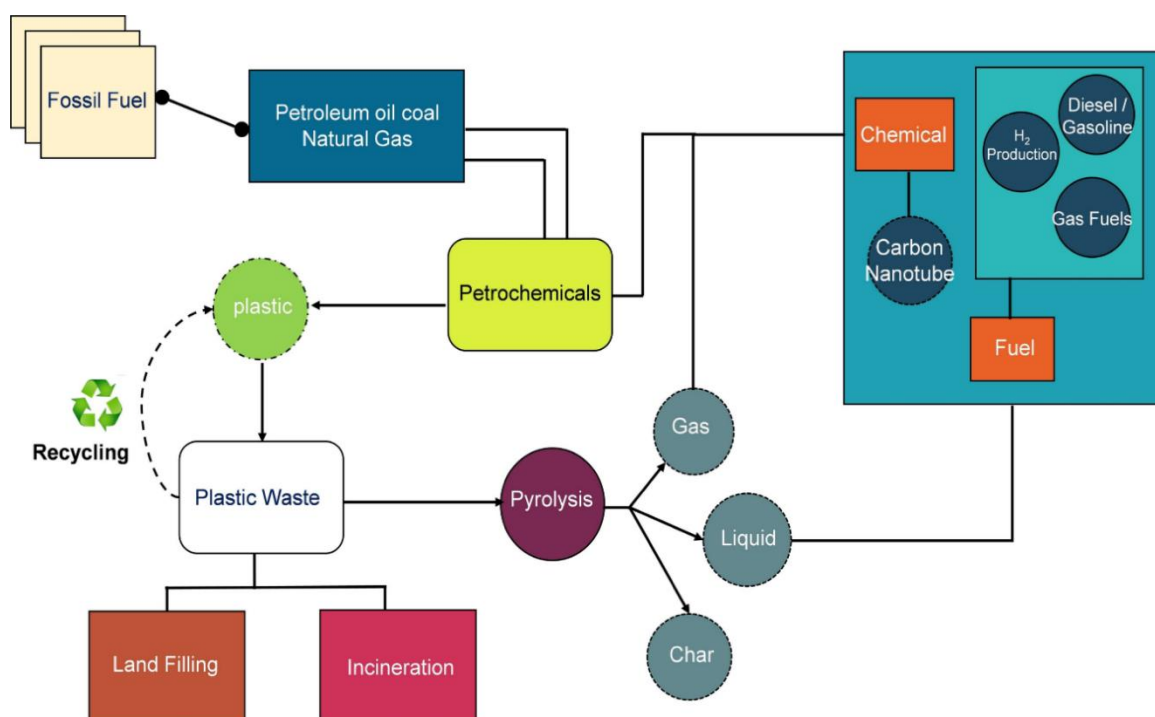
Termochemická konverze zahrnuje dvě klíčové, navzájem velmi podobné technologie – termolýzu a pyrolýzu. Termolýza v oblasti zpracovávání odpadních látek spočívá v zahřívání biomasy nebo zbytků odpadu na teploty typicky mezi 300 a 700 °C v nepřítomnosti kyslíku. Termolýza nad 600 °C se zpravidla označuje jako pyrolýza. Během pyrolýzy vznikají tři různé produkty: bioolej (kondenzovatelná kapalná frakce), pyrolýzní plyn (nekondenzovatelné plyny) a biouhel (pevná frakce). Termolýza a pyrolýza si v posledních letech získaly pozornost díky potenciálu vyrábět vysoce hodnotné produkty, od půdních doplňků a dřevěného uhlí až po biooleje a obnovitelný zemní plyn.

Termolýzu lze použít ke zpracování široké škály odpadních materiálů, včetně biomasy, tuhého komunálního odpadu, čistírenských kalů, plastového odpadu a odpadních kuchyňských olejů, což z ní

činí všestrannou technologii nakládání s odpady přispívající k oběhovému hospodářství. Všudypřítomná spotřeba plastů spojená s jejich dlouhou životností a obrovskými objemy používání způsobuje ekologické problémy. Pro řízení těchto likvidací se praktikují různé strategie, jako je recyklace, skládkování a spalování. Bohužel tyto strategie nestačí k účinnému nakládání s plastovým odpadem bez uvolňování toxických chemikálií. Technologie termolýzy je proto považována za jednu z nejlepších metod, která je udržitelná a může být ekonomicky rentabilní ve velkém měřítku, řeší ekologické obavy týkající se minimalizace odpadu, sekvestrace uhlíku, úpravy půdy, dodávek energie/tepla a produktů s přidanou hodnotou.

Díky termolýze je oběhové hospodářství pro podniky dostupnější než kdykoli předtím. Namísto toho, aby podnik musel získávat suroviny výhradně z externích zdrojů, může místo toho zapojit své vlastní odpadní produkty zpět do dodavatelského řetězce. Tím se opět současně snižuje poškozování životního prostředí i provozní režie. V oblasti termolytické konverze již existuje mnoho zavedených jmen. Mezi nejslibnější patří kanadská firma Emergent Waste Solutions, Landfill Solutions se sídlem v Madridu ve Španělsku nebo řecká společnost Thermolysis.

Obrázek 10: Schématický náčrt možností zpracování plastových odpadů pomocí pyrolýzy



Zdroj: ChemistryOpen

Zvláštní kategorií v oboru termochemické konverze je tzv. **plazmové zplyňování (plazmová termolýza)**, což je proces, při kterém se mění organická látka v syntetický plyn, jehož hlavními složkami jsou vodík a oxid uhelnatý. Pracuje na principu vysokoteplotní pyrolýzy. Při několika tisících stupních Celsia se za nedostatku vzduchu rozkládá organická látka na základní jednoduché molekuly. Plazmový hořák vytvářející elektrický oblouk je používán k ionizaci plynů a funguje zde jako katalyzátor. Vedlejší produkt tohoto procesu je struska. Hlavní využití tento proces nalézá při zpracovávání odpadů.

Na elektrody plazmového hořáku je přiveden elektrický proud pod vysokým elektrickým napětím, čímž mezi nimi vzniká elektrický oblouk. Látka, ze které je vyrobená elektroda, se často liší – používanými látkami jsou měď, wolfram, hafnium nebo zirkonium. Do oblouku se většinou vpouští inertní plyn (např. argon), ale v případě většího plazmového hořáku se používá plynný dusík. Stlačený inertní

plyn je ionizován přechodem přes plazmu vytvořenou elektrickým obloukem. Teplota plazmového hořáku se pohybuje mezi 2200 °C až 13900 °C.

Plazmové zplyňování se používá k likvidaci odpadu. Nebezpečný odpad může být zlikvidován bez negativního dopadu na životní prostředí, čímž představuje ekologickou alternativu pro skladování nebezpečných odpadů na skládkách. Proces za sebou nezanechává žádné toxické látky, pouze strusku, která může být následně využita jako stavební materiál. Syntetický plyn může být využitý jako palivo pro tvorbu elektrické a termální energie.

1.1.2.2 Recyklace

Trendy v recyklačních technologiích:

Poptávka po energii a druhotných surovinách nutí recyklační společnosti zvyšovat účinnost recyklace. Platforma StartUs Insights Discovery Platform na základě analýzy vzorku 1862 globálních startupů a scaleupů nastínila 8 hlavních trendů v recyklačních technologiích pro rok 2024:

1. Internet odpadů

Nakládání s odpady a recyklace s podporou IoT výrazně snižují neefektivitu v logistice odpadu, a to od senzorů stavu naplnění až po chytré koše a senzory pro hodnocení kvality materiálu. Například sledování úrovně naplnění v kontejnerech na odpadky umožňuje sběrným zařízením zajistit včasné vyzvednutí. To umožňuje recyklátorům přejít od pravidelných pracovních postupů k plánům úkolů založených na produkci odpadu.

2. Chemická recyklace

Cíle udržitelného rozvoje (SDG) a preference zákazníků jsou hnací silou poptávky po druhotných surovinách. To je důvod, proč průmysl přijímá metody recyklace chemického odpadu. Závody na chemickou recyklaci využívají pyrolýzu, zplyňování a solvolýzu mimo jiné k regeneraci materiálů bez snížení jejich kvality.

Na rozdíl od konvenčních metod vede chemická recyklace k meziproduktům a petrochemickým alternativám vhodným pro aplikace s vysokou hodnotou. Výsledkem je, že druhotné materiály na bázi chemické recyklace nahrazují primární suroviny z výrobního dodavatelského řetězce a snižují emise uhlíku. To zase rozšiřuje trh s druhotnými surovinami.

3. Recyklační roboti

Zatímco řešení chemické recyklace nabízejí lepší účinnost přeměny, mechanická recyklace je nejziskovějším prostředkem k opětovnému využití materiálů. Kontaminace odpadů a nedostatek pracovních sil však ovlivňují operace mechanické recyklace. Aby se s tím vypořádaly, vyvíjejí startupy recyklační roboty, které automatizují a rozšiřují třídící linky o klasifikační a třídící systémy poháněné umělou inteligencí.

Kromě toho takové roboty zvyšují rychlost vychystávání, minimalizují chyby a zlepšují efektivitu vychystávání. Výsledkem je, že zařízení na využití materiálů snižují své provozní náklady, optimalizují kontrolu kvality toku odpadu a zvyšují přehled o tocích odpadů.

4. Zhodnocování odpadů

Společnosti zabývající se obnovou odpadu využívají biologické a chemické prostředky k upcyclaci svých odpadních toků. Na rozdíl od konvenční recyklace řešení zhodnocování odpadu obnovují materiály bez ztráty kvality nebo znovu využívají odpad na nové produkty. To vytváří větší hodnotu než původní suroviny nebo produkty.

Startupy vyvíjejí nové recyklační technologie pro přeměnu pevného a organického odpadu na energii a další chemikálie. Některé startupy například nabízejí anaerobní fermentory, které využívají bakterie ke zpracování organického odpadu a výrobě bioplynu. Taková řešení umožňují recyklačním firmám odklonit odpad ze skládek a vytvářet vyšší příjmy.

Rostoucí poptávka po čisté energii navíc vyvolává vysoký zájem o řešení přeměny odpadů na energii. Například technologie přeměny plastů na palivo řeší plastový odpad a zvyšují dodávky energie.

5. Umělá inteligence

Umělá inteligence umožňuje zařízením na recyklaci plastů automatizovat analýzu materiálů, třídění a přípravu. Zvyšuje také bezpečnost pracovníků tím, že snižuje expozici člověka nebezpečným tokům odpadu. K integraci umělé inteligence do pracovních postupů využívají startupy mimo jiné strojové učení a počítačové vidění k zachycení jedinečných vlastností v tocích směsného odpadu a zlepšení kontroly kvality.

Tato technologie také umožňuje recyklačním společnostem optimalizovat trasy sběru odpadu a harmonogramy svozu v logistice odpadu. To jim zase umožňuje zlepšit recyklační výkon a získat z odpadu větší hodnotu.

6. Nakládání se zeleným odpadem

Plýtvání potravinami přispívá k **přibližně 8 % antropogenních emisí skleníkových plynů**. Odklon od skládek umožňuje recyklačním společnostem snížit emise a zároveň získat vysoce hodnotné materiály. Start-upy v oblasti nakládání se zeleným odpadem proto vyvíjejí řešení pro upcyclaci organického odpadu na stabilizované organické sloučeniny, oxid uhličitý a metan.

Patří sem kompostovací zařízení, která přeměňují zelený odpad na biopalivo nebo hnojiva. Kromě toho rostoucí pronikání biopolymerů na trh umožňuje nový trh s materiály získanými z odpadu z biomasy.

7. Prodloužení životního cyklu materiálů

Recyklační technologie hrají významnou roli při prodlužování životního cyklu materiálů. Recyklační a chemické recyklační techniky v uzavřené smyčce mají velký vliv na prodloužení životního cyklu materiálu. Mezi několik výzev při dosahování nekonečné recyklovatelnosti však patří kvalita odpadu a použité metody recyklace. Například recyklace kovů a skla bez snížení jejich kvality je ve srovnání s recyklací plastů relativně snazší.

K překonání těchto výzev vyvíjejí startupy pokročilá recyklační řešení založená mimo jiné na depolymerizaci, chemickém zpracování a mechanické recyklaci. Umožňují recyklačním firmám vyrábět vysoce kvalitní druhotné materiály a nekonečně prodlužovat životnost materiálů, čímž snižují závislost na primárních surovinách.

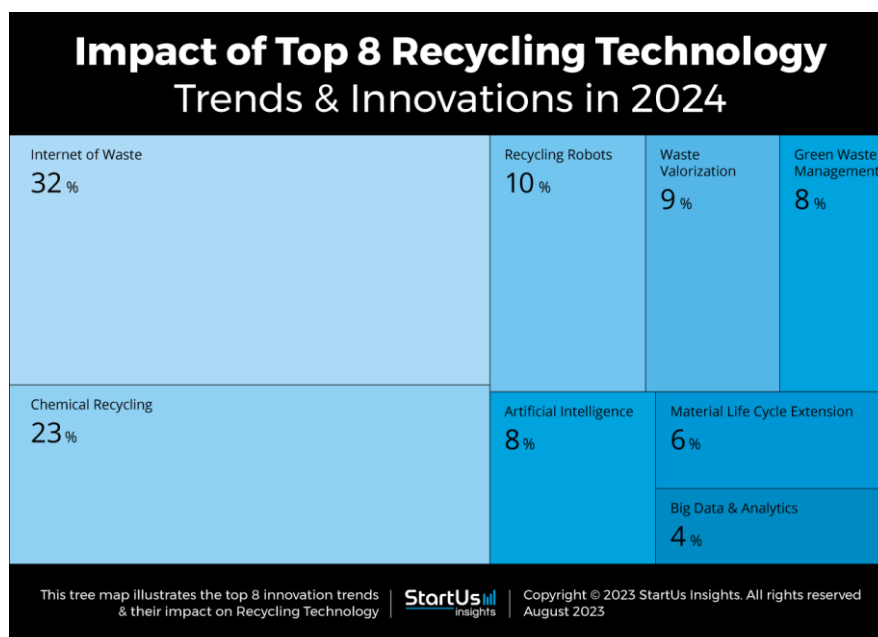
8. Big Data a analytika

Recyklační průmysl využívá datové sady generované propojeným ekosystémem nakládání s odpady prostřednictvím velkých dat a pokročilých analýz. Umožňují recyklačním společnostem identifikovat neefektivitu procesů a usnadňují řízení toků. Big data a analytika navíc umožňují pokročilé techniky zpracování dat, jako je strojové učení a hluboké učení pro automatizaci procesů.

Digitalizace pracovních postupů založená na analytice také podporuje transparentnost operací a rozhodování. Některé startupy například vyvíjejí řešení, která předpovídají trendy produkce odpadu a identifikují komunity nebo podniky, které produkují více odpadu, což umožňuje cílené služby.

Odpadové laboratoře pomáhají optimalizovat logistiku odpadů.

Obrázek 11: Dopad 8 klíčových trendů a inovací v oblasti recyklačních technologií v roce 2024



Zdroj: StartUS Insights

Recyklace plastů

Podle nedávné studie JRC bylo v evropském zpracovatelském průmyslu v roce 2019 spotřebováno přibližně 4,5 megatuny recyklovaných plastů, přičemž průměrná míra recyklace odpadu se rovnala přibližně 17 %. Studie stanovila analýzu materiálových toků pro celý hodnotový řetězec plastů v EU pro rok 2019, od výroby pelet až po nakládání s odpady, včetně odhazování odpadků a špatného nakládání s odpady.

Autoři také připravili zjednodušené scénáře pro hodnotový řetězec plastů v roce 2025 v souladu s očekávanými trendy politiky EU. Mezi těmito scénáři je nejvyššího dopadu dosaženo zvýšením tříděného sběru plastového odpadu, a to o 30 % z obalů a o 25 % z automobilového průmyslu a elektroniky a elektrozařízení. Tento scénář vede k odhadované spotřebě recyklovaných plastů ve výši 6,47 megatun do roku 2025, což je 45% nárůst ve srovnání s rokem 2019.

Když se zkombinuje více akcí (jako je snížení vývozu odpadu a zvýšený separovaný sběr, za předpokladu, že 69 až 93 % separovaného sebraného odpadu se vytřídí k recyklaci a 60 až 85 % vytříděného odpadu se recykluje), spotřeba recyklovaných plastů by mohla splnit cíl schválený Circular Plastic Alliance (CPA). 336 signatářů aliance slíbilo, že do roku 2025 rozšíří trh EU a Spojeného království s recyklovanými plasty až na 10 milionů tun.

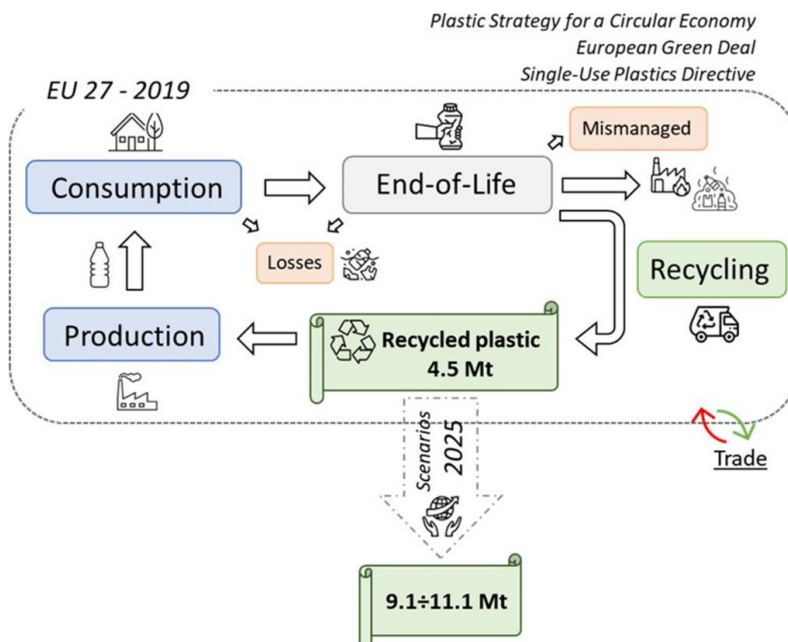
Odděleně se sbírá pouze 38 % celkového spotřebitelského odpadu. Model studie zahrnuje detaily pro devět sektorů (včetně obalů, stavebnictví, dopravy, zemědělství a elektroniky) a 10 polymerů (včetně LD/HD-PE, PET, PP, PVC, PS). Analýza také poskytuje pohled na méně prozkoumaná odvětví, jako je rybolov a zdravotnictví.

Výsledky zdůrazňují významnou úlohu obalů v EU, protože plastové obaly představovaly přibližně 40 % plastů vyrobených v EU.

V roce 2019 bylo odděleně shromážděno pouze 38 % celkového spotřebitelského odpadu ve výši 28,8 megatun, přičemž s významným podílem ve výši 13 % bylo nesprávně nakládáno. Nejvyšší množství plastů, s nimiž bylo špatně nakládáno, bylo pozorováno v odvětví dopravy a elektroniky.

K většině celkových ztrát mikroplastů a makroplastů ve všech odvětvích v celém hodnotovém řetězci (2,11 megatun nebo 4 % celkové produkce plastů) došlo během fáze používání (39 %).

Obrázek 12: Fáze ekosystému recyklace plastů včetně odhadu navýšení recyklovaného plastu



Zdroj: Evropská komise

Recyklace EV baterií

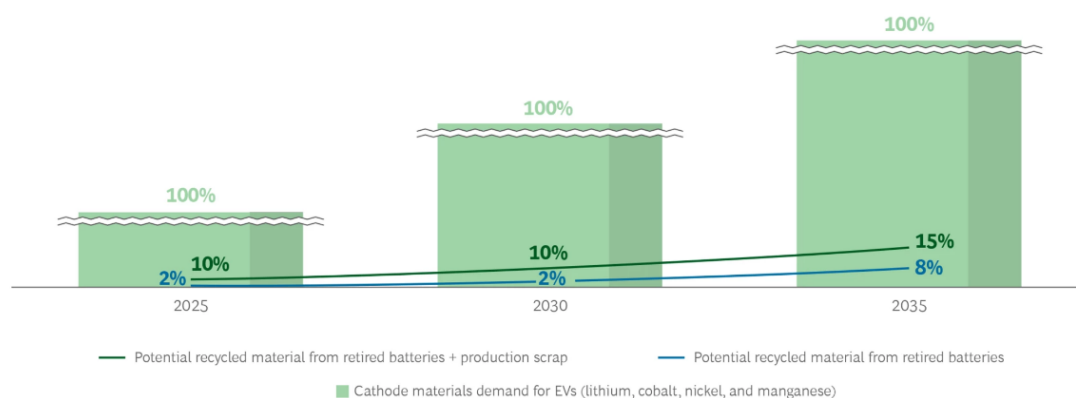
Globálně se kapacita recyklace baterií EV rozšiřuje. Nezávislé recyklační firmy začínají investovat do svých vlastních závodů na recyklaci Li-Ion baterií. Jen za poslední dva roky oznámilo více než 20 společností z automobilového a recyklačního sektoru plány na nová partnerství. Celkovou kapacitu recyklace baterií EV je obtížné posoudit. Nejlepším možným odhadem je, že Čína má nyní kapacitu na recyklaci více než půl milionu metrických tun ročně. Spojené státy a Evropa mají každý roční kapacitu přibližně 200 000 metrických tun, přičemž EU by chtěla toto číslo do roku 2025 zdvojnásobit.

Vzhledem k tomu, že v současné době na silnicích jezdí jen málo elektrických vozidel a téměř všechny jsou relativně nové, není recyklace baterií EV momentálně tak nezbytná, jako tomu bude v příštím desetiletí. Očekává se, že poptávka po katodových materiálech se mezi lety 2025 a 2030 více než zdvojnásobí kvůli prudkému nárůstu prodeje EV, zatímco baterie se obecně nevyřazují dříve než po 10 letech používání. Většina materiálu dostupného pro recyklaci tak bude až do roku 2035 tvořit výrobní šrot. Podíl dostupného sekundárního materiálu v porovnání s celkovou poptávkou po katodovém materiálu bude po celé desetiletí nízký (asi 16 % do roku 2035 – viz následující obrázek). Po roce 2035 značné objemy spotřebitelského odpadu (z vysloužilých baterií EV) předstihnou výrobní odpad jako nejdůležitější zdroj druhotného materiálu.

Obrázek 13: Projekce nárůstu poptávky po katodovém materiálu vůči podílu recyklovaných materiálů z vyřazených EV vozidel a výrobního odpadu

Exhibit 1 - Recycled EV Material Supply Is Projected to Increase in the Mid-2030s

Global cathode material demand for xEV and recycled material supply, 2025–2035 in million tons



Source: BCG analysis, BCG EV battery recycling model.

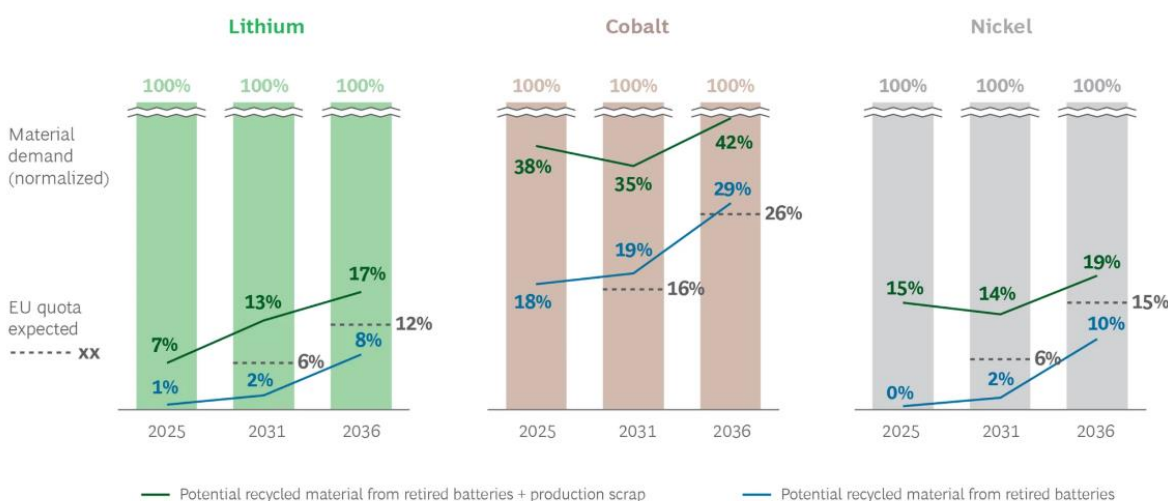
Zdroj: BCG analysis

Obrázek 14: Porovnání recyklačních kvót EU s jednotlivými kategoriemi recyklačních materiálů a poptávkou po katodových materiálech

Exhibit 2 - EU Recycled Content Quotas Will Likely Only Be Reached if Post-Industry Scrap Is Included

European cathode material demand for xEV and recycled material supply, 2020–2035 in ktons

Considering Europe as a self-contained system (excluding trade/intercontinental outflows)



Source: Regulation of the EU Parliament and of the EU Council concerning batteries and waste batteries (2023/1542), BCG EV battery recycling model.

Zdroj: BCG analysis

Hodnotový řetězec recyklace baterií EV s ukončenou životností lze rozdělit do čtyř kroků: (1) sběr baterií, logistika a třídění; (2) vybití a demontáž baterie; (3) předúprava zahrnující drčení baterií a

hromadné zpracování; a (4) obnova materiálů baterií chemickými procesy. Poslední krok, který zahrnuje rafinaci a případné smíchání s primárními materiály za účelem dodání atraktivních objemů obsahu baterie, je rozhodující pro uzavření celého recyklačního ekosystému. Zahrnuje jak pyrometalurgii (tepelný proces extrakce a čištění), tak hydrometalurgii (využívá k extrakci a čištění vodní chemii) – nebo pouze hydrometalurgii. Pyrometalurgie je robustnější technologie, ale využívá méně recyklovaných materiálů, což vede k jiné ekonomické rentabilitě.

Celkově je potenciál zisku nejvyšší ve fázi obnovy materiálů baterií, a to kvůli možnému zvýšení ceny těchto recyklovaných materiálů při prodeji výrobcům baterií a také vyšším maržím vyplývajícím z velkého rozsahu (viz následující obrázek). Nicméně tato fáze má také nejstrmější vstupní bariéry kvůli vysokým požadavkům na kapitálové výdaje a odborným znalostem nezbytným pro specializaci na tuto práci. Naproti tomu činnosti dříve v hodnotovém řetězci mají menší maržový potenciál, ale také mají nižší riziko cen komodit a vyžadují méně dovedností.

Obrázek 15: Přehled míry ziskovosti u jednotlivých kroků recyklace EV baterií

Exhibit 3 - Downstream EV Battery Recycling Activities in Europe Are Forecast to Have Largest Profit Pools in 2030



Zdroj: BCG analysis

Činnosti v hodnotovém řetězci s nízkými technologickými nároky (např. drcení) již čelí nadměrné kapacitě částečně kvůli nedostatku šrotu k recyklaci. To snižuje marže a není to příliš atraktivní pro ambiciózní hráče, kteří se zaměří spíše na konec hodnotového řetězce. Tradičním hráčům v oblasti recyklace se proto doporučuje, aby soutěžili o část celkového zisku z obnovy materiálů, a ne pouze o přední část.

Evropský akt o kritických surovinách

Výše popsané trendy v technologiích recyklace EV baterií úzce souvisí s nedávno přijatým **Evropským aktem o kritických surovinách v dubnu 2024**. Je základem pro budování kapacit EU a posilování odolnosti jejích dodavatelských řetězců kritických surovin - jedná se zejména o galium, bor, wolfram a lithium. Zahrnuje opatření zaměřená na:

- posílení domácích dodavatelských řetězců

- posílení mezinárodního zapojení do rozvoje vzájemně výhodných partnerství se třetími zeměmi

Hlavní pilíře aktu

Cílem evropského aktu o kritických surovinách je posílit kapacity EU v oblasti kritických surovin ve všech fázích hodnotového řetězce. Akt usiluje o zvýšení odolnosti EU tím, že se omezí závislosti, zlepší připravenost a podpoří udržitelnost a oběhovost dodavatelského řetězce. Pro dosažení tohoto cíle bylo stanoveno pět pilířů.

1. Stanovení jasných priorit pro činnost

Akt stanoví seznam strategických surovin kritických pro technologie zelené a digitální transformace, jakož i pro obranu a kosmický průmysl. Stanoví referenční hodnoty pro domácí kapacity v celém strategickém dodavatelském řetězci surovin, kterých se má dosáhnout do roku 2030: **10 %** roční potřeb EU na těžbu, **40 %** u zpracování a **25 %** u recyklace. Z jedné třetí země by nemělo pocházet více než **65 %** roční potřeb EU týkající se každé strategické suroviny v jakékoli relevantní fázi zpracování.

2. Budování evropských kapacit

EU musí posílit svůj hodnotový řetězec surovin, od těžby přes rafinaci až po zpracování a recyklaci. To bude vyžadovat rozvoj vnitrostátního průzkumu, racionalizovanější a předvídatelnější přístup k povolovacím postupům, jakož i lepší přístup k financování.

3. Zvýšení odolnosti

Tento pilíř se zaměřuje na lepší schopnost EU odolávat narušením dodavatelského řetězce. Za tímto účelem by se měly zvýšit monitorovací kapacity prostřednictvím zátěžových testů, měla by se zajistit koordinace úsilí o vytváření strategických zásob a měly by se podporovat udržitelné investice a obchod.

4. Investice do výzkumu, inovací a dovedností

EU posílí zavádění a využívání průlomových technologií v oblasti kritických surovin. Vytvoření rozsáhlého partnerství v oblasti dovedností souvisejících s kritickými surovinami a Akademie pro suroviny podpoří dovednosti relevantní pro pracovní sílu v dodavatelských řetězcích kritických surovin.

5. Podpora udržitelnějšího a oběhovějšího hospodářství s kritickými surovinami

Je třeba podporovat recyklaci surovin a umožnit silný sekundární trh. Toho bude dosaženo podporou zpětného získávání kritických surovin ze zařízení pro nakládání s těžebním odpadem a intenzivnějším úsilím o zmírnění nepříznivých dopadů, pokud jde o pracovní práva, lidská práva a ochranu životního prostředí. Uznávání certifikačních systémů s cílem zvýšit udržitelnost kritických surovin uváděných na trh EU.

Důvod pro přijetí Evropského aktu o kritických surovinách s jeho výše popsány pilíři je nasnadě - EU je silně závislá na dovozu kritických surovin ze třetích zemí. V důsledku této závislosti a v důsledku rostoucí celosvětové poptávky danou přechodem na digitální a zelenou ekonomiku narostla zranitelnost dodavatelských řetězců. Lze konstatovat, že:

- 63 % světových zásob kobaltu používaného v bateriích se těží v Demokratické republice Kongo,
- 97 % dodávek hořčíku do EU pochází z Číny,
- 100 % vzácných zemin používaných pro permanentní magnety je rafinováno v Číně,
- 98 % dodávek boritanu do EU zajišťuje Turecko.

Popsané technologie recyklace EV baterií tak umožní výrazně snížit závislost EU na dovozu kritických surovin potřebných pro jejich výrobu jako je lithium, kobalt, mangan, další vzácné kovy obsažené ve vzácných zeminách (používají se také pro výrobu permanentních magnetů do elektromotorů, které však již postupně nahrazuje tzv. EESM technologie), ad. To naznačuje vysokou perspektivu těchto technologií jak globálně, tak zejména v evropském rozměru vzhledem k výše popsané silné závislosti na dovozu daných surovin z třetích zemí.

Politika druhotných surovin ČR

Výše popsané technologické trendy v oblasti nakládání odpady, ať už jde o technologie v oblasti termochemické konverze či recyklační technologie jsou v souladu také s aktualizovanou Politikou druhotných surovin ČR, konkrétně s cílem 1. Zvyšovat soběstačnost České republiky v surovinových zdrojích nahrazováním primárních zdrojů druhotnými surovinami, cílem 2. Podporovat inovace a rozvoj oběhového hospodářství v rámci podnikání a cílem 3. Podporovat využívání druhotných surovin jako nástroje pro snižování materiálové i energetické náročnosti průmyslové výroby.

Strategický rámec Cirkulární Česko 2040

Trendy naznačující vývoj technologií v oblasti termochemické konverze odpadů a rovněž jejich recyklace také odpovídají strategickým cílům Strategického rámce Cirkulární Česko 2040, konkrétně cílům ii. Snížení produkce odpadů a lepší nakládání s odpady, iii. Posílení konkurenceschopnosti, v. Zvýšení surovinové bezpečnosti, zvýšení efektivnosti nakládání s přírodními zdroji a zvyšování podílu obnovitelných zdrojů, vi. Zlepšení technologické vyspělosti a inovací, vii. Podpora inovativních forem spotřeby a x. Rozšiřování oběhového hospodářství na regionální a komunální úrovni.

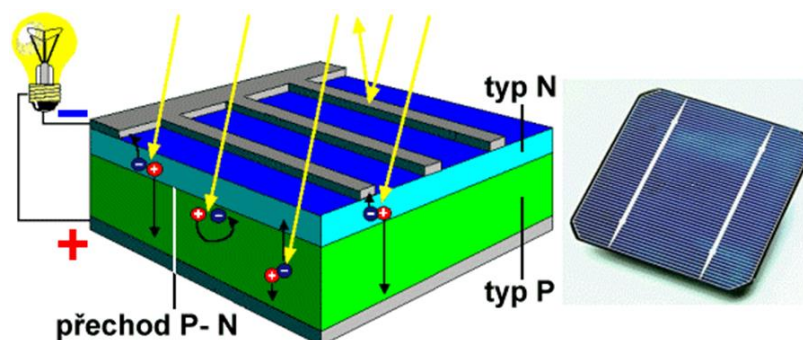
Co se týče prioritních oblastí tohoto dokumentu, tyto trendy průřezově postihují prioritní oblasti Produkty a design, Průmysl, suroviny, stavebnictví a energetika, Spotřeba a spotřebitelé, Odpadové hospodářství, Výzkum, vývoj a inovace, Cirkulární města a infrastrukturu.

1.1.3 Obnovitelné zdroje energie

1.1.3.1 Fotovoltaická energie

Fotovoltaické elektrárny využívají k přeměně slunečního záření na elektřinu fotovoltaický jev. Fotovoltaický panel, který se nejčastěji vyrábí z křemíku, se skládá z jednotlivých fotovoltaických článků, jejichž základem je polovodičová dioda. Ta obsahuje dvě vrstvy příměsových polovodičů – polovodiče typu P – anoda a polovodiče typu N – katoda. Na rozhraní polovodičů se nachází P-N přechod, který ideálně propouští proud pouze jedním směrem. Dopadem fotonů slunečního záření na fotočlánek vzniká vnitřní fotoelektrický jev, při němž jsou z krystalové mřížky obou vrstev uvolňovány elektrony, které se hromadí ve vrstvě N, mezi oběma vrstvami pak vzniká elektrické napětí. Navýšení elektrického napětí umožňuje sériové zapojení jednotlivých článků, paralelními kombinacemi lze poté dosáhnout vyššího proudu.

Obrázek 16: Schéma fotovoltaického panelu

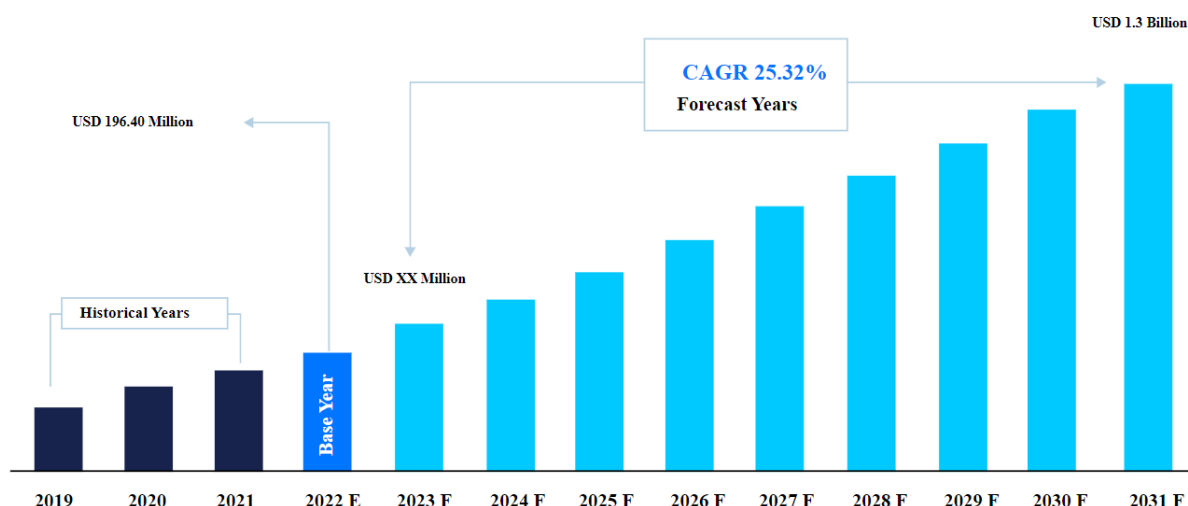


Zdroj: OENERGETICE.cz

Hlavní výhodou fotovoltaických elektráren je využívání slunečního záření jako obnovitelného zdroje, díky čemuž je výroba elektřiny zcela bez emisí a škodlivých látek. Provozní výhody pak spočívají v tom, že výroba slunečních elektráren neprodukuje žádný zvuk, nevyžadují prakticky žádnou obsluhu a mají relativně vysokou provozní spolehlivost. Oproti některým klasickým zdrojům je výhodou také doba výstavby. Mezi nevýhody lze zařadit vysoké investiční náklady, relativně nízká účinnost, která se pohybuje okolo 20 %. Za hlavní nevýhodu je možné označit nestabilní výrobu, kdy jsou fotovoltaické elektrárny závislé na aktuální slunečnosti.

Celosvětová velikost trhu se solární fotovoltaikou (FV) byla v roce 2021 oceněna na 196,40 milionu USD. Do roku 2030 se očekává růst na 1,3 miliardy USD, pro období 2022-2030 je pak predikovaná hodnota CAGR ve výši 25,32 %. Faktory, jako jsou příznivé vládní politiky a připravované projekty a rostoucí zavádění alternativních čistých zdrojů energie, významně podporují poptávku na trhu se solární fotovoltaikou. Vlády po celém světě zavedly v reakci na rostoucí emise oxidu uhličitého řadu předpisů pro rozvoj obnovitelných zdrojů energie. Tyto politiky významně urychlily růst podnikání v oblasti solární energie v celosvětovém měřítku. Evropský trh s fotovoltaickými elektrárnami pro domácnosti se nadále stabilně rozšiřuje, přičemž vedoucí postavení na trhu zaujímá samospotřeba v Německu a dále Nizozemsko a Polsko.

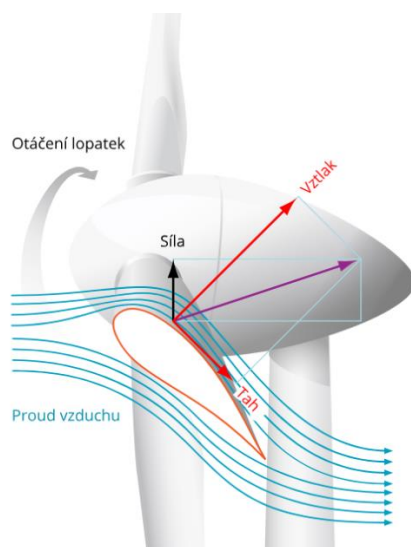
Obrázek 17: Predikce trhu s fotovoltaickou energií



1.1.3.2 Větrná energie

Větrné turbíny fungují na principu převádění síly proudícího vzduchu působící na listy rotoru na rotační mechanickou energii. Ta je prostřednictvím generátoru převedena na energii elektrickou. V dnešní době jsou nejvíce využívaným typem vztakové turbíny, které využívají aerodynamické vztakové síly. Tyto síly vznikají díky speciálně tvarovanému profilu lopatek, podobně jako na křídlech letadla. Další běžné dělení větrných elektráren je podle samotné konstrukce. Turbíny jsou navrženy buď s horizontální, nebo s vertikální osou otáčení. Horizontální turbíny jsou z důvodu vyšší účinnosti dnes více používaným typem. Účinnost větrné elektrárny dosahuje maximálně 59,3 %, nejlepší v praxi dosahovaná účinnost je nicméně okolo 45 %.

Obrázek 18: Schéma lopatky větrné turbíny

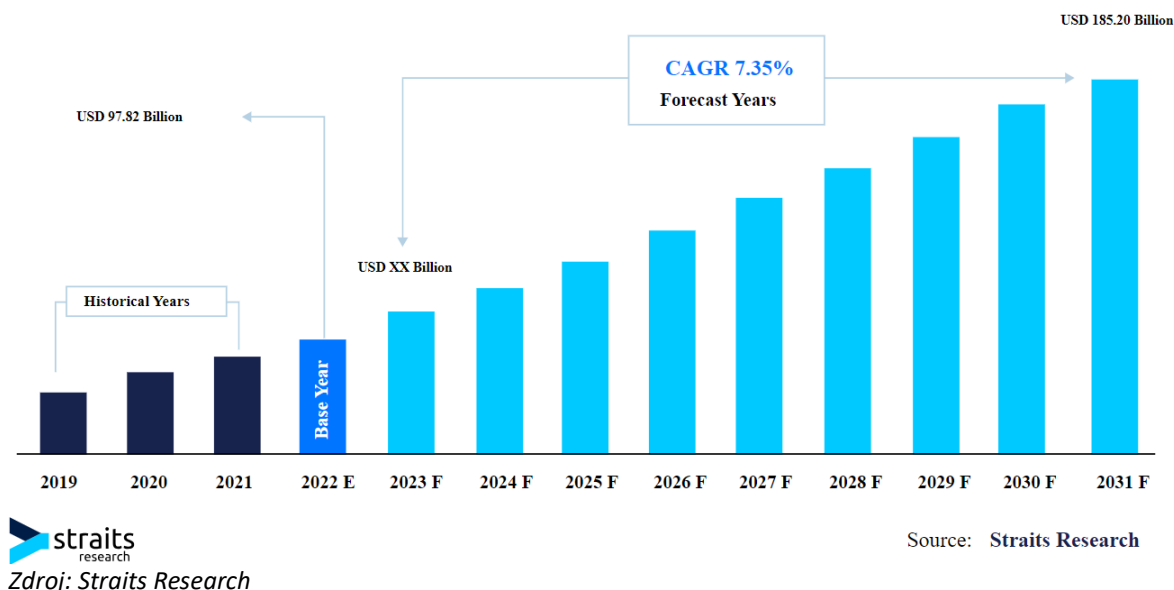


Zdroj: Svět energie

Základní výhodou větrných elektráren je samotný vítr v podobě obnovitelného, ekologického, bezplatného a nevyčerpatelného zdroje energie. Při provozu tohoto typu elektráren nedochází k vypouštění skleníkových plynů ani dalších škodlivých látek do ovzduší. Naopak mezi hlavní nevýhody větrných elektráren patří, kromě zmiňovaného hluku a zásahu do vzhledu krajiny, závislost momentálního výkonu na aktuální síle a směru větru. Větrné elektrárny dobře doplňují elektrárny solární, a to z toho důvodu, že když svítí slunce, bývá často bezvětří a naopak.

Celosvětový trh s větrnou energií měl v roce 2021 hodnotu 97,82 miliardy USD a předpokládá se, že do roku 2030 dosáhne hodnoty 185,20 miliardy USD, přičemž během prognózovaného období (2022–2030) zaznamená 7,35 % CAGR. Rostoucí vládní investice do odvětví obnovitelných zdrojů energie jsou jedním z hlavních faktorů, které podporují expanzi globálního odvětví. Kromě toho řada nadnárodních korporací snižuje své emise uhlíku, aby podpořila ekologičtější planetu a udržitelnost. Vzhledem k faktorům, jako je potřeba snížit emise uhlíku, vyčerpání fosilních paliv, kontrola změny klimatu atd. se zvyšuje využívání obnovitelné a zelené energie. V důsledku přísných vládních předpisů v oblasti životního prostředí se očekává přechod na technologie obnovitelné energie z konvenčních zdrojů energie, což by mělo podpořit růst trhu.

Obrázek 19: Predikce trhu s větrnou energií



Tuzemské větrné elektrárny mohou v roce 2040 reálně pokrýt 31 % dnešní spotřeby elektřiny v Česku, a to po zohlednění všech omezení a praktických těžkostí spojených s jejich realizací. Vyplývá to ze studie připravené Ústavem fyziky atmosféry Akademie věd ČR pro ČSVE a Komoru OZE. Podmínky pro větrné elektrárny jsou v České republice velmi podobné jako jsou v jižní polovině Německa, kde jsou větrné elektrárny hojně využívány. Aktuálně pokrývají větrné elektrárny okolo 1 % spotřeby elektřiny v ČR.

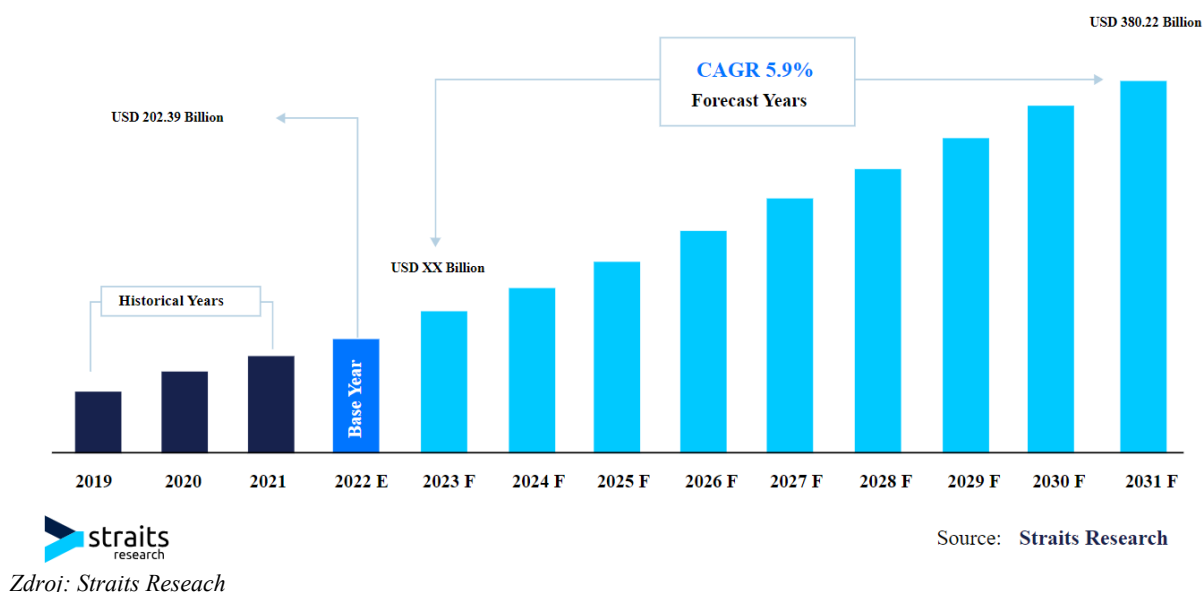
Vláda deklarovala zájem na posílení role větrných elektráren v budoucím českém energetickém mixu s cílem zpětinásobit do roku 2030 celkový instalovaný výkon větrných turbín v Česku až na 1 500 MW. ČSVE společně s Komorou OZE očekávají, za předpokladu dokončení legislativních prací na zjednodušení a zkrácení procesu povolování, dosažení celkového výkonu 2000 MW.

1.1.3.3 Vodní energie

Vodní energie je forma výroby energie z obnovitelných zdrojů, která vyrábí elektřinu využitím proudění vody v řekách a vody uložené za přehradami. Výstavba přehrad je běžnou součástí velkých hydroenergetických projektů. Potenciální energie ve vodní nádrži za vodní přehradou se přeměňuje na mechanickou energii, známou také jako kinetická energie. Kinetická energie vody vypouštěné z přehrady se přeměňuje na mechanickou energii pomocí turbíny. Mechanická energie vyrobená turbínou se přenáší do generátoru, kde se přeměňuje na elektrickou energii.

Velikost globálního trhu s výrobou vodní energie byla v roce 2021 oceněna na 202,39 miliardy USD, přičemž se očekává, že do roku 2030 dosáhne hodnoty 380,22 mld. USD a během prognózovaného období (2022–2030) poroste tempem 5,9 %. Předpokládá se, že regulační rámec podporující udržitelnou energetiku ve Spojených státech a Evropské unii pozitivně ovlivní poptávku na trhu. Zavádění podpůrných vládních předpisů, jako je zákon o regulační účinnosti vodních elektráren a zákon o rozvoji malých vodních elektráren a pracovních příležitostech na venkově ve Spojených státech, a také rostoucí počet programů financování odvětví obnovitelné energie ve vyspělých zemích, jako je Itálie a Kanada, jsou některé z faktorů, u nichž se předpokládá, že budou představovat budoucí příležitosti k růstu.

Obrázek 20: Predikce trhu s vodní energií



1.1.3.4 Geotermální energie

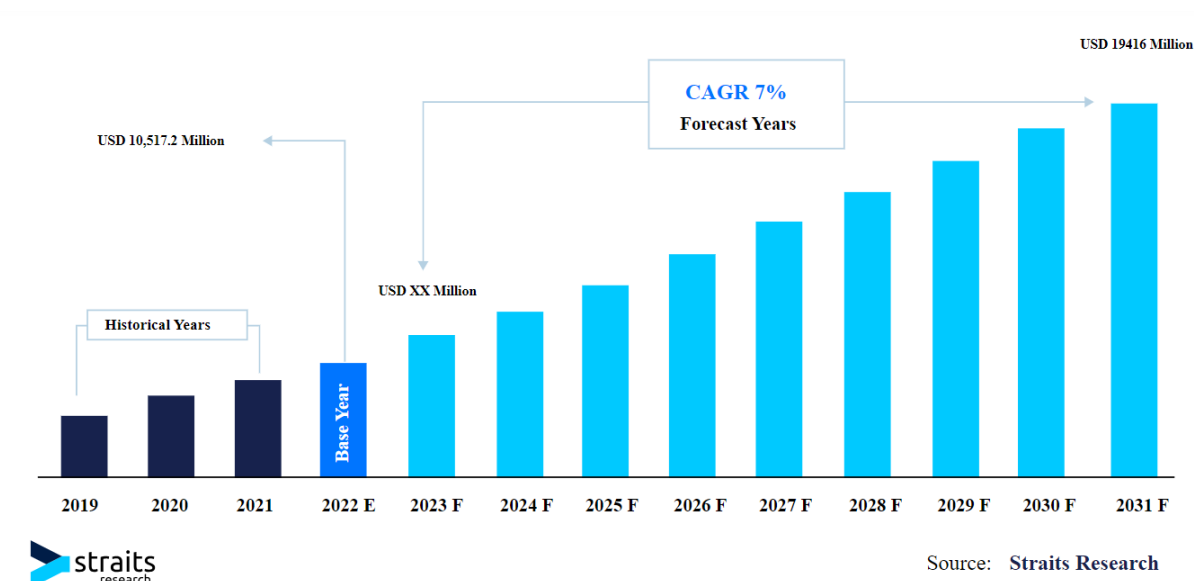
Geotermální elektrárny využívají teplo pocházející z hlubin Země k výrobě elektrické energie. Pracují na principu přeměny vnitřní energie páry na mechanickou a pak elektrickou energii turbogenerátoru, prostřednictvím parního cyklu. Při dostatečně zavodněném geotermálním poli se typ a zařízení elektrárny odvíjí od výstupních parametrů vody nebo páry z vrtu. Při absenci vody v poli musí být teplonosná látka uměle doplňována. Podle parametrů a způsobu získávání páry se geotermální elektrárny dělí na elektrárny se suchou párou, elektrárny s mokrou párou a elektrárny s binárním cyklem.

Tento způsob výroby elektřiny představuje šetrný zdroj energie s minimálním dopadem na životní prostředí, který neprodukuje škodlivé emise. Geotermální zdroje jsou navíc stabilní, lze je využívat i k vytápění a mohou být oproti jiným obnovitelným zdrojům energie využívány celý rok. Nevýhodou představuje fakt, že geotermální elektrárny mohou být využity pouze v určitých oblastech s dostatečně vysokou geotermální aktivitou. Mezi další nevýhody patří vysoká počáteční investice a náklady na výstavbu a náročný proces schvalování a plánování.

Velikost globálního trhu s geotermálními tepelnými čerpadly byla v roce 2021 oceněna na 10 517,2 milionu USD a očekává se, že do roku 2030 dosáhne hodnoty 19 416 milionů USD, přičemž v průběhu prognózovaného období (2022–2030) dojde k 7% růstu. V průmyslovém a bytovém sektoru se očekává, že vládní omezení a emisní požadavky podníčí výběr energeticky úsporných zařízení. Tepelné čerpadlo spotřebuje 1 KW energie a vyrobí 4 KW tepelného výkonu, což odpovídá 300% účinnosti. Podle IEA tepelná čerpadla snižují spotřebu oxidu uhličitého (CO₂), což vede k ročnímu snížení emisí oxidu uhličitého v Evropské unii o 9,17 milionu tun. V předpokládaném období bude trh s geotermálními tepelnými čerpadly pravděpodobně poháněn rostoucí poptávkou po energeticky účinných řešeních a rostoucí uhlíkovou stopou na celém světě.

V ČR je potenciál pro geotermální elektrárny vyšší zejména v Krušnohoří a v západních Čechách (v oblasti západočeského lázeňského trojúhelníku ovšem budoucí možnosti využívání geotermální energie limituje ochrana minerálních vod). Další významnou lokalitou je Liberecko, okolí Semil a Broumova, Jesenicko, ale zdroje jsou i na jižní Moravě.

Obrázek 21: Predikce trhu s geotermálními tepelnými čerpadly



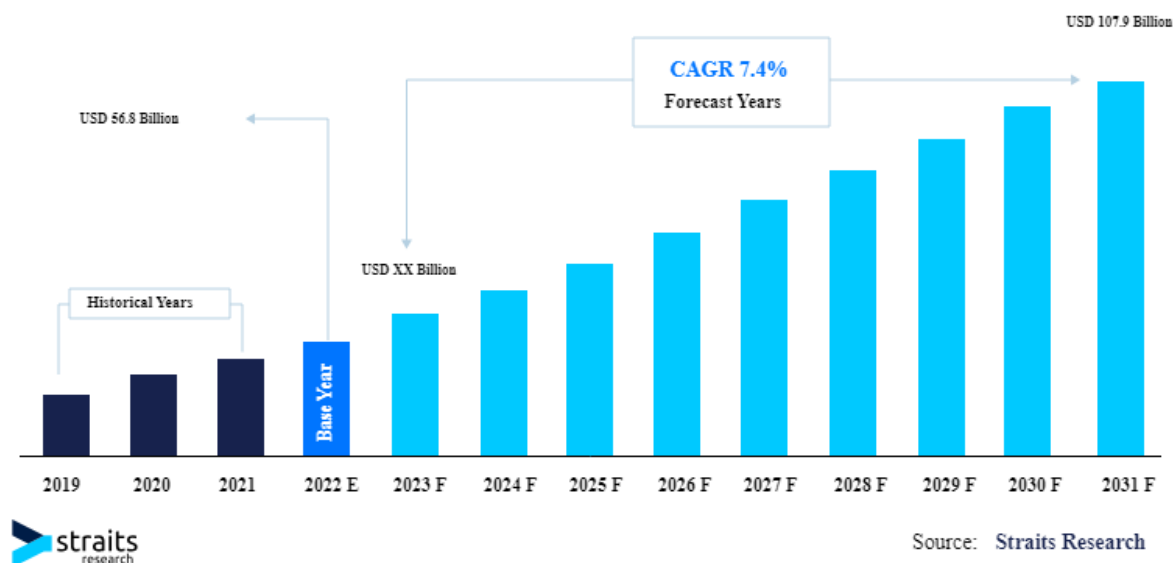
Zdroj: Straits Research

1.1.3.5 Využití odpadního tepla

Rekuperace odpadního tepla je zachycování a přeměna tepla, produkovaného jako vedlejší produkt různých průmyslových operací, na užitečnou energii. Průmysl, elektrárny a další zařízení často vypouštějí do životního prostředí značné množství tepla jako odpad, z nichž velká část zůstává nevyužita. Systémy rekuperace odpadního tepla toto teplo absorbují a přeměňují na elektřinu, páru nebo horkou vodu, čímž zvyšují energetickou účinnost a snižují emise skleníkových plynů.

Velikost globálního trhu s rekuperací odpadního tepla byla v roce 2022 oceněna na 56,8 miliard USD a předpokládá se, že do roku 2031 dosáhne 107,9 miliard USD, přičemž během prognózovaného období (2023–2031) zaznamená CAGR 7,4 %. Očekává se, že podíl na trhu poroste kvůli přísným předpisům na snížení uhlíkové stopy a rostoucím obavám z emisí skleníkových plynů. Rozvojové země, zejména ty v Asii a Africe, procházejí rychlou industrializací a rostoucí poptávkou po energii. Systémy rekuperace odpadního tepla představují zajímavou možnost využití odpadního tepla při splnění energetických nároků těchto regionů. V důsledku toho se očekává, že trh s rekuperací odpadního tepla v těchto zemích výrazně vzroste.

Obrázek 22: Predikce trhu s rekuperací odpadního tepla



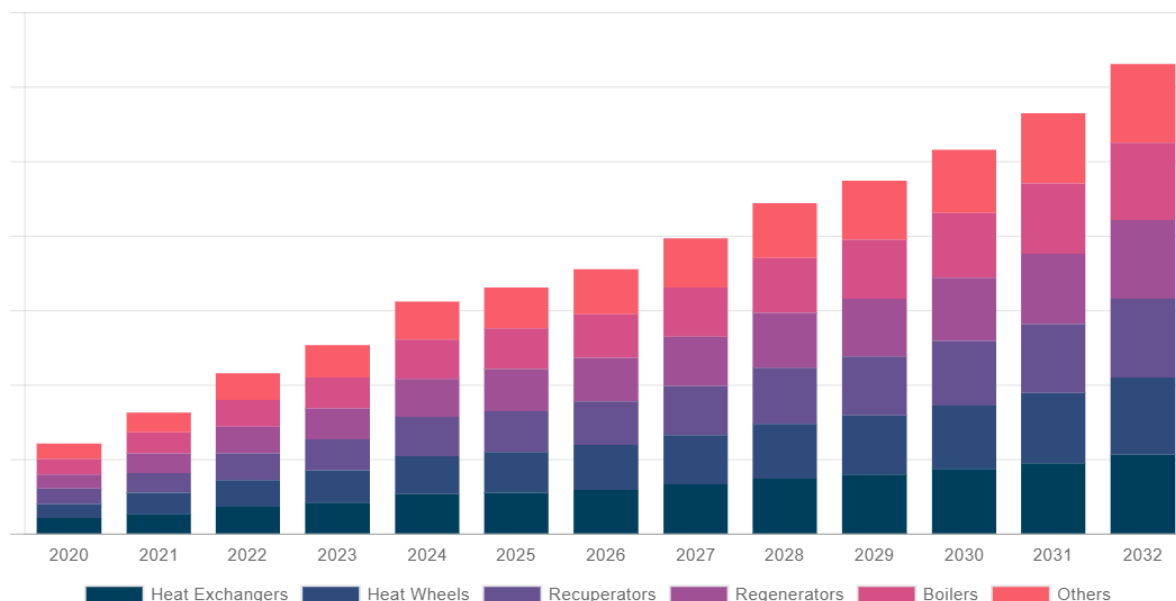
Zdroj: Straits Research

Globální trh s rekuperací odpadního tepla je segmentován podle techniky, aplikace, průmyslových odvětví a regionu. Technika se dále dělí na tepelné výměníky, tepelná kola, rekuperátory, regenerátory, kotle a další, přičemž výměníky tepla jsou nejvýznamnější položkou na trhu.

Výměníky tepla přenášejí teplo z jedné tekutiny do druhé, aniž by je mísily. Jsou široce používány v různých průmyslových odvětvích k rekuperaci odpadního tepla z horkých výfukových plynů a k přenosu do jiného média. Segment lze dle aplikací rozdělit na řízení teploty, předehřívací systémy, výrobu elektřiny a další, přičemž výroba elektřiny má největší podíl na trhu a představuje jednu z nejdůležitějších aplikací využití odpadního tepla.

Četné vysokoteplotní procesy v chemickém a petrochemickém průmyslu vytvářejí značné množství odpadního tepla. V tomto odvětví jsou systémy rekuperace odpadního tepla zásadní pro maximalizaci využití energie, zvýšení efektivity procesů a snížení emisí skleníkových plynů. Odpadní teplo lze rekuperovat a použít k předehřátí suroviny, výrobě energie nebo napájení jiných procesů uvnitř zařízení. Ropný a plynárenský průmysl významně přispívá k tvorbě odpadního tepla prostřednictvím rafinace, komprese a tepelně náročných operací. V tomto odvětví lze odpadní teplo využít pro různé účely, jako je ohřev kapalin pro lepší získávání ropy, předehřívání zemního plynu nebo výrobu energie pro spotřebu na místě.

Obrázek 23: Velikost trhu podle techniky



Zdroj: Straits Research

Specifickým typem technologie zpětného využití odpadního tepla jsou systémy ORC (Organic Rankine Cycle) pracující de facto na principu parní turbíny. ORC je vhodné aplikovat všude, kde se nabízí využití nízkopotenciálního tepla k přeměně na mechanickou a posléze elektrickou energii. Nejčastěji se ORC jednotky spojují se zdroji tepla jako je biomasa, odpadní teplo (z průmyslových závodů, tepláren, elektráren apod.), geotermální energie, solární energie či pro rekuperaci odpadního tepla.

Globální trh ORC byl oceněn na 760,46 milionů USD v roce 2022 a očekává se, že během prognózovaného období 2023–2030 zaznamená CAGR 3,9 %.

Poptávku po ORC systémech zvyšuje zejména rostoucí globální důraz na obnovitelné zdroje energie a s tím i spojené vládní pobídky, dotace a cíle. Vedoucím trhem ORC technologií v roce 2022 byla Severní Amerika.

1.1.3.6 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo přeměňuje nízkopotencionální teplo odebrané z okolního prostředí (venkovní vzduch, půda, voda) na teplo vhodné k vytápění a ohřevu teplé vody pomocí komprese vypařeného chladiva.

Tepelná čerpadla zajišťují vytápění, chlazení a ohřev vody v budovách, jak v domácnostech, tak i veřejných a průmyslových budovách. Mohou být umístěna kdekoli ve světě, protože využívají konstantní teplotu země, vzduchu nebo vodního zdroje. Většina tepelných čerpadel pracuje na cyklu komprese páry nebo využívají absorpční princip, přičemž hnací energií je odpadní teplo. Tepelná čerpadla jsou vhodná pro chlazení, vytápění, ohřev vody a průmyslové teplo.

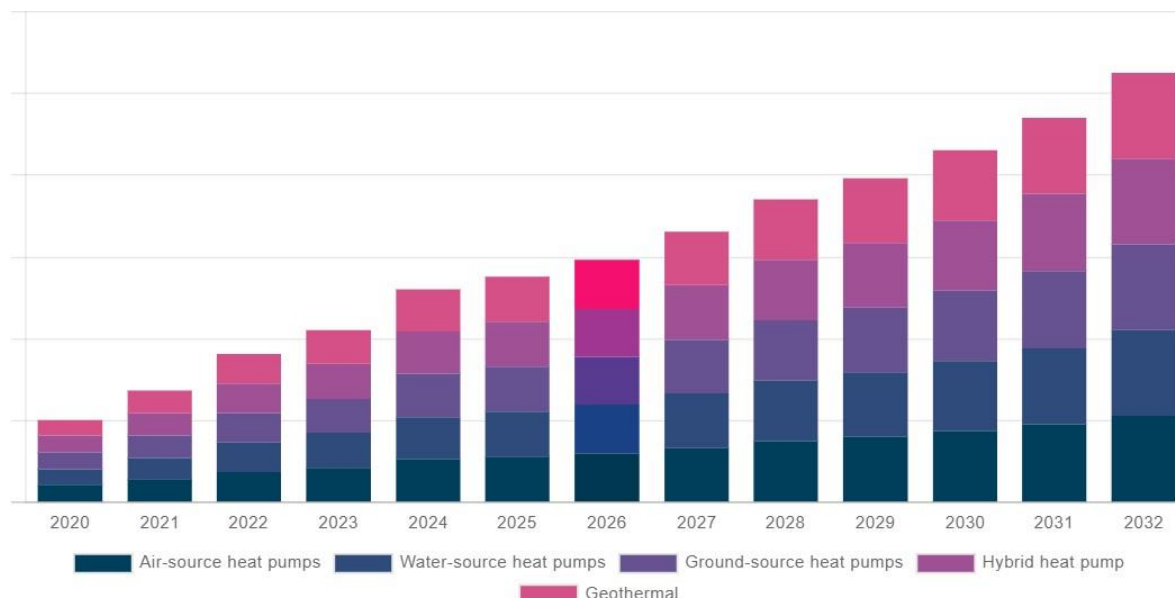
Podle typu se tepelná čerpadla člení:

- Vzduchová tepelná čerpadla
- Tepelná čerpadla voda
- Tepelná čerpadla země-voda
- Hybridní tepelné čerpadlo
- Geotermální

Častěji se můžeme setkat s členěním:

- Tepelné čerpadlo vzduch-voda
- Tepelné čerpadlo země-voda
- Tepelné čerpadlo voda-voda
- Tepelné čerpadlo vzduch-vzduch

Obrázek 24: Velikost trhu s tepelnými čerpadly podle typu



Zdroj: Straits Research

Velikost globálního trhu s tepelnými čerpadly byla v roce 2022 oceněna na 67,38 miliard USD a předpokládá se, že do roku 2031 dosáhne 132,45 miliard USD, přičemž v letech 2023 až 2031 zaznamená CAGR 7,8 %. Tento růst je přičítán rostoucí poptávce po energeticky účinných a udržitelných řešeních vytápění a chlazení. Globální trh s tepelnými čerpadly byl v roce 2018 oceněn na více než 43 miliard USD a očekává se, že do roku 2025 překročí roční instalace hranici 15 milionů.

Evropa má omezený přístup k přírodním zdrojům energie a nedostatek je řešen především dovozem z celého světa. Očekává se, že závislost na dovozu v následujících letech poroste. Evropská komise představila evropskou strategii energetické bezpečnosti, která identifikuje hlavní oblasti, na které je třeba se zaměřit na posílení energetické bezpečnosti v Evropě. Investice do domácí a bezemisní výroby obnovitelné energie a energetické účinnosti zvýšily poptávku po tepelných čerpadlech.

Evropský trh rychle roste, přibližně 1 milion domácností si v roce 2017 pořídil tepelné čerpadlo, včetně tepelných čerpadel pro přípravu teplé užitkové vody (135 000 jednotek). Nejvyšší míru penetrace mají Norsko, Švédsko, Estonsko a Finsko s více než 25 tepelnými čerpadly na 1 000 domácností ročně. Globálním prodejem pro domácnosti dominují technologie tepelného čerpání vzduch-vzduch a zároveň se v poslední době rozšířily i nákupy dalších typů tepelných čerpadel, jako jsou tepelná čerpadla vzduch-voda a geotermální.

Z pravidelného statistického šetření Ministerstva průmyslu a obchodu (MPO) u dovozních a výrobních firem, zaměřeného na strukturu dodávek tepelných čerpadel na český trh v letech 2010–2023, vyplývá, že v roce 2023 bylo na tuzemský trh dodáno 55,6 tisíc kusů tepelných čerpadel. Meziročně tak došlo k mírnému poklesu o 8 %, neboť v roce 2022 bylo dodáno 60,4 tisíc tepelných čerpadel. Nejvíce bylo dodáno tepelných čerpadel vzduch-voda, která tvoří cca 95 % celého trhu. Od roku 2010 bylo na český trh dodáno cca 286 tisíc tepelných čerpadel.

1.1.3.7 Solární kolektory

Solární systémy vytápění a chlazení využívají solární energii k výrobě tepelné energie pro teplou vodu, vytápění prostor a ohřev bazénu. Tyto systémy využívají ke koncentraci slunečního záření světelné kolektory. Zatímco solární fotovoltaika je založena na fotovoltaickém efektu, kdy foton dopadá na povrch a generuje náboj, solární termika ohřívá pomocí slunečního světla tekutinu. Solární termika je tak účinnější než solární fotovoltaika, naopak solární fotovoltaika má delší životnost a také schopnost napájet mnoho spotřebičů. K dalším výhodám solární termiky patří: prostorová účinnost, menší poruchovost ve srovnání se solární fotovoltaikou, a rovnoměrné a spolehlivé dodávky elektřiny.

Členění solárních systémů vytápění a chlazení podle typu:

- Topení
- Chlazení
- Kombinované

Podle typu kolektoru:

- Plochá deska
- Vakuovaná trubice
- Ostatní

Globální trh solárních systémů vytápění a chlazení zaznamená v prognózovaném období 2024–2032 CAGR 7,5 %.

Používání solárních systémů pro ohřev vody podporuje v posledních letech růst cen energií pro tradiční systémy ohřevu vody (elektrické či plynové), dostupnost vládních dotací a rovněž vývojem technologií. To je patrné více v případě aplikací pro bytový a komerční sektor, kde je požadavek na teplotu ohřáté vody relativně nižší než v průmyslových aplikacích. Poptávka po solárních topných systémech se zvyšuje jak v případě aplikací pro vytápění prostor, tak i aplikací pro ohřev bazénů.

Výrobci stále neprozkoumaly celý rozsah solárních systémů vytápění a chlazení v průmyslových aplikacích, zejména v procesu vytápění. Vzhledem k tomu, že ve vývoji produktů dochází k dalším technologickým pokrokům, bude použití solárních topných systémů schůdnější pro střední teploty až do 250 °C.

Příležitost vzrůstá rovněž pro solární chladicí systémy. Poptávka po solárních chladicích systémech je slibná zejména v Evropě, kde společnosti jako Fahrenheit (Německo), Solid Solar Energy Systems (Rakousko) a Solarinvent a Maya (Itálie) získaly zakázky na solární termální řešení. Očekává se, že jakmile se chladicí systémy stanou nákladově efektivními, pak pouze ony mohou konkurovat plynovým tepelným čerpadlům a elektrickým kompresním chladičům. Některé společnosti také našly hybridní způsob využití solárních chladicích systémů. Využívají odpadní teplo v zimě a solární energii v létě, což je pravděpodobně cesta vpřed pro solární chladicí systémy. Země také zavedly iniciativy týkající se sad solárního tepelného chlazení, které výrazně snížily ceny, a přispěly tak k pozitivnímu vývoji trhu.

Očekává se, že Evropa bude mít největší podíl na trhu solárních systémů vytápění a chlazení. Země jako Rakousko, Německo a Dánsko učinily významné kroky v integraci solární tepelné energie, zejména pro vytápění. Na druhou stranu, Polsko a Španělsko jsou jedny z nejrychleji rostoucích solárních termických trhů podle European Solar Thermal Industry Federation. Vytápění a chlazení tvoří 46 % evropského energetického systému, pro který EU neustále financuje programy v oblasti solární tepelné integrace.

V Asii a Tichomoří Čína překonala všechny ostatní země a získala téměř polovinu celkového podílu na trhu. Solární klimatizace je vnímána jako možný disruptor na trhu HVAC. Solární klimatizace byla svědkem

pozitivního růstu se společnostmi jako BlueStar v mixu. Japonsko využívá solární termální energii převážně v komerčních prostorách, jako jsou nemocnice a veřejné instituce.

1.1.4 Jaderná energetika

Jaderná energetika prochází v současné době významnou transformací, která je ovlivněna globálními výzvami v oblasti energetiky, udržitelnosti a technologického pokroku. Tyto výzvy zahrnují dekarbonizaci energetiky, zvyšování energetické bezpečnosti, digitalizaci a automatizaci a rozvoj nových technologií. V tomto kontextu se Centrum pokročilých jaderných technologií (CANUT II) zaměřuje na vývoj a implementaci inovativních řešení, která reagují na tyto výzvy a posouvají jadernou energetiku směrem k udržitelné a bezpečné budoucnosti.

Dekarbonizace a role jaderné energie

Jednou z klíčových globálních výzev je dekarbonizace energetiky, která vyžaduje rychlý přechod od fosilních paliv k nízkouhlíkovým zdrojům energie. Jaderná energie, jakožto bezemisní zdroj energie, hraje v tomto procesu klíčovou roli. CANUT II se zaměřuje na vývoj technologií, které zvyšují efektivitu a bezpečnost jaderných reaktorů, a zároveň minimalizují dopady na životní prostředí. Mezi tyto technologie patří:

- Malé modulární reaktory (SMR): Flexibilní a decentralizované řešení pro výrobu energie s nižšími kapitálovými náklady a vyšší bezpečností.
- Pokročilé materiály a technologie pro zvyšování bezpečnosti, spolehlivosti a efektivitu jaderných elektráren.
- Diagnostické systémy pro efektivní údržbu a řízení životnosti jaderných elektráren.
- Palivové cykly jaderných elektráren a optimalizace zpracování a ukládání radioaktivních odpadů a použitého jaderného paliva.

Technologie reaktorů IV. generace.

Zvyšování energetické bezpečnosti

Energetická bezpečnost je dalším klíčovým globálním tématem, které ovlivňuje vývoj jaderné energetiky. CANUT II se zaměřuje na technologie, které zvyšují nezávislost na fosilních palivech a zajišťují stabilní dodávky energie. Mezi tyto technologie patří:

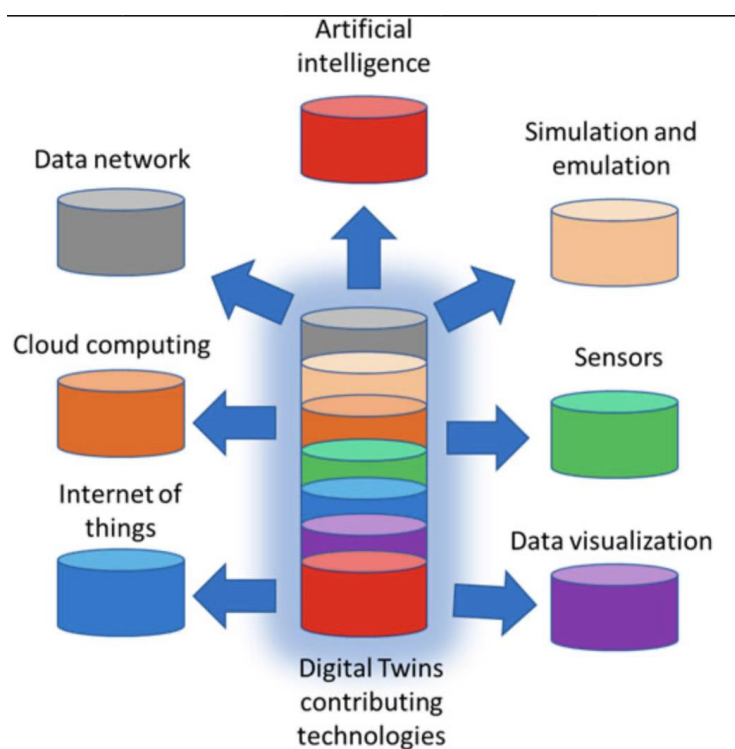
- Integrace jaderné energie s obnovitelnými zdroji: Jaderná energie může poskytovat stabilní základní zatížení, které doplňuje intermitentní obnovitelné zdroje, jako jsou solární a větrné elektrárny.
- Vývoj pokročilých reaktorů: Reaktory IV. generace, které nabízejí vyšší účinnost a bezpečnost.

Digitalizace a automatizace

Digitalizace a automatizace jsou dalším významným globálním trendem, který ovlivňuje jadernou energetiku. CANUT II se zaměřuje na implementaci digitálních technologií a umělé inteligence (AI) pro:

- Monitorování a řízení jaderných elektráren: Digitální systémy pro sledování a optimalizaci provozu v reálném čase.
- Prediktivní údržbu: Použití pokročilých systémů s prvky AI pro předpověď a prevenci poruch zařízení.
- Virtuální simulace: Využití digitálních dvojčat pro simulaci a testování jaderných technologií.

Obrázek 25 Ilustrace digitálního dvojčete a pokročilé výroby v jaderné energetice



Mondal, K. et al. (2024). Advanced manufacturing and digital twin technology for nuclear energy – vizualizace technologií digitalizace a výroby v jaderném sektoru

Rozvoj nových technologií

Rozvoj nových technologií je klíčovým globálním trendem, který ovlivňuje budoucnost jaderné energetiky. CANUT II se zaměřuje na vývoj a implementaci pokročilých jaderných technologií, které zahrnují:

Pokročilé materiály a technologie: Pro zvyšování bezpečnosti, spolehlivosti a efektivity jaderných elektráren.

Technologie reaktorů IV. generace.

Fúzní technologie: Budoucí zdroj čisté energie s téměř neomezeným potenciálem.

Hybridní systémy: Kombinace jaderné energie s obnovitelnými zdroji a akumulací energie.

Udržitelnost a cirkulární ekonomika

Udržitelnost a cirkulární ekonomika jsou dalším významným globálním tématem, které ovlivňuje jadernou energetiku. CANUT II se zaměřuje na technologie, které podporují udržitelnost a cirkulární ekonomiku, jako jsou:

Optimalizace radioaktivních odpadů: Technologie pro efektivní zpracování a ukládání radioaktivních odpadů a použitého jaderného paliva.

Minimalizace dopadů na životní prostředí: Vývoj technologií, které minimalizují dopady jaderné energetiky na životní prostředí.

Jaderná energetika je klíčovou součástí globálního přechodu k udržitelné a nízkouhlíkové energetice. Centrum pokročilých jaderných technologií (CANUT II) hraje v tomto procesu klíčovou roli tím, že se zaměřuje na vývoj a implementaci inovativních technologií, které reagují na aktuální globální výzvy a posouvají jadernou energetiku směrem k udržitelné a bezpečné budoucnosti. Mezi tyto technologie patří malé modulární reaktory, pokročilé materiály a technologie pro zvyšování bezpečnosti, spolehlivosti a efektivity jaderných elektráren, palivové cykly a optimalizace zpracování a ukládání radioaktivních odpadů a použitého jaderného paliva, technologie reaktorů IV. generace a fúzní technologie. CANUT II tak přispívá k dosažení globálních klimatických cílů a zajištění energetické bezpečnosti.

1.1.4.1 Jaderná paliva

Rozvoj jaderných paliv představuje jeden z klíčových pilířů budoucnosti jaderné energetiky. V následujících dekádách budou požadavky na paliva formovány nejen technickými a bezpečnostními hledisky, ale také strategickými cíli – dekarbonizací energetiky, zvýšením bezpečnostní odolnosti, snížením produkce vysoce aktivních odpadů a posílením společenské akceptace. Vývoj v této oblasti je proto nutné sledovat v horizontu do roku 2030 (technologická a licenční konsolidace) a do roku 2050 (plná integrace nových cyklů a systémových řešení).

K roku 2025 se vývoj jaderných paliv soustředí na zvyšování bezpečnosti, efektivnější využití paliva a snižování produkce vysoce aktivního odpadu. Nejvíce pozornosti je věnováno tzv. pokročilým materiálům pokrytí jaderného paliva (Accident Tolerant Fuels, ATF), která zahrnují nové povlaky palivových proutků (chromové vrstvy, kompozity na bázi SiC) a inovativní keramické směsi. Tyto technologie zvyšují odolnost paliva proti extrémním podmínkám při haváriích a zároveň zefektivňují střední část palivového cyklu. Část variant ATF je již komerčně nasazena (TRL 7–9), zejména ve Spojených státech a Evropě. Paralelně se udržuje i využívání MOX paliv (směs oxidu uraničitého a plutoniového), které jsou provozně ověřeny například ve Francii či Japonsku. Naopak thoriové palivové cykly zůstávají spíše ve fázi výzkumu a experimentálních ověřování (TRL 4–6), a to především v Indii a Číně, které usilují o dlouhodobě udržitelný alternativní cyklus nezávislý na uranu.

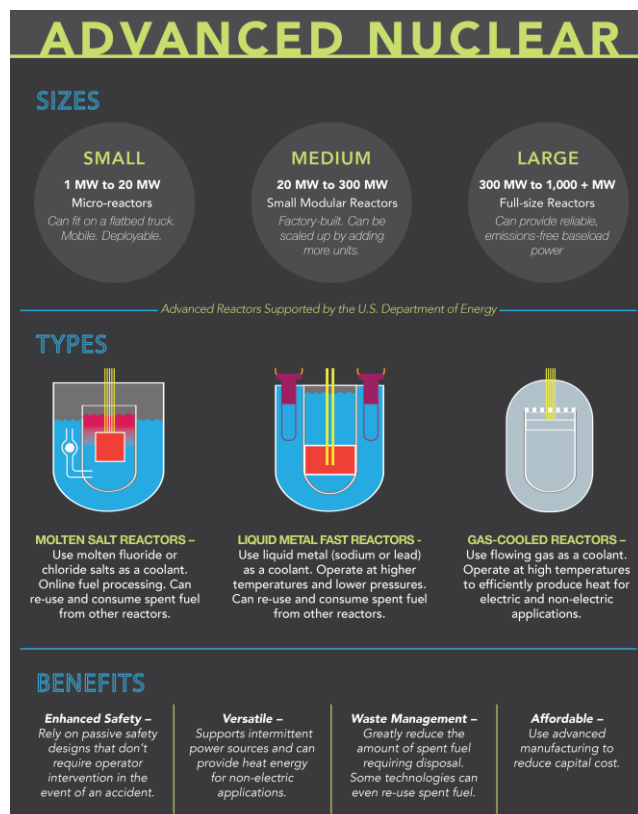
Důležitou oblastí jsou také paliva určená pro malé modulární reaktory (SMR). Ta jsou navrhována jako kompaktní a vysokohustotní formy, umožňující delší palivové cykly a flexibilní provoz. K roku 2025 se tato paliva nacházejí ve fázi demonstračních a licenčních projektů (TRL 6–8). Významnou roli hraje i uzavírání palivového cyklu – kromě tradičních metod přepracování (PUREX,) probíhají pokročilé výzkumy v oblasti separačních technologií (GANEX, pyroprocesing), které by mohly zefektivnit využívání paliva a snížit objem vysoce aktivního odpadu.

Specifickou kapitolou je výzkum paliv pro jadernou fúzi, zejména směsí deuteria a tritia. V roce 2025 se tento vývoj nachází na úrovni TRL 3–5 a je úzce spojen s projekty ITER a DEMO. Klíčovou výzvou zůstává zajištění stabilní produkce a recyklace tritia, bez čehož není udržitelný fúzní cyklus možný.

Z ekonomického pohledu je nasazování nových paliv vysoce diferencované. Pokročilá paliva (vysokohustotní, MOX) mají vyšší pořizovací cenu (cca +10–20 % oproti konvenčnímu UO₂), ale jejich přínos spočívá v efektivnějším využití štěpného materiálu a úsporách díky delším cyklům. MOX je ekonomicky výhodný v zemích s přepracovatelskými kapacitami, avšak nákladnější díky komplikovanějšímu přepracování. Thoriový cyklus je zatím investicí do budoucnosti bez okamžité návratnosti, zatímco paliva pro SMR mají vyšší jednotkové náklady vzhledem k menší sérii výroby, ale jejich ekonomika se zlepší při flotilovém nasazení. Přepracování paliva a uzavřený cyklus jsou dlouhodobě finančně náročnější než otevřený cyklus, nicméně poskytují strategickou výhodu v podobě snížení objemu a radiotoxicity odpadu.

Celkově lze říci, že k roku 2025 jsou nejbližší komerčnímu širokému využití ATF paliva, zatímco paliva pro SMR vstupují do demonstrační fáze a thoriové či fúzní cykly zůstávají ve stadiu výzkumu.

Obrázek 26 Pokročilé jaderné technologie – přehled typů paliva a reaktorů



Advanced Nuclear Technologies – overview of fuel and reactor types

Infografika – Advanced Nuclear 101, U.S. Department of Energy, Office of Nuclear Energy, únor 2019

1.1.4.1.1 Pokročilá jaderná paliva (ATF, MOX, inovativní směsi)

Do roku 2030 lze očekávat, že paliva odolná vůči haváriím (Accident Tolerant Fuels, ATF) se stanou standardem v lehkovodních reaktorech. Cr-povlakovaná pokrytí, FeCrAl slitiny a chromií obohacené pelety jsou již nasazovány v komerčních blocích a jejich další rozšiřování bude doprovázeno regulačním uznáním jejich bezpečnostních přínosů. Významný posun nastane i v možnostech prodloužování palivových cyklů, čímž dojde k ekonomickému zefektivnění provozu.

Do roku 2050 se očekává širší diverzifikace paliv – vedle MOX paliva, které bude hrát roli v zemích s uzavřeným palivovým cyklem (Francie, Japonsko, Čína), lze očekávat i zavádění inovativních směsí s vyšším využitím uranu a thoria. Paliva budoucnosti budou muset kombinovat inherentní bezpečnost, vyšší vyhoření, delší cykly a kompatibilitu s novými koncepty reaktorů, včetně rychlých reaktorů a pokročilých SMR. V evropském kontextu mohou ATF sehrát významnou roli také v komunikaci směrem k veřejnosti, neboť posilují bezpečnostní argumentaci a přispívají k akceptaci jaderné energie jako stabilního prvku dekarbonizace.

1.1.4.1.2 Paliva pro malé modulární reaktory (SMR)

SMR koncepty představují významný trend, který se do roku 2030 bude soustředit především na první nasazení modulů využívajících palivo kompatibilní s dnešními lehkovodními reaktory ($LEU \leq 5\%$). To umožní rychlejší licenční proces a využití existujícího dodavatelského řetězce. Paralelně bude probíhat rozvoj pokročilejších variant – především vysokoteplotních reaktorů s TRISO palivem a sodíkem chlazených rychlých reaktorů využívajících HALEU.

Strategickým limitem zůstává dostupnost obohaceného uranu v kategorii HALEU (5–20 %), jehož nedostatek může brzdit rozvoj pokročilých SMR až do 30. let. Do roku 2050 by však měly být vybudovány dostatečné kapacity HALEU obohacení a výroby paliva v USA, EU i Asii, což otevře prostor pro rozšíření nasazení pokročilých SMR a jejich integraci do dekarbonizované energetiky. Z pohledu systémového lze předpokládat jejich využití nejen pro výrobu elektřiny, ale také pro dálkové vytápění, průmyslové procesy a produkci vodíku.

1.1.4.1.3 Recyklace jaderného odpadu

Technologie přepracování použitého paliva bude v horizontu 2030–2050 určovat schopnost jaderné energetiky snižovat objem a toxicitu odpadů. Do roku 2030 zůstane hlavním průmyslovým řešením proces PUREX s využitím MOX paliva. Současně však budou probíhat intenzivní výzkumné aktivity v oblasti pokročilých separačních metod (UREX+, DIAMEX-SANEX) a pyroprocesů, které umožní oddělení minoritních aktinidů a jejich využití v rychlých reaktorech nebo transmutaci v hybridních systémech typu ADS.

Do roku 2050 by se mohlo prosadit víceúrovňové uzavírání palivového cyklu, zejména v zemích s vysokým podílem jaderné energetiky (Francie, Čína, Rusko). V evropském prostoru se klíčovým prvkem stane projekt MYRRHA, který má potenciál vytvořit technologické a znalostní zázemí pro transmutaci. Úspěšná integrace těchto technologií by mohla zásadně posílit udržitelnost jaderné energetiky a zlepšit její společenskou akceptaci díky snížení dlouhodobých environmentálních rizik.

1.1.4.1.4 Thoriové palivové cykly

Výzkum thoria jako alternativního paliva bude i v následujících dekádách probíhat především v Indii a Číně. Do roku 2030 lze očekávat demonstrace v menších experimentálních reaktorech, jako je čínský TMSR-LF1. Tyto projekty mají zásadní význam pro ověření chemických a technologických aspektů cyklu Th–U-233.

V dlouhodobém horizontu 2050 může thoriový cyklus přispět k větší diverzifikaci palivové základny a k omezení závislosti na uranu, zejména v regionech s bohatými zásobami thoria. Realisticky však půjde o doplňkový prvek k tradičním uranovým palivům a jeho širší nasazení bude záviset na úspěšném rozvoji přepracování thoriových paliv a řešení problémů spojených s manipulací s U-233.

1.1.4.1.5 Fúzní paliva

Paliva pro jadernou fúzi se odlišují od štěpných technologií tím, že hlavní výzvou není jen dodávka paliva, ale především uzavření tritiové bilance v rámci samotného reaktoru. Do roku 2030 se neočekává komerční nasazení fúze, nicméně klíčovým milníkem bude ověření funkčnosti příkrývek pro výrobu tritia (breeding blankets) v rámci experimentů na zařízení ITER.

Do roku 2050 se předpokládá dosažení demonstrační fáze fúzní energetiky (EUROfusion DEMO), kde bude schopnost produkovat a efektivně využívat tritium rozhodujícím faktorem. Úspěšné zvládnutí

tohoto kroku by mohlo zásadně proměnit globální energetický mix a poskytnout prakticky neomezený zdroj nízkoemisní energie. Vývoj fúzních paliv proto musí být chápán jako součást dlouhodobé strategické investice s významným přesahem do poloviny 21. století.

Rozvoj jaderných paliv má k roku 2025 zásadní význam pro bezpečnost, efektivitu a udržitelnost jaderné energetiky. Největší pozornost se soustředí na pokročilá paliva odolná vůči nehodám (ATF), která využívají nové povlaky palivových proutků (chrom, SiC) a inovativní keramické směsi. Část těchto variant je již komerčně nasazena (TRL 7–9). MOX paliva se nadále využívají ve Francii a Japonsku, zatímco thoriové cykly zůstávají převážně ve fázi výzkumu (TRL 4–6).

Specifickou oblastí jsou paliva pro malé modulární reaktory (SMR), navrhovaná pro delší kampaně a flexibilní provoz. V roce 2025 jsou tato paliva v demonstrační a licenční fázi (TRL 6–8). Recyklace použitého paliva využívá zavedené procesy (PUREX, vitrifikace), doplňované výzkumem nových separačních metod (GANEX, pyroprocessing). Fúzní paliva (deuterium, tritium) jsou zatím ve výzkumném stadiu (TRL 3–5) v rámci projektů ITER a DEMO.

Ekonomicky jsou pokročilá paliva dražší (+10–20 % oproti UO_2), ale přinášejí vyšší bezpečnost a delší palivové cykly. MOX je výhodný tam, kde je dostupné plutonium, avšak vyžaduje nákladnější přepracování. Thoriový cyklus je zatím bez komerční návratnosti. Paliva pro SMR mají vyšší jednotkové ceny kvůli menší sérii, jejich ekonomika se však zlepší při flotilovém nasazení. Recyklace je finančně náročnější než otevřený cyklus, avšak strategicky snižuje objem a toxicitu odpadu.

Do roku 2030 se očekává širší nasazení ATF a první komerční využití SMR paliv, do roku 2050 pak rozšíření uzavřeného cyklu a integrace nových palivových konceptů včetně thoria a fúze. Pro Českou republiku představuje tato oblast příležitost k zapojení do mezinárodních výzkumných programů a k posílení vlastní jaderné infrastruktury.

1.1.4.2 Nové materiály, technologie a systémy

Rozvoj nových materiálů, technologií a systémů představuje jeden z určujících faktorů dlouhodobé konkurenceschopnosti jaderné energetiky. Moderní jaderné zdroje musí čelit náročným provozním podmínkám, rostoucím bezpečnostním a společenským požadavkům, a zároveň se přizpůsobovat měnící se roli v dekarbonizovaném energetickém mixu. Strategické směry vývoje zahrnují jak oblast konstrukčních materiálů s vyšší odolností, tak inovativní reaktorové koncepty (SMR), pasivní a inherentní bezpečnostní prvky, digitalizaci a využití umělé inteligence, a konečně přípravu materiálů a systémů pro budoucí jadernou fúzi.

Z pohledu časového horizontu se očekává, že do roku 2030 budou dosaženy milníky v komercializaci SMR, standardizaci pasivních bezpečnostních systémů a širším zavádění digitalizace do provozu elektráren. Do roku 2050 by pak mělo dojít k plné integraci nových materiálů do pokročilých reaktorových koncepcí, využití pokročilé AI v řízení provozu a údržby a k prvnímu průmyslovému nasazení fúzních technologií.

1.1.4.2.1 Pokročilé materiály

Moderní jaderné technologie vyžadují konstrukční materiály s extrémní odolností vůči radiaci, vysokým teplotám a korozi. Směry vývoje se soustředí především na **keramické kompozity (SiC-SiC)**, **pokročilé vysokopevnostní oceli (např. ODS – oxide dispersion strengthened steels)**, a nové slitiny niklu a

hliníku. Tyto materiály umožňují provoz při vyšších teplotách, zajišťují vyšší životnost a mohou podpořit nasazení pokročilých reaktorů IV. generace a fúzních zařízení.

Do roku 2030 se očekává demonstrace pokročilých materiálů v reálných podmínkách výzkumných reaktorů a testovacích smyček. Bude probíhat jejich kvalifikace pro využití v sodíkem chlazených rychlých reaktorech, vysokoteplotních reaktorech a materiálových testech pro fúzi.

Do roku 2050 se počítá s jejich integrací do flotily pokročilých reaktorů a s plným nasazením v systémech jaderné fúze. Tyto materiály se stanou standardem, který umožní delší životnost komponent, vyšší účinnost a lepší odolnost vůči extrémním provozním podmínkám.

K roku 2025 je vývoj pokročilých materiálů pro jadernou energetiku zaměřen na zajištění vyšší odolnosti vůči radiaci, vysokým teplotám a koroznímu prostředí, a tím i na prodloužení životnosti komponent reaktorů.

Mezi klíčové směry patří:

Pokročilé oceli a slitiny (např. vysokopevnostní feriticko-martenzitické oceli, slitiny na bázi niklu a chromu), které se testují pro použití v podmínkách vysokých teplot a neutronového toku.

Keramické kompozity (SiC/SiC), perspektivní pro pokrytí palivových proutků a komponenty v prostředí s extrémní teplotou; pilotní projekty probíhají v rámci programů ATF (Accident Tolerant Fuels).

Oxidové disperzně zpevněné materiály (ODS), které vykazují lepší odolnost proti radiačnímu poškození a creepové deformaci.

Pokročilé povlaky (např. CrN, Cr₂AlC MAX fáze) pro zlepšení odolnosti palivových obalů vůči oxidaci a korozi.

Z technologického hlediska se většina těchto materiálů nachází na úrovni TRL 5–7: probíhají testy v experimentálních reaktorech a pilotní validace v reálných provozních podmínkách.

Z ekonomického pohledu jde o nákladný výzkum (řádově miliardy Kč v mezinárodních programech), ale očekávané přínosy jsou zásadní: prodloužení životnosti klíčových komponent, snížení nákladů na údržbu a vyšší inherentní bezpečnost. Investice do pokročilých materiálů jsou rovněž úzce spojeny s přípravou nové generace reaktorů (GEN-IV, SMR, fúzní zařízení), kde se bez těchto inovací neobejde.

1.1.4.2.2 Malé modulární reaktory (SMR)

SMR představují jednu z nejvýznamnějších inovací posledních dekád. Jejich modularita, nižší počáteční investiční náklady a vyšší flexibilita umožňují nasazení nejen v elektroenergetice, ale i v průmyslových procesech, dálkovém vytápění a výrobě vodíku. V současnosti probíhá licencování několika projektů (BWRX-300, NuScale VOYGR, Rolls-Royce SMR) a první komerční bloky se očekávají v průběhu 30. let.

Do roku 2030 budou v provozu první jednotky SMR, což potvrdí jejich technickou a ekonomickou proveditelnost. Zásadní bude také vybudování dodavatelského řetězce, zejména v oblasti paliv (včetně HALEU pro pokročilé koncepty).

Do roku 2050 lze předpokládat širokou flotilu SMR v globálním měřítku, včetně nasazení v hybridních energetických systémech propojených s obnovitelnými zdroji. SMR budou tvořit významnou část

dekarbonizovaného energetického mixu, zejména v regionech s vysokými nároky na stabilitu dodávek energie a tepla.

1.1.4.2.3 Pasivní a inherentní bezpečnostní systémy

Pasivní a inherentní bezpečnostní systémy, které fungují bez nutnosti aktivního zásahu člověka či externí energie, se staly nedílnou součástí moderních jaderných elektráren. Patří sem systémy přirozené cirkulace chladiva, gravitační zásobníky vody nebo konstrukce využívající přírodní zákony k odvádění zbytkového tepla.

Do roku 2030 lze očekávat jejich standardizaci napříč novými projekty, včetně SMR a reaktorů III+ generace. Tyto systémy již nyní dosahují vysoké technologické připravenosti (TRL 8–9) a jejich vývoj směřuje k ještě větší jednoduchosti, spolehlivosti a k integraci do kompaktních reaktorových konceptů.

Do roku 2050 budou pasivní bezpečnostní prvky považovány za základní standard každého nového jaderného zdroje, přičemž jejich kombinace s pokročilými materiály a digitalizací zvýší celkovou robustnost a odolnost jaderné infrastruktury.

1.1.4.2.4 Digitalizace a umělá inteligence (AI)

Digitalizace a využití umělé inteligence zásadně mění provoz a údržbu jaderných zařízení. Nástroje založené na AI umožňují prediktivní údržbu, optimalizaci provozních parametrů a včasnou detekci anomálií. Současně se rozvíjejí digitální dvojčata reaktorů, která umožňují simulovat provoz v reálném čase a testovat různé scénáře bez rizika.

Do roku 2030 bude AI využívána jako podpůrný nástroj provozních týmů, zejména pro prediktivní údržbu a plánování odstávek. Zásadní bude také integrace do systémů kybernetické bezpečnosti.

Do roku 2050 lze očekávat plnou integraci AI do provozu jaderných elektráren, kdy se umělá inteligence stane autonomním partnerem v řízení provozu, diagnostice i optimalizaci. Digitalizace a AI přispějí k dalšímu zvýšení bezpečnosti, efektivity a konkurenceschopnosti jaderné energetiky.

1.1.4.2.5 Fúzní technologie

Rozvoj fúzních technologií představuje dlouhodobý strategický cíl jaderné vědy. Klíčové jsou materiály odolné vůči intenzivnímu toku neutronů a systémy pro produkci a manipulaci s tritiem. ITER a následné demonstrační zařízení DEMO tvoří základní milníky na cestě k průmyslovému využití fúze.

Do roku 2030 bude dosaženo prvních experimentů s testovacími moduly lithiových příkrývek a validace základních fyzikálních principů fúzní reakce v rozsahu potřebném pro energetické aplikace.

Do roku 2050 se očekává spuštění demonstračních fúzních elektráren, které umožní dodávky elektřiny do sítě. Materiály a technologie vyvinuté pro fúzi budou mít zásadní dopad i na další průmyslové sektory díky své unikátní odolnosti a vlastnostem.

Nové materiály, technologie a systémy představují pilíře transformace jaderné energetiky. Do roku 2030 se očekává nástup SMR do komerčního provozu, standardizace pasivních bezpečnostních prvků a postupná digitalizace provozu. Do roku 2050 pak bude jádro charakterizováno diverzifikovanou flotilou pokročilých reaktorů využívajících nové materiály a digitální řízení, a současně prvními průmyslovými aplikacemi fúze.

Rozvoj pokročilých materiálů má zásadní ekonomické dopady, protože ovlivňuje životnost komponent, spolehlivost provozu, náklady na údržbu i bezpečnost. V roce 2025 se tato oblast nachází převážně ve výzkumné a demonstrační fázi (TRL 5–7), přesto už nyní představuje klíčový předpoklad dlouhodobé konkurenceschopnosti jaderné energetiky.

Investice směřují do pokročilých ocelí a slitin odolných vůči radiaci, keramických kompozitů SiC/SiC, oxidově disperzně zpevněných slitin (ODS) a nových povlaků palivových obalů. Náklady na potřebnou infrastrukturu (horké komory, testovací reaktory) dosahují miliard korun a jsou kryty kombinací národní podpory a mezinárodních grantů.

Hlavní přínosy se očekávají v prodloužení životnosti komponent, zvýšení inherentní bezpečnosti, efektivnějším využití paliva a umožnění provozu nových reaktorů Gen IV a fúze. Riziky jsou dlouhý vývoj, vysoké náklady na certifikaci a omezené výrobní kapacity.

Do roku 2030 se předpokládá nasazení prvních pokročilých povlaků a ověřování ODS slitin, do roku 2050 pak standardní začlenění pokročilých materiálů do flotily bloků včetně SMR a Gen IV. Očekává se snížení provozních nákladů o 10–15 % a prodloužení životnosti klíčových komponent o 20–30 let. Pro Českou republiku představuje tato oblast příležitost k zapojení do mezinárodních dodavatelských řetězců a posílení role v pokročilých jaderných projektech.

1.1.4.3 Instrumentace, řízení a senzory

Instrumentace, řídicí systémy a sensorika tvoří základní nervovou soustavu jaderných zařízení. Moderní jaderné zdroje se neobejdou bez vysoce spolehlivých řídicích systémů, které zajišťují bezpečný, efektivní a flexibilní provoz. Globální trend digitalizace, nástup umělé inteligence a požadavek na odolnost vůči kybernetickým hrozbám zásadně mění podobu této oblasti.

Do roku 2030 bude hlavním cílem dokončení přechodu na digitální platformy, rozšíření pokročilých senzorů umožňujících monitorování v reálném čase a první plné nasazení digitálních dvojčat u vybraných reaktorů. Do roku 2050 lze očekávat, že instrumentace a řízení se stane plně integrovaným, autonomním a adaptivním systémem, kde budou klíčovou roli hrát digitální modely, umělá inteligence a robustní kybernetická ochrana.

K roku 2025 se instrumentace a řídicí systémy v jaderné energetice nacházejí ve fázi rozsáhlé digitalizace. Digitální řídicí systémy (I&C) jsou již standardem u nových projektů a postupně nahrazují analogové technologie i u modernizací stávajících bloků. Mezinárodní normy (IEC 61513, IEC 60987) a aktualizované regulační rámce (NRC, EU) zajišťují vyšší bezpečnost a spolehlivost, včetně řešení rizik společných příčin poruch (CCF).

Pokročilé senzory – zejména vláknově-optické a radiačně odolné – umožňují přesnější monitoring a podporují rozvoj online monitoringu (OLM), který se stává průmyslovým standardem. OLM přechází od časově založené údržby ke konceptu údržby podle skutečného stavu zařízení.

Umělá inteligence (AI/ML) je zatím v pilotní fázi – využívá se především pro detekci anomálií a prediktivní údržbu, přičemž klíčovým trendem je postupná validace a začleňování do bezpečnostně významných procesů.

Digitální dvojčata se rozvíjejí hlavně v inženýrských aplikacích a pro podporu provozního rozhodování; první projekty ukazují jejich přínos při optimalizaci údržby a tréninku operátorů.

Kybernetická bezpečnost je již integrální součástí návrhu i provozu, v souladu s normou IEC 62645. Provozovatelé budují specializovaná centra ochrany (SOC) a zavádějí principy „secure-by-design“.

Z ekonomického hlediska se jedná o investice v rozsahu stovek milionů USD na blok, které však přinášejí úspory v oblasti provozu a údržby, snížení odstávek a zvýšení kapacitního faktoru. Programy jako INL LWRS a EPRI prokazují, že kombinace digitalizace, OLM a prediktivní analytiky může snížit fixní provozní náklady o 10–15 %.

1.1.4.3.1 Digitální řídicí systémy

Přechod od analogových k digitálním řídicím systémům je jedním z nejzásadnějších technologických trendů posledních dekád. Moderní digitální systémy zajišťují vyšší přesnost měření a regulace, flexibilitu při modernizaci a možnost integrace s nadřazenými informačními systémy.

Do roku 2030 bude dokončena modernizace většiny provozovaných bloků, přičemž digitální řízení se stane standardem i u malých modulárních reaktorů a nových koncepcí reaktorů IV. generace.

Do roku 2050 lze očekávat propojení řídicích systémů s digitálními dvojčaty a s pokročilou umělou inteligencí, což umožní plně adaptivní provoz a vyšší míru autonomie. Digitální řídicí systémy se stanou páteří propojené energetické infrastruktury.

1.1.4.3.2 Umělá inteligence (AI) a strojové učení

AI a strojové učení představují zásadní inovaci v oblasti řízení jaderných zařízení. Umožňují detekci anomálií, predikci chování systémů a optimalizaci provozu na základě rozsáhlých datových souborů.

Do roku 2030 bude AI využívána zejména pro prediktivní údržbu a podporu operátorů při rozhodování. AI nástroje se stanou součástí standardního provozního zázemí, a to i v oblastech kontroly kvality a logistiky paliva.

Do roku 2050 lze očekávat, že umělá inteligence přeroste z podpůrné role do role autonomního partnera operátorů. Řídicí systémy budou využívat strojové učení k průběžnému přizpůsobování nastavení reaktoru aktuálním provozním a síťovým podmínkám.

1.1.4.3.3 Kybernetická bezpečnost

Rostoucí digitalizace a propojení řídicích systémů přináší nové hrozby v podobě kybernetických útoků. Kybernetická bezpečnost se stává kritickým prvkem zajištění spolehlivého provozu jaderných zařízení a součástí národní bezpečnosti.

Do roku 2030 bude kladen důraz na standardizaci a harmonizaci požadavků kybernetické ochrany na národní i mezinárodní úrovni. Vzniknou specializovaná centra pro monitorování hrozeb a sdílení informací mezi provozovateli.

Do roku 2050 se kybernetická bezpečnost stane nedílnou součástí architektury řídicích systémů. Řešení budou využívat autonomní AI systémy schopné detekovat a neutralizovat hrozby v reálném čase. Vysoká úroveň kybernetické ochrany bude nezbytná pro udržení důvěry veřejnosti i regulatorních institucí.

Instrumentace, řízení a senzory budou v příštích desetiletích procházet hlubokou transformací. Do roku 2030 se očekává úplná digitalizace řídicích systémů, rozšíření nasazení pokročilých senzorů, první integrace digitálních dvojčat a využití AI jako podpůrného nástroje. Do roku 2050 pak bude instrumentace a řízení jaderných zařízení charakterizováno vysokou mírou autonomie, propojením s AI a digitálními modely a robustní kybernetickou ochranou.

Do roku 2030 budou hlavními ekonomickými výzvami implementace digitálních řídicích systémů, rozšíření senzorických sítí a nástup AI jako podpůrného nástroje. Investice se budou pohybovat v řádu miliard Kč na blok, ale umožní úspory v řádu stovek milionů Kč ročně díky vyšší spolehlivosti a kratším odstávkám.

Do roku 2050 se očekává plná integrace AI, digitálních dvojčat a autonomních senzorových sítí, což přinese výraznou redukci OPEX a zvýšení kapacitního faktoru blízkého technickému maximu. Kybernetická bezpečnost se stane nejen technologickou, ale i ekonomickou prioritou – náklady na ochranu budou zanedbatelné ve srovnání s riziky, kterým budou bloky čelit.

Celkově lze říci, že ekonomika instrumentace a řízení se bude v následujících dekadách přesouvat od vysokých počátečních investic k modelu dlouhodobých úspor a efektivity. V kontextu české energetiky to znamená zvýšení konkurenceschopnosti jaderné flotily a udržení nízkých výrobních nákladů v rámci přechodu k bezemisní ekonomice.

1.1.4.4 Provoz nových a stávajících jaderných elektráren

Bezpečný a efektivní provoz jaderných elektráren je klíčovým pilířem stabilní dodávky nízkoemisní energie. Jaderné zdroje se v evropském i globálním kontextu nacházejí ve dvojí situaci: na jedné straně je nezbytné udržet provozuschopnost stávající flotily prostřednictvím prodloužení životnosti a modernizací, na straně druhé je třeba připravit podmínky pro integraci nových zdrojů, zejména malých modulárních reaktorů (SMR). Zásadní význam mají také pokroky v bezpečnostních systémech, schopnost propojit jaderné zdroje s obnovitelnými zdroji v hybridních soustavách a využívání digitalizace a vzdáleného monitorování.

K roku 2025 je provoz jaderných elektráren charakterizován kombinací dlouhodobého využívání existujících bloků a přípravou nové výstavby, včetně malých modulárních reaktorů. Hlavní trend představuje prodloužení životnosti (Long-Term Operation, LTO), které se stalo standardní praxí v Evropě i USA. Modernizace a investice do stávajících elektráren umožňují prodloužit jejich provoz až na 60–80 let, přičemž náklady na LTO jsou řádově nižší než na výstavbu nových bloků. To činí z LTO ekonomicky nejvýhodnější cestu k udržení stabilní výroby bezemisní elektřiny.

Současně se rozvíjejí koncepty malých modulárních reaktorů (SMR), které slibují flexibilnější nasazení, kratší dobu výstavby a možnost kombinace výroby elektřiny, tepla a vodíku. V roce 2025 se většina projektů SMR nachází ve fázi demonstračních či licenčních procesů (TRL 6–8), například NuScale v USA, CAREM v Argentině nebo Linglong One v Číně.

Bezpečnost zůstává klíčovou prioritou. Moderní bloky i rekonstruované starší elektrárny využívají pasivní bezpečnostní systémy a pokročilé havarijní protokoly, které snižují závislost na zásahu operátora a zvyšují odolnost proti extrémním událostem. Tyto technologie jsou již komerčně ověřeny a široce implementovány (TRL 8–9).

Dalším trendem je integrace jaderné energetiky s obnovitelnými zdroji, zejména prostřednictvím hybridních modelů, kdy přebytečná elektřina z jádra může být využita k výrobě vodíku nebo k

akumulaci. Projekty tohoto typu jsou zatím v pilotní fázi (TRL 5–7), ale do roku 2030 se očekává jejich rozšířenější uplatnění.

Rostoucí význam má také vzdálené monitorování a digitalizace provozu. Díky pokročilým senzorům, online monitoringu a prediktivní analytice lze optimalizovat provozní náklady, předcházet poruchám a zvyšovat spolehlivost. Tyto systémy se již v řadě bloků používají (TRL 7–8) a do budoucna budou standardem.

Ekonomicky lze konstatovat, že v roce 2025 jsou LTO programy považovány za nejefektivnější způsob, jak zajistit levnou a stabilní dodávku elektřiny, s náklady na výrobu v rozmezí 30–40 USD/MWh. SMR projekty zatím nesou vyšší jednotkové náklady, jejichž snížení se očekává při sériové výstavbě po roce 2035. Investice do bezpečnostních a digitálních systémů představují zvýšení CAPEX v jednotkách procent, ale dlouhodobě přinášejí významné úspory díky snížení rizika odstávek a havárií. Integrace OZE a vodíkových technologií je ekonomicky zatím nákladnější, ale zajišťuje vyšší flexibilitu a posiluje dekarbonizační strategii.

Celkově je stav k roku 2025 charakterizován stabilním a ekonomicky výhodným provozem stávajících bloků s pokračujícím LTO, přípravami na výstavbu nových velkých bloků i SMR, a postupnou digitalizací a integrací s obnovitelnými zdroji. Jaderná energetika tak zůstává klíčovým pilířem energetické bezpečnosti a dekarbonizace.

Horizont do roku 2030 bude charakterizován především dokončováním modernizačních programů a prodloužováním životnosti velkých bloků, prvním nasazením SMR v komerčním měřítku a pilotními projekty hybridních jaderně-obnovitelných soustav. Do roku 2050 se očekává široké nasazení SMR, hlubší integrace jaderné energetiky do flexibilních nízkouhlíkových soustav a plná digitalizace provozu včetně vzdáleného monitorování a řízení.

1.1.4.4.1 Prodlužování životnosti (LTO)

Prodlužování životnosti stávajících bloků (Long-Term Operation, LTO) se stalo standardním nástrojem jaderné strategie v mnoha zemích. Modernizace bezpečnostních systémů, výměna klíčových komponent (parogenerátory, kabeláž, řídicí systémy) a zavedení pokročilých diagnostických a monitorovacích technologií umožňují bezpečný provoz i za hranicí původně projektované životnosti.

Výhled 2030: většina evropských i světových reaktorů projde procesem LTO, typicky s cílem prodloužit životnost na 60 let. Klíčovou roli sehrají důkazy o strukturální integritě tlakových nádob a spolehlivosti digitálních řídicích systémů.

Výhled 2050: vybrané bloky mohou dosáhnout až 80 let provozu. LTO se stane jedním z hlavních nástrojů, jak udržet stabilní dodávky elektřiny v době, kdy bude probíhat masivní výstavba nových reaktorů včetně SMR a velkých bloků.

1.1.4.4.2 Integrace SMR

SMR představují flexibilní a modulární řešení, které rozšiřuje možnosti jaderné energetiky směrem k decentralizované výrobě, teplárenství, vodíkovým technologiím či hybridním systémům. Jejich nasazení bude zásadním faktorem při modernizaci flotily a při nahrazování odstavených bloků.

Výhled 2030: první komerční jednotky SMR budou v provozu (Kanada, USA, možná i Evropa). Proběhne ověřování jejich technické a ekonomické proveditelnosti.

Výhled 2050: SMR budou tvořit rozsáhlou flotilu, nasazenou nejen pro výrobu elektřiny, ale také pro dálkové vytápění, průmyslové procesy a vodíkovou ekonomiku. Díky modularitě se stanou nástrojem pro rychlou dekarbonizaci a posílení energetické bezpečnosti.

1.1.4.4.3 Zvýšení bezpečnosti

Moderní jaderné bloky využívají **pasivní bezpečnostní systémy**, které minimalizují závislost na lidském zásahu či externích zdrojích energie. Tyto systémy – založené na přirozené cirkulaci chladiva, gravitačních zásobnících vody a konstrukčních principech – se již staly standardem. Současně se rozvíjejí **pokročilé havarijní protokoly**, které zahrnují postupy pro extrémní scénáře (např. kombinace přírodních katastrof).

Výhled 2030: pasivní bezpečnost bude plně standardizována ve všech nových projektech, včetně SMR.

Výhled 2050: nové generace reaktorů budou navrhovány s inherentními bezpečnostními prvky a s plně autonomními systémy řízení rizik, které využijí propojení s digitálními dvojčaty a AI.

1.1.4.4.4 Integrace obnovitelných zdrojů

Kombinace jaderné energie a obnovitelných zdrojů představuje klíč pro dosažení stabilní a nízkoemisní elektrizační soustavy. Jaderné zdroje díky schopnosti dodávat stabilní základní výkon mohou zároveň flexibilně reagovat na výkyvy obnovitelných zdrojů prostřednictvím load-following režimů nebo využitím elektřiny k výrobě vodíku či tepla pro průmysl.

Výhled 2030: pilotní projekty hybridních soustav propojujících SMR nebo modernizované bloky s obnovitelnými zdroji a akumulací.

Výhled 2050: rozšířené nasazení hybridních systémů, v nichž budou jaderné zdroje tvořit stabilizační prvek pro elektrizační soustavu a zároveň dodávat teplo a vodík. Takto integrovaná soustava bude nezbytná pro plnou dekarbonizaci.

1.1.4.4.5 Vzdálené monitorování

Vzdálené monitorování a řízení elektráren se stává důležitým prvkem efektivity a bezpečnosti. Díky digitalizaci, senzorovým sítím a kyberneticky zabezpečeným platformám je možné provádět dohled nad klíčovými parametry na dálku, a tím zvýšit flexibilitu provozu i údržby.

Výhled 2030: rozšířené využití vzdáleného monitoringu jako podpůrného nástroje provozních týmů, zejména pro prediktivní údržbu a havarijní připravenost.

Výhled 2050: plně integrovaný vzdálený dohled propojený s AI a digitálními dvojčaty, umožňující částečně autonomní řízení provozu a údržby na dálku, přičemž kybernetická bezpečnost bude klíčovou podmínkou.

Provoz jaderných elektráren bude do roku 2030 charakterizován stabilizací stávající flotily prostřednictvím LTO, nasazením prvních SMR, standardizací pasivní bezpečnosti a pilotními hybridními soustavami s OZE. Do roku 2050 se očekává plná integrace SMR do energetického mixu, rozvoj

hybridních jaderně-obnovitelných systémů, hluboká digitalizace provozu a udržení spolehlivosti stávající flotily díky LTO až k horizontu 80 let provozu.

Zvyšování bezpečnosti představuje nutnou investici, která má přímý ekonomický přínos. Po havárii ve Fukušimě investoval ČEZ do modernizace bezpečnostních systémů v Temelíně a Dukovanech přes 15 miliard Kč. Tyto investice snižují riziko dlouhodobých odstávek, které by znamenaly miliardové ztráty. Například měsíční odstávka Temelína odpovídá výpadku zhruba 2 TWh elektřiny, což při tržních cenách představuje ztrátu 4–6 miliard Kč.

Integrace jaderných bloků do hybridních soustav s obnovitelnými zdroji a akumulací bude stále významnější. Náklady na elektrolyzéry pro výrobu vodíku se v ČR pohybují mezi 10–15 miliard Kč na 1 GW kapacity. Do roku 2050 by české jaderné zdroje mohly vyrábět 200–300 tisíc tun vodíku ročně, což představuje nový tržní segment a posílení průmyslové konkurenceschopnosti.

Digitalizace a vzdálené monitorování jsou dalším faktorem efektivity. Investice do moderních systémů řízení, senzorických sítí a kybernetické bezpečnosti se pohybují v jednotkách miliard Kč, přičemž umožňují snížení provozních nákladů o 5–10 %. To odpovídá úsporám ve výši 0,5–1 miliardy Kč ročně na celý jaderný park. V horizontu roku 2050 lze očekávat plně digitalizovaný dohled s vysokou mírou autonomie.

Celkově se ekonomický profil české jaderné flotily vyznačuje stabilními náklady na LTO, vysokou návratností investic do bezpečnosti a perspektivními příležitostmi v oblasti SMR, vodíku a digitalizace. Do roku 2030 bude hlavním cílem stabilizace stávajících bloků a příprava první výstavby SMR, zatímco do roku 2050 se očekává diverzifikovaný jaderný park s kombinací velkých bloků, SMR a hybridních aplikací, který zajistí ekonomicky i ekologicky udržitelný provoz.

1.1.4.5 Vyřazování z provozu a nakládání s radioaktivním odpadem (RAW)

Vyřazování jaderných zařízení z provozu a nakládání s radioaktivním odpadem představují dlouhodobě jednu z nejnáročnějších oblastí jaderné infrastruktury. Jde nejen o technickou výzvu spojenou s dekontaminací, demontážemi a zpracováním radioaktivních odpadů, ale také o společenskou otázku důvěry veřejnosti, transparentnosti a environmentální odpovědnosti.

V roce 2025 probíhá ve světě rostoucí počet vyřazovacích projektů, zejména bloků zprovozněných v 70. a 80. letech. Dekontaminační technologie (chemické, abrazivní, laserové) jsou rutinně nasazovány a doplňovány o robotizaci pro zvýšení bezpečnosti. Demontážní techniky využívají dálkově ovládané manipulátory a řezací systémy, což zkracuje dobu odstávek a snižuje expozici pracovníků.

Nakládání s odpadem je klíčovou výzvou – nízko- a středněaktivní odpady jsou již standardně zpracovávány (lisování, cementace, vitrifikace), zatímco vysoce aktivní odpady čekají na hlubinná úložiště; nejdále je projekt Onkalo ve Finsku. Recyklace materiálů je zatím převážně v pilotních projektech a uplatňuje se hlavně pro kovy. Rekultivace lokalit probíhá u prvních odstavených bloků, ale zůstává finančně i časově náročná.

Ekonomicky patří vyřazování k nejnákladnějším částem jaderného cyklu: náklady na vyřazení jednoho velkého bloku se pohybují kolem 1 miliardy EUR, složité projekty (např. Sellafield) přesahují i 100 miliard EUR. Výzvou je také zajištění dostatečně financovaných fondů a dlouhodobá důvěra veřejnosti při výběru a výstavbě úložišť.

Strategický pohled ukazuje, že do roku 2030 bude docházet k intenzivnímu rozvoji dekontaminačních a demontážních technologií, zejména s využitím robotických systémů a digitalizace. Do roku 2050 pak bude cílem dosažení plně optimalizovaného cyklu vyřazování s minimalizací objemu odpadu, maximální recyklací materiálů a efektivní rekultivací lokalit. Klíčovou roli sehraji i hlubinná geologická úložiště, která zajistí dlouhodobé řešení vysoce aktivního odpadu.

1.1.4.5.1 Dekontaminační technologie

Pokročilé metody dekontaminace jsou nezbytné pro snížení radiační zátěže při vyřazování zařízení. Patří sem chemické dekontaminační procesy, vysokotlaké vodní trysky, abrazivní metody, laserová dekontaminace či plazmové technologie.

Výhled 2030: dojde k širšímu nasazení laserových a robotizovaných dekontaminačních metod, které umožní rychlejší, selektivní a bezpečnější dekontaminaci s nižší produkcí sekundárního odpadu.

Výhled 2050: očekává se plná integrace automatizovaných systémů schopných dekontaminace s minimálním zásahem člověka, včetně kombinace s digitálními dvojčaty pro simulaci postupů. Dekontaminace se stane vysoce efektivním procesem minimalizujícím náklady i radiační expozici pracovníků.

1.1.4.5.2 Demontážní techniky

Demontáž reaktorových komponent představuje jednu z nejnáročnějších fází vyřazování. Využívají se robotické a dálkově ovládané systémy schopné pracovat v prostředí s vysokou radiací a omezeným přístupem. Tyto technologie zahrnují robotické manipulátory, řezací systémy (diamantové pily, plazmové řezačky) a specializované roboty pro prostory reaktorové nádoby.

Výhled 2030: standardní využití robotů a dálkově ovládaných systémů při demontáži hlavních komponent. Díky digitalizaci a 3D modelování se očekává přesnější plánování a snížení doby demontážních prací.

Výhled 2050: autonomní robotické systémy s AI budou schopny provádět demontážní operace téměř bez zásahu člověka. Pokročilé materiálové technologie zlepši bezpečné řezání a manipulaci s vysoce aktivními komponenty.

1.1.4.5.3 Nakládání s odpadem

Zpracování a ukládání radioaktivního odpadu představuje klíčovou výzvu s dlouhodobým dopadem na společnost. Pro nízko a středně aktivní odpady se využívají metody lisování, cementace nebo vitrifikace. Pro vysoce aktivní odpady (HLW) je strategickým cílem vybudování hlubinných geologických úložišť.

Výhled 2030: dokončení nebo pokročilá fáze výstavby hlubinných úložišť ve vybraných zemích (Finsko – Onkalo, Švédsko, Francie). Pokroky v technologiích vitrifikace a kondicionace odpadu.

Výhled 2050: provoz několika hlubinných úložišť po celém světě, standardizace vícenásobných bariérových systémů a širší integrace metod recyklace a transmutace minoritních aktinidů s cílem minimalizovat objem a radiotoxicitu odpadu.

1.1.4.5.4 Recyklace materiálů

Recyklace se zaměřuje na využití materiálů, které po dekontaminaci splňují limity pro uvolnění do životního prostředí nebo opětovné průmyslové využití. Týká se především kovových konstrukcí, betonu a dalších objemných materiálů.

Výhled 2030: rozšíření pilotních linek pro recyklaci kovových materiálů a testování metod dekontaminace betonu. Vyšší míra opětovného využití sníží objem odpadů směřujících do úložišť.

Výhled 2050: recyklace bude standardizovaným procesem s vysokou účinností, zahrnujícím i komplexní materiály. Dojde k propojení s oběhovým hospodářstvím, kde část recyklovaných materiálů nalezne uplatnění mimo jaderný průmysl.

1.1.4.5.5 Rekultivace lokalit

Po dokončení dekontaminace a demontáže je cílem rekultivace lokalit jejich opětovné začlenění do krajiny nebo další průmyslové využití. Tento proces zahrnuje odstranění zbytkové kontaminace, úpravu terénu a environmentální monitoring.

Výhled 2030: realizace rekultivací u prvních velkých bloků odstavených v 90. letech. Vzniknou metodiky pro environmentálně udržitelnou rekultivaci s důrazem na transparentní komunikaci s veřejností.

Výhled 2050: standardem bude úplná rekultivace lokalit umožňující jejich nové využití, ať už pro energetiku, průmysl, nebo rekreační účely. Cílem bude zanechat „nulovou stopu“ s minimálním environmentálním dopadem.

Vyřazování jaderných zařízení z provozu a nakládání s odpady se stane jednou z klíčových oblastí jaderné strategie 21. století. Do roku 2030 bude probíhat především konsolidace dekontaminačních a demontážních technologií, budování hlubinných úložišť a první komplexní rekultivace lokalit. Do roku 2050 bude vyřazování charakterizováno autonomními robotickými systémy, vysokou mírou recyklace materiálů, provozem hlubinných úložišť a úplnou environmentální obnovou lokalit.

Zdroje:

<https://www.bcg.com/capabilities/digital-technology-data/emerging-technologies/expert-insights/john-paschkewitz-sumit-verma>

<https://www.bcg.com/publications/2023/rapid-energy-transformation-benefits-nature-and-climate>

<https://www.bcg.com/publications/2023/ecosystems-and-the-future-of-green-tech>

<https://www.bcg.com/publications/2024/biogas-can-help-global-shipping-go-green>

<https://www.hytep.cz/o-vodiku/ve-zkratce>

<https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/technologie/palivovy-clanek.html#application>

<https://www.bcg.com/publications/2023/accelerating-global-hydrogen-trade>

<https://www.precedenceresearch.com/waste-to-energy-market>

<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-023-31186-0>

[HTTPS://CHEMISTRY-](https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/open.202100184)

[EUROPE.ONLINELIBRARY.WILEY.COM/DOI/10.1002/OPEN.202100184](https://chemistry-europe.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/open.202100184)

<https://investingnews.com/how-thermolysis-could-solve-the-worlds-growing-waste-problem/>

<https://straitsresearch.com/report/plastic-to-fuel-market>

<https://www.startus-insights.com/innovators-guide/recycling-technology-trends-innovation/#chemical-recycling>
https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/less-one-fifth-eu-plastic-was-recycled-2019-2025-targets-can-be-still-reached-2024-01-25_en
<https://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/fotovoltaicka-elektrarna-princip-funkce-a-soucasti>
<https://straitresearch.com/report/solar-photovoltaic-market>
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544221007167>
<https://straitresearch.com/report/wind-power-market>
<https://csve.cz/clanky/potencial-vetrne-energie-cr/495>
<https://energie21.cz/vetrna-energetika-ma-v-cesku-velky-potencial/>
<https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie-pro-deti/vetrna-energie-pro-deti/vetrna-elektrarna/jak-funguje>
<https://www.elektrina.cz/jak-funguji-vetrne-elektrarny>
<https://straitresearch.com/report/hydropower-generation-market>
<https://www.epet.cz/jak-funguje-geotermalni-elektrarna-vyhody-a-nevyhody/>
<https://straitresearch.com/report/geothermal-heat-pumps-market>
<https://euractiv.cz/section/energetika/interview/experti-mapuji-potencial-geotermalni-energie-v-cr-dalsimu-rozvoji-brani-diry-v-legislative/>
<https://www.svetenergie.cz/cz/energetika-zblizka/obnovitelne-zdroje-energie/geotermalni-elektrarna/vyklad>
<https://straitresearch.com/report/waste-heat-recovery-market>
https://www.mpo.cz/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/tepelna-cerpadla-_prodeje-2010_2023--275595/
<https://straitresearch.com/report/heat-pump-market>
<https://straitresearch.com/report/solar-heating-and-cooling-system-market>
[Organic Rankine Cycle Market Size and Insights 2030 \(sanglobalresearch.com\)](https://www.sanglobalresearch.com/organic-rankine-cycle-market-size-and-insights-2030)
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/green-deal-industrial-plan/european-critical-raw-materials-act_cs
<https://www.mpo.gov.cz/assets/cz/prumysl/politika-druhotnych-surovin-cr/2019/8/Politika-druhotnych-surovin-CR.pdf>
[https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cirkularni_cesko/\\$FILE/OODP-Cirkularni_Cesko_2040_web-20220201.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/cirkularni_cesko/$FILE/OODP-Cirkularni_Cesko_2040_web-20220201.pdf)
https://czechia.representation.ec.europa.eu/komise-predlozila-pravidla-pro-vodik-z-obnovitelnych-zdroju-2023-02-13_cs

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1184>

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1185>

<https://www.hytep.cz/o-vodiku/vodikovy-slovník/delegovaný-akt>

Dekarbonizace a role jaderné energie

- [1] International Energy Agency, Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector, 2021. Dostupné z: <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>
- [2] International Energy Agency, Nuclear Power in a Clean Energy System, 2019. Dostupné z: [<https://www.iea.org/reports/nuclear-power-in-a-clean-energy-system>]
- [3] World Nuclear Association, Nuclear Power and Climate Change, 2023. Dostupné z: [<https://www.world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/nuclear->

energy-and-sustainable-development.aspx](https://www.world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/nuclear-energy-and-sustainable-development.aspx)

Malé modulární reaktory (SMR)

- [4] International Atomic Energy Agency, Advances in Small Modular Reactor Technology Developments, 2022. Dostupné z: https://www.iaea.org/topics/small-modular-reactors
- [5] OECD Nuclear Energy Agency, Small Modular Reactors: Challenges and Opportunities, 2021. Dostupné z: https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_52710/small-modular-reactors-challenges-and-opportunities

Thoriové palivové cykly

- [6] World Nuclear Association, Thorium as a Nuclear Fuel, 2023. Dostupné z: https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/thorium.aspx
- [7] International Atomic Energy Agency, Thorium Fuel Cycle – Potential Benefits and Challenges, 2005. Dostupné z: https://www.iaea.org/publications/7250/thorium-fuel-cycle-potential-benefits-and-challenges

Recyklace jaderného odpadu

- [8] OECD Nuclear Energy Agency, Recycling and Reuse of Materials Arising from the Decommissioning of Nuclear Facilities, 2020. Dostupné z: https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_52710/recycling-and-reuse-of-materials-arising-from-the-decommissioning-of-nuclear-facilities
- [9] International Atomic Energy Agency, Management of Spent Fuel from Nuclear Power Reactors, 2021. Dostupné z: https://www.iaea.org/publications/14714/management-of-spent-fuel-from-nuclear-power-reactors

Fúzní technologie

- [10] ITER Organization, What is Fusion?, 2023. Dostupné z: https://www.iter.org/sci/Fusion
- [11] International Atomic Energy Agency, Fusion Energy: Status and Prospects, 2022. Dostupné z: https://www.iaea.org/topics/energy/fusion

Digitalizace a automatizace v jaderné energetice

- [12] World Nuclear Association, Nuclear Power in the 21st Century: Digitalisation and Innovation, 2022. Dostupné z: https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-21st-century.aspx

nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/nuclear-power-in-the-21st-century.aspx)

- [13] International Atomic Energy Agency, Digitalization in Nuclear Power Plants, 2021. Dostupné z: <https://www.iaea.org/publications/14768/digitalization-in-nuclear-power-plants>

Udržitelnost a cirkulární ekonomika

- [14] United Nations, Goal 7: Affordable and Clean Energy, 2023. Dostupné z: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/energy/>

- [15] International Atomic Energy Agency, Nuclear Technology for Sustainable Development, 2021. Dostupné z: <https://www.iaea.org/topics/sustainable-development>

Energetická bezpečnost

- [16] International Energy Agency, Energy Security, 2023. Dostupné z: <https://www.iea.org/topics/energy-security>

- [17] World Nuclear Association, Nuclear Power and Energy Security, 2023. Dostupné z: <https://www.world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/nuclear-power-and-energy-security.aspx>

Pokročilé materiály a hybridní systémy

- [18] OECD Nuclear Energy Agency, Advanced Nuclear Reactor Systems and Future Energy Market Needs, 2020. Dostupné z: [https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_52710/advanced-nuclear-reactor-systems-and-future-energy-market-needs](https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_52710/advanced-nuclear-reactor-systems-and-future-energy-market-needs)

- [19] International Atomic Energy Agency, Advanced Materials for Nuclear Energy Applications, 2021. Dostupné z: <https://www.iaea.org/publications/14767/advanced-materials-for-nuclear-energy-applications>

1.2 Distribuce a přenos energie

1.2.1 Konvenční energetika

V USA, Japonsku, většině evropských zemí včetně ČR jsou elektrické sítě nadměrně dimenzované schopné přenést i několiknásobek běžně dodávaného množství energie. Nicméně i tyto potřebují vzhledem k nadcházející elektrifikaci dopravy a řady sektorů průmyslové výroby (vč. Např. Hutnictví a těžkého strojírenství) další investice.

Modernizace a dekarbonizace sítě zahrnuje tři hlavní úkoly. Jedním z nich je urychlení instalace kapacity pro výrobu obnovitelných zdrojů; aby míra globálního oteplování nepřekročila 1,5 °C, odhaduje se, že by se globální rychlost instalace musela zvýšit ze 3 gigawattů za týden na 15 až 18 gigawattů. Dalším úkolem je přidat kapacitu pro ukládání energie, aby bylo možné zvládnout výkyvy sluneční a větrné energie. Poslední je modernizace přenosové a distribuční sítě, aby se do ní vešlo více technologických aplikací před a za elektroměrem.

Následující technologie přinášejí možná řešení, jak postupný přechod k nízkouhlíkové distribuční síti zefektivnit.

Dlouhodobé skladování. I při klesajících nákladech na solární a větrnou energii a také na levnější lithium-iontové baterie jsou tyto technologie nepraktické jako jediný zdroj energie z rozvodné sítě. Řešením je dlouhodobé skladování energie, které dokáže uložit dostatek energie pro zásobování sítě po dobu dvou týdnů nebo déle (typické období omezené výroby obnovitelných zdrojů na mnoha trzích). Pro srovnání, lithium-iontové baterie dokážou poskytnout záložní energii levně po dobu pouhých čtyř hodin. Při vyrovnaných nákladech nižších než 20 USD za kilowatthodinu by dlouhodobé skladování učinilo 100 procent obnovitelných systémů nákladově konkurenceschopnými ve státech USA s dostatkem větrných a solárních zdrojů. Náklady na skladování ve výši 150 USD za kilowatthodinu by umožnily velmi vysokou penetraci větrné a sluneční energie za předpokladu, že energetické systémy budou zahrnovat také silné řízení na straně poptávky, záložní plynové turbíny nebo větší integraci regionálních přenosových sítí. Objevují se různé technologie skladování energie –na plyn, průtokové baterie a stlačený nebo zkapalněný vzduch. Na tomto trhu jsou aktivní velké i malé společnosti a začínající podniky jsou průkopníky pokročilejších možností, jako jsou mechanické systémy a modulární přečerpávací vodní elektrárny.

Pokročilé ovládání. Dnes je úroveň využití sítě v průměru pod 50 procenty, protože síť je postavena pro dobu špičkové poptávky a její výkon se zhoršuje v extrémním horku nebo chladu. Vzhledem k tomu, že se na okraji sítě, v domácnostech a komerčních budovách, nasazuje více obnovitelných zdrojů a úložných systémů, zkomplikují provoz rozvodných sítí. Odolnost, flexibilitu, bezpečnost a efektivitu lze zlepšit pomocí technologií, jako jsou polovodičové transformátory, pokročilé flexibilní AC regulátory, které umožňují lépe kontrolovaný tok sítě, a vysokonapěťové DC technologie pro datová centra.

Software a komunikace. Tradiční elektrické sítě využívají k udržení rovnováhy záložní elektrárny. Provoz těchto rezervních zařízení je drahý, ale mohou rychle reagovat, když poptávka kolísá. Moderní elektrické sítě by se spoléhaly na ultrarychlou komunikaci, aby udržely rovnováhu sítě řízením každého zařízení v síti. Softwarově definovaná inerciální substituce (pro udržení rovnováhy sítě, když je méně rotujících rezerv), pokročilé řízení „volt-var“ (pro udržení správného napětí na dlouhých přenosových vedeních nebo na vysoce přetížených městských sítích) a celosíťové přístrojové vybavení pro monitorování stavu a eliminaci chyb by pomohla utilitám odhalit problémy a zabránit výpadkům. Distribuovaný software pro energetický management může koordinovat všechny tyto prvky. Digitalizované sítě budou vyžadovat lepší ochranu kybernetické bezpečnosti.

Integrace vozidla do sítě. S postupným rozvojem elektromobility přicházejí v úvahu velké baterie u příjezdových cest a v garážích, které by mohly být připojeny k síti, aby poskytly kapacitu pro skladování energie. Jeden milion typických elektromobilů by nabídl asi 75 gigawattů úložiště, což je stokrát více než poskytuje dnešní největší skladovací zařízení v užitkovém měřítku. Rezidenční záložní baterie přidávají další. Provedení této integrace vyžaduje technologie, jako jsou invertory, které propojují střešní solární, nástěnné baterie, baterie EV a síť, stejně jako rychlé nabíječky, které chrání síť před špičkami poptávky a zároveň udržují baterie EV plné.

Integrace mezi budovami a sítí. Se zlepšujícím se řízením energie v budovách mohou být budovy zapojeny do sítě – to znamená, že je lze použít k napájení – způsoby, které zlepšují výkon systému. Budovy s akumulací energie nebo kogenerací by mohly dodávat elektřinu do sítě v případě potřeby a vytvářet příjem pro své vlastníky. A pokud by elektrárenská společnost mohla mírně snížit poptávku po energii v centrální městské čtvrti signalizací budovám, aby ztlumily světla (a eventuálně je pokryly z vlastní baterie či kogenerační jednotky), dokázala by se vyrovnat s prudkými nárůsty poptávky levněji než zapnutím plynové elektrárny.

Vysoce účinné materiály. Vědecký pokrok by mohl produkovat materiály pro širokou škálu aplikací v oblasti čisté energie. Solární články vyrobené s perovskity, speciálním typem krystalu, by mohly překonat běžné křemíkové solární články – a jejich výroba je levnější. Grafen, plát uhlíku o tloušťce jednoho atomu, by mohl způsobit revoluci v bateriích (zvýšením vodivosti a skladovací kapacity), solárních článcích (nabízením kontaktů s vynikající vodivostí s nižším blokováním světla) a vysoce účinných přenosových vedeních pro přenos energie ze vzdálených produkčních míst pro výrobu energie z obnovitelných zdrojů.

Všechny výše uvedené technologické komponenty (zejména technologie pro dlouhodobé skladování, software a komunikační technologie a pokročilé ovládání) budou postupně přispívat ke zvyšování výkonu a odolnosti distribučních sítí včetně jejich vzájemné efektivní integrace mezi úrovněmi sítí vysokého a nízkého napětí. U sítí nízkého napětí budou v rámci jejich modernizace a napojení na síť vysokého napětí hrát klíčovou roli také energetické komunity, jejichž proces zakládání a zahájení činnosti již započal (blíže viz kap. 1.2.3.).

1.2.2 Integrované regionální energetické systémy

Integrované regionální energetické systémy jsou novým trendem pro současné zajištění pokračující dekarbonizace sektoru energetiky, posílení odolnosti regionálních energetických a distribučních soustav a zlepšení cenové dostupnosti energií jak pro občany, tak i veřejné instituce a firmy. Tento trend nabírá na síle zejména od roku 2022 v reakci na energetickou krizi vyvolanou válečným konfliktem na Ukrajině a nutností eliminovat závislost na dovozu energetických komodit z Ruska. Do integrovaných regionálních energetických systémů náleží zejména komunitní energetika, positive energy districts, modely decentralního teplotního, řízení decentralní lokální energetiky, aj.

Stejně jako klasická “velká” energetika i tyto dílčí energetické systémy na regionální úrovni budou ovlivněny novými podmínkami cenové regulace energií, jelikož momentálně běží veřejný konzultační proces k metodice cenové regulace pro 6. regulační období pro období 2026 – 2030.

Příklon k obnovitelným zdrojům energie a decentralizace energetiky vyvolávají nové požadavky na investice do energetických soustav. Do budoucna je třeba navýšit nejen kapacitu elektrických sítí pro připojování nových zdrojů, ale také posílit jejich flexibilitu, aby si síť dokázala poradit s čím dál většími výkyvy ve výrobě energie, což předpokládá zavádění nových technologií v oblasti jejich provozu i řízení. Společně s digitalizací energetiky pak nabývá na důležitosti zajištění kyberbezpečnosti.

Podstatný vliv má dekarbonizace, a to nejen v oblasti elektroenergetiky, ale i v plynárenství, kde je plánován postupný přechod na nízkoemisní plyny. V případě plynárenství se ERÚ musí zároveň vypořádat se zásadními změnami v tocích plynu, ke kterým dochází v souvislosti s válkou na Ukrajině.

Je navrženo zavést nový prvek motivační cenové regulace, kdy budou regulované společnosti muset plnit řadu konkrétních cílů. Jedním z nich jsou například dodatečné investice do efektivnějšího provozu soustav nebo realizace investic vedoucích ke snížení technických ztrát a rozšiřování digitalizace a automatizace.

Konzultační proces k návrhu budoucí metodiky cenové regulace, který je včetně dokumentů veřejně přístupný na webových stránkách ERÚ, zahájil úřad 31. srpna 2024. Připomínky je možné zasílat do 20. listopadu 2024. Následující měsíc, tedy do 20. prosince 2024, proběhne veřejné projednání zaslaných připomínek. Finální podoba metodiky bude zveřejněna do konce února 2025 a účinnosti nová pravidla nabudou k 1. lednu 2026.

1.2.2.1 Komunitní energetika

V případě komunitní energetiky se jedná spíše o trend koncepční, nikoliv technologický, nicméně i tento trend bude mít do budoucna poměrně významný vliv na kapacitu, kvalitu, spolehlivost a životnost elektrických distribučních sítí. Podpora vzniku a rozvoje energetických komunit prostřednictvím řady nástrojů legislativního a finančního charakteru je ve vyspělých zemích již v plném proudu, v ČR je momentálně na začátku. Byla přijata první klíčová legislativa k energetickým komunitám (Lex OZE 2) upravující právní možnosti založení a ekonomického fungování těchto komunit, čeká se na další návaznou legislativu (Lex OZE 3), která bude blíže upravovat technické parametry fungování energetických komunit uvnitř v jejich gridech i vně (ukládání a sdílení energie – napojení energetických zdrojů komunit a jejich akumulčních kapacit na distribuční síť nízkého napětí včetně pozdějších možných přetoků i do sítí vysokého napětí, apod.). Zároveň je v přípravě řada dotačních programů pro podporu zakládání a činnosti energetických komunit. Byla již vypsána a uzavřena výzva v NPO č. 7/2023, připravují se první výzvy v Modernizačním fondu – programu Komuenerg a v dalších relevantních dotačních programech.

Obecně lze konstatovat, že momentální podmínky pro zakládání a zahájení činnosti energetických komunit jsou v ČR zatím pouze provizorní. Proces přípravy a vyhlášení dotačních programů na podporu energetických komunit de facto předběhl procesy legislativně-organizační, jejichž absence neumožňuje současným energetickým komunitám fungovat v plném rozsahu.

Klíčovými úkoly k dosažení plné a vyvážené funkčnosti ekosystému energetických komunit na komunální i celonárodní úrovni nadále zůstávají nutné posílení nízkonapěťových distribučních sítí, zřízení Energetického datového centra pro monitorování a vyhodnocování energetických toků, návazně na něj odstranění stávajícího omezení činnosti energetických komunit na max. 1000 odběrných míst či výroben elektřiny (na území max. 3 správních obvodů obcí s rozšířenou působností, potažmo hlavního města Prahy), a instalace inteligentních elektroměrů v širším rozsahu (momentálně je plánován pouze testovací selektivní roll out u vybraných odběratelů s roční spotřebou elektřiny větší než 6000 MWh na sítích nízkého napětí v období od 1.7.2024 do 30.6.2027).

Po zahájení plného provozu energetických komunit (za předpokladu implementace všech výše popsanych opatření) se očekává, že tyto energetické komunity sehraji zásadní roli v akumulaci energie a řízení energetických toků na sítích nízkého napětí. K tomu však bude potřeba také úzké spolupráce s provozovatelem distribučních sítí na principu vzájemného propojení gridů energetických komunit a sítí NN s využitím výše popsanych technologií (viz kap. 1.3.1 – technologie pokročilého ovládání, mezi které patří např. polovodičové transformátory, pokročilé flexibilní AC regulátory a softwarové a komunikační nástroje zahrnující např. inerciální substituci, pokročilé řízení „volt-var“, celosíťové přístrojové vybavení pro monitorování stavu a eliminaci chyb – všechny tyto prvky budou muset být koordinovány distribuovaným softwarem pro energetický management v rámci postupně implementovaných digitalizovaných sítí). Všechny tyto popsané technologie budou však muset být modulárně ve vzájemné synchronizaci instalovány

a provozovány nejen na sítích nízkého napětí, ale i v rámci přemostění sítí nízkého a vysokého napětí, přičemž toky mezi těmito sítěmi („zdola nahoru“) budou postupně čím dále tím více ovlivňovány výrobními a distribučními aktivitami energetických komunit.

Zdroj: Vlastní zpracování – Diagnostická zpráva o zavádění energetických komunit v českých regionech
spravedlivé transformace pro Evropskou komisi

1.2.2.2 Positive Energy Districts

Pozitivní energetické čtvrti (Positive Energy Districts – PED) jsou energeticky účinné a flexibilní městské oblasti nebo skupiny propojených budov, které produkují čisté nulové emise skleníkových plynů a aktivně řídí roční místní nebo regionální nadprodukce obnovitelné energie.

Vyžadují integraci různých systémů a infrastruktury a interakce mezi budovami, uživateli a regionálními systémy energetiky, mobility a informačních a komunikačních technologií při současném zabezpečení dodávek energie a dobré životní úrovně pro všechny v souladu se zásadami sociální, ekonomické a environmentální udržitelnosti.

Energetický systém PED

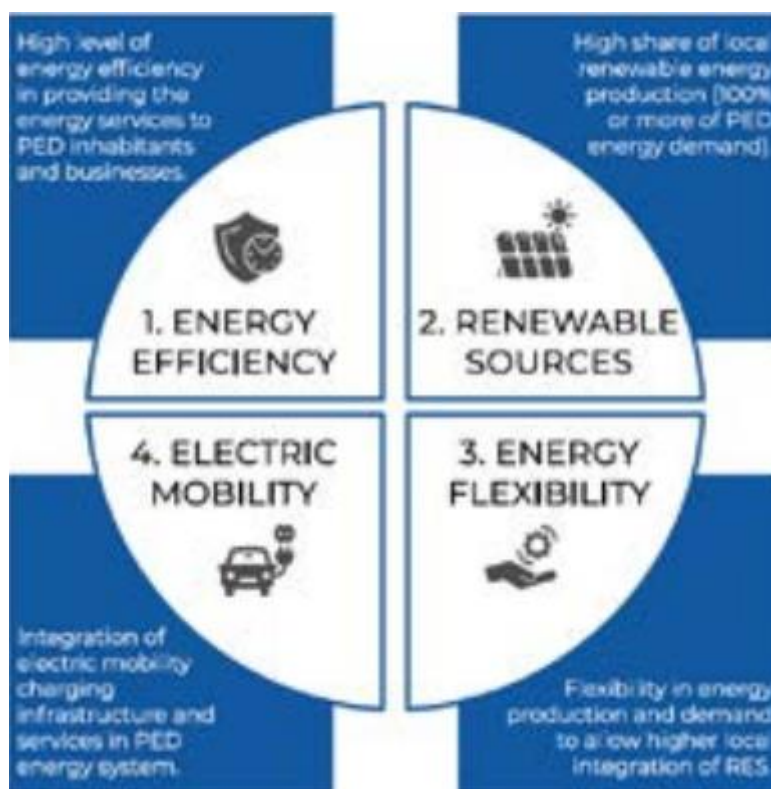
PED se vyznačuje dosažením pozitivní energetické bilance v daném území. Vymezení území energetického systému PED není jednoznačné. Takové území může být geografické nebo virtuální. Ve všech případech bude vymezená lokalita daného energetického systému zahrnovat virtuální komponentu prostřednictvím připojení k inteligentní síti.

Optimální návrh PED a odpovídající úroveň přebytečné energie lze určit pouze v širším kontextu energetického systému a v rámci upscalingové strategie. Konkrétní „energetické teritorium“ musí být nastaveno pro návrh inteligentní sítě a propojení, jakož i pro hodnocení reálných přínosů a výkonu. Nicméně je třeba vzít v úvahu, že hranice určitého „energetického teritoria“ nejsou trvalé a jsou rovněž do určité míry nejednoznačné. Přísné zaměření se na stanovení konkrétních hranic, uvnitř který musí být pilotní PED energeticky pozitivní za každou cenu, by dokonce mohlo bránit upscalingu.

Čtyři pilíře energetických systémů PED

Vysoká úroveň energetické účinnosti a výroba obnovitelné energie jsou zřejmými pilíři návrhu PED. Energetická flexibilita má dále umožnit vyšší úroveň integrace obnovitelných zdrojů v městských oblastech. Ve městech s plány na rozšíření e-mobility lze do energetického systému integrovat také nabíjecí infrastrukturu a poptávku po nabíjení, stejně jako služby e-mobility. Protože tomu tak bude ve většině měst, která zvažují PED, e-mobilita se objevuje jako čtvrtý pilíř PED.

Obrázek 25: Čtyři pilíře PED



Pro každého zúčastněného aktéra musí být identifikovány vhodné obchodní modely. Typické modely podnikání, které jsou relevantní pro čtyři pilíře energetických systémů PED, jsou uvedeny níže. Většina z těchto obchodních modelů již v praxi existuje, přičemž tou hlavní výzvou a zároveň inovací jako takovou je v rámci PEDs zkombinovat několik z nich.

PRO ENERGETICKOU ÚČINNOST:

Energetická renovace budov může profitovat z několika obchodních modelů, přizpůsobených různým typům budov a potřebám jejich majitelů:

- V rámci tzv. one-stop-shop obchodního modelu;
- V rámci smlouvy založené na modelu EPC (Energy Performance Contract);

Existuje mnohem více způsobů, jak financovat městské (energetické) renovační projekty. Místní veřejné instituce tímto mohou převzít vedoucí roli ve vytváření inovativních investičních schémat.

PRO VÝROBU OBNOVITELNÉ ENERGIE:

Rozvoj místní výroby obnovitelné energie v rámci PED může být rovněž založen na různých obchodních modelech. Níže následují některé příklady netýkající se odděleného vlastnictví jednoho vlastníka:

- Na střeše budovy integrované PV (BIPV) nebo model pronájmu půdy;
- Pronájem zařízení na výrobu obnovitelné energie;
- Energetické družstvo je nezisková organizace pro výrobu zelené energie a její spotřebu, která vykonává stejnou činnost jako jakýkoli jiný maloobchodník nebo firma vyrábějící energii;
- Nastavení daného PED, v rámci něhož lze lokální výrobu elektřiny kombinovat s lokální výrobou tepla a chladu. Většina podnikatelských modelů v energetice zahrnuje do určité míry veřejný sektor, ať už jako místního tvůrce politik, plánovače, regulátora nebo spotřebitele, nebo často přímo prostřednictvím částečného nebo úplného vlastnictví projektů.

PRO FLEXIBILITU ENERGETICKÉHO SYSTÉMU:

Energetickou flexibilitu, spočívající v přizpůsobení spotřeby energie (případně výroby), na potřeby energetického systému, lze kombinovat s dalšími pilíři energetických systémů PED, zejména výrobou energie a elektrickou mobilitou. Následující obchodní modely ilustrují koncept energetické flexibility:

- Reakce na poptávku spočívá ve snížení, resp. zvýšení úrovně zatížení spotřebitelů po nějakou dobu, kdy cena elektřiny dosáhne dostatečně vysoké/nízké úrovně;
- Svou roli hrají i tarifní struktury. Pokud bude předmětem vyúčtování spíše kapacita elektřiny než množství nakoupené elektřiny, životaschopnost flexibility nabídky se může zvýšit;
- Také služby tepelné flexibility v systému místního vytápění přináší nové výhody;
- Tyto činnosti mohou probíhat pod záštitou Společenství pro obnovitelné zdroje energie (REC) nebo Občanského energetického společenství (CEC), jak bylo definováno Evropskou komisí.

PRO ELEKTRICKOU MOBILITU:

Elektrická mobilita může pěkně doplňovat další pilíře energetického systému PED:

- Prostřednictvím nabídky mobility jako služby (MaaS);
- Když jsou elektrická vozidla dobře rozmístěna a technologie to umožňuje, chytré nabíjení (Smart Charging) nebo vehicle-to-grid (V2G) může doplňovat reakci na poptávku po energii ze strany budov úpravou nabíjecí zátěže nebo dokonce vybíjením autobaterií v závislosti na potřebách energetického systému;
- Zavedením městské logistiky nákladní dopravy (UFL).

PEDs versus místní energetické komunity

PEDs se mohou v blízké budoucnosti “přetavit” na místní energetická společenství pro zprovoznění jejich energetických systémů a trhů. Regulační rámec EU poskytuje dvě definice ztělesňující stejný princip, avšak s nepatrnými rozdíly: Společenství pro obnovitelnou energii (RECs – podle směrnice o energii z obnovitelných zdrojů) a Občanská energetická společenství (CECs – pod směrnice o elektřině). RECs a CECs jsou výsledkem implementace balíčku Čistá energie EU pro všechny Evropany. Následně, u přepracovaných směrnic EU v oblasti energetiky se očekává, že se postupně stanou novými vhodnými předpisy upravujícími PEDs.

1.2.2.3 Modely decentrálního teplotního

V současné době ustupují po desetiletí zaběhané systémy centrálního zásobování teplem (CZT) do pozadí, jelikož teoreticky dnes každý majitel rodinného domu či sdružení vlastníků bytových jednotek může mít nainstalované tepelné čerpadlo, solární kolektor či jinou jednotku pro výrobu tepla z obnovitelných zdrojů. Vyrobené teplo je možné mezi vlastníky rodinných a panelových domů v případě jeho přebytku sdílet, a to prostřednictvím výše popsanych energetických komunit či PED. Zejména se jedná o energetické komunity zřízené dle RED II, tzv. Společenství obnovitelných zdrojů energie. Jak již bylo výše uvedeno, současná národní legislativa k energetickým komunitám je připravena částečně, v platnost již vstoupilo Lex OZE II (Lex OZE II (schválen 2023, účinnost 2024 – komunitní energetika a sdílení elektřiny) definující organizačně-právní podmínky fungování a zakládání energetických komunit, čeká se ještě na Lex OZE III (schválen březen 2025 – akumulace, agregace a flexibilita), které blíže upřesní technické parametry fungování těchto komunit (možnosti ukládání energie, jejího sdílení, napojení na distribuční síť, apod.).

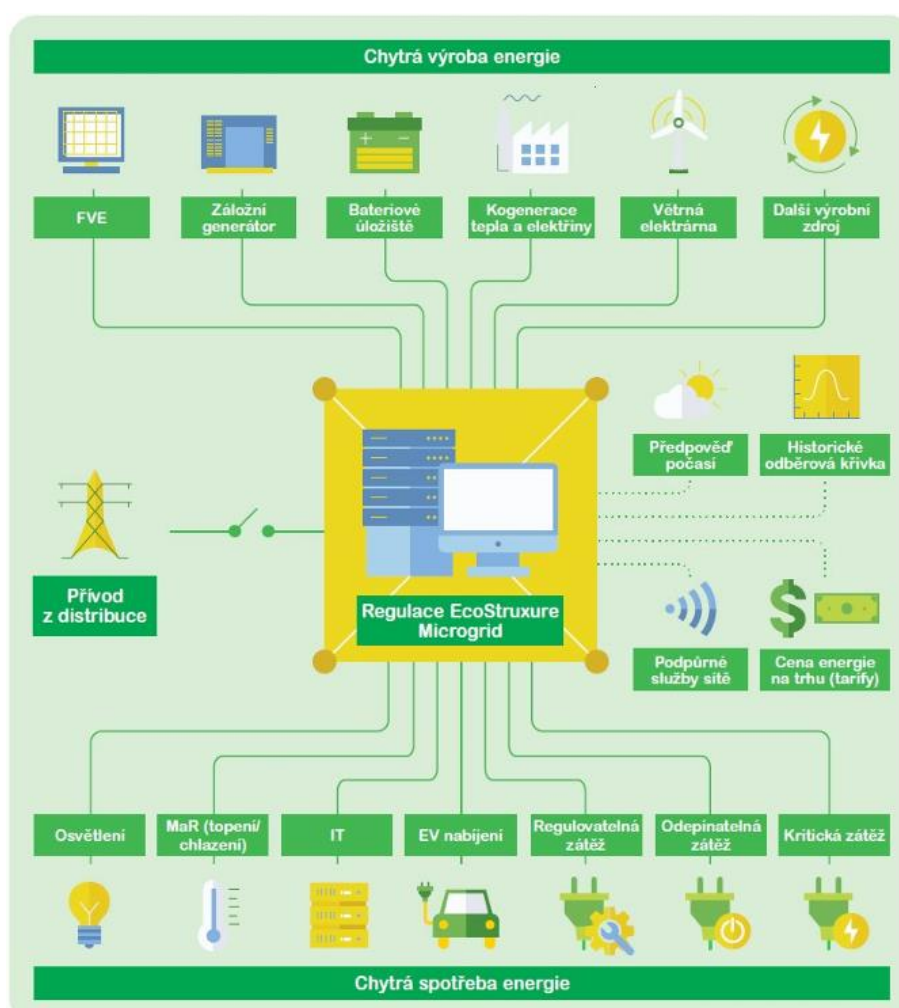
Neznamená však, že CZT jako takové jsou již na okraji zájmu, a že je není možné integrovat do soustav pro výrobu, distribuci a spotřebu tepla v rámci energetických komunit. Lze tak učinit např. ve formě hybridní výroby tepla s optimální kombinací zdrojů jako jsou např. kotle na plyn, biomasu či odpady, fotovoltaika s maximalizací využití jejího výkonu, kaskády tepelných čerpadel a elektrokotlů. Pozitivním důsledkem této kombinace je pak zachování disponibilního výkonu stabilních zdrojů tepla a tedy navýšení bezpečnosti dodávek tepla. Systém může být doplněn o akumulaci do teplé vody, případně baterie, pro vykrýetí časového nesouladu mezi produkcí elektřiny a spotřebou tepla. Pro dosažení optimálních ekonomických výsledků

může být systém navržen rovněž tak, aby využíval principu nákupu elektřiny v době denních minimálních cen.

1.2.2.4 Řídicí systémy pro decentralní lokální energetiku

Řídicími systémy pro decentralní lokální energetiku se mají na mysli zejména tzv. inteligentní (smart) řídicí systémy pro mikrosítě (mikrogridy). Efektivní řízení mikrogridů pomocí optimalizovaných a vzájemně spárovaných řídicích softwarů, rozvaděčů, měničů, bateriových a jiných úložišť (např. vodík) přináší mikrosíti v rámci určité energetické komunity či PED úsporu nákladů, dynamické tarify, možnosti prodeje energie v rámci mikrosítě i do běžné distribuční sítě navenek včetně poskytování podpůrných provozních služeb pro danou mikrosítě a možnosti přechodu do ostrovního režimu. Výsledkem pak je snížení uhlíkové stopy, maximální využití energie z obnovitelných zdrojů a zvýšení spolehlivosti napájení.

Obrázek 26: Ilustrační schéma řídicího systému mikrogridu



Řídicí algoritmus řídicí jednotky mikrosítě je vesměs koncipován dle optimalizačních kritérií jako jsou maximalizace zisku a s ní související prodej elektřiny, požadavky na flexibilní dodávky tepla, predikce energetických toků, monitoring spotového trhu včetně také zahrnutí v potaz známých technologických omezení jakou jsou zejména opotřeбенí baterií a technické limity služeb výkonové rovnováhy.

1.2.2.5 Program CET Partnership

K výše popsané problematice integrovaných regionálních energetických systémů je velmi vhodný evropský komunitární program CET (Clean Energy Transition) Partnership, který umožňuje financovat projekty zaměřené na danou tematiku, a do něhož by bylo možné předkládat nové výzkumné projekty NCE II. Jednou z velmi zajímavých vyhlášených výzev je stejnojmenná výzva Integrované regionální energetické systémy, která je blíže popsána v následujících statích.

TRLs relevantní pro výzvu: na začátku projektu 4 – 6, na konci 7 nebo výše

Složení projektového konsorcia:

Je podporována účast veřejných a soukromých organizací nebo sítí a klastrů, příp. dalších podobných iniciativ.

- Soukromé ziskové společnosti
- Veřejné orgány (obce, místní a regionální samosprávy)
- Inovační klastry
- Poskytovatelé a operátoři infrastruktury
- Mezuregionální a nadnárodní inovační ekosystémy jako např. klastrové sítě a start-up sítě
- Středoškolské a vysokoškolské instituce
- Výzkumné organizace

Rozpočet projektu: indikativně v rozsahu 1,5–5 mil. EUR

Cíle výzvy

Tento modul výzvy, v návaznosti na výzvu CETpartnership TRI579, má za cíl přispět k naplnění regionálních výzev energetické transformace, a sice podporou vlastníků energetických potřeb v regionálním/geografickém kontextu vyvíjet modelová systémová řešení, která lze přenést do jiných regionů. Tato řešení by měla poskytnout příležitosti a synergie pro aktivní účast v energetickém systému a mít vysoký potenciál pro implementaci. Řešení by měla být replikovatelná, tj. měla by existovat vysoká pravděpodobnost, že řešení se může replikovat v podobných prostředích po celé Evropě. Protože dopad projektů je pro tuto výzvu klíčový, je vhodnější, aby se projekty zaměřovaly na regiony a sektory s vysokým potenciálem pro zlepšení.

Zaměření výzvy

Tato výzva podporuje projekty, které demonstrují, jak místní zainteresované strany, předpisy a trhy aplikují různé technologie na různých úrovních, aby spolupracovaly v integrovaném systému pro řešení regionálních výzev v oblasti energetické tranzice.

Následují některé příklady regionálních výzev pro energetickou transformaci, i když žadatelé mohou také zvolit vlastní výzvu týkající se relevantního aktuálního tématu s vlastním přístupem k jeho řešení:

- Zvýšit podíl obnovitelných zdrojů napříč všemi energetickými sektory a/nebo celkovou energetickou účinnost v regionu pomocí chytrých řešení,
- Zvýšit udržitelnost a cirkularitu v celém hodnotovém řetězci obnovitelných zdrojů energie,
- Zvýšit sezónní transfer energie vyrobené z obnovitelných zdrojů v cílovém regionu,
- Zvýšit akumulační kapacitu systému pro snížení energetické závislosti a zlepšení přidané hodnoty energie vyrobené/akumulované v regionu,
- Zvýšit odolnost regionálního energetického systému,
- Demonstrovat a ověřovat řešení k překonání energetické chudoby a přispět ke spravedlivé energetické tranzici,
- Umožnit občanům, vlastníků energetické infrastruktury a dalším zúčastněným stranám účast v souvisejících hodnotových řetězcích.

Výzva podporuje portfolio projektů zabývajících se řešeními pro různé regionální podmínky s cílem integrovat je na evropské úrovni. Koncept projektu může být volně popsán konsorciem podle jeho vnímání toho, co je relevantní v daném specifickém geografickém kontextu, např. v průmyslovém, příp.

zemědělském prostředí, s využitím větrné, sluneční či jiné energie a může nebo nemusí zahrnovat geografický terén (např. pláně nebo horská údolí), specifickou infrastrukturu, jako je topná síť, atd.

Příklady možných východisek potenciálních projektů:

- Vyjděte ze stávajících místních/regionálních klimatických, energetických a implementačních plánů nebo harmonogramů,
- Aby se zvýšila regionální relevance projektů, měly by stavět na znalostech, zkušenostech a sítích vytvořených v rámci probíhajících nebo nedávno dokončených projektů,
- Využití flexibility lokálně a regionálně dostupných zdrojů energie pro naplnění jednotlivých místních a regionálních požadavků z hlediska výroby energie, její poptávky a celkových cílů,
- Zvýšit účast soukromých a veřejných společností a veřejných služeb, institucí a občanů s konkrétními energetickými potřebami, kteří mají v úmyslu implementovat inovativní řešení, aby mohli v budoucnu převzít aktivní roli v zásobování energiemi a energetickém systému jako takovém (výroba energie, zajištění flexibility jejích dodávek, atd.),
- Navržení koncepce integrovaných přístupů zahrnujících meziodvětvové a mezioborové přístupy, výzkum a inovace.

Tato výzva však nepodporuje primárně technologický vývoj dílčích řešení, ten může být pouze součástí projektu. Pro dosažení lepších výsledků hodnocení, projektové žádosti by měly stavět na probíhajících nebo nedávno dokončených demonstračních projektech a využívat stávající testovací infrastruktury, znalostí, spolupráce při klíčových demonstracích výsledků, přenos výsledků, otevřenost atd. Podpoříme projektová konsorcia, která budou dále rozvíjet již existující regionální iniciativy buď přidáním nových aspektů/cílů nebo nových partnerů.

Cílová témata

Aby bylo možné čelit výzvám energetické transformace na regionální úrovni, návrhy by měly zahrnovat aspekty uvedené níže.

Příklady specifických regionálních aspektů pokrytých projekty

- Vyvinout integrované regionální a místní energetické systémy, které umožňují bezpečné, odolné regionální dodávky energie bez využití fosilních paliv až do 100 % a více kapacit v dynamickém systému místních či regionálních dodávek
- Zahrnout regionální infrastruktury i uživatelské a spotřebitelské struktury řízené místními obcemi, komunitami, průmyslem a zúčastněnými stranami z různých sektorů
- Vyvinout replikovatelný model pro region, kterému mohou dominovat velké městské systémy, integrace obcí nebo inteligentních energetických komunit, nebo se zaměřují na integraci například v průmyslu, zemědělství nebo cestovním ruchu
- Využijte synergií a flexibility místně a regionálně dostupných zdrojů energie (včetně aspektů vytápění, chlazení, elektřiny a dodávek dalších místních paliv)
- Zahrnout meziodvětvovou integraci více (ekonomických) sektorů, jako je doprava, průmysl, obchod atd.
- Koordinovat a propojovat výzkumné aktivity např. živé laboratoře pro urychlení vývoje a testování prototypů v reálných podmínkách

Příklady příspěvků k bezpečnému a odolnému evropskému energetickému systému

- Přispívat k meziregionální výměně energie
- Prokázat schopnost řízení flexibility pomocí vektorových vazeb napříč energiemi a efektivně integrovat různé druhy akumulace energie jako příklad pro další regiony v Evropě
- Práce na harmonizaci obchodních procesů s vývojem interoperabilních řešení
- Vývoj regionálních klimatických strategií a klíčových ukazatelů výkonnosti (KPIs) pro klimaticky neutrální energetické systémy, které mohou vést tvůrce politik a další relevantní aktéry při přijímání návrhů na fungování energetického trhu na evropské úrovni

Projekty budou podporovat inovace, povedou ke zjištěním a vytvoří poznatky založené na důkazech v rámci „Tří dimenzí inovací pro systémová řešení“ a tím dosáhnou dopadů ve všech třech rozměrech. Projekty musí

využívat tyto tři rozměry inovací jako rámec pro popis jejich očekávaných výsledků. Projekty financované v této výzvě nemají být určeny pouze k pokrytí technologické dimenze. Projekty musí pokrývat svým obsahem alespoň dvě z níže uvedených třech dimenzí.

Dimenze 1: Technologie, infrastruktury a systémová řešení

„Jaké technologie, infrastruktury a jejich spojení do technických systémových řešení potřebujeme a jak je můžeme poskytnout?“

Důraz je zde kladen na návrh a výrobu technologií pro přeměnu, skladování a čistou přepravu energie. To zahrnuje, jak mohou různé technologie a infrastruktury technicky spolupracovat plynule napříč jednotlivými energetickými vektory a sektory, dosažení flexibility a propojení sektorů. Patří zde také technické aspekty systémů řízení CO₂ a cirkulace. Spadají zde rovněž aspekty provozu a údržby infrastruktur a komponent.

Dimenze 2: Organizace energetických systémů

"Jak organizujeme interakci hráčů z různých sektorů při provozu energetických systémů?"

Týká se to souhry různých aktérů a jejich souvisejících systémových prvků v celé síti, od výroby až po konečné použití, může být organizována tak, aby různé formy obnovitelných zdrojů energie šlo kombinovat pro nepřetržitou a flexibilní dodávku služeb a procesů. To zahrnuje aspekty směny hodnot mezi aktéry (s jejich souvisejícími systémovými prvky) v rámci tržních či obchodních modelů nebo komunit. Zahrnuje také aspekty právního a regulačního rámce. Kromě toho bere v úvahu také interakci související s řízením CO₂. Interakce hráčů k sestavení a rozebírání energetických systémů se rovněž považují za součást jejich provozu, včetně organizačních aspektů cirkularity.

Dimenze 3: Tranzice energetických systémů

„Jak se nová řešení stávají nedílnou součástí každodenního života a podnikání občanů, komunit a regionů, firem a poskytovatelů infrastruktury?“

To zahrnuje budování a zjednodušení inovačních ekosystémů, jakož i návrh systémů, technologií a služeb na rozhraní člověk-technologie. Ale ovlivňuje to i změnu ve firmách s jejich personálními a organizačními strukturami, aspekty společenského přijetí, změnu hodnot a chování uživatelů i kulturní diskurz (např. územní plánování) a další sociotechnické aspekty. Udržitelné poskytování materiálů, komponentů a systémů v globálních dodavatelských řetězcích je zásadním předpokladem úspěšného energetického přechodu. V průběhu energetického přechodu je třeba mít na zřeteli dopady na klima (se zaměřením na CO₂ efekt a klimatickou krizi jako hlavní motivaci), přírodu, ekologii a zdroje obecně.

1.2.3 Distribuce vodíku

Nejúčinnějším způsobem dopravy vodíku do vzdálenosti 5 000 km je potrubí. V provozu je však globálně dnes omezený počet vodíkových potrubí.

Situace v EU

Provozovatelé plynárenské infrastruktury jsou ve fázi plánování rozsáhlých plynovodů pro přepravu vodíku po celé EU, které by propojily očekávaná výrobní centra na jihu se soustředěnou poptávkou na severu. V současné době je v EU v provozu přibližně 1 300 km vodíkových potrubí spojujících Nizozemsko, Belgii, Francii a Německo. Provozovatelé přenosových soustav, kombinace veřejných a soukromých subjektů, oznámili, že do roku 2030 bude v EU zprovozněno více než 30 000 km vodíkového potrubí. Stavba plynovodu však obvykle trvá přibližně sedm let od zahájení návrhu po zprovoznění. Dnes jsou v pokročilé fázi pouze 4 000 km plánovaných vodíkových potrubí.

V některých případech lze stávající plynovody přeměnit na „vodíkovody“, přičemž tyto přestavby trvají v průměru zhruba jeden až tři roky. Přesto, i když započítáme jak přidání

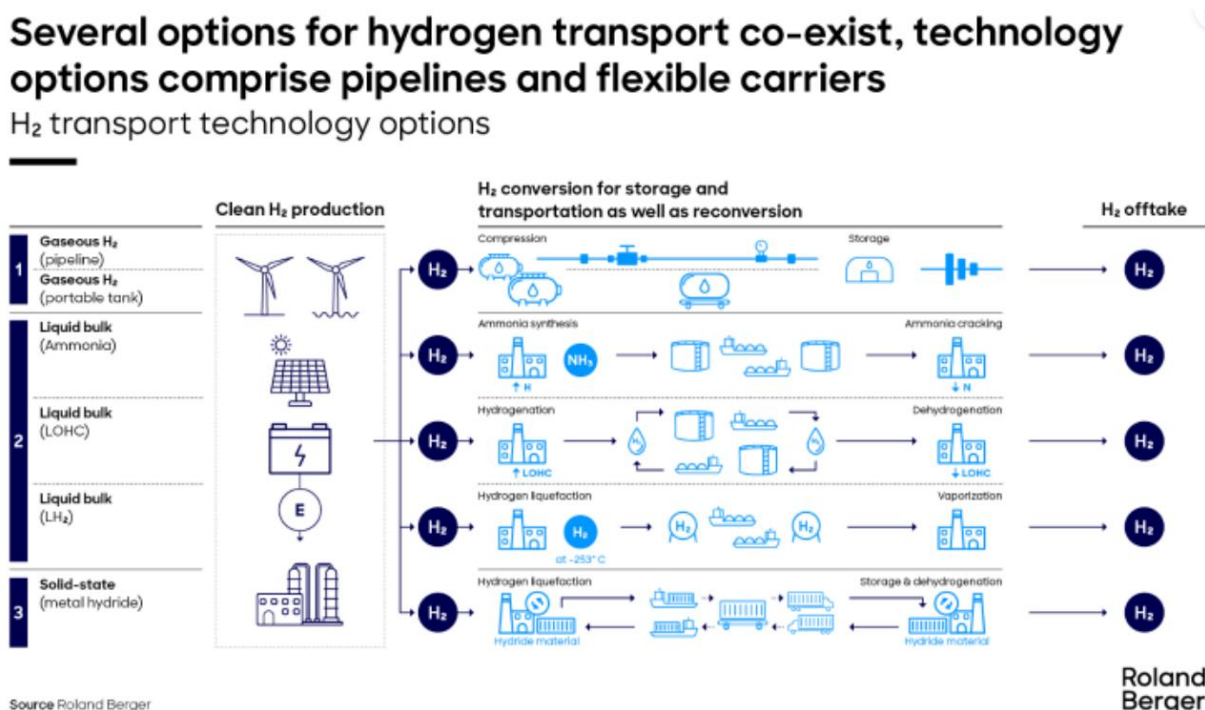
nových vodíkových potrubí, která mají být uvedena do provozu do roku 2030, tak přeměnu určité infrastruktury pro zemní plyn, přepravní kapacita bude nedostatečná pro objemy, které budou proudit z jihu Evropy a dalších zemí, z tzv. globálních výrobních center.

Existuje však kapacita pro přepravu nízkouhlíkového vodíku na delší vzdálenosti. Typicky bude transport vodíku na vzdálenosti větší než 5 000 km prováděn námořní dopravou, přičemž molekuly vodíku jsou syntetizovány do derivátu, nejčastěji amoniaku, pro efektivnější transport. Dnes se globálně každý rok přepraví 18–20 Mtpa čpavku a očekává se, že do roku 2026 se kapacita zvýší o 30 %. Tento růst bude stačit ke zvládnutí celosvětových objemů přepravy čpavku. Mezitím se očekává, že do roku 2027 bude uvedena do provozu řada terminálů pro dovoz čpavku s dodatečnou kapacitou 14 Mtpa.

Od nyníška do roku 2030 bude tento čpavek primárně využíván jako chemická surovina nebo jako palivo v lodní dopravě i při výrobě energie. Sekundárním využitím by mohla být přeměna amoniaku zpět na vodík prostřednictvím krakování. Technologie krakování čpavku je však dnes nevyzrálá a drahá, a proto je ekonomicky neatraktivní dodávat vodík touto cestou před rokem 2030. Po roce 2030, jak se bude rozvíjet nízkouhlíkový trh s vodíkem, budeme potřebovat jak robustní potrubní infrastrukturu, tak levnější, velkokapacitní provozy pro krakování čpavku v měřítku odpovídajícímu rostoucím přepravovaným objemům.

Vodík však čelí mnoha výzvám, aby se stal široce rozšířeným řešením udržitelné energie, přičemž doprava patří mezi ty největší. Vodík má nízký poměr energie na objem a je velmi reaktivní, což činí skladování a přepravu technicky náročnou a nákladnou. Přesto je doprava klíčová pro snížení nákladů na vodík jako energetické řešení a zajištění stabilní dodávky – zejména v regionech, které se potýkají s nedostatkem nákladově efektivní místní obnovitelné energie, jako je střední Evropa.

Obrázek 27: Komplexní přehled možností přepravy vodíku



Možnosti přepravy vodíku ve velkých objemech na dlouhé vzdálenosti

Potrubí je v současnosti jedním z nejběžnějších způsobů přepravy energie. Mezi jejich přednosti patří dlouhá životnost, nízké provozní náklady a velké přepravní objemy. Tyto vlastnosti také dělají z potrubí slibnou volbu pro přepravu vodíku. A co víc, mohou fungovat jako vyrovnávací zásobníky tím, že přizpůsobují tlak kolísajícím objemům a zajišťují nepřetržité dodávky – základní požadavek pro velké odběratele, jako jsou výrobci hnojiv nebo ocelárny.

Potrubí má však několik nevýhod, zejména vysokou počáteční kapitálovou investici. Schvalovací a stavební procesy mohou být také zdlouhavé a často vyžadují složitou přeshraniční koordinaci. Přeměna plynovodů na zemní plyn pro přepravu vodíku může nabídnout potenciální úspory nákladů, ale přetrvávají obavy ohledně materiálové kompatibility starších potrubí s vlastnostmi vodíku a toho, jak přejít z dosavadního používání zemního plynu na vodík v různých dílčích aplikacích.

Výsledkem je, že potrubí nabízí určitý příslib pro přepravu čistého vodíku v budoucnu, ale v současnosti je nelze považovat za rozšířené řešení. Očekává se, že budou hrát významnou roli až po dosažení určité vyspělosti a rozsahu trhu.

Namísto toho rozsáhlé, exportně orientované projekty výroby vodíku směřují svou pozornost na přepravu ve zkapalněné formě. Toto řešení nabízí několik možností: vodík lze zkapalnit, jak bylo prokázáno při první dodávce mezi Austrálií a Japonskem v roce 2022; lze jej přeměnit na čpavek, jak bylo plánováno pro projekt zeleného vodíku NEOM v Saúdské Arábii; nebo se může vázat na kapalně organické vodíkové nosiče (LOHC), jak se předpokládá pro dovoz do amsterdamského přístavu.

Ačkoli existuje celá řada technologických řešení, základní princip je u všech zkapalněných forem podobný: vodík prochází často energeticky náročným procesem, aby se dosáhlo výrazně vyšší objemové hustoty a snížené reaktivity. Tato transformace umožňuje přepravu s relativně kompaktními a cenově výhodnými tankovými jednotkami. Po dosažení cíle mohou být nosné materiály buď přímo použity v průmyslových aplikacích, jako je tomu u amoniaku, nebo přeměněny zpět na vodík.

Tato řešení jsou obvykle založena na osvědčených chemických procesech, ale k dosažení přijatelných jednotkových nákladů je zapotřebí rozsáhlé chemické vybavení. To není vše: dominantní řešení na trhu, čpavek, musí také překonat zásadní bezpečnostní problémy. Navzdory tomu, že jeho přeprava je řešena v globálním měřítku, zajištění regulačních povolení pro přepravu čpavku přes hustě obydlené oblasti je nejisté. Tato omezení limitují možnosti přepravy zkapalněného čpavku ve velkých objemech a brání flexibilnímu škálování přepravovaných objemů ve vazbě na očekávaný dynamický rozvoj trhu.

Řešení pro malé objemy a regionální distribuci

Velkoobjemová doprava na dlouhé vzdálenosti není jediným problémem, kterému vodík čelí. Dokonce i v případech malých objemů spotřeby vodíku se nelze spoléhat na výrobu vodíku na místě kvůli nízkým úsporám z rozsahu a náročným předpisům, zejména v oblasti výroby zelené elektřiny.

Pro aplikace v malém měřítku je dnes převládající volbou stlačování plynného vodíku v přenosných nádržích, které nabízejí zlepšenou přepravní kapacitu, snížení nákladů a spotřeby energie. Několik aplikací, včetně vodíkových čerpacích stanic, také vyžaduje vodík ve stlačené formě pro další zpracování, což umožňuje bezproblémovou integraci.

Zatímco odběratelé oceňují minimální vybavení potřebné k extrakci vodíku z přenosných nádrží, přeprava stlačeného vodíku ve velkém je náročná. V důsledku toho vznikající sektor středně velkých vodíkových projektů pro dodávky zeleného vodíku mimo (zatím neexistující)

síť nebo středně velké průmyslové aplikace, např. ve sklářském průmyslu v současnosti postrádají plně vhodná řešení.

Obrázek 28: Porovnání možných způsobů distribuce vodíku

Available H₂ carriers differ with regards to their value proposition

Key H₂ carriers: Comparison of main technical characteristics

Main characteristics	Pipeline	Liquid Bulk carrier	Solid-state (metal hydride)	Compressed Hydrogen
Volumetric storage density	not applicable	Strong performance	Medium performance	Low performance
Energy consumption	Strong performance	Medium performance	Low performance	Strong performance
Tech. & process maturity	Strong performance	Medium performance	Low performance	Strong performance
Flexibility	Low performance	Medium performance	Strong performance	Medium performance
Safety ¹⁾	Strong performance	Ammonia Liquid-H ₂ LOHC: Medium performance	Low performance	Medium performance
Operational value proposition				
Advantages	- Low operating cost - Long lifetime - High transport volumes	- High transport volumes - Mature technology for most parts of the value chain	- Highly flexible - Low CAPEX investment - Long-term storage possible	- Mature process - Low energy consumption
Disadvantages	- High investment cost - Long implementation timeline	- High investment cost - Individual carrier challenges (purity, cost, boil-off, safety)	Individual material drawbacks (Energy consumption, weight)	Low storage volumes

Strong performance Medium performance Low performance

¹⁾ Based on the three categories asphyxiation, toxicity and flammability

Source: Roland Berger

Roland
Berger

Zdroj: Roland Berger

Doprava vodíku v pevném skupenství

Řada technologických společností v celé Evropě a Asii nyní věří, že objevily odpověď na výzvu chybějícího dopravního řešení ve středně velkých objemech – skladování vodíku v pevné fázi. V tomto inovativním procesu je vodík vázán na hydrid kovu s mírným teplem a tlakem. „Hydrogenovaný“ materiál lze poté skladovat při okolním tlaku a teplotě bez rizika extrakce. Pro uvolnění vodíku se proces opakuje s jiným tlakovým a teplotním rozsahem, což umožňuje extrakci vodíku v jeho plynné formě. Tento poměrně jednoduchý proces konverze výrazně snižuje potřebnou investici.

Protože většina hydridových materiálů reaguje buď s vodou, nebo s kyslíkem, výrobci je v současné době balí do standardních kontejnerových jednotek pro přepravu a skladování. Použití této zavedené infrastruktury pomáhá snížit investiční náklady na specializované vybavení. Kontejnery lze také bez problémů přenášet mezi různými druhy dopravy, což je typická slabina plynných a kapalných variant, ale často nezbytná v dodavatelských řetězcích. Někteří výrobci již zahájili schvalovací řízení s evropskými úřady, aby povolili tento druh přepravy.

Výhled na dopravu vodíku

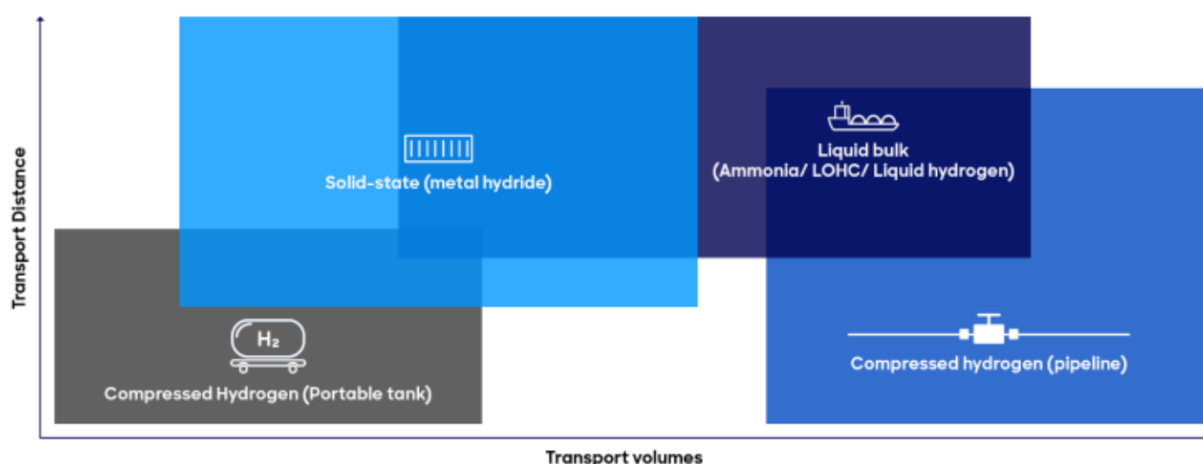
Přeprava vodíku zůstává mnohostrannou výzvou bez univerzálního řešení. Zatímco potrubí se může stát primární metodou pro velkoobjemovou přepravu, rané aplikace vyžadují různé přístupy.

Segment kapalných látek nabízí nákladové výhody, zejména na dlouhé vzdálenosti a značné objemy přepravy, zatímco přenosné nádrže na stlačený vodík pravděpodobně zůstanou standardní volbou pro distribuci v malém měřítku, zvláště když je komprese vodíku potřebná pro následné procesy.

Obrázek 29: Schématické srovnání vhodnosti jednotlivých typů přepravy vodíku

Different means of hydrogen transport and their suitability for certain use cases

Different options for hydrogen transport and their respective use cases



Source Roland Berger

Roland
Berger

Zdroj: Roland Berger

Ve scénářích, které se vyznačují rychlým růstovým potenciálem, ale vysokou počáteční nejistotou ohledně objemové spotřeby, nabízí skladování vodíku v pevném skupenství řešení s přímou implementací, omezenými vstupními bariérami z hlediska infrastruktury a flexibilní škálovatelnosti. Technologie se také hladce integruje do stávající (multimodální) dopravní infrastruktury a může pomoci odblokovat tržní segmenty odstraněním překážek vysokých kapitálových investic.

Zdá se pravděpodobné, že různé technologie přepravy vodíku budou na trhu nadále koexistovat během fáze náběhu a rozšiřování a pravděpodobně i po ní. Optimální volba závisí na konkrétních případech použití, přepravní vzdálenosti a objemech. Pevné skupenství, které dosud nebylo implementováno ve velkém měřítku, obohacuje trh o další možnost řešení mnohostranné výzvy v oblasti přepravy vodíku.

1.2.4 Distribuce tepla

Velikost globálního trhu dálkového vytápění měla v roce 2022 tržby ve výši 165,2 miliard USD. Očekává se, že do roku 2031 dosáhne 211,81 miliardy USD, přičemž během prognózovaného období (2022–2031) poroste CAGR o 2,8 %.

Dálkové vytápění zahrnuje výrobu tepla na centralizovaném místě a jeho následnou distribuci do rezidencí, podniků a průmyslu v místní oblasti. prostřednictvím tepelných potrubních sítí, které jsou vysoce izolované, je pára nebo horká voda vyráběná v zařízení distribuována nepřetržitě. V jednotlivých budovách nejsou potřeba kotle, protože tepelná energie je dopravována do topného systému budovy. Služby dálkového vytápění zefektivňují provoz budovy, poskytují zákazníkům jemnou kontrolu nad vytápěním a dávají jim přizpůsobivost, kterou potřebují k úpravám podle toho, jak se vyvíjejí potřeby uživatelů nebo se zvyšuje efektivita budovy. Regionální dálkové vytápění je dobře zavedená technologie, která existuje po desetiletí.

Systém dálkového vytápění přispívá k energetické účinnosti a snižuje náklady pro domácnosti a firmy. V Evropě se očekává, že poptávka po řešeních bude neuvěřitelně vysoká. Předpokládá se, že investice v následujících letech porostou. Zásadním přínosem je rozvoj úspor z rozsahu,

které umožňují využívat efektivnější a robustnější místní energetické zdroje díky připojení více budov k systému.

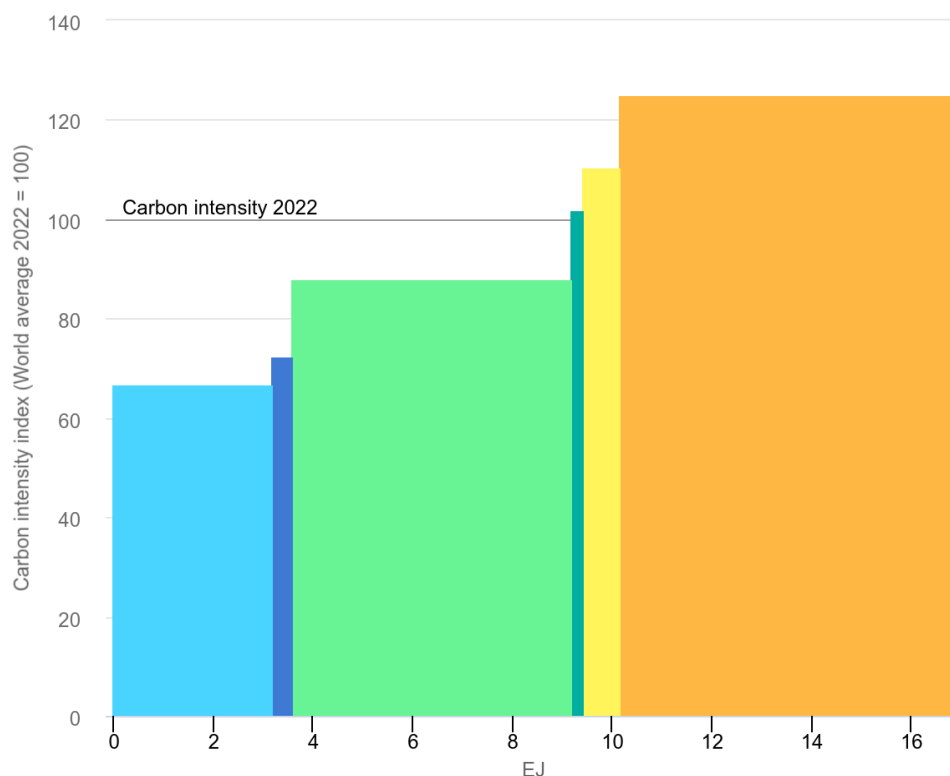
Obrázek 30: Projekce vývoje trhu dálkového vytápění



Zdroj: Straits Research

V roce 2022 byly emise CO₂ z dálkové výroby tepla o 1,5 % vyšší než v roce 2021 a asi o 25 % vyšší než v roce 2010, a to kvůli rostoucí poptávce. Dálkové vytápění v současnosti představuje téměř 4 % celosvětových emisí CO₂, přičemž významný podíl má Čína a v menší míře Rusko. Evropa je třetím největším producentem emisí, ale v průměru má nižší uhlíkovou náročnost ve srovnání se zbytkem světa. Za posledních deset let se celosvětová průměrná intenzita CO₂ u dodávek dálkového tepla zvyšovala přibližně o 0,4 % ročně, především díky rozvoji nových sítí na fosilní paliva v Číně. Sladění se scénářem NZE bude vyžadovat, aby intenzita emisí CO₂ z dálkové výroby tepla byla do roku 2030 alespoň o 20 % nižší ve srovnání s rokem 2022.

Obrázek 31: Index intenzity emisí CO₂ pro výrobu dálkového tepla a výrobu tepla podle zemí a regionů, 2022



Zdroj: IEA

Legenda: Evropa Spojené státy Rusko Korea Zbytek světa Čína

Globální trh dálkového vytápění je klasifikován podle typu zařízení, zdroje tepla, aplikace a regionu.

Podle typu zařízení sekce zahrnují kotelnu a kombinovanou výrobu tepla a elektřiny (KVET). Očekává se, že největší podíl na tržbách bude mít sekce kombinované výroby tepla a elektřiny, která se rozšíří na CAGR 2,75 %. Na rozdíl od kotlen, postavených výhradně pro výrobu tepelné energie, systémy kombinované výroby tepla a elektřiny (KVET) generují tepelnou energii jako vedlejší produkt při výrobě elektřiny. Ve srovnání s výše popsanými kotlovými systémy je kogenerace tepla a elektřiny efektivnější, protože odpadní teplo z výroby elektřiny lze využít. Toho je dosaženo pomocí elektrárny nebo tepelného motoru, který současně vyrábí teplo a elektřinu. Systémy KVET umožňují výrobu tepla pro topné systémy i elektřinu. To přispělo k růstu jejich podílu na trhu v posledních letech. Rostoucí poptávka po energii je dalším prvkem, který nepřímo způsobuje růst segmentu.

Druhý největší podíl bude mít sekce kotelny. Vzhledem k tomu, že rozvinuté země nadále spotřebovávají obrovské množství energie, poptávka v rozvojových zemích roste. Poptávka po elektřině je poháněna rostoucími příjmy, rostoucí průmyslovou výrobou a rozšiřujícím se sektorem služeb. Oblasti, které přijímají teplo z jednoho zdroje, se nazývají tepelné sítě. Schopnost zásobovat různé typy budov, včetně domů, komerčních a veřejných budov, uvnitř stejné sítě, je rozlišující kvalita. Kotelny jsou speciálně navrženy pro výrobu tepelné energie, která se dosahuje spalováním pevného odpadu, biomasy nebo obnovitelných paliv. Mezi standardní přenosová média patří pára nebo voda.

Podle zdroje tepla se člení segmenty uhlí, zemní plyn, obnovitelné zdroje a ropa a ropné produkty.

Segment zemního plynu bude mít pravděpodobně nejvýznamnější růst tržeb s CAGR 1,1 %. Zemního plynu je hojnost. Zařízení na zemní plyn se instalují na mnoha místech po celém světě. Elektrárny na zemní plyn ničí přírodní prostředí méně než elektrárny na fosilní paliva. V důsledku tohoto faktoru se očekává rozvoj segmentu zemního plynu na trhu dálkového vytápění. Zemní plyn nyní představuje 68 % veškerého vytápění evropských měst, přičemž v posledních několika desetiletích postupně narůstá.

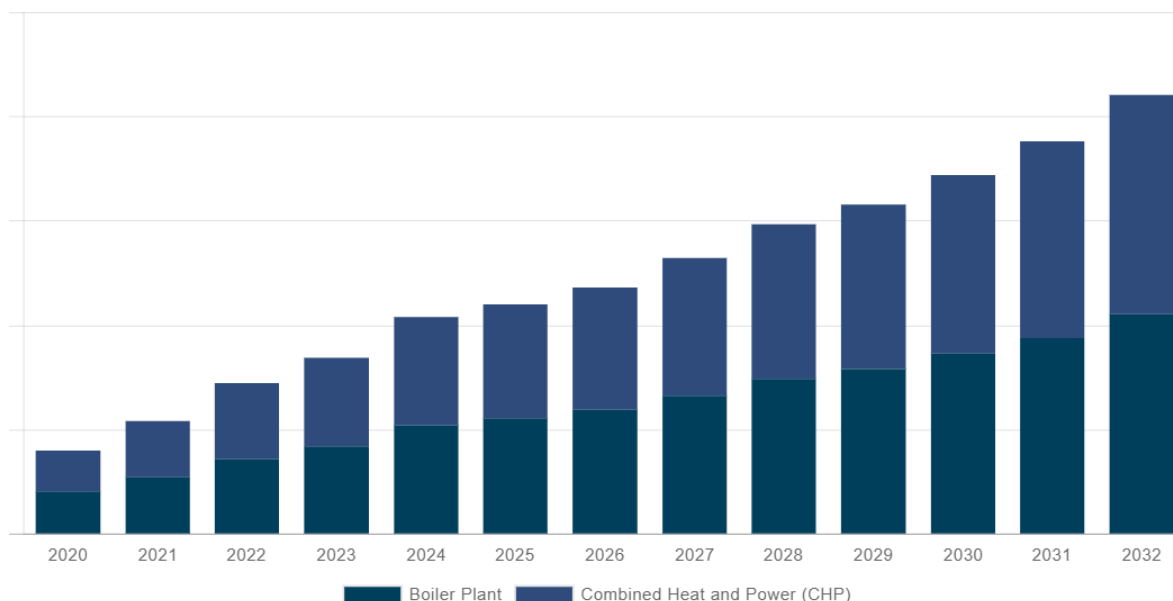
Segment obnovitelných zdrojů bude mít druhý největší podíl. V oblasti dálkového vytápění a chlazení byla historicky biopaliva dominantní náhradou za fosilní paliva. Nedávné pokroky v izolaci budov a digitalizaci však učinily nízkoteplotní obnovitelné zdroje energie, včetně nízkoteplotních geotermálních, solárních tepelných zdrojů a zdrojů odpadního tepla, dostupnějšími. V mnoha oblastech jsou tyto zdroje široce dostupné. Nejsou kompatibilní se současnou městskou energetickou infrastrukturou a fondem budov; zůstávají tedy převážně nevyužity.

Podle aplikace se rozlišují segmenty residenční a komerční a průmyslové.

Očekává se, že komerční a průmyslový segment poroste s CAGR 2,17 % a bude mít nejvýznamnější podíly na trhu. Vzhledem k růstu zavádění udržitelných stavebních postupů nařízených regulačními organizacemi může dálkové vytápění v komerčním sektoru zaznamenat významné výhody. Zvyšující se investice do výstavby nových podniků by proto urychlily expanzi trhu. Přijetí komerčního dálkového vytápění na trh by také dále podpořil vývoj technologií v systémech kombinované výroby tepla a elektřiny s cílem zlepšit energetickou udržitelnost a snížit tepelné ztráty a emise. Během prognózovaného období by komerční a průmyslový segment měl příležitost kvůli rychlé urbanizaci, industrializaci a rostoucí celosvětové poptávce po energii.

Rezidenční část bude mít druhý největší podíl. V průmyslových zemích se běžně používá dálkové vytápění. Nabízí několik výhod oproti individuálnímu vybavení budov, včetně zvýšené bezpečnosti a spolehlivosti, nižších emisí a větší flexibility paliva, zejména při použití alternativních paliv, jako je odpad nebo biomasa. Dálkové vytápění je široce používáno v rodinných domech, vícegeneračních domech, výškových budovách a velkých městských čtvrtích. Technologie sítě dálkového vytápění a chlazení může snížit spotřebu primární energie obytných budov a místní emise.

Obrázek 32: Velikost trhu podle typu teplárenského závodu



Zdroj: Straits Research

Někteří z předních průmyslových hráčů na trhu dálkového vytápění jsou Vattenfall AB, SP Group, Danfoss Group, Engie, NRG Energy Inc., Statkraft AS, Logstor A/S, Shinryo Corporation, Vital Energi Ltd atd.

Nejnovější technologické trendy a investiční projekty v oboru distribuce tepla

Teplárenský průmysl přechází na nízkoteplotní sítě a integruje obnovitelné zdroje energie. Inovativní vývoj v oblasti dálkového vytápění zahrnuje solární tepelné systémy dálkového vytápění, velká tepelná čerpadla, geotermální a odpadní teplo, které všechny fungují nejlépe při nízkých provozních teplotách. Objevují se i další řešení, například Bioenergie s Carbon Capture and Storage (BECCS), která je zkoumána ve Švédsku.

Solární dálkové teplo

V roce 2021 bylo postaveno 44 nových velkokapacitních solárních systémů s celkovou kapacitou 142 MWth. Dánsko má největší solární tepelnou kapacitu dálkového vytápění na světě. Kvůli změně politiky se však dánský trh v roce 2020 zhroutil, v roce 2020 byla postavena pouze jedna nová solární elektrárna a tři rozšíření a v roce 2021 byl v zemi uveden do provozu pouze jeden nový systém. Největší vývoj v oblasti solárního dálkového vytápění v roce 2021 nastal v Číně, která představovala tři čtvrtiny celosvětových instalací.

Velkokapacitní tepelná čerpadla

Integrace velkých tepelných čerpadel do sítí dálkového vytápění není novinkou, ale hraje stále důležitější roli dekarbonizace těchto systémů a umožnění sektorového propojení. Tepelná čerpadla mohou využívat zdroje odpadního tepla, jako jsou datová centra, tunely metra, průmyslová zařízení nebo elektrolyzéry.

Jedním z vysoce potenciálních zdrojů odpadního tepla, který je dostupný všude – zejména v městských oblastech, kde je poptávka po teple budov většinou soustředěna – je odpadní voda. Nedávná studie ukazuje, že téměř 4 000 čistíren odpadních vod v Evropě se nachází méně než 2 km od sítě dálkového vytápění. Tyto elektrárny dohromady by mohly dodat 175 TWh tepla

do sítí ročně pomocí tepelných čerpadel, což se rovná jedné pětině současných dodávek dálkového vytápění v Evropě.

Úspěšným příkladem je továrna Katri Vala Heating and Cooling v Helsinkách ve Finsku, která funguje od roku 2006. Využívá velká tepelná čerpadla, která mají topný výkon 126 MW využívající odpadní vodu k ohřevu prostoru a vody v obytných budovách a také chladicí kapacitu 80 MW využívající studenou mořskou vodu pro chlazení kancelářských prostor.

Nedávným příkladem zahájení provozu tepelného čerpadla na konci roku 2022 je projekt Qwark3 v Berlíně, který kombinuje vytápění, chlazení a napájení prostřednictvím tepelných čerpadel.

Geotermální dálkové teplo

V Evropě bylo v roce 2021 oznámeno 13 nových geotermálních teplárenských a chladicích zařízení napojených na dálkové vytápění. V dánském městě Aarhus byl začátkem roku 2022 oznámen rozvoj největšího geotermálního zařízení dálkového vytápění v Evropě, které má být částečně zprovozněno do roku 2025. V USA byl v roce 2022 oznámen projekt dálkového vytápění a chlazení sestávající z 200 geotermálních vrtů. V Höfnu na Islandu zavedla místní teplárenská společnost v roce 2021 nové geotermální dálkové vytápění, které nahradí elektrické vytápění.

Inovativní systémy využívající dekarbonizační potenciál dálkového vytápění

Inovace v sítích dálkového vytápění v současné době sleduje několik různých směrů, jako je zkoumání integrace sekundárních zdrojů tepla (datová centra, tunely metra, průmysl, elektrolyzéry, jaderné elektrárny) a obnovitelné zdroje energie; renovace stávajících sítí; umožnění propojení sektorů a kruhovitosti; stejně jako vylepšení komponent. Inovace je také vidět v pokračujícím vývoji replikovatelných modelů pro využití digitálních řešení pro pokrok v automatizaci budov a systémů energetického managementu na staveništi a pro budování dovedností relevantních pro dálkové vytápění.

Zdroje:

<https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Hydrogen-The-Roaring-30s.html>
<https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Is-solid-state-storage-the-missing-ingredient-in-hydrogen-transport.html>
<https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Clean-Hydrogen-Radar.html>
<https://www.iea.org/reports/global-hydrogen-review-2023/executive-summary>
[HTTPS://STRAITSRESEARCH.COM/REPORT/THERMAL-ENERGY-STORAGE-MARKET](https://STRAITSRESEARCH.COM/REPORT/THERMAL-ENERGY-STORAGE-MARKET)
[HTTPS://WWW.MCKINSEY.COM/CAPABILITIES/SUSTAINABILITY/OUR-INSIGHTS/NET-ZERO-HEAT-LONG-DURATION-ENERGY-STORAGE-TO-ACCELERATE-ENERGY-SYSTEM-DECARBONIZATION](https://WWW.MCKINSEY.COM/CAPABILITIES/SUSTAINABILITY/OUR-INSIGHTS/NET-ZERO-HEAT-LONG-DURATION-ENERGY-STORAGE-TO-ACCELERATE-ENERGY-SYSTEM-DECARBONIZATION)
<https://www.iea.org/energy-system/buildings/district-heating>
<https://straitsresearch.com/report/district-heating-market>
<https://straitsresearch.com/report/waste-heat-recovery-market>
<https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/net-zero-heat-long-duration-energy-storage-to-accelerate-energy-system-decarbonization>
[net-zero-heat-long-duration-energy-storage-to-accelerate-energy-system-decarbonization.pdf \(mckinsey.com\)](#)
<https://straitsresearch.com/report/thermal-energy-storage-market>
<https://www.precisionbusinessinsights.com/market-reports/district-heating-market>
<https://smart-cities-marketplace.ec.europa.eu/sites/default/files/2021-06/Positive%20Energy%20Districts%20Factsheet.pdf>
https://www.dny-teplarenstvi-a-energetiky.cz/userfiles/dokumenty/pdf/f538_krispin-hanus-orgrez.pdf?t=1732543303
https://www.dny-teplarenstvi-a-energetiky.cz/userfiles/dokumenty/pdf/f536_jiricek-schneider-electric.pdf?t=1732544888
 ERÚ zahájil veřejné konzultace k Metodice cenové regulace pro VI. regulační období | eru.cz

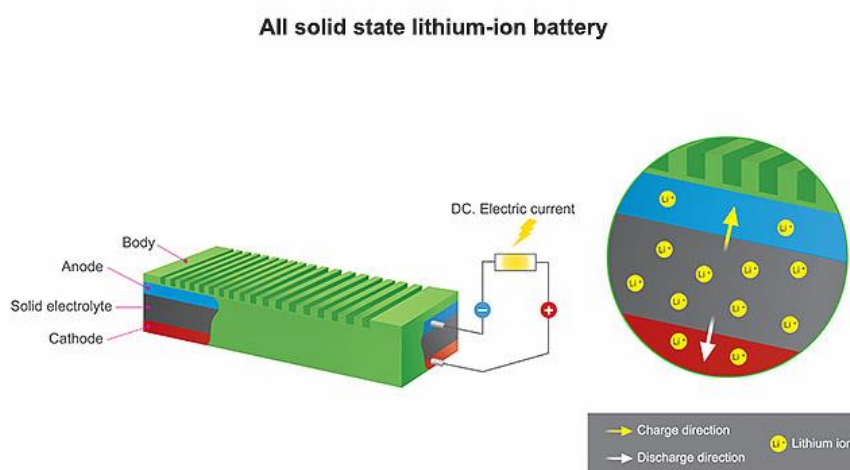
1.3 Akumulace a užití energie

1.3.1 Baterie

1.3.1.1 Baterie s pevným elektrolytem (polovodičové baterie)

Polovodičové baterie jsou typem lithium-iontové baterie. Mají anody a katody a obsahují elektrolyt. Místo elektrolytu tvořeného kapalinou nebo gelem jej však polovodičové baterie nahrazují pevnou látkou. Tato pevná látka je obvykle buď sklokeramika, nebo plastový polymer. Odstranění kapaliny také znamená, že baterie může mít menší a lehčí separátor mezi oběma elektrodami, což je vzhledem k velikosti a hmotnosti stávajících lithium-iontových baterií velká výhoda. Tyto typy baterií jsou považovány za klíč k budoucnosti elektromobilů, protože potenciálně nabízejí větší bezpečnost a energii a také mnohem kratší dobu dobíjení. Tato zařízení budou lehčí a výkonnější než současné baterie a umožní elektromobilům dojezd až 1 200 km s dobou nabíjení pouhých 10 minut. Ačkoli některé prototypy polovodičových baterií stále používají lithium, jednou z velkých výhod těchto zařízení je, že lithium, kterého je nedostatek a je neekologicky těžené, polovodičové baterie obsahovat nemusí. Důležité však je, že pevné elektrolyty mají menší hustotu, takže pevnolátkové baterie mohou být menší a lehčí než jejich lithium-iontoví konkurenti.

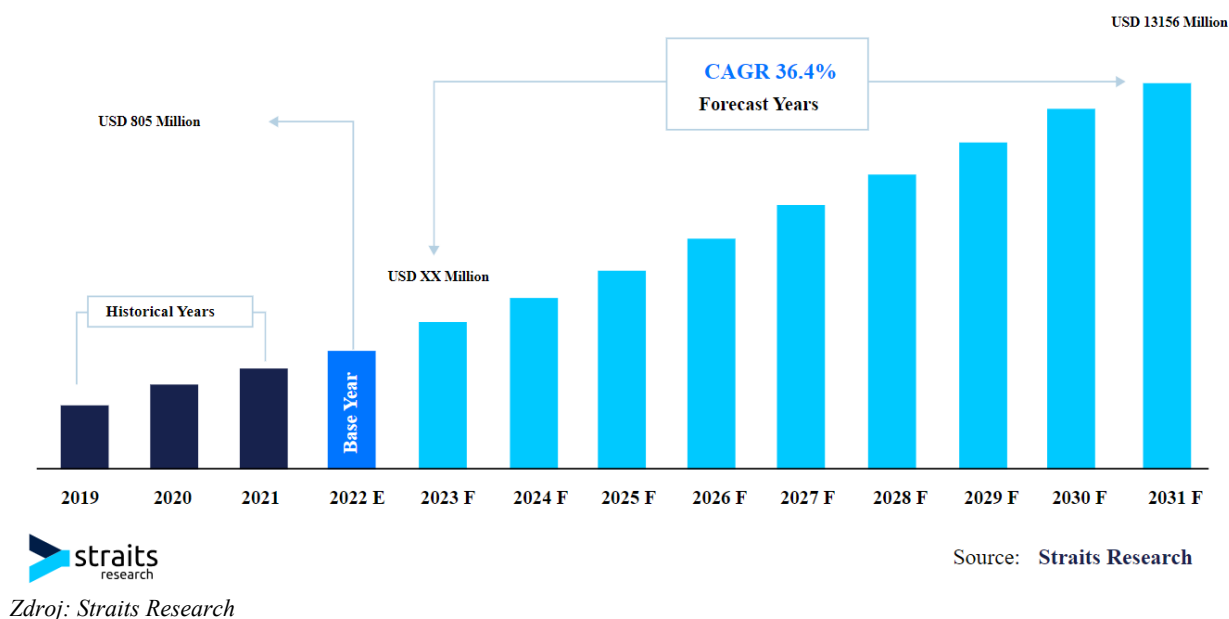
Obrázek 33: Schéma baterie s pevným elektrolytem



Zdroj: RAC

Společnosti Volkswagen, QuantumScape a Toyota oznámily, že se jejich výroba bude soustředit na polovodičové baterie. Toyota například uvedla, že dosáhla průlomového objevu, který umožní, aby se do roku 2028 začaly polovodičové baterie vyrábět. Nejnovější zprávy o polovodičových bateriích přicházejí z Tchaj-wanu, kde začínající společnost ProLogium ve své továrně Taoke v Taoyuanu již v letošním roce (2024) vybavuje svou linku na výrobu polovodičových baterií v gigabitovém měřítku, která má být dodána výrobcům elektromobilů. Podle studie Solid-State Battery 2021 od Yole Développement by například první baterie mohly být k dispozici od roku 2025 a výroba by se mohla do roku 2027 zvýšit na 2,36 GWh. Očekává se, že masová výroba vozidel s polovodičovými bateriemi nezačne dříve než v roce 2030. Statistika pak očekává celkovou globální poptávku po lithium-iontových bateriích pro elektromobily ve výši 1 525 GWh. Výrobci automobilů musí také ještě ověřit výkon ve třech klíčových oblastech – výkon při teplotě, výkon v nadmořské výšce a výkon při nárazech a vibracích. Žádná z těchto baterií zatím nebyla ověřena.

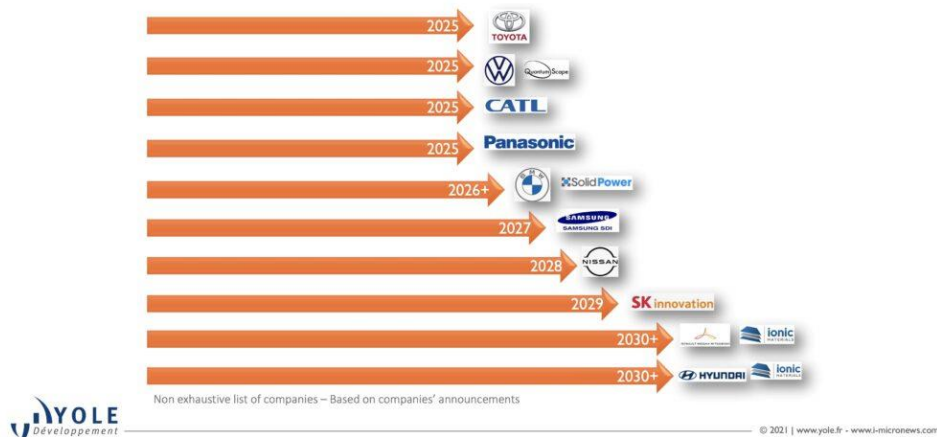
Obrázek 34: Projekce trhu s bateriemi s pevným elektrolytem



Obrázek 35: Přehled postupného uvádění polovodičových baterií na trh

Solid-state battery supply chain – Announced solid-state battery market entry by battery manufacturer & EV manufacturer

(Source: Solid-State Battery report, Yole Développement, 2021)



Zdroj: Yole Group

1.3.1.2 Vanad-redoxové baterie

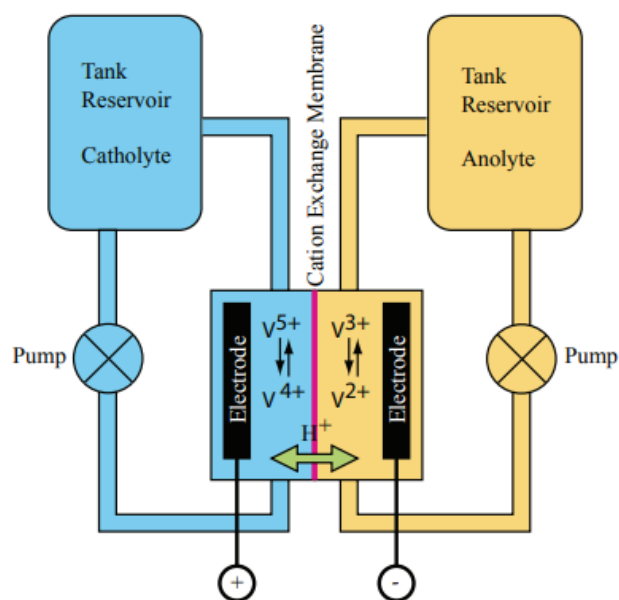
Vanadová redoxní průtoková baterie je elektrochemická baterie využívající vanadové spoje v kapalném elektrolytu jako aktivní materiál pro ukládání energie. Kapalný elektrolyt se nachází v nádržích energetické jednotky a je odtud čerpán přes elektrochemické články. Elektrochemické reakce způsobují pohyb elektronů mezi ionty vanadu v různých stavech nabití. Tím dochází k přeměně chemické energie na elektrickou (výboj) nebo k přeměně elektrické energie na chemickou (náboj). Technologie využívá přirozené schopnosti vanadu existovat ve čtyřech různých oxidačních stavech. Každá nádrž s elektrolytem se nabíjí vanadem v jiném redoxním páru. Oba elektrolyty se nemíchají dohromady, ale jsou odděleny v

zásobníku článků extrémně tenkou membránou, která propouští pouze vybrané ionty. Přítomnost vanadu v obou nádržích s elektrolytem navíc nevede ke křížové kontaminaci kovových druhů, jako je tomu u jiných technologií využívajících různé kovy. Proto lze provést velký počet nabíjecích a vybíjecích cyklů, přesahující 20 000 cyklů, aniž by došlo k výraznému poklesu kapacity.

Kapacitu baterie určuje velikost „nádrže“ na kladný a záporný elektrolyt, který v případě většiny používaných vanadových redox baterií tvoří soli vanadu rozpuštěné ve zředěné kyselině sírové. Výkon baterie naopak zase určuje konstrukce samotného „motoru“, konkrétně řečeno tedy velikost aktivní plochy a počet článků v bateriovém svazku. Pokud je takový systém vhodně zapojen, umožňuje vytváření velkých systémů s prakticky nepřetržitým provozem (údržba jedné části nemusí ovlivnit funkci celého zdroje).

V nadcházejících desetiletích budou v konvenční energetické síti stále více převládat obnovitelné zdroje energie, jako je solární a větrná energie. Vzhledem k tomu, že tyto zdroje vyrábějí elektřinu pouze za slunečního nebo větrného počasí, vyžaduje zajištění spolehlivé sítě – sítě, která může dodávat energii 24 hodin denně, 7 dní v týdnu – nějaký způsob skladování elektřiny v době, kdy je jí dostatek, a její pozdější dodávky, když se jí nedostává. A protože mohou nastat hodiny, a dokonce i dny bezvětří, musí být některá zařízení pro skladování energie schopna uchovávat velké množství elektřiny po dlouhou dobu. Slibnou technologií pro plnění tohoto úkolu je průtoková baterie, elektrochemické zařízení, které dokáže uložit stovky megawatthodin energie – dost na to, aby na jedno nabití udrželo tisíce domácností v provozu po mnoho hodin. Průtokové baterie mají potenciál dlouhé životnosti a nízkých nákladů.

Obrázek 36: Schéma vanad-redoxové baterie



Zdroj: Yole Group

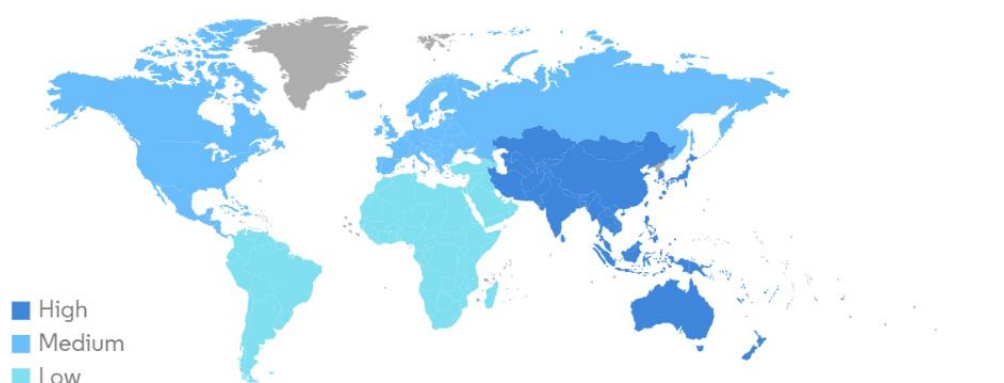
Vanad-redoxové baterie se momentálně nacházejí na vysokém stupni technologické připravenosti (TRL 9). Očekává se, že trh s vanadovými redoxními bateriemi poroste v předpovědním období tempem přibližně 9,5 %. Faktory, jako je nižší dopad likvidace baterií na životní prostředí a vysoká energetická kapacita díky větším zásobníkům elektrolytu, budou pravděpodobně v nadcházejících letech hnacím motorem trhu. Díky životnosti delší než 20 let a absenci nebezpečí požáru a vysoce reaktivních nebo toxických látek jsou vanadové redoxní

baterie šetrnější k životnímu prostředí než lithium-iontové a olověné baterie. Nízká hustota energie a vysoké kapitálové náklady však budou pravděpodobně bránit růstu trhu během předpokládaného období.

Očekává se, že vanadovo-redukční baterie budou dominovat na asijsko-pacifickému trhu, protože v tomto regionu je v provozu několik zařízení průtokových baterií s velkým výkonem. Země jako Čína, Indie, Japonsko a Austrálie usilují o zvýšení své velkokapacitní základny pro skladování energie prostřednictvím bateriových technologií, které by následně mohly zvýšit stabilitu dodávek elektrické energie.

Obrázek 37: Odhad potenciálu trhu s vanad-redoxovými bateriemi

Vanadium Redox Battery Market - Growth Rate by Region, 2022-2027



Source: Mordor Intelligence



Zdroj: Mordor Intelligence

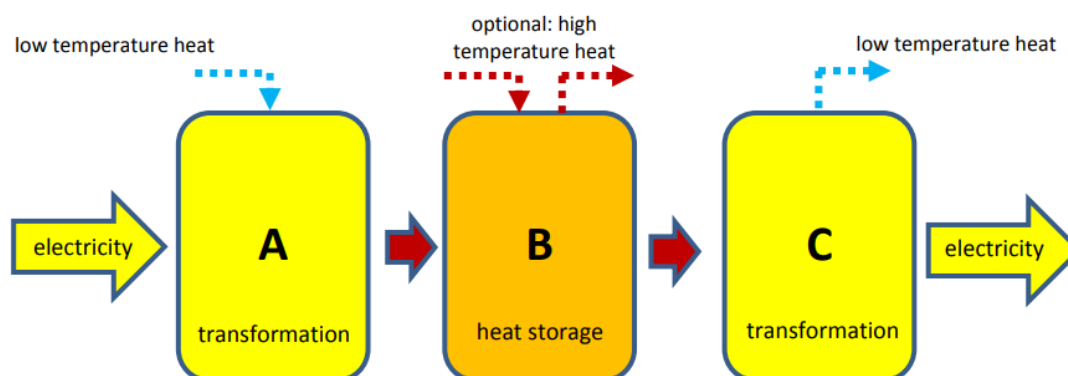
1.3.1.3 Carnotovy baterie

Carnotovy baterie jsou novou technologií pro levné a na místě nezávislé skladování elektrické energie. Carnotova baterie, označovaná také jako "čerpané tepelné úložiště elektrické energie" nebo "čerpané tepelné úložiště elektrické energie", přeměňuje elektrickou energii na teplo, ukládá teplo do levných skladovacích médií, jako je voda nebo roztavená sůl, a v případě potřeby přeměňuje teplo zpět na elektrickou energii. Carnotovy baterie, jejichž rozsah sahá od několika megawatthodin až po gigawatthodiny, mají potenciál vyřešit globální problém skladování elektřiny z obnovitelných zdrojů ekonomičtějším a ekologičtějším způsobem než konvenční baterie.

V budoucnu mohou hrát důležitou roli při technickém sladění dostupnosti obnovitelných energií a poptávky na trhu s energií. Carnotova baterie se v zásadě skládá ze tří sériově zapojených komponent: vysokoteplotního tepelného čerpadla, zásobníku tepla a tepelného motoru. Tepelné čerpadlo přeměňuje elektřinu vyrobenou ze slunce a větru, která není okamžitě potřebná, na teplo a využívá toto teplo k nabíjení akumulární jednotky. Tepelný motor je schopen vybíjet akumulární jednotku podle poptávky na trhu s energií, a tím přeměnit teplo zpět na elektřinu. Carnotovy baterie se proto také označují jako systémy elektřina-teplo-elektřina.

Základním technologickým principem Carnotovy baterie je přeměna elektřiny na teplo (A), skladování tepla (B) a přeměna tepla (C) zpět na elektřinu.

Obrázek 38: Základní schéma Carnotovy baterie



Zdroj: Yole Group

Jedná se o poměrně novou technologii, ke které nejsou k dispozici bližší informace ohledně jejího tržního potenciálu. Je tomu tak patrně z důvodu zmiňované novosti, o níž svědčí níže uváděné stupně TRL jednotlivých dílčích technologických komponent těchto baterií:

- CO₂ tepelné čerpadlo – TRL 6
- Dvouzónová akumulace – Dvouzónový akumulací systém je klasifikován TRL 8
- CO₂ tepelný motor – TRL 5
- Další komponenty TRL 3–8

1.3.2 Uskladnění energie ve formě vodíku

Dalším možným „nosičem“ pro uskladnění elektrické energie je vodík. Vodík vyrobený nejčastěji pomocí elektrolýzy, příp. také jinými technologickými postupy (např. plazmové zplyňování) bývá skladován v tlakových zásobnících. Často diskutovaným tématem je v tuto chvíli energetická hustota vodíku, která se dá pozitivně kompenzovat zvýšenými tlaky, pod kterými je vodík v zásobnících skladován. V současné chvíli se jedná vesměs o tlaky ve výši 350 barů (stacionární zásobníky, tlakové nádrže u nákladních aut, autobusů a drážních vozidel s vodíkovým pohonem), potažmo 700 barů u tlakových nádrží osobních vozů s vodíkovým pohonem. Je zcela evidentní, že za účelem zvýšení efektivity vodíkových pohonů se budou skladovací tlaky postupně během příštích 5 let zvyšovat, a to až na 1000 barů v případě osobních vozidel. Řada výrobců již vyvíjí tlakové nádrže s těmito vyššími tlaky. TRL těchto vysokotlakých nádrží je možno v tuto chvíli zařadit na stupeň 7.

Dalším klíčovým elementem při vývoji a výrobě tlakových zásobníků jsou materiály. Stále převládají klasické ocelové slitiny (pro stacionární zásobníky a zásobníky v nákladních autech, autobusech a drážních vozidlech), ale ve vývoji jsou také kompozitové tlakové zásobníky, které budou vyžívány zejména v osobních vozech, u kterých je kladen hlavní důraz na hmotnost. Za střední cestu lze označit vývoj nových druhů ocelí pro tlakové zásobníky, které umožní výrobu tlakových lahví s tenčí tloušťkou stěn, nižší hmotností, byť stále ne tak nízkou, jako v případě kompozitových zásobníků, ale za dostupnější cenu. Tímto vývojem se zabývá např. společnost Vítkovice Cylinders ve spolupráci s Vítkovice Testing Center. Stupeň TRL u těchto nových kompozitových i ocelových materiálů se pohybuje mezi 6–8.

Bližší informace o problematice skladování a zejména přepravě vodíku jsou k dispozici v kap. 1.5.4 Distribuce vodíku.

1.3.3 Akumulace tepla

Skladování tepelné energie má potenciál významně přispět k dekarbonizaci globálního tepla a elektřiny a zároveň pomoci zajistit, aby energetický systém byl cenově dostupný, spolehlivý a efektivní. Jak úsilí o dekarbonizaci globálního energetického systému nabírá na síle, pozornost se stále více obrací k úloze, kterou hraje jeden z nejdůležitějších statků: teplo. Vytápění a chlazení – především pro průmysl a budovy – představuje nejméně 50 procent celosvětové konečné spotřeby energie a dnes asi 45 procent všech energetických emisí (bez elektřiny).

Méně dobře pochopená je často role, kterou může správa a skladování tepla hrát při řešení zásadního problému, kterému čelí energetický sektor: jak zvýšit podíl přirozeně proměnlivých obnovitelných zdrojů, jako je vítr a slunce, v energetickém mixu a zároveň zajistit, aby nabídka odpovídala poptávce.

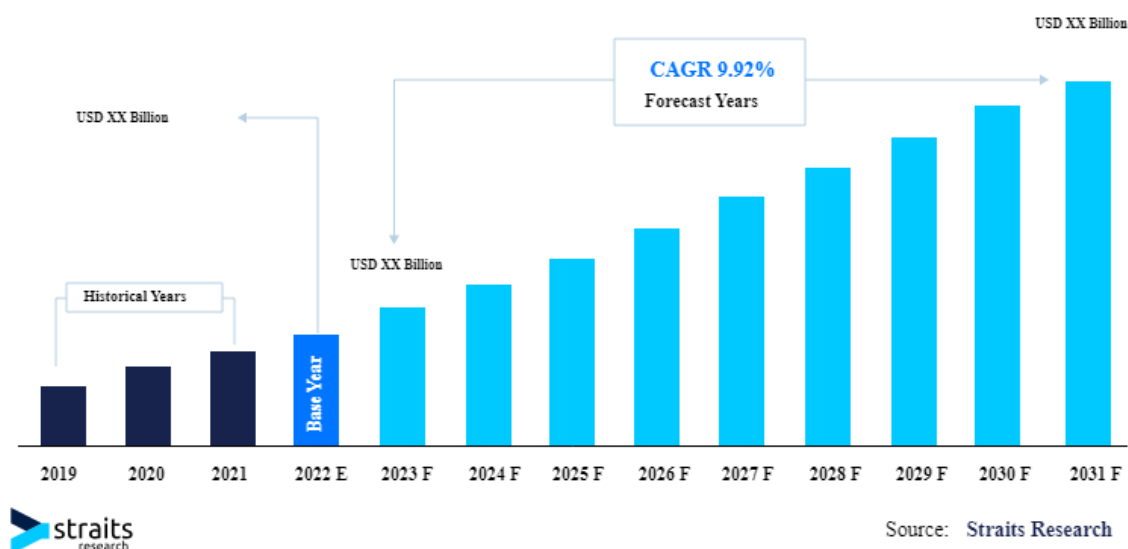
Skladování tepelné energie (TES) zahrnuje soubor technologií, které by mohly jednak urychlit dekarbonizaci tepla a jednak pomoci vytvořit stabilní a spolehlivý elektrický systém poháněný převážně obnovitelnými zdroji. TES lze nabíjet elektřinou z obnovitelných zdrojů nebo odpadním teplem pro odvádění pevného, čistého tepla uživatelům, jako jsou průmyslové závody nebo budovy.

Velikost globálního trhu skladování tepelné energie byla v roce 2023 oceněna na 5,85 miliardy USD. Odhaduje se, že do roku 2032 dosáhne 13,79 miliardy USD a během prognózovaného období (2024–2032) vzroste na CAGR 9,92 %. V posledních letech došlo k prudkému nárůstu poptávky po obnovitelné energii v důsledku rostoucích obav o životní prostředí a vyčerpávání přírodních zdrojů. Vzhledem k tomu, že obnovitelná energie není stabilním zdrojem, roste poptávka po systémech skladování tepelné energie (TES). TES se také používá k ukládání a poskytování studené energie pro klimatizační systém (AC) během špiček. Rostoucí poptávka po AC podporuje expanzi globálního trhu.

Skladování tepelné energie (TES) se týká ukládání tepelné nebo studené energie pro budoucí použití v různých aplikacích, včetně výroby energie, vytápění a chlazení. Systémy TES mohou snížit spotřebu energie v obdobích vysokého využití, minimalizovat emise oxidu uhličitého a snížit spotřebu energie pro koncové uživatele. Systémy TES jsou nezbytné pro zlepšení účinnosti a adaptability energetických systémů, zejména při integraci obnovitelných zdrojů energie a zlepšení celkového hospodaření s energií.

Systémy skladování tepelné energie mohou využívat mnoho technologií, včetně citelných, latentních a termochemických, stejně jako různé materiály pro skladování, jako je voda, roztavená sůl a materiál se změnou fáze (PCM). Systémy TES se používají v tepelných a solárních elektrárnách k zajištění spolehlivého napájení i v noci a využití tepla v různých průmyslových procesech.

Obrázek 39: Projekce trhu se systémy TES



Zdroj: Straits Research

Globální trh skladování tepelné energie je rozdělen na skladovací materiál, technologii, aplikaci a koncového uživatele.

Na základě skladovacího materiálu je globální trh skladování tepelné energie rozdělen na vodu, roztavenou sůl, PCM a další.

Roztavená sůl je převládajícím a optimálním akumulčním médiem pro zařízení na koncentrovanou solární energii (CSP) díky své schopnosti zadržovat teplo o vysoké teplotě a minimalizovat rozptyl tepla. Předpokládá se, že segment skladování tepelné energie na bázi roztavené soli zaznamená významné rozšíření, a to díky kapacitě těchto zařízení ukládat značné množství energie a poskytovat spolehlivou a konzistentní energii na vyžádání. Předpokládá se, že míra přijatelnosti systémů vzroste díky kombinaci objemové tepelné kapacity, vysokého bodu varu a nízkého tlaku par, což jsou klíčové parametry.

Na základě technologie je globální trh skladování tepelné energie rozdělen na citelné teplo, latentní teplo a termochemické.

Segment citelného tepla tvoří největší podíl trhu. Technologie citelného tepla se týká přenosu tepelné energie, která vyvolává změnu teploty bez jakékoli změny fáze uvažované látky. Jinými slovy, odkazuje na přenos tepla, který způsobuje kvantifikovatelnou změnu teploty látky, jako je zvýšení teploty vzduchu nebo vody. Citelné systémy TES navíc využívají úpravy teploty ve skladovacích materiálech, jako je voda, roztavená sůl nebo kameny, k akumulaci tepelné nebo studené energie. Očekává se, že sektor citelného tepla bude dominovat trhu kvůli rostoucí poptávce po solárních systémech a širokému využití této technologie v chladicích a topných systémech.

Na základě aplikace je globální trh skladování tepelné energie rozdělen na výrobu energie, dálkové vytápění a chlazení a procesní vytápění a chlazení.

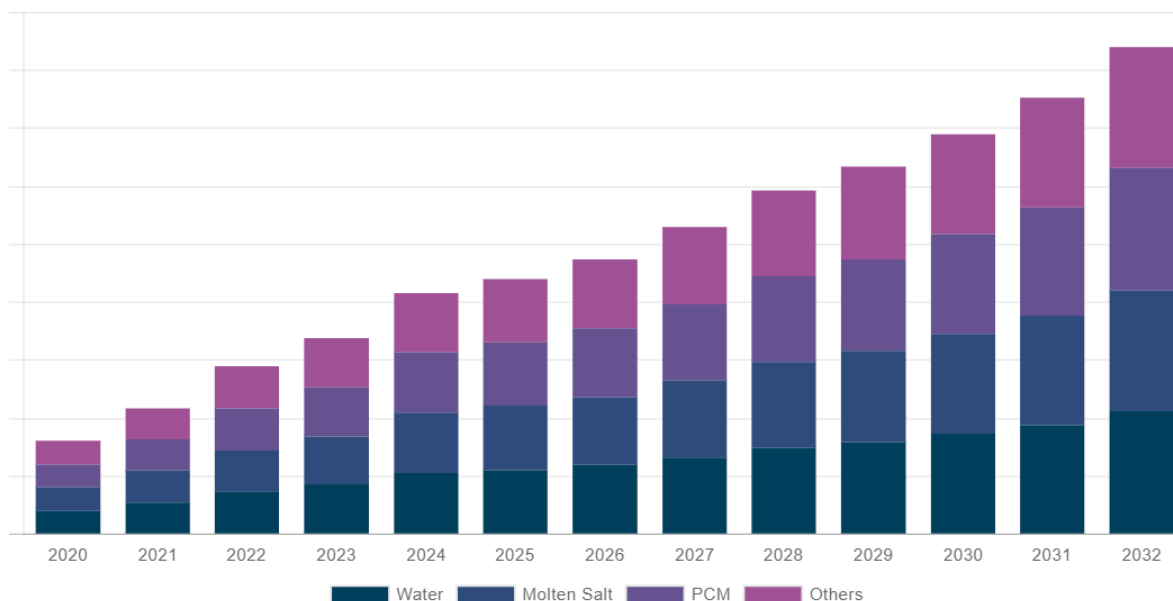
Celosvětovému trhu dominuje segment výroby elektřiny. Skladování tepelné energie (TES) je zásadní pro zlepšení účinnosti a spolehlivosti systémů výroby energie. Primární a významné využití systémů TES je ve výrobě elektřiny. Tyto systémy mohou produkovat spolehlivou a udržitelnou síťovou energii a zároveň snížit závislost na fosilních palivech. TES usnadňuje řazení zátěže tím, že ukládá energii navíc při nízké spotřebě a uvolňuje ji při vysoké spotřebě.

To napomáhá optimalizaci fungování elektráren a snížení požadavků na doplňkovou výrobní kapacitu pro uspokojení špičkové poptávky. Systémy TES zvyšují účinnost využití tepelné energie, snižují emise skleníkových plynů a minimalizují dopad výroby elektřiny na životní prostředí.

Na základě koncových uživatelů je globální trh skladování tepelné energie rozdělen na rezidenční a komerční, průmyslové a veřejné služby.

Rezidenční a komerční segment zaujímá nejvyšší podíl na trhu. Očekává se, že nejvýraznější tempo růstu bude vykazovat segment rezidenčních a komerčních koncových uživatelů. Předpokládá se, že očekávaný nárůst městského obyvatelstva povede k výraznému nárůstu stavební činnosti, a tím k expanzi tohoto trhu. V roce 2018 tvořilo městské obyvatelstvo podle Světové banky více než 55 % světové populace. Významné snahy o renovaci a výměnu v obytných a komerčních prostorách pozitivně ovlivní poptávku po zařízeních pro skladování tepelné energie. Kromě toho došlo k výraznému nárůstu investic, které podpoří modernizaci výroby energie a elektrické infrastruktury s cílem podpořit rozvoj sítí, což v brzké době povede k plánované exponenciální expanzi v tomto sektoru.

Obrázek 40: Velikost trhu podle skladovacího materiálu



Zdroj: Straits Research

Mezi z přední průmyslové hráče na trhu skladování tepelné energie patří: CALMAC Manufacturing Corp., Abengoa Solar S.A., Ice Energy Technologies Inc., DN Tanks Inc., SolarReserve LLC, Burns & McDonnell, Brightsource Energy Inc., Baltimore Aircoil Company, Cryogel Thermal Energy Storage, Dunham-Bush Holding Bhd, Goss Engineering, Steffes Corporation, TAS Energy, Evapco Inc., FAFCO, Sunwell Technologies, Finetex ENE Inc., McDermott International Inc., Caldwell Energy, Axiom Energy, etc.

Nová průmyslová zpráva s poznatky a analýzou od společnosti McKinsey ukazuje, jak TES spolu s dalšími formami dlouhodobého skladování energie (LDES) může energetické systémy učinit flexibilními možností ukládání přebytečné energie (elektrické nebo tepelné) v době špičky a jejím uvolněním v podobě tepla, když naopak poptávka vzroste. Zpráva ukazuje, že když teplo nelze přímo vyrábět pomocí obnovitelné elektřiny, může být TES s postupnou distribucí tepla nákladově efektivnějším a nízkouhlíkovým způsobem uspokojování poptávky po teple než poskytování stálé dodávky elektřiny s akumulovanou obnovitelnou energií. TES může pokrýt širokou škálu tepelných aplikací, včetně dosažení velmi vysokých teplot požadovaných v některých průmyslových procesech.

Zpráva byla publikována společně s Radou LDES, výkonnou organizací, která byla vytvořena za účelem sjednocení průmyslového ekosystému a vybudování ucelené faktické základny, čímž se urychlí snížení nákladů dosažitelné nasazením řešení LDES. LDES může nabídnout čisté flexibilní řešení pro zajištění spolehlivé dodávky energie a tepla. Jak bylo diskutováno v dřívější zprávě Rady LDES o nulovém výkonu, energetický systém bude pravděpodobně muset fungovat flexibilněji, protože podíl obnovitelných zdrojů na energetickém mixu roste. Potřebnou flexibilitu v současné době poskytuje především expediční výroba fosilních paliv, ale to není dlouhodobé řešení, které by dosáhlo klimatických cílů. Udržitelnější alternativou bude pravděpodobně kombinace flexibilních řešení, včetně LDES (a TES).

Zatímco přímá elektrifikace prostřednictvím obnovitelných zdrojů podporuje čisté bezemisní teplo, když svítí slunce a fouká vítr, kombinace obnovitelných zdrojů s akumulací může pomoci dokončit dekarbonizaci vytápění. Nasazení TES může umožnit poskytování čistého tepla z obnovitelných zdrojů do průmyslových procesů, jako jsou chemikálie nebo výroba potravin a nápojů.

Všechny tyto činnosti mohou pomoci sladit proměnnou výrobu elektřiny z obnovitelných zdrojů s poptávkou a umožnit systému fungovat s maximální účinností, čímž se sníží potřeba investic do infrastruktury, aby se vyrovnala se špičkami a propady. TES poskytuje úložiště na straně nabídky i na straně poptávky a pomáhá snižovat plýtvání spojené s omezováním dodávek energie z obnovitelných zdrojů v době špičky. Může zlepšit celkové využití sítě a snížit zátěž systému a zároveň usnadnit rychlejší zavádění obnovitelných zdrojů.

TES může umožnit nákladově efektivní elektrifikaci většiny tepelných aplikací, včetně páry a horkého vzduchu, dvou nejběžnějších forem tepla používaných v průmyslových procesech. Pokrývá spektrum technologií, které dokážou pokrýt širokou škálu dob skladování (od vnitrodenního až po sezónní) a teplot (od mínus do 2 400 °C). Podle výsledků benchmarkingu LDES by TES mohl usnadnit nákladově efektivní poskytování čistého tepla.

Některé technologie TES jsou již komerčně dostupné a lze je snadno nasadit a integrovat se stávajícími systémy – například středotlaká pára používaná v chemickém a potravinářském a nápojovém průmyslu. Inovativní technologie, které mohou pomoci řešit potřeby vyšších teplot výrazně nad 1000°C, jsou také na cestě.

TES již mohou být potenciálně ziskové, v závislosti na místních podmínkách a designu trhu, s vnitřní mírou návratnosti až 28 procent. Mezi příklady použití patří středotlaká pára v chemickém závodě, dálkové vytápění, vysokotlaká pára v rafinerii oxidu hlinitého a kogenerace pro skleník.

Zjištění také demonstrují důležitost podpůrného tržního designu, který poskytuje určitou formu odměny za flexibilitu systému, kterou TES vytváří, jako jsou nižší poplatky za distribuci. Zpráva uvádí, že TES bude s největší pravděpodobností prosperovat tam, kde je přístup k bohaté solární nebo větrné energii nebo ke stávajícím zásobám tepla pro vlastní potřebu.

V každém případě důkazy naznačují, že TES, stejně jako jiné formy LDES, se stane nákladově konkurenceschopnějším, jak trh dospívá a škáluje. Údaje Rady LDES naznačují, že by jednotkové kapitálové náklady TES mohly klesnout do roku 2040 o 5 až 30 procent u vybíjecích zařízení a o 15 až 70 procent u média pro ukládání energie.

1.3.4 Energetické úspory a systémy jejich řízení

Současná energetická krize spojená s nárůstem cen energií vyvolává silnou potřebu hledání nejen nových způsobů a technologií výroby, skladování a distribuce elektrické i tepelné energie, ale rovněž i způsobů, jak energii naopak ušetřit a její spotřebu snížit. Tuto potřebu dále umocňuje celosvětové úsilí o snížení emisí skleníkových plynů a dosažení klimatických cílů, stejně jako nutnost vyhovět strategiím a regulačním rámcům EU. Cestu k energetickým úsporám usnadňují systémy energetického managementu, které v důsledku výše popsanych příčin zažívají v současnosti nebývalý rozvoj.

Systém energetického managementu (EMS) je rámec pro řízení spotřeby energie spotřebiteli energie, jako jsou průmyslové, komerční a veřejné organizace. Pomáhá podnikům identifikovat a zlepšovat energeticky úsporné technologie, zejména ty, které nevyžadují značné počáteční výdaje. Ve většině případů úspěšné zavedení EMS vyžaduje specializované znalosti a školení personálu.

Podle Mezinárodní organizace pro standardizaci (ISO) systém energetického managementu zahrnuje definování a implementaci energetické strategie, stanovení dosažitelných cílů využití energie a navrhování akčních plánů k jejich dosažení a sledování pokroku. Možnosti jsou implementace nové energeticky účinné technologie, minimalizace plýtvání energií nebo vylepšení současných procesů ke snížení nákladů na energii.

Velikost trhu globálních systémů energetického managementu (EMS) byla v roce 2021 oceněna na 63 miliard a očekává se, že do roku 2030 dosáhne hodnoty 242 miliard USD. Očekává se, že trh během prognózovaného období (2022–2030) poroste s CAGR o 16 %.

Odvětví energetiky a veřejných služeb se modernizuje a směřuje k rozvoji inteligentní infrastruktury pro zvýšení účinnosti. Zvýšené investice do chytrých projektů, jako jsou chytré budovy, chytrá města a chytré zemědělství, vytváří obrovskou poptávku po sofistikovaném řízení energie. Trh je také poháněn prudkým zaváděním inteligentních měřičů a inteligentních sítí.

Transformaci mnoha průmyslových a obchodních provozů a energetického managementu podporuje digitalizace. Tento trend modernizace energetického modelu poskytuje vyšší účinnost a zároveň zvyšuje jeho hodnotu. Digitalizace procesů energetického managementu umožňuje propojení a koordinaci všech síťových zařízení a zařízení, což zvyšuje efektivitu. Budovy s digitální konektivitou mohou komunikovat s inteligentními energetickými sítěmi. Digitální transformace EMS navíc umožňuje propojit energetická a provozní data a poskytnout tak významný pohled na spotřebu energie. Tyto perspektivy mohou provozovatelům systému pomoci snížit neplánované prostoje a zlepšit spolehlivost zařízení. V důsledku toho může digitalizace energetických operací potenciálně změnit infrastrukturu energetického managementu.

Z regionálního pohledu bude v prognózovaném období největším trhem EMS Severní Amerika vzhledem k rozvinuté síťové infrastruktuře a širokému nasazení systémů řízení energie v různých hospodářských odvětvích. Rovněž evropský trh se systémy energetického managementu podle prognóz poroste, a to zejména díky vládním podpůrným programům.

Podle typu se systémy energetického managementu (EMS) člení na:

- Průmyslové systémy řízení energie (IEMS)
- Systémy energetického managementu budov (BEMS)
- Domácí systémy energetického managementu (HEMS).

Očekává se, že v prognózovaném období bude globálnímu trhu dominovat segment průmyslových systémů řízení energie (IEMS). EMS má významný podíl na trhu v průmyslovém sektoru, zejména ve výrobním a energetickém průmyslu, pro monitorování vzorců spotřeby energie v reálném čase a snižování nákladů. Produktový segment systémů pro správu energie budov (BEMS) během prognózovaného období podle očekávání výrazně poroste v důsledku zvýšeného nasazení systému v obchodních parcích, nemocnicích, nákupních centrech, IT firmách a dalších komerčních lokalitách.

S rostoucí spotřebou energie se rovněž očekává, že trh domácích systémů energetického managementu (HEMS) bude vykazovat vynikající CAGR. Podle výročního energetického výhledu EIA 2015 se spotřeba domácností může do roku 2040 zvyšovat o 0,3 % ročně. Očekává se, že systémy řízení spotřeby energie v domácnostech budou podporovány řešeními pro optimalizaci energie. Sektor domácností nadále využívá energii primárně pro vytápění prostor, klimatizaci, ohřev vody, osvětlení a spotřebiče, což naznačuje, že chytrá zařízení, jako jsou chytré senzory a chytré měřiče, by mohla v nadcházejících letech získat větší oblibu. Očekává se, že potřeba systémů pro řízení spotřeby energie v domácnostech poroste s rostoucím počtem zařízení pro úsporu energie.

Podle komponentů se EMS člení na:

- Senzory
- Ovladače
- Software
- Baterie

- Zobrazovací zařízení
- Ostatní

Očekává se, že celosvětovému trhu bude v prognózovaném období dominovat segment softwarových komponent.

Zdroje:

<https://spectrum.ieee.org/solid-state-battery-production-challenges>

<https://www.newscientist.com/article/2398896-what-are-solid-state-batteries-and-why-do-we-need-them/>

<https://rac.com.au/car-motoring/info/lithium-ion-vs-solid-state-batteries>

<https://straitsresearch.com/report/solid-state-battery-market>

<https://cleantechnica.com/2024/01/23/solid-state-battery-gigafactories/>

<https://www.yolegroup.com/strategy-insights/solid-state-battery-a-game-changing-technology-how-will-it-make-electric-vehicles-better/>

<https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/vanadium-redox-battery-market>

<https://www.cellcube.com/vanadium-redox-flow-batteries/>

<https://www.innovationnewsnetwork.com/applications-for-vanadium-flow-battery-technology/43320/>

<https://emovio.cz/2021/03/20/baterie-kterou-snadno-snadno-zvetsite-staci-dolit/>

<https://news.mit.edu/2023/flow-batteries-grid-scale-energy-storage-0407>

https://www.researchgate.net/publication/221909689_Understanding_the_Vanadium_Redox_Flow_Batteries/link/5528d8f20cf2e089a3a53c8c/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19

https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC130724/jrc130724_ceto-a1-batteries-energy-report_20221028_-_pubsy_submission.pdf

https://www.dlr.de/tt/Portaldata/41/Resources/dokumente/tp/Carnot_Batteries_background_document-V2.pdf

<https://www.uni-bayreuth.de/press-releases/Carnot-batteries>

<https://www.mdpi.com/1996-1073/17/2/437>

1.3.5 Environmentální technologie

1.3.5.1 CCUS

Zachycování, používání a ukládání uhlíku (CCUS – Carbon Capture, Use and Storage) je nezbytné pro dekarbonizaci odvětví, u nichž se emise obtížně snižují, a pro odstranění CO₂ z atmosféry (což generuje „negativní emise“). V současné době je využití CCUS minimální. Náklady zůstávají neúnosně vysoké – obvykle 50 až 100 USD za tunu CO₂ (tCO₂) – a zařízení CCUS spotřebovává mnoho energie.

Inovace byly doposud pomalé. Mnoho stávajících závodů CCUS využívá 30 let staré technologie na bázi rozpouštědel pro zachycování uhlíku po spalování. Ale objevují se nové technologie. Ke snížení nákladů by byl zapotřebí další výzkum a vývoj a pravděpodobně budou zapotřebí další pobídky, aby byl CCUS finančně životaschopný v komerčním měřítku. Pokud by však celkové náklady na CCUS klesly pod 50 USD/tCO₂, mnoho aplikací by bylo hospodárných. Zde jsou některé technologie CCUS, které by mohly pomoci.

Technologie zachycení před a po spalování. Předspalovací technologie, jako je spalování kyslíku, představují slibné způsoby, jak zajistit cenově dostupné zachycování CO₂ z bodových zdrojů, protože zvyšují koncentraci CO₂ ve spalínách. Vývoj nových technologií dodatečného spalování, jako jsou formulace rozpouštědel druhé generace, sorbenty a membrány, pomáhá snižovat náklady na zachycení. Společnosti, vlády, filantropové, rizikové a investiční kapitálové společnosti pomáhají financovat vylepšení technologie zachycení.

Bioenergie se zachycováním a ukládáním uhlíku (BECCS). Mnoho elektráren na fosilní paliva se ani zdaleka neblíží konci své životnosti. Odstavení závodů před původně plánovaným termínem by zatížilo jejich majitele a/nebo provozovatele uvízlým či neodepsaným majetkem. Hodnota těchto závodů by však mohla být zachována jejich přeměnou na zpracování biomasy – výrobu obnovitelného paliva. Přidání zařízení CCS do bioenergetického závodu umožňuje produkovat negativní emise: biomasa sequestruje CO₂, jak roste, a když je tato biomasa spálena či zplyňována, systém CCS zabraňuje CO₂ vstupovat do atmosféry.

Biouhel. Biouhel je stabilní materiál podobný dřevěnému uhlí vyrobený zpracováním odpadní biomasy, jako jsou zbytky plodin zplyňováním. Přidání biouhlu do půdy může zlepšit zdraví půdy a produktivitu zemědělství, což otevírá dveře pro použití ve velkém zemědělství. Tato praxe by mohla do roku 2050 zachytit téměř 2 gigatuny CO₂ ročně. Míra přijetí bude záviset na výsledcích experimentů v komerčním měřítku v příštím desetiletí.

Beton obohacený CO₂. Beton má dvě hlavní složky: cement, což je „pojídlo“, které drží beton pohromadě; a kamenivo, jako je písek nebo drcený kámen, které dává betonu většinu jeho hmoty. Oba mají velké uhlíkové stopy, ale společnosti pracují na řešeních, která by CO₂ izolovala v samotném betonu. Technologie přidávání CO₂ jako přísady do cementu by mohly snížit emise až o 70 % a učinit cement pevnější. Vznikající procesy mohou kombinovat zachycený CO₂ s průmyslovými odpadními produkty, jako je popílek, ocelářská struska a sanovaný cement, za účelem výroby umělých kamenů pro použití místo přírodního kameniva. Přímé zachycování vzduchu (DAC – Direct Air Capture). Odsávání CO₂ z okolního vzduchu je obtížné, protože vzduch má maximálně jednu setinu koncentrace CO₂ ve spalínách z průmyslových bodových zdrojů. Nicméně DAC nabízí způsob, jak odstranit CO₂ z atmosféry – a svět bude pravděpodobně potřebovat mnoho různých zdrojů negativních emisí, aby splnil limit 1,5 °C globálního oteplování. Za tímto účelem několik společností investuje do DAC s cílem dosáhnout do roku 2030 nákladů na zachycení 100 USD/tCO₂ až 150 USD/tCO₂, tedy o 60 až 80 procent méně než dnešní pilotní projekty. Nízkonákladový DAC ve spojení s levným

vodíkem by mohl umožnit výrobu uhlíkově neutrálních e-paliv (syntetických paliv) v blízkém až střednědobém horizontu.

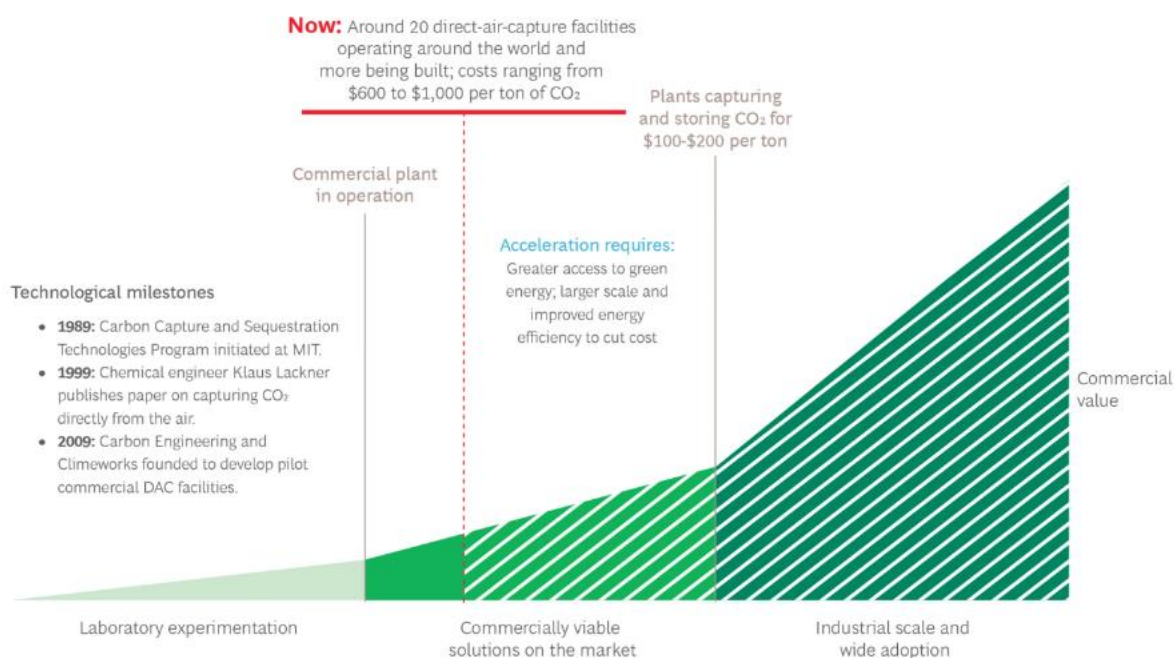
Jak DAC funguje

Nejběžnější metodou DAC je postavit velké ventilátory, které foukají vzduch přes nebo skrz „sorbent“ – pevnou membránu nebo kapalinu, která se přirozeně váže s molekulami. Prostřednictvím tepla a řady chemických procesů, které se liší podle výrobce, se CO₂ uvolňuje a rafinuje na čistý koncentrovaný plyn, který se buď skladuje v zemi, nebo se používá jako komerční surovina pro různé aplikace. I když je CO₂ rozptýlen ve vzduchu v nepatrných množstvích – asi 420 ppm – tepelné elektrárny s DAC, které jsou nyní v provozu, jsou schopny zachytit několik tisíc tun v průběhu roku.

Startupy nasazují tento základní technologický princip různými způsoby. Jedna z nejvíce zavedených společností DAC, Canada's Carbon Engineering, nedávno získaná společností Occidental Petroleum, trvala dlouho na procesu používaném výrobcí cementu, který využívá oxid vápenatý k absorpci CO₂ a poté jej přeměňuje na uhličitán vápenatý. Climeworks, další lídr v oboru, staví zařízení DAC, ve kterých proudy vzduchu cirkulují přes fyzické membrány, které absorbují CO₂. Filtry se poté zahřejí, aby bylo možné odstranit a zpracovat CO₂. Na druhém konci spektra jsou společnosti jako CarbonCapture se sídlem v Los Angeles, které staví supermodulární struktury využívající řadu sorbentů – některé chemické, jiné fyzikální. Aby DAC dosáhl svého inflexního bodu, odhadujeme, že náklady musí klesnout na přibližně 200 USD za tunu nebo níže.

Obrázek 41: Geneze vývoje DAC technologie

Direct Air Capture: A Progress Report



Source: BCG analysis.

Note: Projections based on current investments.

Zdroj: BCG analysis

Velkým problémem jsou však náklady. Právě teď, v závislosti na vyspělosti technologie a používaných strojů, stojí odstranění CO₂ z atmosféry a jeho uložení od 600 do 1 000 USD za tunu. Pouze některé společnosti jsou ochotny zaplatit takovou částku. Aby DAC dosáhl svého inflexního bodu, odhaduje se, že náklady musí klesnout na přibližně 200 USD za tunu nebo níže. To by bylo srovnatelné s náklady na jiné metody likvidace pevného odpadu v zemích s vysokými příjmy. Některé společnosti, které jsou průkopníky nových technologií DAC, věří, že mohou snížit náklady na 100 USD.

Překonávání překážek při rozšiřování

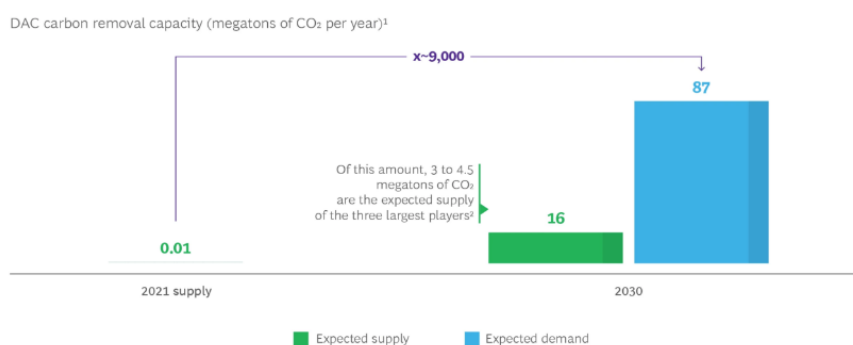
Rozšiřování vyžaduje překonání některých skutečných praktických překážek. Zařízení DAC v současné době vyžadují obrovské množství energie pro napájení systémů cirkulace vzduchu a poskytování tepla potřebného pro chemické procesy. Tato energie musí být obnovitelná, jinak by se musely emise znovu zachycovat a zpracovávat.

Aby se amortizovaly náklady na veškeré vybavení, musela by se provozovat tato zařízení na přibližně 90 % kapacity. Pokud zařízení běží výhradně na solární energii, která je k dispozici pouze tehdy, když svítí slunce, může fungovat pouze na 20 % kapacity. To by dramaticky zvýšilo náklady. Jedním ze způsobů, jak vyřešit problém s energií, je umístit zařízení DAC blízko míst, kde je dostatek obnovitelných zdrojů.

Podle Mezinárodní energetické agentury musí být DAC připraven zachytit asi 87 megatun CO₂ každý rok do roku 2030 a 983 megatun do roku 2050, aby splnil globální cíle snižování uhlíku. DAC je však stále v začátcích a dosažení předpokládaných čísel by do roku 2030 vyžadovalo rozšíření oproti dnešním úrovním o faktor 9 000 (viz následující obrázek). I když vezmeme v úvahu závazky, které největší hráči DAC přijali, skutečný výsledek by zaostal za plánovaným o zhruba 70 megatun. K dosažení cíle musí být DAC industrializován pětikrát rychleji, než se v současnosti očekává.

Obrázek 42: Srovnání stávajícího a potřebného tempa zachytávání CO₂ technologií DAC ve vztahu k cílům ochrany klimatu

Exhibit 4 - Direct Air Capture Faces an Unprecedented Scale-Up Challenge if It Is to Meet Expected Demand



Sources: International Energy Agency; industry expert views; BCG analysis.

Note: DAC = direct air capture.

¹ Based on announced projects and target in International Energy Agency's Net Zero Emissions by 2050 Scenario.

² Climeworks, Carbon Engineering and Global Thermostat.

Zdroj: BCG analysis

Další možnosti využití CO₂

Několik startupů podporovaných prudkým nárůstem rizikového kapitálu za posledních pět let má své produkty na trhu. V tuto chvíli je většina v luxusním segmentu a zaměřuje se na spotřebitele, kteří jsou ochotni zaplatit více, aby přešli na zelenou ekonomiku. Například Air

Company sídlící v Brooklynu vyrábí vodku a parfémy vyrobené ze zachyceného uhlíku. Twelve vyrábí mimo jiné čočky pro luxusní sluneční brýle a vyvíjí díly pro interiéry vozů Mercedes-Benz. Zara uvedla na trh oděvní řadu s polyesterem vyrobeným technologií transformace CO2. LanzaTech se sídlem v Illinois. Specifickým příkladem jsou postelové matrace obsahující polyuretanovou pěnu vyrobenou z Cardyonu, nového materiálu, který německé Covestro vyrábí s CO2 recyklovaným z průmyslového odpadu.

Zdroje:

<https://www.bcg.com/capabilities/digital-technology-data/emerging-technologies/expert-insights/thomas-baker>

<https://www.bcg.com/industries/energy/energy-transition/blueprint>

<https://www.bcg.com/publications/2023/fast-tracking-new-green-technologies>

<https://www.bcg.com/publications/2023/machinery-makers-have-a-golden-opportunity-in-the-green-economy>

<https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/delivering-the-climate-technologies-needed-for-net-zero>

<https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/innovating-to-net-zero-an-executives-guide-to-climate-technology>

<https://www.mckinsey.com/capabilities/sustainability/our-insights/decarbonizing-the-world-industries-a-net-zero-guide-for-nine-key-sectors>

<https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/playing-offense-with-green-tech-to-achieve-net-zero-emissions>

1.4 AI a digitalizace procesů v energetice

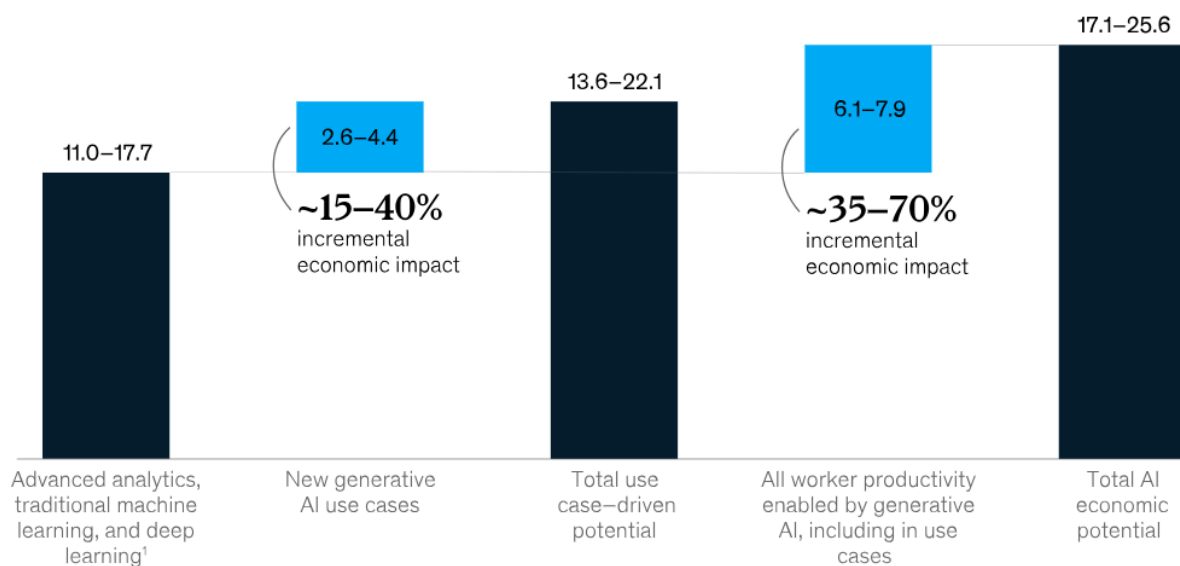
Odvětví energetiky má jedinečnou pozici, aby využilo výhod generativní AI. Příklady případů použití těchto průlomových technologií v průmyslu zahrnují následující:

- **Energetické společnosti.** Organizace s tisíci mil přenosových vedení, potrubí a další vzdálenou a někdy nepřístupnou infrastrukturou často utrácí miliony dolarů za integritu majetku. Modely koroze a prediktivní údržby s dříve nepoužitelnými, nestrukturovanými záznamy inspekce lze přenastavit, čímž se zlepší výkon. To zahrnuje integraci mnoha zdrojů dat, včetně tradičních záznamů, jako jsou minulá poškození, vizuální kontroly a data ze senzorů na samotném majetku. Zde může AI výrazně zlepšit efektivitu hlavní provozní funkce nezbytné pro kontinuitu provozu i veřejnou bezpečnost. Jiné zdroje dat, jako jsou drony, letecké a satelitní snímky, mohou být podstatně vylepšeny počítačovým viděním podporovaným generativní AI.
- **Ropné a plynárenské společnosti.** Specializované modely, rozšířené o aplikace pro zpracování obrazu, dokážou zpracovat, interpolovat a interpretovat drahá seismická data k identifikaci klíčových atributů (jako je trasování horizontu, lokalizace poruchy nebo přímá klasifikace uhlovodíků). V důsledku toho lze snížit množství dat potřebných pro průzkum ve vysokém rozlišení a zároveň zvýšit kvalitu výsledků.
- **Těžební společnosti.** Doly s flotilami složitých a široce distribuovaných strojů v terénu mohou pohánět modely databázemi o údržbě, historických pracovních příkazů, postupů, zásob nástrojů a databází dílů. Díky tomu může techniky údržby podpořit výkonný asistent umělé inteligence, který pomůže zefektivnit práci a zvýšit spolehlivost. I když se to může zdát jako přímočará aplikace standardních modelů, je třeba věnovat zvláštní pozornost tomu, aby prezentované rady byly správné a užitečné pro zkušené techniky, a pro dosažení plné hodnoty je nezbytná integrace se stávajícími systémy.
- **Chemické společnosti.** Rozsáhlé chemické databáze lze využít k vytvoření modelů, které dokážou předpovídat vlastnosti nových chemikálií, což podstatně snižuje nutnost využívání fyzikální laboratoře a urychluje tempo objevování molekul. Podobně lze digitálně prototypovat nové cesty syntézy, což pomáhá řešit nízkonákladové, nízkoeenergetické nebo nízkouhlíkové emise.
- **Zemědělské společnosti.** Těžbou dat o počasí, půdních podmínkách, tlaku škůdců a dalších mohou agronomické společnosti budovat virtuální poradce využívající generativní AI. Tito poradci mohou identifikovat personalizovaná rizika a příležitosti pro pěstitele, manažery farem a provozovatele farem, ke kterým mají přístup 24 hodin denně, 7 dní v týdnu za nízkou cenu. Generativní AI může také syntetizovat široké pole datových bodů pro generování testovacích scénářů pro analytické programy, které mohou agronomickým společnostem umožnit simulovat různé události a poskytovat přesnější výstupy.

Obrázek 43: Predikce tržního potenciálu generativní AI

Generative AI could create additional value potential above what could be unlocked by other AI and analytics.

AI's potential impact on the global economy, \$ trillion



¹Updated use case estimates from "Notes from the AI frontier: Applications and value of deep learning," McKinsey Global Institute, April 17, 2018.
Source: "The economic potential of generative AI: The next productivity frontier," McKinsey, June 14, 2023

McKinsey & Company

Zdroj: McKinsey & Company

Zdroje:

<https://www.mckinsey.com/industries/metals-and-mining/our-insights/beyond-the-hype-new-opportunities-for-gen-ai-in-energy-and-materials>

Friškovec, N., IGREC, D. A review of Artificial Intelligence in Nuclear Power Plants. *Journal of Energy Technology*. 2024, 17(4), s. 34–45. ISSN 1855-4851. Dostupné z: <https://journals.um.si/index.php/jet/article/view/5112>

JENDOUBI, C., aj. A Survey of Artificial Intelligence Applications in Nuclear Power Plants. *Nuclear Engineering & Technology*. MDPI, 2024, 5(4), čl. 30. DOI: 10.3390/xxxxx. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2624-831X/5/4/30>

WALKER, C. M. B., aj. Explainable Artificial Intelligence Technology for Predictive Maintenance Applications in Nuclear Power Plants. *Idaho National Laboratory Report*. Idaho Falls: INL, 2023. Dostupné z: https://inldigitallibrary.inl.gov/sites/sti/sti/Sort_67216.pdf

ARGONNE NATIONAL LABORATORY. Virtual models paving the way for advanced nuclear reactors. Argonne, 2025. Dostupné z: <https://www.anl.gov/article/virtual-models-paving-the-way-for-advanced-nuclear-reactors>

VAIRAGADE, H., aj. A Nuclear Power Plant Digital Twin for Developing Robot-based Systems and Remote Operations. *Frontiers in Energy Research*. 2024, čl. 1356624. DOI: 10.3389/fenrg.2024.1356624. Dostupné z: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2024.1356624/full>

ARHOUNI, F. E., SVĚTLÍK, J., aj. Artificial intelligence-driven advances in nuclear technology. *Progress in Nuclear Energy*. Elsevier, 2025, 170, 104681. ISSN 0306-4549. DOI: 10.1016/j.pnucene.2024.104681. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306454924008144>

1.5 Bezpečnost v souvislosti s megatrendy

Bezpečnost se stává jedním z nejvýznamnějších megatrendů současné i budoucí energetiky. Její význam roste nejen v kontextu jaderné i nejaderné energetiky, ale i v oblasti celé kritické infrastruktury, kde hraje klíčovou roli fyzická ochrana, odolnost systémů, detekce hrozeb, diagnostika a prediktivní údržba. Globalizace dodavatelských řetězců, digitalizace, rostoucí závislost na kybernetických technologiích a geopolitické napětí posouvají otázku bezpečnosti do popředí všech strategických diskusí.

1.5.1 Bezpečnost jako megatrend

- **Jaderná bezpečnost:** nadále zůstává základním kamenem energetické politiky a regulačních požadavků. Trendem je přechod k pasivním a inherentním bezpečnostním prvkům v SMR a využívání pokročilých materiálů a paliv (např. ATF – Accident Tolerant Fuels). Tento směr je ukotven v dokumentu **Convention on Nuclear**

Safety (CNS) a souborech **IAEA Safety Standards**, které stanovují minimální požadavky na projektování, provoz a vyřazování jaderných zařízení (IAEA, 2024).

- **Kybernetická bezpečnost:** do roku 2030 se očekává standardizace a harmonizace požadavků na kybernetickou ochranu řídicích systémů. Do roku 2050 se stane nedílnou součástí architektury energetických sítí i jaderných zařízení s využitím autonomních AI systémů schopných v reálném čase detekovat a neutralizovat hrozby. Tyto požadavky vycházejí z dokumentů **IAEA Nuclear Security Series** a doporučení **OECD/NEA CP-08 Consensus Position on Cyber Security Features in I&C Systems** (OECD-NEA, 2021).
- **Infrastrukturní bezpečnost:** zahrnuje fyzickou odolnost energetických sítí, ochranu před přírodními katastrofami, extrémními klimatickými jevy a cílenými útoky na kritickou infrastrukturu. Tento trend reflektuje mj. **Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management** (IAEA, 2001).
- **Senzorika a diagnostika:** pokročilé senzorové systémy, digitální dvojčata a AI prediktivní modely zajišťují včasnou detekci problémů a zvyšují provozní spolehlivost. Globální priority v této oblasti shrnuje **Nuclear Safety Review 2024 (IAEA, 2024)**, která upozorňuje na potřebu rozvoje detekčních a monitorovacích systémů a integraci digitalizace do bezpečnostních rámců.

1.5.2 Projekty CANUT II a NCE II v kontextu bezpečnosti

- **CANUT II – Instrumentace a I&C (DP 03_02):** zahrnuje vývoj digitálních řídicích systémů, pokročilé senzoriky, kybernetické bezpečnosti a implementaci AI. Tyto prvky mají zásadní význam pro provozní a jadernou bezpečnost.
- **CANUT II – Pokročilé materiály (DP 02_01, DP 02_03):** přinášejí řešení v oblasti odolnosti komponent vůči extrémním podmínkám, prodlužování životnosti zařízení a pasivních bezpečnostních prvků.
- **CANUT II – Provoz a optimalizace (DP 04_01):** zaměřuje se na zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti prostřednictvím prediktivní diagnostiky, automatizovaných systémů pro SMR a integrace SMR do energetického mixu.
- **CANUT II – Radiační ochrana a nakládání s odpady (DP 05_01, DP 05_02, DP 05_03):** řeší bezpečnostní aspekty spojené s radioaktivními odpady, dekontaminací a dlouhodobou udržitelností jaderného cyklu.
- **NCE II:** reflektuje bezpečnost především v oblasti akumulace, distribuce a využití energie, s důrazem na spolehlivost infrastruktur, bezpečné nakládání s odpady a environmentální aspekty.

1.5.3 Shrnutí

Bezpečnost jako megatrend v jaderné i nejaderné energetice má průřezový charakter a zásadně ovlivňuje směřování výzkumu i implementaci nových technologií. Projekty CANUT II a NCE II vytvářejí synergii mezi technologickým vývojem, kybernetickou a fyzickou ochranou, diagnostikou a společenskou akceptací, čímž přispívají k posílení energetické a národní bezpečnosti v dlouhodobém horizontu. V souladu s globálními dokumenty, jako jsou **IAEA Safety Standards**, **Nuclear Security Series**, **Convention on Nuclear Safety** a **Nuclear Safety Review 2024**, lze konstatovat, že otázky bezpečnosti budou i v nadcházejících dekádách patřit

k určujícím megatrendům ovlivňujícím směřování výzkumu, regulace a implementace nových technologií v energetice.

Zdroje:

IAEA. Safety Standards. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2024. Dostupné z: <https://www.iaea.org/resources/safety-standards>

IAEA. Nuclear Security Series. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2023. Dostupné z: <https://www.iaea.org/resources/nuclear-security-series>

IAEA. Convention on Nuclear Safety. Vienna: International Atomic Energy Agency, 1994. Dostupné z: <https://www.iaea.org/topics/nuclear-safety-conventions/convention-nuclear-safety>

IAEA. Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management. Vienna: IAEA, 2001. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Joint_Convention_on_the_Safety_of_Spent_Fuel_Management_and_on_the_Safety_of_Radioactive_Waste_Management

OECD-NEA. Consensus Position on the Impact of Cyber Security Features on Digital I&C Systems Important to Safety (CP-08). Paris: OECD Nuclear Energy Agency, 2021. Dostupné z: https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_75241

IAEA. Nuclear Safety Review 2024. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2024. Dostupné z: <https://www.iaea.org/sites/default/files/gc/gc68-inf2.pdf>

1.6 Společnost a životní prostředí

Otázky společnosti a životního prostředí představují klíčový průřezový megatrend, který zásadně ovlivňuje nejen technologický rozvoj, ale i společenskou akceptaci energetiky. V kontextu jaderné i nejaderné energetiky je důležité řešit zejména dlouhodobou udržitelnost, dopady na životní prostředí, nakládání s odpady a komunikaci s veřejností.

1.6.1 Společnost a životní prostředí jako megatrend

Nakládání s odpady a decommissioning: dlouhodobě nejvýznamnější téma jaderné energetiky. Současným globálním megatrendem je vývoj bezpečných metod ukládání vyhořelého jaderného paliva (HÚ – hlubinné úložiště) a postupů pro bezpečné vyřazování zařízení z provozu. V ČR se očekává rozhodnutí o lokalitě hlubinného úložiště do roku 2030. Tento trend reflektuje také **Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management (IAEA, 2001)**.

Environmentální dopady energetických technologií: zahrnují hodnocení životního cyklu (LCA), uhlíkovou stopu, emise i využití druhotných surovin. Trendem je podpora technologií CCUS (Carbon Capture, Utilisation and Storage) a recyklace materiálů. Evropský rámec pro hodnocení dopadů definuje zejména **EU Green Deal (2019)** a **EU Taxonomie udržitelných aktivit (nařízení EU 2020/852)**.

Společenská akceptace: roste potřeba aktivní komunikace s veřejností, transparentního reportingu a zapojení stakeholderů do rozhodovacích procesů. Megatrendem je využívání participativních metod a digitálních nástrojů (např. vizualizace pomocí AI simulací), které zvyšují důvěru veřejnosti. Tento princip posiluje také **Aarhuská úmluva (1998)**, která garantuje právo veřejnosti na informace a účast v rozhodování o životním prostředí.

Lidské zdroje a vzdělávání: v kontextu energetické transformace se zvyšuje poptávka po nových dovednostech a specializovaných profesích. Trendem je posilování vzdělávacích programů a propojení univerzit, výzkumných institucí a průmyslu, což reflektují i evropské iniciativy **Euratom Research and Training Programme (2021–2025)**.

1.6.2 Projekty CANUT II a NCE II v kontextu společnosti a životního prostředí

CANUT II – Radiační ochrana a nakládání s odpady (DP 05_01, DP 05_02, DP 05_03): projekty zaměřené na bezpečné nakládání s RAO (radioaktivní odpady), optimalizaci procesů, dekontaminaci a dlouhodobou udržitelnost jaderného cyklu. Součástí je i decommissioning a návrh metod pro minimalizaci dopadů na životní prostředí.

CANUT II – Společenské aspekty a E&T: projekty reflektují potřebu komunikace s veřejností, zvyšování akceptace jádra a podporu vzdělávání a školení nové generace odborníků. Zvláštní důraz je kladen na mezioborové programy a spolupráci s průmyslem.

NCE II – Odpady a environmentální technologie: projekty zaměřené na nakládání s průmyslovými a energetickými odpady, recyklaci, technologie CCUS a environmentální

dopady nových energetických řešení. NCE II řeší environmentální aspekty i v širším kontextu než jen v jaderné oblasti.

1.6.3 Shrnutí

Společnost a životní prostředí představují zásadní megatrend, který doplňuje technologické směry a podmínkuje jejich uplatnění v praxi. Projekty CANUT II a NCE II se soustředí na bezpečné nakládání s odpady, decommissioning, environmentální technologie a podporu společenské akceptace. Tyto oblasti vytvářejí synergii s globálními megatrendy, evropskými politikami (Green Deal, EU Taxonomie) i národními strategickými dokumenty (SEK, NEKP, NRIS3) a posilují konkurenceschopnost českého jaderného a energetického sektoru v dlouhodobém horizontu.

Zdroje

IAEA. Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2001. Dostupné z: <https://www.iaea.org/topics/nuclear-safety-conventions/joint-convention>

EUROPEAN COMMISSION. The European Green Deal. Brussels: European Commission, 2019. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640>

EUROPEAN UNION. Regulation (EU) 2020/852 on the Establishment of a Framework to Facilitate Sustainable Investment (EU Taxonomy). Official Journal of the EU, 2020. Dostupné z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32020R0852>

UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. Convention on Access to Information, Public Participation in Decision-Making and Access to Justice in Environmental Matters (Aarhus Convention). Geneva: UNECE, 1998. Dostupné z: <https://unece.org/environment-policy/public-participation/aarhus-convention/introduction>

EUROPEAN COMMISSION. Euratom Research and Training Programme (2021–2025). Brussels: European Commission, 2021.

2 SYNTÉZA ANALÝZY TECHNOLOGICKÝCH TRENDŮ A TEMATICKÉHO ZAMĚŘENÍ

Kapitola 2 představuje výsledky systematické syntézy technologických a inovačních trendů relevantních pro energetickou transformaci České republiky. Analýza byla provedena ve dvou na sebe navazujících krocích, které reflektují odborné zaměření a komplementaritu projektů NCE II a CANUT II.

V prvním kroku byla zpracována syntéza technologických trendů v rámci projektu NCE II, se zaměřením na nízkouhlíkové nejaderné energetické technologie, zejména v oblastech vodíku, obnovitelných zdrojů energie, akumulace, inteligentních sítí, využití odpadního tepla, cirkulární ekonomiky a digitálních nástrojů v energetice. Cílem této části bylo identifikovat klíčové technologické směry, jejich úroveň technologické připravenosti (TRL), vazby na průmyslovou praxi a relevanci pro strategické dokumenty státu a Evropské unie.

Na tuto analýzu následně navazuje syntéza trendů zpracovaná v rámci projektu CANUT II, která se soustředí na pokročilé jaderné technologie jako nedílnou součást nízkoemisního energetického mixu. Pozornost je věnována zejména malým modulárním reaktorům (SMR), jadernému palivovému cyklu, materiálovému výzkumu, bezpečnostním aspektům a integraci jaderných zdrojů do hybridních energetických systémů v kombinaci s OZE, vodíkem a akumulací.

Výsledkem tohoto dvoustupňového přístupu je integrovaný přehled technologických trendů, který umožňuje posuzovat energetickou transformaci ČR komplexně – napříč nejadernými i jadernými technologiemi – a vytváří robustní analytický základ pro formulaci strategických doporučení, foresightových scénářů a podkladů pro rozhodovací praxi veřejné správy.

2.1 Syntéza analýzy technologických trendů a tematického zaměření projektů NCE II

Níže uvedené tabulky v členění dle jednotlivých aplikačních segmentů / výzkumných oblastí znázorňují soulad jednotlivých výzkumných projektů NCEII s identifikovanými megatrendy a technologickými trendy. U každého z výzkumných projektů dle jeho identifikovaných souladů s technologickými trendy byla vzhledem k jeho charakteru (komplexní projekt zaměřující se na více výzkumných oblastí nebo naopak specializovaný projekt řešící jednu dílčí specifickou výzkumnou oblast) posouzena možnost jeho úprav / rozšíření. Náměty na úpravy / rozšíření jsou u předmětných projektů popsány pod jednotlivými tabulkami. Technologické trendy, které nejsou ve výzkumných projektech NCE II podchyceny, byly využity jako náměty na nové výzkumné projekty NCE II, které jsou uvedeny na konci této kapitoly.

2.1.1 Konverze energie

Název výzkumného projektu NCE II	Dekarbonizace energetiky, průmyslu a dopravy							
	A.1 Syntetická paliva a biopaliva	A.2. Výroba vodíku	A.3 Termochem ická konverze	A.4 Recyklace plastů	A.5 Recyklace baterií z elektromobil ů	A.6 Odpadní teplo	A.7 Obnovitelné zdroje	A.8 Nasazení AI v energetice
Inovativní řešení pro udržitelnou energetiku	X	X	X			X		X
Nové progresivní technologie pro energetiku	X					X	X	
Technická řešení pro nízkoemisní energetiku	X	X	X	X			X	
Spolehlivost a flexibilita energetických zdrojů						X		X
Akumulace TES a sCO ₂						X		

V případě projektu Inovativní řešení pro udržitelnou energetiku se vzhledem k jeho komplexnímu zaměření nabízí rozšířit portfolio výzkumných činností o problematiku využití umělé inteligence (AI) pilotním způsobem průřezově u všech dílčích pracovních balíčků, a to jednak pro účely samotného výzkumu a vývoje dílčích technologií, jednak jakožto nezbytnou součást výsledných dílčích technologií, které budou vyvinuty a experimentálně ověřeny. Tím by se výrazně zvýšila účinnost, flexibilita a celková konkurenceschopnost těchto technologií ve vztahu k potenciálu jejich případné komercializace. Využití AI (jakožto součást výsledné technologie) lze doporučit zejména u vývoje nových metod výroby vodíku (např. pro účely predikce účinnosti technologie výroby vodíku vzhledem k předpokládaným provozním podmínkám, zpětné vyhodnocování účinnosti této technologie, modelování procesů čištění vodíku co do jejich účinnosti, rychlosti, ekonomické výhodnosti, apod.), a využití

odpadního tepla v průmyslových procesech (modelování energetických toků, predikce vývoje energetické hustoty tepla v čase, kritériální analýza vhodnosti využití odpadního tepla vzhledem k jeho aktuálním parametrům v různých průmyslových procesech, apod.).

2.1.2 Distribuce a přenos energie

Název výzkumného projektu NCE II	Dekarbonizace energetiky a dopravy				
	B.1 Progresivní řídicí systémy pro energetické sítě	B.2 Energetické komunity	B.3 Technologie pro distribuci vodíku	B.4 Distribuce tepla	B.5 Nasazení AI v energetice
Řízení, chránění a efektivní provoz distribučních sítí a průmyslových energetických systémů	X				X
Nové technologie a optimalizace provozu PS a DS	X				X
Optimalizace provozu a spolehlivost energetických infrastruktur	X				

V případě projektu Řízení, chránění a efektivní provoz distribučních sítí a průmyslových energetických systémů se vzhledem k jeho charakteru naskytá možnost dále upgradovat jeho cíle v oblasti softwarových a komunikačních řešení o doplnění softwarových nástrojů na bázi umělé inteligence, které by komplexně a systémově zkoordinovaly všechny dílčí prvky řízení energetických sítí (algoritmy, snímače, databázová jádra, strojové učení, ad.) v jeden synchronizovaný celek tak, aby predikce energetických toků, kapacity pro akumulaci momentálně nadbytečné energie, event. aktivace záložních akumulačních zdrojů v případě jejího nedostatku včetně kapacit přenosových sítí byly maximálně přesné, spolehlivé a robustní ve vzájemné synchronizaci na nejvyšší možné úrovni. Nasazení nástrojů umělé inteligence se týká ve velmi podobném pojetí

také projektu Nové technologie a optimalizace provozu PS a DS, zejména ve vztahu k problematice digitalizace přenosových soustav a predikce meteorologicky relevantních jevů v energetice.

2.1.3 Akumulace a užití energie

Název výzkumného projektu NCE II	Dekarbonizace energetiky, průmyslu a dopravy					
	C.1 Baterie pro elektromobilitu	C.2 Baterie pro stabilizaci energetických sítí	C.3 Akumulace vodíku	C.4 Akumulace tepla	C.5 Energetické úspory	C.6 Nasazení AI v energetice
Zplyňování odpadů v tavenině soli				X		
Manipulátor pro hydrogenerátory						

V případě projektu Manipulátor pro hydrogenerátory nedošlo k jeho přiřazení k žádnému z technologických trendů uvedených v tomto aplikačním segmentu, jelikož to vzhledem k velmi silné specifičnosti tohoto projektu není tematicky možné. Alternativním řešením je zařadit tento projekt do aplikačního segmentu Konverze energie, v rámci něhož by zcela určitě byl v souladu s technologickým trendem Obnovitelné zdroje (jedná se o manipulátor ke generátoru napojenému na vodní turbínu).

2.1.4 Společnost a životní prostředí

Název výzkumného projektu NCE II	Dekarbonizace energetiky a průmyslu	
	D.1 CCUS technologie	D.2 Nasazení AI
Inovativní řešení pro udržitelnou energetiku	X	X
Nové progresivní technologie pro energetiku	X	
Technická řešení pro nízkoemisní energetiku	X	
Spolehlivost a flexibilita energetických zdrojů		
Akumulace TES a sCO ₂	X	

Zplyňování odpadů v tavenině soli		
Manipulátor pro hydrogenerátory		
Řízení, chránění a efektivní provoz distribučních sítí a průmyslových energetických systémů		
Nové technologie a optimalizace provozu PS a DS		
Optimalizace provozu a spolehlivost energetických infrastruktur		

V případě projektu Inovativní řešení pro udržitelnou energetiku je vzhledem k možnostem pilotního uplatnění AI v jeho jednotlivých pracovních balíčcích (viz výše – aplikační segment Konverze energie) potenciálně zajímavé využití AI rovněž v oblasti technologií CCUS (modelování množství zachyceného CO₂ vzhledem k očekávaným klimatickým a provozním podmínkám ve výrobních procesech, variantní analýza možností skladování CO₂ a jeho dalšího využití – např. pro účely výroby syntetických paliv, apod.).

2.2 Syntéza analýzy technologických trendů a tematického zaměření projektů CANUT II

Tato kapitola se zaměřuje na syntézu technologických trendů ve vazbě na tematické a výzkumné zaměření projektu CANUT II. Jejím cílem je propojit identifikované trendy s obsahem dílčích projektů CANUT II a vymezit jejich roli v kontextu dlouhodobé transformace české energetiky.

Analýza vychází z předpokladu, že pokročilé jaderné technologie představují stabilní nízkoemisní zdroj energie a klíčový prvek hybridních energetických systémů kombinujících jádro s OZE, vodíkem a akumulací. Důraz je kladen na technologické synergie, úroveň technologické připravenosti (TRL) a aplikační potenciál výsledků pro rozhodovací praxi státu.

2.2.1 Konverze energie

Tabulka 2.X – Projekty CANUT II v segmentu A – Konverze energie a jejich vazby na megatrendy

Dílčí projekty CANUT II – Segment A (Konverze energie)	Pokročilá jaderná paliva	Paliva pro SMR	Thoriové palivové cykly	Fúzní paliva	Malé modulární reaktory (SMR)	Fúzní technologie

DP 01_01 – Progressive nuclear fuels for current and future nuclear power sources including SMRs	X	X	X	X		
DP 01_02 – Safety Reliability of Nuclear Fuel	X	X				
DP 01_12 – Advanced nuclear fuels (ATF, HDU, ...)	X	X	X			
DP 02_01 – Perspective and diagnostic methods					X	X
DP 02_02 – Repair technologies					X	
DP 02_03 – Component materials					X	X

2.2.2 Distribuce a přenos energie

Tabulka 2.X – Projekty CANUT II v segmentu C

ílkí projekty CANUT II – Segment C (Energetické sítě)	Digitální řídící systémy	Digitalizace a AI	AI a strojové učení	Digitální dvojčata	Pokročilé senzory	Kybernetická bezpečnost	Integrace SMR	Integrace obnovitelných zdrojů	Vzdálené monitorování

DP_04_01_NPO – Emission-free technologies for local energy sources replacement							X	X	
DP_04_01 – Optimization of Operation and BOP of Nuclear Power Plants	X	X	X	X	X	X	X		X

2.2.3 Akumulace a užití energie

Tabulka 2.X – Projekty CANUT II v segmentu B

Dílčí projekty CANUT II – Segment B (Akumulace a užití energie)	Pokročilé materiály	Recyklace materiálů	Akumulace energie
DP_02_01 – Perspective and diagnostic methods	X		X
DP_02_02 – Repair technologies	X	X	
DP_02_03 – Component materials	X	X	

2.2.4 Bezpečnost

Tabulka 2.X – Projekty CANUT II v segmentu D

Dílčí projekty CANUT II – Segment D (Bezpečnost)	Pasivní bezpečnostní systémy	Digitální řídicí systémy	Pokročilé senzory	AI a strojové učení	Digitální dvojčata	Kybernetická bezpečnost	Zvýšení bezpečnosti	Vzdálené monitorování
DP 03_02 – Instrumentation for control and management systems		X	X	X	X	X		X
DP 04_01 – Optimization of Operation and BOP of Nuclear Power Plants (safety subsystems)	X	X					X	X
DP 05_01 – Radiation protection							X	X
DP 05_02 – Low-temperature technology for the decontamination of primary circuit							X	
DP 05_03 – Water treatment / radioactive waste minimization							X	

2.2.5 Společnost a životní prostředí

Tabulka 2.X – Projekty CANUT II v segmentu E – Společnost a životní prostředí a jejich vazby na megatrendy

Dílčí projekty CANUT II – Segment E (Společnost a životní prostředí)	Zvýšení bezpečnosti	Nakládání s odpadem	Recyklace materiálů	Rekultivace lokalit
--	---------------------	---------------------	---------------------	---------------------

DP 05_03 – Water treatment using Advanced Oxidation Processes (AOP) and ElectroMembrane Processes (EMP)	X	X	X	
DP 05_02 – Low-temperature technology for the decontamination of primary circuit	X	X		
DP 05_01 – Optimization, minimization and recycling of radioactive waste from nuclear power plants		X	X	X
DP_04_01_NPO – Emission-free technologies for local energy sources replacement	X			X

2.3 Agregovaná doporučení vyplývající ze syntézy projektů NCE II a CANUT II

Analýza tematického zaměření projektů NCE II a CANUT II potvrzuje jejich vysokou relevanci vůči klíčovým globálním technologickým megatrendům a zároveň identifikuje oblasti s potenciálem dalšího rozvoje. Společným jmenovatelem je potřeba systematicky posilovat technologie umožňující dekarbonizaci, flexibilitu a dlouhodobou stabilitu energetického systému.

U projektů NCE II se jako perspektivní směry pro rozšíření výzkumu ukazují zejména recyklace baterií z elektromobility (s důrazem na chemické a materiálové procesy po roce 2035), vývoj pokročilých bateriových systémů pro mobilitu i stabilizaci sítí, akumulace a distribuce vodíku včetně nových materiálů pro zásobníky a alternativních forem přepravy, modernizace teplárenských soustav směrem k nízkooteplotním sítím a rozvoj energetických komunit založených na pokročilém softwaru, digitalizaci a řízení flexibility.

Projekty CANUT II vytvářejí silnou výzkumnou základnu v oblasti pokročilých jaderných technologií, přičemž jako klíčové rozvojové směry se jeví další testování pokročilých jaderných paliv a uzavřeného palivového cyklu, integrace malých modulárních reaktorů do hybridních energetických systémů (teplárenství, průmysl, výroba vodíku), zvyšování bezpečnosti, spolehlivosti a efektivity provozu jaderných zařízení a dlouhodobý výzkum technologií IV. generace a fúzní energetiky. Významnou průřezovou oblastí je digitalizace, využití umělé inteligence, digitálních dvojčat a pokročilých senzorů, včetně kybernetické bezpečnosti, a dále inovativní přístupy k nakládání s radioaktivními odpady a environmentální technologie.

Společným doporučením pro další směřování obou center je rozvoj synergických výzkumných projektů, které propojí nejaderné nízkouhlíkové technologie s pokročilými jadernými zdroji v rámci komplexních energetických systémů. Systematické zapojení nástrojů generativní umělé inteligence pro modelování, optimalizaci a prediktivní řízení představuje klíčový předpoklad pro posílení konkurenceschopnosti českého výzkumu a jeho relevance pro strategické rozhodování státu i průmyslovou praxi.

3 ZPRACOVÁNÍ DOPORUČENÍ K AKTUALIZACI STRATEGICKÝCH DOKUMENTŮ

Účelem této kapitoly je porovnat soulad jednotlivých výzkumných projektů NCE II se strategickými dokumenty, které byly identifikovány na základě kritérií stanovených v kapitole Metodika (aktuálnost, tematický záběr dokumentu, úroveň nositele dokumentu a zároveň forma jeho zpracování). Porovnání je současně koncipováno v návaznosti na projekt **CANUT II**, s nímž NCE II sdílí metodické pilíře a strategické východisko, a jehož směřování je taktéž zakotveno v českých a evropských prioritách v oblasti jaderné energetiky a udržitelné energetiky obecně.

Konkrétně se jedná o následující strategické dokumenty (seřazené dle posledně uvedeného kritéria):

1. **Net Zero by 2050—a Roadmap for the global energy sector,**
2. **Průmyslový plán Zelené dohody pro Evropu** (se zahrnutím dalších na něj navazujících dokumentů, např. **akt o průmyslu s nulovými čistými emisemi**, **akt o kritických surovinách**, **regulační rámec EU pro baterie**, **nařízení o infrastruktuře pro alternativní paliva**, aj.),
3. **Balíček Fit for 55** (zahrnující škálu dílčích dokumentů synergicky přispívajících k jeho naplňování, např. **RED III**, **Směrnice o energetické účinnosti**, **Nařízení o sdílení úsilí (ESR)**),
4. **Plán RePowerEU,**
5. **Horizon Europe – Strategic plan for 2025-2027,**
6. **Vnitrostátní plán ČR v oblasti energetiky a klimatu (aktualizace 2023),**
7. **Národní výzkumná a inovační strategie pro inteligentní specializaci 2021-2027 (NRIS3),**
8. **Státní energetická koncepce ČR (stále platná verze z roku 2015, aktualizace neschválena),**
9. **Politika ochrany klimatu v ČR.**
10. **Národní akční plán rozvoje jaderné energetiky v ČR (NAP JE, MPO, 2020, s probíhající aktualizací)**
11. **Koncepce nakládání s RaO a vyhořelým jaderným palivem v ČR**
12. **Dlouhodobá strategie nízkoemisní energetiky ČR (MPO, 2020, aktualizace v návaznosti na Fit for 55)**

Do průzkumu nebyl zahrnut dokument Green Deal z důvodu jeho vysoké obecnosti vůči konkrétním projektům NCE II. Dokument Green Deal je do větší míry detailu rozveden zejména v dokumentech Průmyslový plán Zelené dohody pro Evropu, Fit for 55 a RePowerEU, které v průzkumu zahrnuty jsou.

Dále nebyly zahrnuty do průzkumu další strategické dokumenty, jelikož cílem bylo porovnat výzkumné projekty NCE II s indikativně 8, výsledně s 9 stěžejními strategickými dokumenty vybranými dle výše zmíněných kritérií (blíže viz kapitola Metodika), a rovněž s vědomím toho, že další strategické dokumenty jsou svou povahou vůči těmto projektům buď dosti obecné (viz Green Deal) anebo naopak navazují na výše uvedený výběr 9 dokumentů, které blíže rozpracovávají, nicméně těchto 9 dokumentů je svou hloubkou a šířkou tematického záběru dostatečně adresných vůči těmto projektům a tyto zbylé dokumenty navíc jsou strukturou priorit a cílů velmi podobné vybraným 9 dokumentům, čili cílem také bylo vyhnout se duplicitám v podobě analýzy nadměrného nepřehledného množství dokumentů. Následující tabulka uvádí všechny další potenciální dokumenty, které do užšího výběru zahrnuty nebyly s uvedením konkrétních důvodů u každého z nich.

Název strategického dokumentu	Důvod nezařazení do užšího výběru
Strategický plán JRC EU 2020-2024	Končící období jeho platnosti, podporovaná témata jsou dosti vzdálená výzkumným zaměřením projektů NCE II
Revize systému EU pro obchodování s emisemi (EU ETS)	Jedná se o koncepční environmentálně-ekonomický mechanismus, který přímo nesouvisí s povahou výzkumných záměrů projektů NCE II
Nařízení o využití půdy, změně využití půdy a lesnictví (LULUCF)	Mimo záběr výzkumných projektů NCE II
Nařízení o snižování CO₂ z osobních a lehkých užitkových vozidel	Mimo záběr výzkumných projektů NCE II
Revize směrnice o zdanění energie	Jedná se o dokument legislativního typu v oblasti zdanění energií, který svou náplní opět přímo nesouvisí s povahou výzkumných projektů NCE II
Mechanismus pro uhlíkové vyrovnání na hranicích (CBAM)	Jedná se o normativní dokument v oblasti zahraniční obchodní politiky EU, který přímo nesouvisí se zaměřením výzkumných projektů NCE II
ReFuelEU Aviation	Jedná se o normativ stanovující minimální podíl biosložky / syntetické složky v leteckých palivech, který blíže neupravuje podmínky pro vývoj syntetických paliv a biopaliv pro leteckou dopravu jako takových.
FuelEU Maritime	Opět se jedná o normativ, který stanoví hodnoty emisí u lodních motorů a zároveň podporuje využívání udržitelných paliv (syntetických paliv a biopaliv) v těchto motorech, ale ve formě zvýhodnění ekonomického či daňového typu, nikoliv nastavováním rámcových podmínek vývoje těchto paliv.
Klimatický sociální fond	Je to opatření grantového typu ke zmírnění sociálních dopadů Zelené dohody na nízkopříjmové skupiny obyvatelstva, které nijak přímo nesouvisí se zaměřením výzkumných projektů NCE II
Revize Směrnice o energetické účinnosti budov (EPBD)	Jedná se o normativní dokument stanovující hraniční hodnoty emisí budov jak během jejich výstavby, tak i provozu. Kromě těchto hraničních hodnot dokument nestanoví žádné jiné podmínky ani cíle pro výzkum v této oblasti.

Národní program snižování emisí České republiky	Tento dokument popisuje detailně jednotlivé plánované projekce snižování emisí za jednotlivé sektory ekonomiky, nicméně neřeší konkrétně jednotlivé výzkumné oblasti k tomuto cíli vedoucí.
Národní akční plán pro chytré sítě (NAP SG)	Jedná se o akční plán, který rozvádí dílčí cíle a opatření nadřazených strategických dokumentů (např. Vnitrostátní plán ČR v oblasti energetiky a klimatu, Státní energetická koncepce, Politika ochrany klimatu) do podoby konkrétních projektů.
Národní akční plán čisté mobility (NAP CM)	Jedná se o akční plán, který rozvádí dílčí cíle a opatření nadřazených strategických dokumentů (např. Vnitrostátní plán ČR v oblasti energetiky a klimatu, Státní energetická koncepce, Politika ochrany klimatu) do podoby konkrétních projektů.
Národní akční plán rozvoje jaderné energetiky v ČR (NAP JE)	Jedná se o akční plán, který rozvádí priority a cíle nadřazených strategických dokumentů do podoby konkrétních projektů, navíc jaderná energetika jako taková je mimo tematický záběr výzkumných projektů NCE II.
Plán pro malé a střední reaktory v České republice – využití a hospodářský přínos	Jedná se o plán, který rozvádí priority a cíle nadřazených strategických dokumentů do podoby konkrétních projektů, navíc jaderná energetika jako taková je mimo tematický záběr výzkumných projektů NCE II.
Surovinová politika v oblasti nerostných surovin a jejich zdrojů	Daný dokument neodpovídá svým záběrem tematickému zaměření výzkumných projektů NCE II.
Vodíková strategie ČR	Tato strategie se zabývá konkrétními způsoby výroby, skladování a distribuce vodíku. Vybrané projekty NCE II řeší rovněž problematiku výroby a skladování vodíku, nicméně cílem je porovnat všechny projekty NCEII se strategickými dokumenty, které řeší komplexně oblast energetiky jako takové (čili včetně využití vodíku) v souladu s kritériem uvedeným v kapitole Metodika, že všechny projekty NCE II by měly být v souladu se všemi dokumenty tohoto typu. V opačném případě by byly u projektů NCEII nevěnujícím se vodíkovým technologiím identifikovány nesoulady s Vodíkovou strategií jenom proto, že se svým

	charakterem na vodík nezaměřují, což by bylo samozřejmě irelevantní.
Exportní strategie ČR	Jedná se o strategii podporující exportní aktivity českých firem v širokém portfoliu odvětví, která se primárně nijak nezabývá vývojem energetických technologií samotných.
Lex OZE 3	Jedná se o návrh právního aktu, který bude schválen ke konci roku 2024, nikoliv o strategický dokument. Avšak vzhledem k jeho zásadnímu významu pro rozvoj energetických komunit bude ve vztahu k tomuto trendu tento dokument zařazen do soustavy sledovaných dokumentů a zahrnut do komplexního grafu monitorujícího vzájemné vztahy mezi technologickými trendy a strategickými dokumenty v okamžiku, kdy bude známa alespoň jeho předběžná, z velké části však již finální verze.

Dokument	Nositel / úroveň	Důvod nezařazení
Strategic Energy Technology (SET) Plan	EK / EU	Navazuje na Fit for 55 a Horizon Europe; v oblasti jaderné energetiky má koordinační charakter, duplicitní vůči jiným zahrnutým dokumentům.
Euratom Research and Training Programme (2021–2025)	EK / EU	Zaměřen na rámcové financování výzkumu, priority jsou integrovány do Horizon Europe Strategic Plan; duplicitní v tematickém záběru.
OECD/NEA Strategic Plan 2023–2028	OECD/NEA / mezinárodní	Vysoce odborný, ale příliš obecný vůči českým projektům; cíle jsou pokryty kombinací IEA a EU dokumentů.
UN Sustainable Development Goals (Agenda 2030)	OSN / globální	Obecný rámec, nízká adresnost k výzkumným projektům; cíle SDG jsou promítnuty do IEA a EU strategií.

IPCC Reports (AR6, 2023)	IPCC / globální	Přínosné jako podklad k dekarbonizaci, ale nejsou implementační strategií; závěry se odrážejí v IEA a EU dokumentech.
Národní akční plán čisté mobility (2020)	MPO / národní	Úzce zaměřen na dopravu a alternativní paliva; relevantní jen okrajově, řešeno v Průmyslovém plánu Zelené dohody.
Klimaticko-energetická politika EU do roku 2030	EK / EU	Nahrazeno/rozvinuto novějšími balíčky (Fit for 55, RePowerEU); méně aktuální.
Národní vodíková strategie ČR (2021)	MPO / národní	Úzce sektorová strategie, rozvíjí cíle NEKP a SEK, které jsou již zahrnuty.
Program rozvoje území ČR (2021)	MMR / národní	Dokument územního plánování, velmi obecný k jaderné energetice; nepřináší specifické cíle.

Soulady jednotlivých výzkumných projektů NCEII s vybranými strategickými dokumenty jsou popsány v následujících kartách (jedna karta za každý strategický dokument).

Tabulka 1: Net Zero by 2050—a Roadmap for the global energy sector (IEA)

Název strategického dokumentu:	Net Zero by 2050 – a Roadmap for the global energy sector (IEA)
Globální cíl / vize:	Dosáhnout globálních nulových emisí CO ₂ v roce 2050 a zpomalit tak globální oteplování, které by za současného stavu dosáhlo +2,1 °C do roku 2100.
Struktura dokumentu (přehled priorit a cílů):	Dokument se skládá ze 7 pilířů dekarbonizace: 1. Energetická efektivnost 2. Změna návyků 3. Elektrifikace 4. Obnovitelné zdroje energie 5. Vodík a paliva na bázi vodíku 6. Bioenergie 7. Zachytávání, využívání a skladování uhlíku
<i>Soulad výzkumných projektů NCE II se strategickým dokumentem</i>	
Aplikační segment Konverze energie	
Projekt A: Inovativní řešení pro	1. Energetická efektivnost 4. Obnovitelné zdroje energie 5. Vodík a paliva na bázi vodíku

udržitelnou energetiku	7. Zachytávání, využívání a skladování uhlíku
Projekt B: Nové progresivní technologie pro energetiku	1. Energetická efektivnost 4. Obnovitelné zdroje energie 5. Vodík a paliva na bázi vodíku 7. Zachytávání, využívání a skladování uhlíku
Projekt C: Technická řešení pro nízkoemisní energetiku	1. Energetická efektivnost 4. Obnovitelné zdroje energie 5. Vodík a paliva na bázi vodíku 7. Zachytávání, využívání a skladování uhlíku
Projekt D: Spolehlivost a flexibilita energetických zdrojů	4. Obnovitelné zdroje energie
Projekt E: Akumulace TES a sCO ₂	1. Energetická efektivnost 7. Zachytávání, využívání a skladování uhlíku
Aplikační segment Distribuce a přenos energie	
Projekt A: Řízení, chránění a efektivní provoz distribučních sítí a průmyslových energetických systémů	1. Energetická efektivnost 3. Elektrifikace
Projekt B: Nové technologie a optimalizace provozu PS a DS	1. Energetická efektivnost 3. Elektrifikace
Projekt C: Optimalizace provozu a spolehlivost energetických infrastruktur	1. Energetická efektivnost 3. Elektrifikace
Aplikační segment Akumulace a užití energie	
Projekt A: Zplyňování odpadů v tavenině soli	1. Energetická efektivnost
Projekt B: Manipulátor pro hydrogenerátory	4. Obnovitelné zdroje energie

Soulad výzkumných projektů CANUT II s dokumentem IEA Net Zero by 2050

Segment / Sub-projekt CANUT II	Obsah a cíle	Soulad s pilíři IEA Net Zero by 2050
-----------------------------------	--------------	--------------------------------------

Segment 1 – Jaderná paliva (01_01, 01_02)	Vývoj pokročilých paliv pro současné a budoucí reaktory (SMR, bezpečnost, spolehlivost)	Elektrifikace • Obnovitelné zdroje (v synergii) • CCUS (nepřímo – nahrazení fosilu)
Segment 2 – Materiály a diagnostika (02_01, 02_02, 02_03)	Nové materiály, diagnostické metody, životnost zařízení	Energetická účinnost • Elektrifikace
Segment 3 – Instrumentace a řídicí systémy (03_02, 03_03)	Pokročilé řídicí a diagnostické systémy, radiačně odolná elektronika	Energetická účinnost • Elektrifikace • Změna chování (akceptace bezpečnosti)
Segment 4 – Optimalizace provozu a BOP (04_01, 04_02)	Hydraulika, subsystémy SMR, systémy pro refueling, výkonová elektronika	Energetická účinnost • Elektrifikace • Obnovitelné zdroje (v hybridních systémech)
Segment 5 – Nakládání s vodou a odpady (05_01, 05_02, 05_03)	Čištění vod, dekontaminace, recyklace RAW	Energetická účinnost • Bioenergie (procesní synergie) • CCUS (paralela v environmentálních technologiích)
NPO – Emission-free technologies (04_01_NPO)	Vývoj lokálních bezemisních zdrojů (SMR subsystémy)	Elektrifikace • Obnovitelné zdroje • CCUS
Strategické řízení a vzdělávání (SP 11)	Vzdělávání, management, mezinárodní spolupráce	Změna chování • Elektrifikace

Tabulka 2: Průmyslový plán Zelené dohody pro věk s nulovými čistými emisemi

Název strategického dokumentu:	<u>Průmyslový plán Zelené dohody pro věk s nulovými čistými emisemi</u> (A Green Deal Industrial Plan for the Net Zero Age)
Globální cíl / vize:	Plán vychází z potřeby v příštím desetiletí masivně zvýšit technologický rozvoj, výrobu a instalaci produktů a dodávek energie s nulovými čistými emisemi a také z přidané hodnoty celounijního přístupu ke společnému řešení této výzvy. Řešení výzvy bude ztíženo celosvětovou konkurencí v oblasti surovin a kvalifikovaných zaměstnanců. Cílem plánu je řešit tuto dichotomii tím, že se zaměří na oblasti, v nichž toho Evropa může dosáhnout nejvíce. Kombinováním diverzifikace a vlastního rozvoje a výroby se rovněž snaží zabránit riziku nahrazení naší závislosti na ruských fosilních palivech jinými strategickými závislostmi, které by mohly bránit našemu přístupu ke klíčovým technologiím a ke vstupům nezbytným pro ekologickou transformaci. Plán doplní probíhající úsilí o transformaci průmyslu v rámci Zelené dohody pro Evropu a průmyslové strategie EU, především akčního plánu pro oběhové hospodářství. Mezi hlavními prioritami zůstanou modernizace a

	dekarbonizace energeticky náročných průmyslových odvětví stejně jako zajištění transformace pracovních míst a vytváření kvalitních pracovních míst prostřednictvím odborné přípravy a vzdělávání. Právě proto je potřeba průmysl s nulovými čistými emisemi podpořit silnou a společnou evropskou reakcí. Průmyslový plán Zelené dohody využije našich silných stránek, jimiž jsou: otevřenost, inovace, inkluzivnost a udržitelnost. Za správných podmínek sehraje evropský průmysl s nulovými čistými emisemi zásadní úlohu při přeměně našeho kontinentu na čistou ekonomiku, což EU zajistí prosperitu a celosvětové vedení jak v oblasti technologií, tak v oblasti boje proti změně klimatu a znečištění životního prostředí.
Struktura dokumentu (přehled priorit a cílů):	Struktura nového průmyslového plánu Zelené dohody je založena na čtyřech pilířích: 1. Předvídatelné, koherentní a zjednodušené právní prostředí, 2. Rychlejší přístup k dostatečnému financování, 3. Zlepšování dovedností, 4. Otevřený obchod pro odolné dodavatelské řetězce.
<i>Soulad výzkumných projektů NCE II se strategickým dokumentem</i>	
Aplikační segment Konverze energie	
Projekt A: Inovativní řešení pro udržitelnou energetiku	Předvídatelné, koherentní a zjednodušené právní prostředí: • akt o průmyslu s nulovými čistými emisemi • akt o kritických surovinách • regulační rámec EU pro baterie • nařízení o infrastruktuře pro alternativní paliv • jednotný energetický štítek pro tepelná čerpadla Zlepšování dovedností • Renewable Energy ecosystem and large-scale partnership
Projekt B: Nové progresivní technologie pro energetiku	Předvídatelné, koherentní a zjednodušené právní prostředí: • akt o průmyslu s nulovými čistými emisemi • akt o kritických surovinách • regulační rámec EU pro baterie • nařízení o infrastruktuře pro alternativní paliv • jednotný energetický štítek pro tepelná čerpadla Zlepšování dovedností • Renewable Energy ecosystem and large-scale partnership
Projekt C: Technická řešení pro nízkoemisní energetiku	Předvídatelné, koherentní a zjednodušené právní prostředí: • akt o průmyslu s nulovými čistými emisemi • akt o kritických surovinách • regulační rámec EU pro baterie • nařízení o infrastruktuře pro alternativní paliv • jednotný energetický štítek pro tepelná čerpadla Zlepšování dovedností

		Renewable Energy ecosystem and large-scale partnership
Projekt D: Spolehlivost a flexibilita energetických zdrojů		Předvídatelné, koherentní a zjednodušené právní prostředí: - akt o průmyslu s nulovými čistými emisemi - akt o kritických surovinách - regulační rámec EU pro baterie - nařízení o infrastruktuře pro alternativní paliv - jednotný energetický štítek pro tepelná čerpadla Zlepšování dovedností - Renewable Energy ecosystem and large-scale partnership
Projekt E: Akumulace TES a sCO ₂		Předvídatelné, koherentní a zjednodušené právní prostředí: - akt o průmyslu s nulovými čistými emisemi - akt o kritických surovinách - regulační rámec EU pro baterie - nařízení o infrastruktuře pro alternativní paliv - jednotný energetický štítek pro tepelná čerpadla Zlepšování dovedností - Renewable Energy ecosystem and large-scale partnership
Aplikační segment Distribuce a přenos energie		
Projekt A: Řízení, chránění a efektivní provoz distribučních sítí a průmyslových energetických systémů		Předvídatelné, koherentní a zjednodušené právní prostředí: - akt o průmyslu s nulovými čistými emisemi - akt o kritických surovinách - regulační rámec EU pro baterie - nařízení o infrastruktuře pro alternativní paliv - jednotný energetický štítek pro tepelná čerpadla Zlepšování dovedností - Renewable Energy ecosystem and large-scale partnership
Projekt B: Nové technologie a optimalizace provozu PS a DS		Předvídatelné, koherentní a zjednodušené právní prostředí: - akt o průmyslu s nulovými čistými emisemi - akt o kritických surovinách - regulační rámec EU pro baterie - nařízení o infrastruktuře pro alternativní paliv - jednotný energetický štítek pro tepelná čerpadla Zlepšování dovedností - Renewable Energy ecosystem and large-scale partnership
Projekt C: Optimalizace provozu a spolehlivost energetických infrastruktur		Předvídatelné, koherentní a zjednodušené právní prostředí: - akt o průmyslu s nulovými čistými emisemi - akt o kritických surovinách - regulační rámec EU pro baterie - nařízení o infrastruktuře pro alternativní paliv - jednotný energetický štítek pro tepelná čerpadla Zlepšování dovedností

	Renewable Energy ecosystem and large-scale partnership
Aplikační segment Akumulace a užití energie	
Projekt A: Zplyňování odpadů v tavenině soli	Předvídatelné, koherentní a zjednodušené právní prostředí: - akt o průmyslu s nulovými čistými emisemi - akt o kritických surovinách - regulační rámec EU pro baterie - nařízení o infrastruktuře pro alternativní paliv - jednotný energetický štítek pro tepelná čerpadla Zlepšování dovedností - Renewable Energy ecosystem and large-scale partnership
Projekt B: Manipulátor pro hydrogenerátory	Předvídatelné, koherentní a zjednodušené právní prostředí: - akt o průmyslu s nulovými čistými emisemi - akt o kritických surovinách - regulační rámec EU pro baterie - nařízení o infrastruktuře pro alternativní paliv - jednotný energetický štítek pro tepelná čerpadla Zlepšování dovedností - Renewable Energy ecosystem and large-scale partnership

Výzkumný segment CANUT II	Příklady projektů / témat	Relevantní pilíře Green Industrial Plan	Soulad a přínos
Jaderná paliva (RS1)	Pokročilá paliva (např. SMR, thoriové cykly), bezpečnost paliva	1. Předvídatelné a zjednodušené regulace 2. Rychlý přístup k financování	Umožňuje rychlejší rozvoj a implementaci strategických jaderných technologií díky regulacím a financování.
Materiály a technologie komponent (RS2)	Diagnostika, opravárenské technologie, nové odolné materiály	2. Rychlý přístup k financování 4. Otevřený obchod pro odolné dodavatelské řetězce	Posiluje schopnost vyvíjet a nasadit nové materiály v rámci evropského průmyslu jaderných a čistých tech.
Instrumentace a řídicí systémy (I&C) (RS3)	Digitální instrumentace, nedestruktivní testování, detekční sítě	1. Regulační prostředí 3. Rozvoj dovedností	Podporuje digitalizaci a bezpečnost systémů, kterou umožňují moderní regulace a vyšší

			odbornost pracovních sil.
Optimalizace odpadů a zadní část palivového cyklu odpady (RS5)	Minimalizace a recyklace RAO, dekontaminace, úprava vod	3. Rozvoj dovedností 4. Otevřený obchod	Přispívá k udržitelnosti sektorů, zvyšuje společenskou akceptaci a podporuje technologický export.
Bezemisní technologie pro lokální zdroje (NPO)	Decentralizované čisté zdroje, náhrada lokálních kotelen	2. Financování 3. Rozvoj dovedností	Umožňuje dekarbonizaci lokálních systémů a vytváření pracovních míst v čisté energetice.

Tabulka 3: Fit for 55

Název strategického dokumentu:	<u>Fit for 55</u>
Globální cíl / vize:	Balíček "Fit for 55" je klíčovou součástí Evropského zeleného plánu, který si klade za cíl snížit čisté emise skleníkových plynů o nejméně 55 % do roku 2030 ve srovnání s úrovněmi z roku 1990. Vize balíku zahrnuje rozsáhlé reformy v oblastech jako energetika, doprava a průmysl, zavádění udržitelnějších zdrojů energie a zvyšování energetické účinnosti. Cílem je přechod na klimaticky neutrální ekonomiku do roku 2050, podpora inovací a technologického rozvoje, zajištění spravedlivé transformace pro všechny regiony a sektory a posílení postavení EU jako globálního lídra v boji proti klimatické změně
Struktura dokumentu (přehled priorit a cílů):	Fit for 55 obsahuje úpravu či zcela nové legislativní akty: Revize systému EU pro obchodování s emisemi (EU ETS): rozšiřuje rozsah EU ETS na nové sektory a snižuje strop emisních povolenek, aby zvýšil ceny uhlíku a podpořil snižování emisí. Nařízení pro sdílení úsilí (ESR): stanoví závazné roční cíle pro snižování emisí pro státy EU v sektorech mimo EU ETS, jako je doprava, zemědělství, odpady a malé průmyslové závody. Nařízení o využití půdy, změně využití půdy a lesnictví (LULUCF): zavazuje členské státy k zajištění, že jejich půdní a lesní sektory absorbují více CO ₂ , než kolik emitují. Revize směrnice o obnovitelných zdrojích energie (RED III): zvyšuje celkový cíl EU pro podíl obnovitelné energie na konečné spotřebě energie na 40 % do roku 2030.

	Revize směrnice o energetické účinnosti: zvyšuje cílovou hodnotu pro snižování energetické spotřeby na úrovni EU, podporuje energetickou účinnost a zavádí nové cíle pro roční úspory energie. Nařízení o infrastruktuře pro alternativní paliva (AFIR): podporuje výstavbu potřebné infrastruktury pro alternativní paliva, včetně nabíjecích stanic pro elektromobily a čerpacích stanic pro vodík. Nařízení o snižování CO₂ z osobních a lehkých užitkových vozidel: stanoví přísnější limity pro emise CO₂ z nových vozidel, aby podpořilo přechod na čistší vozidla. Revize směrnice o zdanění energie: aktualizuje pravidla EU pro zdanění produktů energetického průmyslu, aby odrážela jejich energetický obsah a environmentální vliv. Mechanismus pro uhlíkové vyrovnání na hranicích (CBAM): zavádí celní poplatky na dovoz určitých zboží s vysokými emisemi CO₂, aby se zabránilo přesunu emisí mimo EU. ReFuelEU Aviation: podporuje používání udržitelných leteckých paliv tím, že stanoví minimální podíly těchto paliv ve směsích paliv používaných pro leteckou dopravu. FuelEU Maritime: zavádí pravidla pro snížení emisí skleníkových plynů z lodí tím, že stanoví limitní hodnoty pro intenzitu emisí a podporuje používání udržitelných paliv ve vodní dopravě. Klimatický sociální fond: tento fond byl navržen k zmírnění sociálních dopadů přechodu na zelenější ekonomiku, zejména v oblastech, kde dojde k nárůstu nákladů na energii. Fond má podporovat členské státy v ochraně zranitelných domácností, malých podniků a uživatelů dopravy před nákladovými dopady nových politik. Revize Směrnice o energetické účinnosti budov (EPBD): tento dodatek přináší aktualizace k existující směrnici o energetické náročnosti budov s cílem zvýšit jejich energetickou účinnost, což je klíčové pro snížení emisí v oblasti stavebnictví.
<i>Soulad výzkumných projektů NCE II se strategickým dokumentem</i>	
Aplikační segment Konverze energie	
Projekt A: Inovativní řešení pro udržitelnou energetiku	RED III: Článek 3 Zvýšení podílu energie z obnovitelných zdrojů Směrnice o energetické účinnosti: Článek 7 Úspory energie Článek 8 Energetické audity a řízení
Projekt B: Nové progresivní technologie pro energetiku	RED III: Recitál – Podpora inovací v oblasti obnovitelných zdrojů Energy Efficiency Directive: Článek 7 Energetické úspory Effort Sharing Regulation (ESR): Článek 4 Snížení emisí
Projekt C: Technická řešení pro	REDIII: Článek 15 - Začlenění a používání energie z obnovitelných zdrojů v energetickém mixu

nízkoemisní energetiku		Článek 4 - Celkové cíle pro podíl energie z obnovitelných zdrojů Směrnice o energetické účinnosti: Článek 8 - Systémy energetického managementu a energetické audity
Projekt D: Spolehlivost a flexibilita energetických zdrojů		REDIII: Článek 15 - Podpora inovací v OZE Směrnice o energetické účinnosti: Článek 8 - Energetické audity a systémy řízení
Projekt E: Akumulace TES a sCO ₂		RED III: Článek 23 Využívání OZE pro vytápění a chlazení Článek 22 Podpůrné schémata pro elektřinu z obnovitelných zdrojů – nepřímo koresponduje s uvedeným článkem Směrnice o energetické účinnosti: Článek 7 Povinnost úspor energie Článek 8 Energetické audity a systémy řízení energie
Aplikační segment Distribuce a přenos energie		
Projekt A: Řízení, chránění a efektivní provoz distribučních sítí a průmyslových energetických systémů		RED III: Článek 15 Integrace OZE do elektrických sítí Článek 3 Cíle pro podíl OZE Směrnice o energetické účinnosti Článek 7 Energetické úspory Článek 8 Energetické audity a systémy řízení energie ESR Článek 4 Vnitrostátní cíle emisních snížení Článek 5 Flexibility
Projekt B: Nové technologie a optimalizace provozu PS a DS		REDIII: Článek 15 Integrace OZE do elektrických sítí Článek 3 Cíle pro podíl OZE Směrnice o energetické účinnosti Článek 7 Energetické úspory Článek 8 Energetické audity a systémy řízení energie Nařízení o rozdělení úsilí (ESR) Článek 4 Vnitrostátní cíle emisních snížení Článek 5 Flexibility
Projekt C: Optimalizace provozu a spolehlivost energetických infrastruktur		REDIII: Článek 15 Integrace OZE do elektrických sítí Článek 3 Cíle pro podíl OZE Směrnice o energetické účinnosti Článek 7 Energetické úspory Článek 8 Energetické audity a systémy řízení energie Nařízení o rozdělení úsilí (ESR) Článek 4 Vnitrostátní cíle emisních snížení Článek 5 Flexibility
Aplikační segment Akumulace a užití energie		

Projekt A: Zplyňování odpadů v tavenině soli	RED III: Článek 3 - Zvýšení podílu OZE (odpady) Směrnice o energetické účinnosti: Článek 14 Podpora efektivního využívání energie Effort Sharing Regulation (ESR): Recitál
Projekt B: Manipulátor pro hydrogenerátory	RED III: Článek 3: Zvýšení podílu OZE Článek 23: Podpora inovací v technologiích OZE Směrnice o energetické účinnosti: Článek 7: Povinnosti států dosáhnout úspory energie Článek 8: Energetické audity a správa

Výzkumný segment CANUT II	Příklady projektů / témat	Relevantní oblasti Fit for 55	Soulad a přínos
Jaderná paliva (RS1)	Pokročilá paliva (ATF, SMR), bezpečnost paliva	Revize ETS (snížení emisí v energetice), cíl dekarbonizace výroby elektřiny	Zajišťuje stabilní nízkoemisní výrobu elektřiny jako doplněk k OZE.
Materiály a technologie komponent (RS2)	Diagnostika, opravy, nové odolné materiály	Energy Efficiency Directive – vyšší účinnost, delší životnost technologií	Přispívá k efektivnímu využití zdrojů a snížení emisí během životního cyklu.
Instrumentace a řídicí systémy (RS3)	Digitální I&C, nedestruktivní testování, smart monitoring	Modernizace sítí, integrace OZE, zvýšení energetické účinnosti	Podporuje flexibilitu a bezpečnost evropských energetických systémů.
Provoz a optimalizace JE, fúze (RS4)	Optimalizace provozu, pokročilé výpočty bezpečnosti, SMR, fúze	Snížení emisí v energetice, vyšší účinnost výroby, bezpečnost	Umožňuje bezpečný a flexibilní provoz nízkoemisních zdrojů a rozvoj fúze.
Radiační ochrana a nakládání s odpady (RS5)	Minimalizace a recyklace RAO, dekontaminace, úprava vod	Cirkulární ekonomika, udržitelnost v EU taxonomii	Přispívá k environmentální udržitelnosti jaderné energetiky.
Bezemisní technologie pro lokální zdroje (NPO)	Decentralizované čisté zdroje, náhrada lokálních kotelen	Renewable Energy Directive, Energy Efficiency Directive, EPBD (budovy)	Podpora dekarbonizace vytápění, lokálních zdrojů a komunální energetiky.

Vzdělávání, E&T, společenské aspekty	Školení odborníků, just transition, akceptace jádra	Sociální pilíř Fit for 55 (Social Climate Fund)	Připravuje pracovní sílu pro transformovanou energetiku, posiluje akceptaci.
--------------------------------------	---	---	--

Tabulka 4: REPower EU

Název strategického dokumentu:	Plán RePowerEU
Globální cíl / vize:	Snížení závislosti na ruských fosilních palivech uspišením přechodu na čistou energii s cílem dosáhnout odolnějšího energetického systému a skutečné energetické unie.
Struktura dokumentu (přehled priorit a cílů):	1. Úspory energie 2. Diverzifikace dovozu energie 3. Nahrazení fosilních paliv a urychlení přechodu Evropy na čistou energii a) Podpora energie z obnovitelných zdrojů b) Urychlení rozvoje vodíkové infrastruktury c) Posílení výroby biomethanu d) Snížení spotřeby fosilních paliv v odvětvích průmyslu a dopravy, u nichž je snižování emisí obtížné e) Realizace plánu REPowerEU – s kvalifikovanými lidmi, surovinami a úplným regulačním rámcem f) Zrychlení procesu vydávání povolení a inovací 4. Inteligentní investice 4.1. Propojení Evropy a potřebná infrastruktura 4.2. Vnitrostátní reformy a investice 4.3. Financování 5. Posílení připravenosti
<i>Soulad výzkumných projektů NCE II se strategickým dokumentem</i>	
Aplikační segment Konverze energie	
Projekt A: Inovativní řešení pro udržitelnou energetiku	1. Úspory energie 3. Nahrazení fosilních paliv a urychlení přechodu Evropy na čistou energii a) Podpora energie z obnovitelných zdrojů b) Urychlení rozvoje vodíkové infrastruktury c) Posílení výroby biomethanu d) Snížení spotřeby fosilních paliv v odvětvích průmyslu a dopravy, u nichž je snižování emisí obtížné e) Realizace plánu REPowerEU – s kvalifikovanými lidmi, surovinami a úplným regulačním rámcem 4. Inteligentní investice 4.1. Propojení Evropy a potřebná infrastruktura
Projekt B: Nové progresivní	1. Úspory energie

technologie energetiku	pro	3. Nahrazení fosilních paliv a urychlení přechodu Evropy na čistou energii a) Podpora energie z obnovitelných zdrojů d) Snížení spotřeby fosilních paliv v odvětvích průmyslu a dopravy, u nichž je snižování emisí obtížné e) Realizace plánu REPowerEU – s kvalifikovanými lidmi, surovinami a úplným regulačním rámcem 4. Inteligentní investice 4.1. Propojení Evropy a potřebná infrastruktura
Projekt C: Technická řešení nízkoe emisní energetiku	pro	1. Úspory energie 3. Nahrazení fosilních paliv a urychlení přechodu Evropy na čistou energii a) Podpora energie z obnovitelných zdrojů b) Urychlení rozvoje vodíkové infrastruktury d) Snížení spotřeby fosilních paliv v odvětvích průmyslu a dopravy, u nichž je snižování emisí obtížné e) Realizace plánu REPowerEU – s kvalifikovanými lidmi, surovinami a úplným regulačním rámcem 4. Inteligentní investice 4.1. Propojení Evropy a potřebná infrastruktura
Projekt Spolehlivost a flexibilita energetických zdrojů	D:	3. Nahrazení fosilních paliv a urychlení přechodu Evropy na čistou energii a) Podpora energie z obnovitelných zdrojů
Projekt E: Akumulace TES a sCO ₂	a	4. Inteligentní investice 4.1. Propojení Evropy a potřebná infrastruktura
Aplikační segment Distribuce a přenos energie		
Projekt A: Řízení, chránění a efektivní provoz distribučních sítí a průmyslových energetických systémů		4. Inteligentní investice 4.1. Propojení Evropy a potřebná infrastruktura
Projekt B: Nové technologie optimalizace provozu PS a DS	a	3. Nahrazení fosilních paliv a urychlení přechodu Evropy na čistou energii b) Urychlení rozvoje vodíkové infrastruktury 4. Inteligentní investice 4.1. Propojení Evropy a potřebná infrastruktura
Projekt Optimalizace provozu spolehlivost energetických infrastruktur	C:	3. Nahrazení fosilních paliv a urychlení přechodu Evropy na čistou energii a) Podpora energie z obnovitelných zdrojů 4. Inteligentní investice 4.1. Propojení Evropy a potřebná infrastruktura
Aplikační segment Akumulace a užití energie		

Projekt A: Zplyňování odpadů v tavenině soli	1. Úspory energie
Projekt B: Manipulátor pro hydrogenerátory	3. Nahrazení fosilních paliv a urychlení přechodu Evropy na čistou energii a) Podpora energie z obnovitelných zdrojů

Výzkumný segment CANUT II	Příklady projektů / témat	Relevantní oblasti REPowerEU	Soulad a přínos
Jaderná paliva (RS1)	Pokročilá paliva (ATF, SMR), bezpečnost paliva	Diverzifikace dodávek energie, bezpečné nízkoe emisní zdroje	Posiluje energetickou bezpečnost EU a snižuje závislost na dovozu fosilních paliv.
Materiály a technologie komponent (RS2)	Diagnostika, opravy, nové odolné materiály	Modernizace a zvýšení odolnosti infrastruktury	Přispívá k dlouhodobé udržitelnosti a spolehlivosti kritické energetické infrastruktury.
Instrumentace a řídicí systémy (RS3)	Digitální I&C, monitoring, detekční sítě	Smart grids, digitalizace, kybernetická bezpečnost	Zajišťuje stabilní a bezpečný provoz systémů s vysokým podílem OZE a decentralizace.
Provoz a optimalizace JE, fúze (RS4)	Optimalizace provozu, SMR, fúze	Rychlé nasazení nízkoe emisních technologií, flexibilita sítě	Umožňuje integraci OZE a jádra, urychluje transformaci energetiky.
Radiační ochrana a nakládání s odpady (RS5)	Minimalizace RAO, recyklace, dekontaminace	Udržitelnost a environmentální bezpečnost	Posiluje akceptaci jaderné energetiky jako součásti řešení pro REPowerEU.
Bezemisní technologie pro lokální zdroje (NPO)	Decentralizované zdroje, náhrada lokálních kotelen	Zrychlení rozvoje OZE a snížení spotřeby plynu	Přispívá k rychlé dekarbonizaci vytápění a komunální energetiky.
Vzdělávání, E&T, společenské aspekty	Školení pracovníků, just transition	Nové dovednosti a podpora transformace	Posiluje kapacity pro implementaci REPowerEU v energetickém sektoru.

Tabulka 5: Strategický plán Horizon Europe 2025-2027

Název strategického dokumentu:	Strategický plán Horizon Europe 2025-2027
Globální cíl / vize:	Hlavním cílem tohoto strategického plánu pro nadcházející období 2025-2027 jsou zelená tranzice, digitální tranzice a odolnější, konkurenceschopnější, inkluzivnější a demokratičtější Evropa.
Struktura dokumentu (přehled priorit a cílů):	Klastr 1 – Zdraví Cíle: 1. Zachovat zdraví v rychle se měnící společnosti 2. Život a bydlení ve zdravotně příznivém prostředí 3. Léčba nemocí a snížení jejích dopadů 4. Zajištění rovného přístupu k inovativní, udržitelné a vysoce kvalitní zdravotní péči 5. Vývoj a používání nových nástrojů, technologií a digitálních řešení pro zdravou společnost 6. Zachování inovativního, udržitelného a konkurenceschopného zdravotnického sektoru v EU Klastr 2 – Kultura, kreativita a inkluzivní společnost Cíle: 7. Upevnění demokratického vládnutí 8. Využívání plného potenciálu kulturního dědictví, umění a kulturních a kreativních sektorů 9. Posílení sociální a ekonomické odolnosti a udržitelnosti 10. Posilování inkluzivního růstu a efektivní redukce zranitelnosti Klastr 3 – Občanská bezpečnost Cíle: 11. Snížování ztrát z přírodních a člověkem způsobených katastrof 12. Facilitace legitimního pohybu cestujících a zboží do EU při současném předcházení nezákonným aktivitám 13. Efektivnější potírání kriminality a terorismu a zvyšování odolnosti infrastruktur 14. Zvyšování kybernetické bezpečnosti a lepší zabezpečení online prostředí Klastr 4 – Digitalizace, průmysl a využití vesmíru Cíle: 15. Dosažení globální vůdčí pozice v klimaticky neutrálních, cirkulárních a digitálních průmyslových a hodnotových řetězcích 16. Dosažení technologické vůdčí pozice pro evropskou otevřenou strategickou autonomii v surovinách, chemikáliích a inovativních materiálech

	17. Rozvoj agilního a bezpečného jednotného trhu a infrastruktury pro datové služby a důvěryhodné služby s využitím umělé inteligence 18. Dosažení otevřené strategické autonomie v digitálních a nově se vynořujících pokrokových technologiích 19. Dosažení otevřené strategické autonomie v globálních vesmírných infrastrukturách, službách, aplikacích a datech 20. Digitální a průmyslové technologie podporující inovace zaměřené na člověka Klastr 5 – Klima, energetika a mobilita 21. Rozvoj vědy pro spravedlivý přechod na klimaticky neutrální a odolnou společnost 22. Facilitace čisté a udržitelné tranzice energetického a dopravního sektoru ke klimatické neutralitě pomocí mezisektorových řešení 23. Zajištění efektivnějších, udržitelnějších, bezpečnějších a konkurenceschopnějších dodávek obnovitelné a dekarbonizované energie 24. Využití energie v budovách a průmyslu efektivním, dostupným a udržitelným způsobem 25. Dosažení udržitelných, inkluzivních a konkurenceschopných způsobů dopravy 26. Rozvoj multimodálních systémů a služeb pro klimaticky neutrální, inteligentní, inkluzivní a bezpečnou mobilitu Klastr 6 – Potravinářství, bioekonomika, přírodní zdroje, zemědělství a životní prostředí 27. Podpora zmírňování a přizpůsobení se klimatické změně v oblastech a sektorech, na které se vztahuje klastr 6 28. Podpora ozdravení biodiverzity, ochrana a obnova ekosystémů a jejich služeb 29. Dosažení zdravých půd, lesů, čistého vzduchu, sladké a mořské vody při současném zajištění dostatečného množství vodních zdrojů a přechodu na čistou, konkurenceschopnou a cirkulární ekonomiku a udržitelnou bioekonomiku 30. Zajištění zdravých potravin a zabezpečení výživy díky udržitelnému, odolnému a inkluzivnímu zemědělství, rybolovu, akvakultuře a potravinovým systémům 31. Udržitelný rozvoj venkovských, městských a pobřežních oblastí 32. Rozvoj inovativních modelů řízení a nástrojů umožňujících udržitelnost a odolnost
Soulad výzkumných projektů NCE II se strategickým dokumentem	
Aplikační segment Konverze energie	

Projekt A: Inovativní řešení pro udržitelnou energetiku	21. Rozvoj vědy pro spravedlivý přechod na klimaticky neutrální a odolnou společnost 22. Facilitace čisté a udržitelné tranzice energetického a dopravního sektoru ke klimatické neutralitě pomocí mezisektorových řešení 23. Zajištění efektivnějších, udržitelnějších, bezpečnějších a konkurenceschopnějších dodávek obnovitelné a dekarbonizované energie
Projekt B: Nové progresivní technologie pro energetiku	21. Rozvoj vědy pro spravedlivý přechod na klimaticky neutrální a odolnou společnost 23. Zajištění efektivnějších, udržitelnějších, bezpečnějších a konkurenceschopnějších dodávek obnovitelné a dekarbonizované energie
Projekt C: Technická řešení pro nízkoemisní energetiku	16. Dosažení technologické vůdčí pozice pro evropskou otevřenou strategickou autonomii v surovinách, chemikáliích a inovativních materiálech 21. Rozvoj vědy pro spravedlivý přechod na klimaticky neutrální a odolnou společnost 22. Facilitace čisté a udržitelné tranzice energetického a dopravního sektoru ke klimatické neutralitě pomocí mezisektorových řešení 23. Zajištění efektivnějších, udržitelnějších, bezpečnějších a konkurenceschopnějších dodávek obnovitelné a dekarbonizované energie
Projekt D: Spolehlivost a flexibilita energetických zdrojů	15. Dosažení globální vůdčí pozice v klimaticky neutrálních, cirkulárních a digitálních průmyslových a hodnotových řetězcích 23. Zajištění efektivnějších, udržitelnějších, bezpečnějších a konkurenceschopnějších dodávek obnovitelné a dekarbonizované energie
Projekt E: Akumulace TES a sCO ₂	16. Dosažení technologické vůdčí pozice pro evropskou otevřenou strategickou autonomii v surovinách, chemikáliích a inovativních materiálech 23. Zajištění efektivnějších, udržitelnějších, bezpečnějších a konkurenceschopnějších dodávek obnovitelné a dekarbonizované energie
Aplikační segment Distribuce a přenos energie	
Projekt A: Řízení, chránění a efektivní provoz distribučních sítí a průmyslových energetických systémů	13. Efektivnější potírání kriminality a terorismu a zvyšování odolnosti infrastruktur 18. Dosažení otevřené strategické autonomie v digitálních a nově se vynořujících pokrokových technologiích 21. Rozvoj vědy pro spravedlivý přechod na klimaticky neutrální a odolnou společnost 22. Facilitace čisté a udržitelné tranzice energetického a dopravního sektoru ke klimatické neutralitě pomocí mezisektorových řešení 23. Zajištění efektivnějších, udržitelnějších, bezpečnějších a konkurenceschopnějších dodávek obnovitelné a dekarbonizované energie

Projekt B: Nové technologie optimalizace provozu PS a DS	a	13. Efektivnější potírání kriminality a terorismu a zvyšování odolnosti infrastruktur 22. Facilitace čisté a udržitelné tranzice energetického a dopravního sektoru ke klimatické neutralitě pomocí mezisektorových řešení 23. Zajištění efektivnějších, udržitelnějších, bezpečnějších a konkurenceschopnějších dodávek obnovitelné a dekarbonizované energie
Projekt Optimalizace provozu spolehlivost energetických infrastruktur	C: a	13. Efektivnější potírání kriminality a terorismu a zvyšování odolnosti infrastruktur 23. Zajištění efektivnějších, udržitelnějších, bezpečnějších a konkurenceschopnějších dodávek obnovitelné a dekarbonizované energie
Aplikační segment Akumulace a užití energie		
Projekt A: Zplyňování odpadů v tavenině soli		22. Facilitace čisté a udržitelné tranzice energetického a dopravního sektoru ke klimatické neutralitě pomocí mezisektorových řešení
Projekt B: Manipulátor pro hydrogenerátory		23. Zajištění efektivnějších, udržitelnějších, bezpečnějších a konkurenceschopnějších dodávek obnovitelné a dekarbonizované energie

Výzkumný segment CANUT II	Příklady projektů / témat	Relevantní cíle Horizon Europe (kapitoly, klastry)	Soulad a přínos
Jaderná paliva (RS1)	Pokročilá paliva (ATF, SMR), bezpečnost paliva	Cluster 5 – kap. 5.1 „Clean energy transition“	Posiluje stabilní nízkoemisní zdroje, přispívá k dekarbonizaci a energetické bezpečnosti.
Materiály a technologie komponent (RS2)	Diagnostika, opravy, nové odolné materiály	Cluster 4 – kap. 4.2 „Advanced materials and resilient industry“ Cluster 5 – kap. 5.1 „Clean energy transition“	Zvyšuje odolnost a životnost energetické infrastruktury; podporuje inovace.
Instrumentace a řídicí systémy (RS3)	Digitální I&C, NDT, smart monitoring	Cluster 4 – kap. 4.3 „Digitalisation, smart systems“ Cluster 5 – kap. 5.2 „Resilient energy systems“	Posiluje digitalizaci a bezpečnost, umožňuje integraci OZE a jádra.
Provoz a optimalizace fúze (RS4)	Optimalizace provozu, bezpečnostní	Cluster 5 – kap. 5.1 „Clean energy transition“ Cluster 5 – kap. 5.2	Umožňuje efektivní a bezpečný provoz a rozvoj nových nízkoemisních zdrojů.

	modelování, SMR, fúze	„Resilient energy systems“	
Dekontaminace a nakládání s odpady (RS5)	Minimalizace RAO, recyklace, dekontaminace	Cluster 5 – kap. 5.3 „Sustainability and circular economy“ Cluster 6 – kap. 6.1 „Circular economy, environment“	Posiluje environmentální udržitelnost a podporuje cirkulární hospodářství.
Bezemisní technologie pro lokální zdroje (NPO)	Decentralizované zdroje, nahrazení kotelen	Cluster 5 – kap. 5.1 „Clean energy transition (buildings, heating)“	Přispívá k dekarbonizaci lokálních zdrojů a posílení soběstačnosti komunit.
Vzdělávání, E&T, společenské aspekty	Školení, just transition, akceptace jádra	Cluster 2 – kap. 2.2 „Skills and just transition“ Cluster 5 – kap. 5.4 „Skills for clean energy“	Rozvíjí dovednosti potřebné pro energetickou transformaci a spravedlivý přechod.

Tabulka 6: Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu (NEKP), aktualizace schválena vládou ČR dne 18. 12. 2024

Název strategického dokumentu:	Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu (NEKP), aktualizace schválena vládou ČR dne 18. 12. 2024
Globální cíl / vize:	Dokument obsahuje cíle a hlavní politiky ve všech pěti dimenzích energetické unie na období 2021-2030 s výhledem do roku 2050. Vnitrostátní plán nastavuje příspěvek ČR ke klimaticko-energetickým cílům EU v oblasti snižování emisí, zvyšování podílu obnovitelných zdrojů energie a zvyšování energetické účinnosti.
Struktura dokumentu (přehled priorit a cílů):	1. Rozměr „Snižování emisí uhlíku“ 1.1. Emise skleníkových plynů a jejich pohlcování 1.2 Energie z obnovitelných zdrojů 1.3 Odhadované trajektorie k poptávce po obnovitelném a nízkouhlíkovém vodíku 1.4 Emise skleníkových plynů, jejich zachycování, využití a ukládání 2. Rozměr „Energetická účinnost“ 3. Rozměr „Energetická bezpečnost“ 4. Rozměr „Vnitřní trh s energií“ 4.1 Propojitelnost elektroenergetických soustav a elektrizační infrastruktura 4.2. Infrastruktura pro přenos energie 4.3. Integrace trhu 4.4. Energetická chudoba 4.6. Infrastruktura pro přepravu zemního plynu a vodíku 4.7. Oblast regulace

5. Rozměr „Výzkum, inovace a konkurenceschopnost“	
<i>Soulad výzkumných projektů NCE II se strategickým dokumentem</i>	
Aplikační segment Konverze energie	
Projekt A: Inovativní řešení pro udržitelnou energetiku	1. Rozměr „Snižování emisí uhlíku“ 1.1. Emise skleníkových plynů a jejich pohlcování 1.2 Energie z obnovitelných zdrojů 1.3 Odhadované trajektorie k poptávce po obnovitelném a nízkouhlíkovém vodíku 1.4 Emise skleníkových plynů, jejich zachycování, využití a ukládání 2. Rozměr „Energetická účinnost“ 3. Rozměr „Energetická bezpečnost“ 4. Rozměr „Vnitřní trh s energií“ 4.2. Infrastruktura pro přenos energie 5. Rozměr „Výzkum, inovace a konkurenceschopnost“
Projekt B: Nové progresivní technologie pro energetiku	1. Rozměr „Snižování emisí uhlíku“ 1.1. Emise skleníkových plynů a jejich pohlcování 1.2 Energie z obnovitelných zdrojů 1.4 Emise skleníkových plynů, jejich zachycování, využití a ukládání 2. Rozměr „Energetická účinnost“ 5. Rozměr „Výzkum, inovace a konkurenceschopnost“
Projekt C: Technická řešení pro nízkoemisní energetiku	1. Rozměr „Snižování emisí uhlíku“ 1.1. Emise skleníkových plynů a jejich pohlcování 1.2 Energie z obnovitelných zdrojů 1.3 Odhadované trajektorie k poptávce po obnovitelném a nízkouhlíkovém vodíku 1.4 Emise skleníkových plynů, jejich zachycování, využití a ukládání 2. Rozměr „Energetická účinnost“ 5. Rozměr „Výzkum, inovace a konkurenceschopnost“
Projekt D: Spolehlivost a flexibilita energetických zdrojů	1. Rozměr „Snižování emisí uhlíku“ 1.2 Energie z obnovitelných zdrojů 5. Rozměr „Výzkum, inovace a konkurenceschopnost“
Projekt E: Akumulace TES a sCO ₂	1. Rozměr „Snižování emisí uhlíku“ 1.1. Emise skleníkových plynů a jejich pohlcování 2. Rozměr „Energetická účinnost“ 3. Rozměr „Energetická bezpečnost“ 5. Rozměr „Výzkum, inovace a konkurenceschopnost“
Aplikační segment Distribuce a přenos energie	
Projekt A: Řízení, chránění a efektivní provoz distribučních sítí a průmyslových	3. Rozměr „Energetická bezpečnost“ 4. Rozměr „Vnitřní trh s energií“ 4.2. Infrastruktura pro přenos energie 5. Rozměr „Výzkum, inovace a konkurenceschopnost“

energetických systémů	
Projekt B: Nové technologie optimalizace provozu PS a DS	3. Rozměr „Energetická bezpečnost“ 4. Rozměr „Vnitřní trh s energií“ 4.2. Infrastruktura pro přenos energie 5. Rozměr „Výzkum, inovace a konkurenceschopnost“
Projekt C: Optimalizace provozu spolehlivost energetických infrastruktur	1. Rozměr „Snižování emisí uhlíku“ 1.2 Energie z obnovitelných zdrojů 3. Rozměr „Energetická bezpečnost“ 4. Rozměr „Vnitřní trh s energií“ 4.2. Infrastruktura pro přenos energie 5. Rozměr „Výzkum, inovace a konkurenceschopnost“
Aplikační segment Akumulace a užití energie	
Projekt A: Zplyňování odpadů v tavenině soli	2. Rozměr „Energetická účinnost“ 5. Rozměr „Výzkum, inovace a konkurenceschopnost“
Projekt B: Manipulátor pro hydrogenerátory	1. Rozměr „Snižování emisí uhlíku“ 1.2 Energie z obnovitelných zdrojů 5. Rozměr „Výzkum, inovace a konkurenceschopnost“

Segment / dílčí projekty CANUT II	Soulad s NEKP (kapitoly / priority)
RS1 – Jaderná paliva a palivový cyklus	1.1 Emise skleníkových plynů 1.2 OZE + nízkoemisní zdroje 1.3 Vodík – nízkouhlíkové zdroje 1.4 CCS/CCU 3 Energetická bezpečnost 5 Výzkum a inovace
RS2 – Materiály a technologie komponent	1.1 Snížení emisí (efektivita) 2 Energetická účinnost 3 Energetická bezpečnost 5 Výzkum, inovace
RS3 – Instrumentace a I&C	2 Energetická účinnost 3 Energetická bezpečnost 4.2 Infrastruktura přenosu energie 5 Výzkum, inovace

RS4 – Provoz a optimalizace JE, SMR a fúze	1.1 Emise skleníkových plynů 1.2 OZE + nízkoemisní zdroje 2 Energetická účinnost 3 Energetická bezpečnost 5 Výzkum, inovace
RS5 – Dekontaminace a nakládání s odpady	1.1 Emise skleníkových plynů 1.4 CCS/CCU a environmentální dopady 2 Energetická účinnost 5 Výzkum, inovace
NPO – Bezemisní technologie pro lokální zdroje DP_NPO_01 Lokální bezemisní zdroje	1.2 OZE a nízkoemisní zdroje 1.3 Vodík (nízkouhlíkové technologie) 2 Energetická účinnost 3 Energetická bezpečnost 4.2 Infrastruktura pro přenos energie 5 Výzkum, inovace

Tabulka 7: Národní výzkumná a inovační strategie pro inteligentní specializaci ČR (RIS3, programové období 2021-2027)

Název strategického dokumentu:	Národní výzkumná a inovační strategie pro inteligentní specializaci ČR (RIS3, programové období 2021-2027)
Globální cíl / vize:	Vize RIS3 2030: Odolná ekonomika založená na znalostech a inovacích Znalosti: Plné využívání znalostního a technologického potenciálu ČR zejména dlouhé průmyslové a technické tradice ČR a kvalitní infrastruktury pro výzkum a vývoj, vytváření vysoké přidané hodnoty v perspektivních oborech a s pomocí využívání klíčových technologií a výzkumu, vysoce kvalifikovaní lidé v oblastech inteligentní specializace. Inovace: Využívání možností technologií k průmyslové/digitální transformaci a ke generování nových příležitostí, růst endogenních českých firem s mezinárodně konkurenceschopnými konečnými produkty pro trh a v nově vznikajících technologicky a znalostně náročných odvětvích či tržních nikách, rozvoj inovativních start-ups, podnikaví lidé schopní přicházet s kreativním řešením problémů a dynamicky využívat možností digitálních technologií. Odolnost: Snižování rizik pro společnost a efektivní fungování jejích institucí pomocí nových technologických řešení, adaptace podniků i společnosti na nové technologické a společenské výzvy a využívání příležitostí plynoucích z mezinárodní spolupráce ve zvládání rizik a předcházení jejich negativním dopadům. Omezování těchto negativních dopadů prostřednictvím špičkových zelených technologií, dlouhodobě udržitelných řešení a s využitím společensko-vědního výzkumu, budování postavení lídra v Evropě v

	relevantních oblastech specializace. Posilování odolnosti nosných odvětví ekonomiky a kybernetické bezpečnosti.
Struktura dokumentu (přehled priorit a cílů):	Klíčová oblast změny VÝZKUM, VÝVOJ A INOVACE PRO PODNIKÁNÍ Strategický cíl A. ZVÝŠENÍ INOVAČNÍ VÝKONNOSTI FIREM Specifický cíl A.1 Posílení inovační výkonnosti stávajících firem a reakce na průmyslovou transformaci, technologické a společenské změny Specifický cíl A.2 Vznik a růst nových firem a využití nových příležitostí Specifický cíl A.3 Zlepšení fungování inovačních ekosystémů na národní i regionální úrovni Klíčová oblast změny VEŘEJNÝ VÝZKUM A VÝVOJ Strategický cíl B. ZVÝŠENÍ KVALITY VEŘEJNÉHO VÝZKUMU Specifický cíl B.1 Zvýšení kvality a společenské relevance veřejného výzkumu Specifický cíl B.2 Zvýšení kvality prostředí pro realizaci veřejného výzkumu Klíčová oblast změny LIDÉ A CHYTRÉ DOVEDNOSTI Strategický cíl C. ZVÝŠENÍ DOSTUPNOSTI KVALIFIKOVANÝCH LIDÍ PRO VÝZKUM, VÝVOJ A INOVACE Specifický cíl C.1 Zlepšení schopnosti vzdělávacího systému připravovat lidi pro výzkum, vývoj a inovace Specifický cíl C.2 Rozvoj dovedností pro chytrou specializaci, průmyslovou transformaci a podnikání Specifický cíl C.3 Zvýšení potenciálu a motivace pracovníků ve výzkumných organizacích Klíčová oblast změny DIGITÁLNÍ AGENDA Strategický cíl D. ZVÝŠENÍ VYUŽITÍ NOVÝCH TECHNOLOGIÍ A DIGITALIZACE Specifický cíl D.1 Podpora digitalizace a využití nových technologií v podnikání Specifický cíl D.2 Podpora digitalizace a využití nových technologií ve veřejné sféře DOMÉNY VÝZKUMNÉ A INOVAČNÍ SPECIALIZACE Doména 1 - Pokročilé materiály, technologie a systémy Doména 2 - Digitalizace a automatizace výrobních technologií Doména 3 - Elektronika a digitální technologie Doména 4 - Ekologická doprava Doména 5 - Technologicky vyspělá a bezpečná doprava Doména 6 - Pokročilá medicína a léčiva Doména 7 - Kulturní a kreativní odvětví nástrojem akcelerace socioekonomického rozvoje ČR Doména 8 - Zelené technologie, bioekonomika a udržitelné potravinové zdroje Doména 9 - Inteligentní sídla

	Společenské výzvy a RIS3 mise Mise 1 Zefektivnění materiálové, energetické a emisní náročnosti ekonomiky Mise 1.1 DEKARBONIZACE Mise 1.2 DECENTRALIZACE Mise 1.3 CÍRKULARITA Mise 2 Posílení odolnosti společnosti proti bezpečnostním hrozbám Mise 2.1 Stabilita, spolehlivost a udržitelnost společenských, ekonomických a environmentálních systémů Mise 2.2 Snižování rizik a zvyšování odolnosti
<i>Soulad výzkumných projektů NCE II se strategickým dokumentem</i>	
Aplikační segment Konverze energie	
Projekt A: Inovativní řešení pro udržitelnou energetiku	Specifický cíl B.1 Zvýšení kvality a společenské relevance veřejného výzkumu Doména 1 - Pokročilé materiály, technologie a systémy Doména 8 - Zelené technologie, bioekonomika a udržitelné potravinové zdroje Mise 1.1 DEKARBONIZACE Mise 1.2 DECENTRALIZACE
Projekt B: Nové progresivní technologie pro energetiku	Specifický cíl B.1 Zvýšení kvality a společenské relevance veřejného výzkumu Doména 1 - Pokročilé materiály, technologie a systémy Doména 8 - Zelené technologie, bioekonomika a udržitelné potravinové zdroje Mise 1.1 DEKARBONIZACE
Projekt C: Technická řešení pro nízkoemisní energetiku	Specifický cíl B.1 Zvýšení kvality a společenské relevance veřejného výzkumu Doména 1 - Pokročilé materiály, technologie a systémy Doména 8 - Zelené technologie, bioekonomika a udržitelné potravinové zdroje Mise 1.1 DEKARBONIZACE Mise 1.3 CÍRKULARITA
Projekt D: Spolehlivost a flexibilita energetických zdrojů	Specifický cíl B.1 Zvýšení kvality a společenské relevance veřejného výzkumu Specifický cíl D.1 Podpora digitalizace a využití nových technologií v podnikání Specifický cíl D.2 Podpora digitalizace a využití nových technologií ve veřejné sféře Doména 1 - Pokročilé materiály, technologie a systémy Doména 2 - Digitalizace a automatizace výrobních technologií Doména 3 - Elektronika a digitální technologie

		Doména 8 - Zelené technologie, bioekonomika a udržitelné potravinové zdroje Mise 1.1 DEKARBONIZACE Mise 2.2 Snižování rizik a zvyšování odolnosti
Projekt E: Akumulace TES a sCO ₂		Specifický cíl B.1 Zvýšení kvality a společenské relevance veřejného výzkumu Doména 1 - Pokročilé materiály, technologie a systémy Doména 8 - Zelené technologie, bioekonomika a udržitelné potravinové zdroje Mise 1.1 DEKARBONIZACE
Aplikační segment Distribuce a přenos energie		
Projekt A: Řízení, chránění a efektivní provoz distribučních sítí a průmyslových energetických systémů		Specifický cíl B.1 Zvýšení kvality a společenské relevance veřejného výzkumu Specifický cíl D.1 Podpora digitalizace a využití nových technologií v podnikání Specifický cíl D.2 Podpora digitalizace a využití nových technologií ve veřejné sféře Doména 1 - Pokročilé materiály, technologie a systémy Doména 2 - Digitalizace a automatizace výrobních technologií Doména 3 - Elektronika a digitální technologie Doména 8 - Zelené technologie, bioekonomika a udržitelné potravinové zdroje Mise 1.1 DEKARBONIZACE Mise 2.2 Snižování rizik a zvyšování odolnosti
Projekt B: Nové technologie a optimalizace provozu PS a DS		Specifický cíl B.1 Zvýšení kvality a společenské relevance veřejného výzkumu Specifický cíl D.1 Podpora digitalizace a využití nových technologií v podnikání Specifický cíl D.2 Podpora digitalizace a využití nových technologií ve veřejné sféře Doména 1 - Pokročilé materiály, technologie a systémy Doména 2 - Digitalizace a automatizace výrobních technologií Doména 3 - Elektronika a digitální technologie Mise 1.2 DECENTRALIZACE Mise 2.2 Snižování rizik a zvyšování odolnosti
Projekt Optimalizace provozu spolehlivost energetických infrastruktur	C: a	Specifický cíl B.1 Zvýšení kvality a společenské relevance veřejného výzkumu Specifický cíl D.1 Podpora digitalizace a využití nových technologií v podnikání Specifický cíl D.2 Podpora digitalizace a využití nových technologií ve veřejné sféře Doména 1 - Pokročilé materiály, technologie a systémy Doména 2 - Digitalizace a automatizace výrobních technologií

	Doména 3 - Elektronika a digitální technologie Mise 1.2 DECENTRALIZACE Mise 2.2 Snižování rizik a zvyšování odolnosti
Aplikační segment Akumulace a užití energie	
Projekt A: Zplyňování odpadů v tavenině soli	Specifický cíl B.1 Zvýšení kvality a společenské relevance veřejného výzkumu Doména 1 - Pokročilé materiály, technologie a systémy Doména 8 - Zelené technologie, bioekonomika a udržitelné potravinové zdroje Mise 1.1 DEKARBONIZACE
Projekt B: Manipulátor pro hydrogenerátory	Specifický cíl B.1 Zvýšení kvality a společenské relevance veřejného výzkumu Doména 1 - Pokročilé materiály, technologie a systémy Doména 8 - Zelené technologie, bioekonomika a udržitelné potravinové zdroje Mise 1.1 DEKARBONIZACE

Výzkumné projekty Spolehlivost a flexibilita energetických zdrojů, Řízení, chránění a efektivní provoz distribučních sítí a průmyslových energetických systémů, Nové technologie a optimalizace provozu PS a DS a Optimalizace provozu a spolehlivost energetických infrastruktur jsou komplexně v souladu s NRIS3 – jejími specifickými cíli, výzkumnými specializacemi i společenskými výzvami – misemi (blíže viz výše – karta NRIS3). **Nicméně v případě misí byla identifikována jedna konkrétní animozita – ačkoliv všechny tyto projekty jsou v souladu buď s misí 1.1 Dekarbonizace či 1.2 Decentralizace, nejsou v souladu s misí 2.2 Snižování rizik a zvyšování odolnosti (viz karta NRIS3 – označeno červeně).** Důvodem je fakt, že v dílčí oblasti této mise nazvané Bezpečnost infrastruktur jsou zahrnuty pouze infrastruktury datové a dopravní, nikoliv infrastruktury energetické, na které se zaměřují dotyčné projekty. **Vzhledem k vysokému významu bezpečnosti infrastruktur v současné komplikované bezpečnostně-politické situaci se tak nabízí doplnění také energetických infrastruktur do této dílčí oblasti v rámci uvedené mise tak, aby zmíněné projekty byly v souladu zároveň s touto misí.**

Segment / dílčí projekty CANUT II	Soulad s NRIS3 (kapitoly / priority)
RS1 – Jaderná paliva	1.1 Pokročilé materiály 6.1 Zelené technologie 7 Společenské výzvy – bezpečnost
RS2 – Materiály a technologie komponent	1.1 Pokročilé materiály 1.2 Digitalizace výrobních technologií 6.1 Zelené technologie

RS3 – Instrumentace a I&C	2.1 Elektronika a digitální technologie 6.2 Inteligentní sídla 7 Společenské výzvy – odolnost infrastruktury
RS4 – Provoz, optimalizace a fúze	1.1 Pokročilé technologie 2.1 Digitalizace a modelování 6.1 Nízkoemisní energetika 7 Společenské výzvy – bezpečnost
RS5 – Dekontaminace a odpady	1.1 Nové technologické postupy 6.1 Zelené technologie a cirkulární ekonomika
NPO – Bezemisní technologie pro lokální zdroje DP_04_01_NPO Lokální bezemisní zdroje	6.1 Dekarbonizace teplárenství 6.2 Inteligentní sídla 2.1 Digitální řízení a optimalizace

Tabulka 8: Státní energetická koncepce ČR (stále platná verze z 2015 – aktualizace nebyla schválena)

Název strategického dokumentu:	Státní energetická koncepce ČR
Globální cíl / vize:	Dlouhodobá vize energetiky ČR: Bezpečné, cenově dostupné a udržitelné zásobování domácností a ekonomiky energií, tedy trojicí zásad, které společně tvoří tzv. energetické trilema. Tři vrcholové strategické cíle energetiky ČR: i) bezpečnost zásobování energií; ii) konkurenceschopnost a sociální přijatelnost iii) udržitelnost nakládání s energií.
Struktura dokumentu (přehled priorit a cílů):	1. Úvod 2. Současný stav energetiky ČR a hlavní trendy jejího vývoje 3. Koncepce rozvoje energetiky ČR do roku 2050 3.1. Vrcholové strategické cíle a ukazatele a cílové hodnoty a stavy 3.2. Hlavní teze energetické strategie 3.3. Strategické priority a rozvojové strategie v jednotlivých oblastech 3.3.1. Priorita I: Energetická bezpečnost 3.3.2 Priorita II: Dekarbonizace energetického mixu 3.3.3 Priorita III: Energetická účinnost 3.3.4 Priorita IV: Mezinárodní spolupráce, vnitřní trh a infrastruktura 3.3.5 Priorita V: Vzdělávání a výzkum, vývoj a inovace

4. Nástroje na prosazování energetické strategie	
<i>Soulad výzkumných projektů NCE II se strategickým dokumentem</i>	
Aplikační segment Konverze energie	
Projekt A: Inovativní řešení pro udržitelnou energetiku	Priorita I: Energetická bezpečnost PI.11 Zajistit vysokou míru soběstačnosti ve výrobě elektrické energie především na základě technologií s vysokou účinností přeměny a nízkými emisemi skleníkových plynů a znečišťujících látek. PI.12 Zajistit nezbytnou úroveň zdrojové přiměřenosti a vytvářet podmínky pro bezpečný provoz elektrizační soustavy ČR s cílem zabezpečení stabilních dodávek elektřiny v normálních i krizových situacích. PI.16 Zajistit vysokou úroveň bezpečnosti, spolehlivosti, energetické odolnosti a tranzitní schopnosti elektrizační soustavy ČR prostřednictvím obnovy a modernizace přenosové soustavy a rozvoje rezervních kapacit vhodné velikosti a struktury, disponibilních regulačních výkonů, akumulace elektrické energie, prvků flexibility a technických prostředků obrany proti vzniku a šíření síťových poruch, kontroly přetížení či optimálního provozu sítí a efektivních mechanismů jejich řízení a vyvznávání lokální nebo časové nerovnováhy. PI.17 Zajistit bezpečnost a spolehlivost provozu distribučních soustav prostřednictvím jejich obnovy a rozvoje, včetně kapacitních rezerv sítě za účelem řešení mimořádných situací nárazovým využitím elektrické energie jako substitutu za jiná paliva. PI. 18 Podporovat rozvoj centrálních i decentrálních systémů akumulace elektrické energie pro potřeby řízení a regulace elektrizační soustavy, především na komerční bázi. PI.31 Podporovat včasný rozvoj výroby, přepravy, dovozu, skladování a využití vodíku v českém hospodářství pro zajištění bezpečnosti průběhu jeho dekarbonizace. PI.45 Podporovat zvýšení významu teplárenských zdrojů při řešení krizových situací v elektroenergetice včetně jejich zapojení do mechanismů poskytování flexibility a do provozu ostrovů v elektrizační soustavě. Priorita II: Dekarbonizace energetického mixu PII.3 Umožnit rozsáhlou integraci nových technologií ve výrobě, přepravě, přenosu, distribuci i spotřebě energie prostřednictvím odpovídajícího rozvoje infrastruktury. PII.10 Zajistit maximalizaci energetického využití druhotných zdrojů energie včetně průmyslových a komunálních odpadů s respektováním hierarchie nakládání s odpady. PII.11 Zajistit maximalizaci využití biologicky rozložitelného odpadu pro výrobu biometanu.

	PII.12 Vytvořit podmínky pro racionální využití plyných paliv, včetně nízkouhlíkových a obnovitelných, ve zdrojích kombinované výroby elektřiny a tepla, špičkových či záložních zdrojích a omezeně i v paroplynových elektrárnách s vysokou účinností v rozsahu nezbytném pro zabezpečení regulace elektrizační soustavy. PII.16 Vytvořit podmínky pro přechod výroben elektrické energie ze zemního plynu na nízkouhlíkové a obnovitelné plyny. PII.22 Zajistit postupnou dekarbonizaci sektoru plynárenství prostřednictvím nahrazování zemního plynu nízkouhlíkovými a obnovitelnými plyny. PII.29 Podporovat využití a rozvoj akumulčních schopností soustav zásobování tepelnou energií, případně v kombinaci s tepelnými čerpadly nebo solárními systémy. PII.30 Zajistit odklon od využívání uhlí pro vytápění v domácnostech a podporovat využití biomasy, nízkouhlíkových a obnovitelných plynů, tepelných čerpadel a solárních a hybridních systémů pro jeho náhradu. PII.32 Podporovat přechod, zejména středních a menších, soustav zásobování tepelnou energií na vícepalivové systémy využívající odpadní teplo, biomasu nebo odpady s ohledem na jejich lokální dostupnost. PII.37 Podporovat rozvoj vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla v decentrálních zdrojích tepelné energie. PII.38 Podporovat ekonomicky efektivní přípravu plynových výroben tepelné energie na využití nízkouhlíkových a obnovitelných plynů, včetně vodíku. Priorita III: Energetická účinnost PIII.3 Podporovat zvyšování energetické účinnosti při procesech získávání, přeměn a přenosu energie. PIII.18 Podporovat zvyšování energetické účinnosti zařízení a technologických procesů v průmyslových provozech. PIII.25 Zajistit zvýšení účinnosti přeměn a využití energie s využitím parametrů nejlepších dostupných technik pro všechny nově budované a rekonstruované zdroje. PIII.26 Podporovat rozvoj vysokoúčinné kombinované výroby elektrické a tepelné energie využívající jako palivo obnovitelné a druhotné zdroje energie včetně nerecyklovatelných odpadů, průmyslových procesních plynů a bioplynu. PIII.30 Podporovat snižování ztrát při přenosu a distribuci elektrické energie, provozu napájecích soustav nebo zařízení v elektrické trakci, přepravě a distribuci plynu a rozvodu tepelné energie. Priorita IV: Mezinárodní spolupráce, vnitřní trh a infrastruktura PIV.40 Zajistit obnovu a rozvoj distribučních soustav umožňující připojování zdrojů nízkouhlíkových a obnovitelných plynů, růst využití plynu v malých zdrojích kombinované výroby elektrické a tepelné energie
--	---

	a v mikrokogeneraci a rozvoj na straně konečné spotřeby při současném zabezpečení vysoké míry spolehlivosti jejich provozu. PIV.41 Podporovat úpravy plynárenské soustavy ČR umožňující postupné zvyšování podílu nízkouhlíkových a obnovitelných plynů na přepravovaném a distribuovaném objemu. Priorita V: Vzdělávání a výzkum, vývoj a inovace <i>Pozn.: Projekt je v souladu s většinou opatření navržených v Prioritě V, zde jsou uvedeny nejrelevantnější.</i> PV.18 Podporovat projekty výzkumu a vývoje specificky zaměřené na nové výzvy a trendy v energetice především v oblastech její dekarbonizace, decentralizace, digitalizace a demokratizace s výstupy přispívajícími k dosažení střednědobých i dlouhodobých cílů a závazků ČR. PV.19 Zajistit zlepšení a prohloubení spolupráce základního a aplikovaného výzkumu v oblasti energetiky. PV.24 Podporovat spolupráci mezi výzkumnými organizacemi a průmyslem. PV.27 Podporovat růst zapojení tuzemských výzkumných kapacit do stávajících i budoucích mezinárodních aktivit a projektů, a to zejména ve směru maximální účasti v evropských projektech v rámci SET plánu. PV.30 Podporovat realizaci demonstračních jednotek a pilotních projektů s vysokou mírou inovativnosti či technologickou úrovní, a to jak v rámci povolenacích a autorizačních procedur, tak i zapojením prostředků státu v oblasti podpory výzkumu, vývoje a inovací a adresováním prostředků z fondů EU.
Projekt B: Nové progresivní technologie pro energetiku	Priorita I: Energetická bezpečnost PI.11 Zajistit vysokou míru soběstačnosti ve výrobě elektrické energie především na základě technologií s vysokou účinností přeměny a nízkými emisemi skleníkových plynů a znečišťujících látek. PI. 18 Podporovat rozvoj centrálních i decentrálních systémů akumulace elektrické energie pro potřeby řízení a regulace elektrizační soustavy, především na komerční bázi. PI.43 Vytvořit podmínky pro udržení stability dodávek tepla v kontextu odklonu od využívání uhlí pro výrobu energie. PI.44 Podporovat zvýšení podílu soustav zásobování tepelnou energií využívajících mixu více paliv s možností rychlé změny paliva v případě nutnosti krátkodobého záskoku. PI.45 Podporovat zvýšení významu teplotěnských zdrojů při řešení krizových situací v elektroenergetice včetně jejich zapojení do mechanismů poskytování flexibility a do provozu ostrovů v elektrizační soustavě. Priorita II: Dekarbonizace energetického mixu PII.10 Zajistit maximalizaci energetického využití druhotných zdrojů energie včetně průmyslových a komunálních odpadů s respektováním hierarchie nakládání s odpady.

	PII.11 Zajistit maximalizaci využití biologicky rozložitelného odpadu pro výrobu biometanu. PII.12 Vytvořit podmínky pro racionální využití plyných paliv, včetně nízkouhlíkových a obnovitelných, ve zdrojích kombinované výroby elektřiny a tepla, špičkových či záložních zdrojích a omezeně i v paroplynových elektrárnách s vysokou účinností v rozsahu nezbytném pro zabezpečení regulace elektrizační soustavy. PII.29 Podporovat využití a rozvoj akumulčních schopností soustav zásobování tepelnou energií, případně v kombinaci s tepelnými čerpadly nebo solárními systémy. PII.30 Zajistit odklon od využívání uhlí pro vytápění v domácnostech a podporovat využití biomasy, nízkouhlíkových a obnovitelných plynů, tepelných čerpadel a solárních a hybridních systémů pro jeho náhradu. PII.32 Podporovat přechod, zejména středních a menších, soustav zásobování tepelnou energií na vícepalivové systémy využívající odpadní teplo, biomasu nebo odpady s ohledem na jejich lokální dostupnost. PII.37 Podporovat rozvoj vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla v decentrálních zdrojích tepelné energie. Priorita III: Energetická účinnost PIII.3 Podporovat zvyšování energetické účinnosti při procesech získávání, přeměn a přenosu energie. PIII.18 Podporovat zvyšování energetické účinnosti zařízení a technologických procesů v průmyslových provozech. PIII.26 Podporovat rozvoj vysokoúčinné kombinované výroby elektrické a tepelné energie využívající jako palivo obnovitelné a druhotné zdroje energie včetně nerecyklovatelných odpadů, průmyslových procesních plynů a bioplynu. Priorita IV: Mezinárodní spolupráce, vnitřní trh a infrastruktura PIV.41 Podporovat úpravy plynárenské soustavy ČR umožňující postupné zvyšování podílu nízkouhlíkových a obnovitelných plynů na přepravovaném a distribuovaném objemu. Priorita V: Vzdělávání a výzkum, vývoj a inovace <i>Pozn.: Projekt je v souladu s většinou opatření navržených v Prioritě V, zde jsou uvedeny nejrelevantnější.</i> PV.18 Podporovat projekty výzkumu a vývoje specificky zaměřené na nové výzvy a trendy v energetice především v oblastech její dekarbonizace, decentralizace, digitalizace a demokratizace s výstupy přispívajícími k dosažení střednědobých i dlouhodobých cílů a závazků ČR. PV.19 Zajistit zlepšení a prohloubení spolupráce základního a aplikovaného výzkumu v oblasti energetiky. PV.24 Podporovat spolupráci mezi výzkumnými organizacemi a průmyslem. PV.27 Podporovat růst zapojení tuzemských výzkumných kapacit do stávajících i budoucích mezinárodních aktivit a projektů, a to zejména ve směru maximální účasti v evropských projektech v rámci SET plánu. PV.30 Podporovat realizaci demonstračních jednotek a pilotních projektů s vysokou mírou inovativnosti či technologickou úrovní, a to jak v rámci
--	--

	povolovacích a autorizačních procedur, tak i zapojením prostředků státu v oblasti podpory výzkumu, vývoje a inovací a adresováním prostředků z fondů EU.
Projekt C: Technická řešení pro nízkoemisní energetiku	Priorita I: Energetická bezpečnost PI.11 Zajistit vysokou míru soběstačnosti ve výrobě elektrické energie především na základě technologií s vysokou účinností přeměny a nízkými emisemi skleníkových plynů a znečišťujících látek. PI. 18 Podporovat rozvoj centrálních i decentrálních systémů akumulace elektrické energie pro potřeby řízení a regulace elektrizační soustavy, především na komerční bázi. PI.31 Podporovat včasný rozvoj výroby, přepravy, dovozu, skladování a využití vodíku v českém hospodářství pro zajištění bezpečnosti průběhu jeho dekarbonizace. PI.45 Podporovat zvýšení významu teplárenských zdrojů při řešení krizových situací v elektroenergetice včetně jejich zapojení do mechanismů poskytování flexibility a do provozu ostrovů v elektrizační soustavě. Priorita II: Dekarbonizace energetického mixu PII.3 Umožnit rozsáhlou integraci nových technologií ve výrobě, přepravě, přenosu, distribuci i spotřebě energie prostřednictvím odpovídajícího rozvoje infrastruktury. PII.10 Zajistit maximalizaci energetického využití druhotných zdrojů energie včetně průmyslových a komunálních odpadů s respektováním hierarchie nakládání s odpady. PII.12 Vytvořit podmínky pro racionální využití plyných paliv, včetně nízkouhlíkových a obnovitelných, ve zdrojích kombinované výroby elektřiny a tepla, špičkových či záložních zdrojích a omezeně i v paroplynových elektrárnách s vysokou účinností v rozsahu nezbytném pro zabezpečení regulace elektrizační soustavy. PII.16 Vytvořit podmínky pro přechod výroben elektrické energie ze zemního plynu na nízkouhlíkové a obnovitelné plyny. PII.22 Zajistit postupnou dekarbonizaci sektoru plynárenství prostřednictvím nahrazování zemního plynu nízkouhlíkovými a obnovitelnými plyny. PII.29 Podporovat využití a rozvoj akumulačních schopností soustav zásobování tepelnou energií, případně v kombinaci s tepelnými čerpadly nebo solárními systémy. PII.30 Zajistit odklon od využívání uhlí pro vytápění v domácnostech a podporovat využití biomasy, nízkouhlíkových a obnovitelných plynů, tepelných čerpadel a solárních a hybridních systémů pro jeho náhradu. PII.32 Podporovat přechod, zejména středních a menších, soustav zásobování tepelnou energií na vícepalivové systémy využívající odpadní teplo, biomasu nebo odpady s ohledem na jejich lokální dostupnost. PII.37 Podporovat rozvoj vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla v decentrálních zdrojích tepelné energie.

	PII.38 Podporovat ekonomicky efektivní přípravu plynových výroben tepelné energie na využití nízkouhlíkových a obnovitelných plynů, včetně vodíku. Priorita III: Energetická účinnost PIII.3 Podporovat zvyšování energetické účinnosti při procesech získávání, přeměn a přenosu energie. PIII.18 Podporovat zvyšování energetické účinnosti zařízení a technologických procesů v průmyslových provozech. PIII.25 Zajistit zvýšení účinnosti přeměn a využití energie s využitím parametrů nejlepších dostupných technik pro všechny nově budované a rekonstruované zdroje. PIII.26 Podporovat rozvoj vysokoúčinné kombinované výroby elektrické a tepelné energie využívající jako palivo obnovitelné a druhotné zdroje energie včetně nerecyklovatelných odpadů, průmyslových procesních plynů a bioplynu. Priorita IV: Mezinárodní spolupráce, vnitřní trh a infrastruktura PIV.40 Zajistit obnovu a rozvoj distribučních soustav umožňující připojování zdrojů nízkouhlíkových a obnovitelných plynů, růst využití plynu v malých zdrojích kombinované výroby elektrické a tepelné energie a v mikrokogeneraci a rozvoj na straně konečné spotřeby při současném zabezpečení vysoké míry spolehlivosti jejich provozu. Priorita V: Vzdělávání a výzkum, vývoj a inovace <i>Pozn.: Projekt je v souladu s většinou opatření navržených v Prioritě V, zde jsou uvedeny nejrelevantnější.</i> PV.18 Podporovat projekty výzkumu a vývoje specificky zaměřené na nové výzvy a trendy v energetice především v oblastech její dekarbonizace, decentralizace, digitalizace a demokratizace s výstupy přispívajícími k dosažení střednědobých i dlouhodobých cílů a závazků ČR. PV.19 Zajistit zlepšení a prohloubení spolupráce základního a aplikovaného výzkumu v oblasti energetiky. PV.24 Podporovat spolupráci mezi výzkumnými organizacemi a průmyslem. PV.27 Podporovat růst zapojení tuzemských výzkumných kapacit do stávajících i budoucích mezinárodních aktivit a projektů, a to zejména ve směru maximální účasti v evropských projektech v rámci SET plánu. PV.30 Podporovat realizaci demonstračních jednotek a pilotních projektů s vysokou mírou inovativnosti či technologickou úrovní, a to jak v rámci povolovacích a autorizačních procedur, tak i zapojením prostředků státu v oblasti podpory výzkumu, vývoje a inovací a adresováním prostředků z fondů EU.
Projekt D: Spolehlivost a flexibilita energetických zdrojů	Priorita I: Energetická bezpečnost PI.20 Zajistit integraci obnovitelných a malých kogeneračních zdrojů energie do mechanismů řízení rovnováhy elektrizační soustavy ČR, zejména prostřednictvím rozvoje chytrých sítí a prvků flexibility, a komplementaritu provozu jednotlivých bezemisních, především obnovitelných a jaderných, zdrojů. Priorita II: Dekarbonizace energetického mixu

	PII.3 Umožnit rozsáhlou integraci nových technologií ve výrobě, přepravě, přenosu, distribuci i spotřebě energie prostřednictvím odpovídajícího rozvoje infrastruktury. Priorita III: Energetická účinnost PIII.3 Podporovat zvyšování energetické účinnosti při procesech získávání, přeměn a přenosu energie. PIII.18 Podporovat zvyšování energetické účinnosti zařízení a technologických procesů v průmyslových provozech. PIII.25 Zajistit zvýšení účinnosti přeměn a využití energie s využitím parametrů nejlepších dostupných technik pro všechny nově budované a rekonstruované zdroje. Priorita V: Vzdělávání a výzkum, vývoj a inovace <i>Pozn.: Projekt je v souladu s většinou opatření navržených v Prioritě V, zde jsou uvedeny nejrelevantnější.</i> PV.18 Podporovat projekty výzkumu a vývoje specificky zaměřené na nové výzvy a trendy v energetice především v oblastech její dekarbonizace, decentralizace, digitalizace a demokratizace s výstupy přispívajícími k dosažení střednědobých i dlouhodobých cílů a závazků ČR. PV.19 Zajistit zlepšení a prohloubení spolupráce základního a aplikovaného výzkumu v oblasti energetiky. PV.24 Podporovat spolupráci mezi výzkumnými organizacemi a průmyslem. PV.27 Podporovat růst zapojení tuzemských výzkumných kapacit do stávajících i budoucích mezinárodních aktivit a projektů, a to zejména ve směru maximální účasti v evropských projektech v rámci SET plánu. PV.30 Podporovat realizaci demonstračních jednotek a pilotních projektů s vysokou mírou inovativnosti či technologickou úrovní, a to jak v rámci povolenacích a autorizačních procedur, tak i zapojením prostředků státu v oblasti podpory výzkumu, vývoje a inovací a adresováním prostředků z fondů EU.
Projekt E: Akumulace TES a sCO₂	Priorita I: Energetická bezpečnost PI.11 Zajistit vysokou míru soběstačnosti ve výrobě elektrické energie především na základě technologií s vysokou účinností přeměny a nízkými emisemi skleníkových plynů a znečišťujících látek. PI.20 Zajistit integraci obnovitelných a malých kogeneračních zdrojů energie do mechanismů řízení rovnováhy elektrizační soustavy ČR, zejména prostřednictvím rozvoje chytrých sítí a prvků flexibility, a komplementaritu provozu jednotlivých bezemisních, především obnovitelných a jaderných, zdrojů. PI.45 Podporovat zvýšení významu teplárenských zdrojů při řešení krizových situací v elektroenergetice včetně jejich zapojení do mechanismů poskytování flexibility a do provozu ostrovů v elektrizační soustavě. Priorita II: Dekarbonizace energetického mixu PII.3 Umožnit rozsáhlou integraci nových technologií ve výrobě, přepravě, přenosu, distribuci i spotřebě energie prostřednictvím odpovídajícího rozvoje infrastruktury.

	PII.29 Podporovat využití a rozvoj akumulčních schopností soustav zásobování tepelnou energií, případně v kombinaci s tepelnými čerpadly nebo solárními systémy. PII.35 Podporovat využití tepláren pro dodávku regulačních služeb pro přenosovou soustavu. PII.37 Podporovat rozvoj vysokoúčinné kombinované výroby elektřiny a tepla v decentrálních zdrojích tepelné energie. Priorita III: Energetická účinnost PIII.3 Podporovat zvyšování energetické účinnosti při procesech získávání, přeměn a přenosu energie. PIII.18 Podporovat zvyšování energetické účinnosti zařízení a technologických procesů v průmyslových provozech. PIII.26 Podporovat rozvoj vysokoúčinné kombinované výroby elektrické a tepelné energie využívající jako palivo obnovitelné a druhotné zdroje energie včetně nerecyklovatelných odpadů, průmyslových procesních plynů a bioplynu. Priorita V: Vzdělávání a výzkum, vývoj a inovace <i>Pozn.: Projekt je v souladu s většinou opatření navržených v Prioritě V, zde jsou uvedeny nejrelevantnější.</i> PV.18 Podporovat projekty výzkumu a vývoje specificky zaměřené na nové výzvy a trendy v energetice především v oblastech její dekarbonizace, decentralizace, digitalizace a demokratizace s výstupy přispívajícími k dosažení střednědobých i dlouhodobých cílů a závazků ČR. PV.19 Zajistit zlepšení a prohloubení spolupráce základního a aplikovaného výzkumu v oblasti energetiky. PV.24 Podporovat spolupráci mezi výzkumnými organizacemi a průmyslem. PV.27 Podporovat růst zapojení tuzemských výzkumných kapacit do stávajících i budoucích mezinárodních aktivit a projektů, a to zejména ve směru maximální účasti v evropských projektech v rámci SET plánu. PV.30 Podporovat realizaci demonstračních jednotek a pilotních projektů s vysokou mírou inovativnosti či technologickou úrovní, a to jak v rámci povolovacích a autorizačních procedur, tak i zapojením prostředků státu v oblasti podpory výzkumu, vývoje a inovací a adresováním prostředků z fondů EU.
Aplikační segment Distribuce a přenos energie	
Projekt A: Řízení, chránění a efektivní provoz distribučních sítí a průmyslových energetických systémů	Priorita I: Energetická bezpečnost PI.11 Zajistit vysokou míru soběstačnosti ve výrobě elektrické energie především na základě technologií s vysokou účinností přeměny a nízkými emisemi skleníkových plynů a znečišťujících látek. PI.12 Zajistit nezbytnou úroveň zdrojové přiměřenosti a vytvářet podmínky pro bezpečný provoz elektrizační soustavy ČR s cílem zabezpečení stabilních dodávek elektřiny v normálních i krizových situacích. PI.16 Zajistit vysokou úroveň bezpečnosti, spolehlivosti, energetické odolnosti a tranzitní schopnosti elektrizační soustavy ČR prostřednictvím

	obnovy a modernizace přenosové soustavy a rozvoje rezervních kapacit vhodné velikosti a struktury, disponibilních regulatorních výkonů, akumulace elektrické energie, prvků flexibility a technických prostředků obrany proti vzniku a šíření síťových poruch, kontroly přetížení či optimálního provozu sítí a efektivních mechanismů jejich řízení a vyvznávání lokální nebo časové nerovnováhy. PI.17 Zajistit bezpečnost a spolehlivost provozu distribučních soustav prostřednictvím jejich obnovy a rozvoje, včetně kapacitních rezerv sítě za účelem řešení mimořádných situací nárazovým využitím elektrické energie jako substitutu za jiná paliva. PI. 18 Podporovat rozvoj centrálních i decentrálních systémů akumulace elektrické energie pro potřeby řízení a regulace elektrizační soustavy, především na komerční bázi. PI.20 Zajistit integraci obnovitelných a malých kogeneračních zdrojů energie do mechanismů řízení rovnováhy elektrizační soustavy ČR, zejména prostřednictvím rozvoje chytrých sítí a prvků flexibility, a komplementaritu provozu jednotlivých bezemisních, především obnovitelných a jaderných, zdrojů. Priorita II: Dekarbonizace energetického mixu PII.3 Umožnit rozsáhlou integraci nových technologií ve výrobě, přepravě, přenosu, distribuci i spotřebě energie prostřednictvím odpovídajícího rozvoje infrastruktury. Priorita III: Energetická účinnost PIII.3 Podporovat zvyšování energetické účinnosti při procesech získávání, přeměn a přenosu energie. PIII.9 Zajistit zlepšení monitoringu a sběru a správy dat v oblasti spotřeby energie a energetické náročnosti budov. PIII.18 Podporovat zvyšování energetické účinnosti zařízení a technologických procesů v průmyslových provozech. PIII.25 Zajistit zvýšení účinnosti přeměn a využití energie s využitím parametrů nejlepších dostupných technik pro všechny nově budované a rekonstruované zdroje. PIII.26 Podporovat rozvoj vysokoúčinné kombinované výroby elektrické a tepelné energie využívající jako palivo obnovitelné a druhotné zdroje energie včetně nerecyklovatelných odpadů, průmyslových procesních plynů a bioplynu. PIII.30 Podporovat snižování ztrát při přenosu a distribuci elektrické energie, provozu napájecích soustav nebo zařízení v elektrické trakci, přepravě a distribuci plynu a rozvodu tepelné energie. Priorita IV: Mezinárodní spolupráce, vnitřní trh a infrastruktura PIV.40 Zajistit obnovu a rozvoj distribučních soustav umožňující připojování zdrojů nízkouhlíkových a obnovitelných plynů, růst využití plynu v malých zdrojích kombinované výroby elektrické a tepelné energie
--	--

	a v mikrokogeneraci a rozvoj na straně konečné spotřeby při současném zabezpečení vysoké míry spolehlivosti jejich provozu. Priorita V: Vzdělávání a výzkum, vývoj a inovace <i>Pozn.: Projekt je v souladu s většinou opatření navržených v Prioritě V, zde jsou uvedeny nejrelevantnější.</i> PV.18 Podporovat projekty výzkumu a vývoje specificky zaměřené na nové výzvy a trendy v energetice především v oblastech její dekarbonizace, decentralizace, digitalizace a demokratizace s výstupy přispívajícími k dosažení střednědobých i dlouhodobých cílů a závazků ČR. PV.19 Zajistit zlepšení a prohloubení spolupráce základního a aplikovaného výzkumu v oblasti energetiky. PV.24 Podporovat spolupráci mezi výzkumnými organizacemi a průmyslem. PV.27 Podporovat růst zapojení tuzemských výzkumných kapacit do stávajících i budoucích mezinárodních aktivit a projektů, a to zejména ve směru maximální účasti v evropských projektech v rámci SET plánu. PV.30 Podporovat realizaci demonstračních jednotek a pilotních projektů s vysokou mírou inovativnosti či technologickou úrovní, a to jak v rámci povolenacích a autorizačních procedur, tak i zapojením prostředků státu v oblasti podpory výzkumu, vývoje a inovací a adresováním prostředků z fondů EU.
Projekt B: Nové technologie a optimalizace provozu PS a DS	Priorita I: Energetická bezpečnost PI.11 Zajistit vysokou míru soběstačnosti ve výrobě elektrické energie především na základě technologií s vysokou účinností přeměny a nízkými emisemi skleníkových plynů a znečišťujících látek. PI.12 Zajistit nezbytnou úroveň zdrojové přiměřenosti a vytvářet podmínky pro bezpečný provoz elektrizační soustavy ČR s cílem zabezpečení stabilních dodávek elektřiny v normálních i krizových situacích. PI.16 Zajistit vysokou úroveň bezpečnosti, spolehlivosti, energetické odolnosti a tranzitní schopnosti elektrizační soustavy ČR prostřednictvím obnovy a modernizace přenosové soustavy a rozvoje rezervních kapacit vhodné velikosti a struktury, disponibilních regulatorních výkonů, akumulace elektrické energie, prvků flexibility a technických prostředků obrany proti vzniku a šíření síťových poruch, kontroly přetížení či optimálního provozu sítí a efektivních mechanismů jejich řízení a vyvazování lokální nebo časové nerovnováhy. PI.17 Zajistit bezpečnost a spolehlivost provozu distribučních soustav prostřednictvím jejich obnovy a rozvoje, včetně kapacitních rezerv sítě za účelem řešení mimořádných situací nárazovým využitím elektrické energie jako substitutu za jiná paliva.

	PI. 18 Podporovat rozvoj centrálních i decentralních systémů akumulace elektrické energie pro potřeby řízení a regulace elektrizační soustavy, především na komerční bázi. PI.20 Zajistit integraci obnovitelných a malých kogeneračních zdrojů energie do mechanismů řízení rovnováhy elektrizační soustavy ČR, zejména prostřednictvím rozvoje chytrých sítí a prvků flexibility, a komplementaritu provozu jednotlivých bezemisních, především obnovitelných a jaderných, zdrojů. Priorita II: Dekarbonizace energetického mixu PII.3 Umožnit rozsáhlou integraci nových technologií ve výrobě, přepravě, přenosu, distribuci i spotřebě energie prostřednictvím odpovídajícího rozvoje infrastruktury. Priorita III: Energetická účinnost PIII.3 Podporovat zvyšování energetické účinnosti při procesech získávání, přeměn a přenosu energie. PIII.9 Zajistit zlepšení monitoringu a sběru a správy dat v oblasti spotřeby energie a energetické náročnosti budov. PIII.18 Podporovat zvyšování energetické účinnosti zařízení a technologických procesů v průmyslových provozech. PIII.25 Zajistit zvýšení účinnosti přeměn a využití energie s využitím parametrů nejlepších dostupných technik pro všechny nově budované a rekonstruované zdroje. PIII.26 Podporovat rozvoj vysokoúčinné kombinované výroby elektrické a tepelné energie využívající jako palivo obnovitelné a druhotné zdroje energie včetně nerecyklovatelných odpadů, průmyslových procesních plynů a bioplynu. PIII.30 Podporovat snižování ztrát při přenosu a distribuci elektrické energie, provozu napájecích soustav nebo zařízení v elektrické trakci, přepravě a distribuci plynu a rozvodu tepelné energie. Priorita IV: Mezinárodní spolupráce, vnitřní trh a infrastruktura PIV.40 Zajistit obnovu a rozvoj distribučních soustav umožňující připojování zdrojů nízkouhlíkových a obnovitelných plynů, růst využití plynu v malých zdrojích kombinované výroby elektrické a tepelné energie a v mikrokogeneraci a rozvoj na straně konečné spotřeby při současném zabezpečení vysoké míry spolehlivosti jejich provozu. Priorita V: Vzdělávání a výzkum, vývoj a inovace <i>Pozn.: Projekt je v souladu s většinou opatření navržených v Prioritě V, zde jsou uvedeny nejrelevantnější.</i> PV.18 Podporovat projekty výzkumu a vývoje specificky zaměřené na nové výzvy a trendy v energetice především v oblastech její dekarbonizace, decentralizace, digitalizace a demokratizace s výstupy přispívajícími k dosažení střednědobých i dlouhodobých cílů a závazků ČR.
--	---

	PV.19 Zajistit zlepšení a prohloubení spolupráce základního a aplikovaného výzkumu v oblasti energetiky. PV.24 Podporovat spolupráci mezi výzkumnými organizacemi a průmyslem. PV.27 Podporovat růst zapojení tuzemských výzkumných kapacit do stávajících i budoucích mezinárodních aktivit a projektů, a to zejména ve směru maximální účasti v evropských projektech v rámci SET plánu. PV.30 Podporovat realizaci demonstračních jednotek a pilotních projektů s vysokou mírou inovativnosti či technologickou úrovní, a to jak v rámci povolovacích a autorizačních procedur, tak i zapojením prostředků státu v oblasti podpory výzkumu, vývoje a inovací a adresováním prostředků z fondů EU.
Projekt C: Optimalizace provozu a spolehlivost energetických infrastruktur	Priorita I: Energetická bezpečnost PI.11 Zajistit vysokou míru soběstačnosti ve výrobě elektrické energie především na základě technologií s vysokou účinností přeměny a nízkými emisemi skleníkových plynů a znečišťujících látek. PI.12 Zajistit nezbytnou úroveň zdrojové přiměřenosti a vytvářet podmínky pro bezpečný provoz elektrizační soustavy ČR s cílem zabezpečení stabilních dodávek elektřiny v normálních i krizových situacích. PI.16 Zajistit vysokou úroveň bezpečnosti, spolehlivosti, energetické odolnosti a tranzitní schopnosti elektrizační soustavy ČR prostřednictvím obnovy a modernizace přenosové soustavy a rozvoje rezervních kapacit vhodné velikosti a struktury, disponibilních regulačních výkonů, akumulace elektrické energie, prvků flexibility a technických prostředků obrany proti vzniku a šíření síťových poruch, kontroly přetížení či optimálního provozu sítí a efektivních mechanismů jejich řízení a vyvznávaní lokální nebo časové nerovnováhy. PI.17 Zajistit bezpečnost a spolehlivost provozu distribučních soustav prostřednictvím jejich obnovy a rozvoje, včetně kapacitních rezerv sítě za účelem řešení mimořádných situací nárazovým využitím elektrické energie jako substitutu za jiná paliva. PI. 18 Podporovat rozvoj centrálních i decentrálních systémů akumulace elektrické energie pro potřeby řízení a regulace elektrizační soustavy, především na komerční bázi. PI.20 Zajistit integraci obnovitelných a malých kogeneračních zdrojů energie do mechanismů řízení rovnováhy elektrizační soustavy ČR, zejména prostřednictvím rozvoje chytrých sítí a prvků flexibility, a komplementaritu provozu jednotlivých bezemisních, především obnovitelných a jaderných, zdrojů. Priorita II: Dekarbonizace energetického mixu

	PII.3 Umožnit rozsáhlou integraci nových technologií ve výrobě, přepravě, přenosu, distribuci i spotřebě energie prostřednictvím odpovídajícího rozvoje infrastruktury. Priorita III: Energetická účinnost PIII.3 Podporovat zvyšování energetické účinnosti při procesech získávání, přeměn a přenosu energie. PIII.9 Zajistit zlepšení monitoringu a sběru a správy dat v oblasti spotřeby energie a energetické náročnosti budov. PIII.18 Podporovat zvyšování energetické účinnosti zařízení a technologických procesů v průmyslových provozech. PIII.25 Zajistit zvýšení účinnosti přeměn a využití energie s využitím parametrů nejlepších dostupných technik pro všechny nově budované a rekonstruované zdroje. PIII.26 Podporovat rozvoj vysokoúčinné kombinované výroby elektrické a tepelné energie využívající jako palivo obnovitelné a druhotné zdroje energie včetně nerecyklovatelných odpadů, průmyslových procesních plynů a bioplynu. PIII.30 Podporovat snižování ztrát při přenosu a distribuci elektrické energie, provozu napájecích soustav nebo zařízení v elektrické trakci, přepravě a distribuci plynu a rozvodu tepelné energie. Priorita IV: Mezinárodní spolupráce, vnitřní trh a infrastruktura PIV.40 Zajistit obnovu a rozvoj distribučních soustav umožňující připojování zdrojů nízkouhlíkových a obnovitelných plynů, růst využití plynu v malých zdrojích kombinované výroby elektrické a tepelné energie a v mikrokogeneraci a rozvoj na straně konečné spotřeby při současném zabezpečení vysoké míry spolehlivosti jejich provozu. Priorita V: Vzdělávání a výzkum, vývoj a inovace <i>Pozn.: Projekt je v souladu s většinou opatření navržených v Prioritě V, zde jsou uvedeny nejrelevantnější.</i> PV.18 Podporovat projekty výzkumu a vývoje specificky zaměřené na nové výzvy a trendy v energetice především v oblastech její dekarbonizace, decentralizace, digitalizace a demokratizace s výstupy přispívajícími k dosažení střednědobých i dlouhodobých cílů a závazků ČR. PV.19 Zajistit zlepšení a prohloubení spolupráce základního a aplikovaného výzkumu v oblasti energetiky. PV.24 Podporovat spolupráci mezi výzkumnými organizacemi a průmyslem. PV.27 Podporovat růst zapojení tuzemských výzkumných kapacit do stávajících i budoucích mezinárodních aktivit a projektů, a to zejména ve směru maximální účasti v evropských projektech v rámci SET plánu. PV.30 Podporovat realizaci demonstračních jednotek a pilotních projektů s vysokou mírou inovativnosti či technologickou úrovní, a to jak v rámci povolovacích a autorizačních procedur, tak i zapojením prostředků státu v
--	--

	oblasti podpory výzkumu, vývoje a inovací a adresováním prostředků z fondů EU.
Aplikační segment Akumulace a užití energie	
Projekt A: Zplyňování odpadů v tavenině soli	Priorita V: Vzdělávání a výzkum, vývoj a inovace <i>Pozn.: Projekt je v souladu s většinou opatření navržených v Prioritě V, zde jsou uvedeny nejrelevantnější.</i> PV.18 Podporovat projekty výzkumu a vývoje specificky zaměřené na nové výzvy a trendy v energetice především v oblastech její dekarbonizace, decentralizace, digitalizace a demokratizace s výstupy přispívajícími k dosažení střednědobých i dlouhodobých cílů a závazků ČR. PV.19 Zajistit zlepšení a prohloubení spolupráce základního a aplikovaného výzkumu v oblasti energetiky. PV.24 Podporovat spolupráci mezi výzkumnými organizacemi a průmyslem. PV.27 Podporovat růst zapojení tuzemských výzkumných kapacit do stávajících i budoucích mezinárodních aktivit a projektů, a to zejména ve směru maximální účasti v evropských projektech v rámci SET plánu. PV.30 Podporovat realizaci demonstračních jednotek a pilotních projektů s vysokou mírou inovativnosti či technologickou úrovní, a to jak v rámci povolovacích a autorizačních procedur, tak i zapojením prostředků státu v oblasti podpory výzkumu, vývoje a inovací a adresováním prostředků z fondů EU.
Projekt B: Manipulátor pro hydrogenerátory	Priorita V: Vzdělávání a výzkum, vývoj a inovace <i>Pozn.: Projekt je v souladu s většinou opatření navržených v Prioritě V, zde jsou uvedeny nejrelevantnější.</i> PV.18 Podporovat projekty výzkumu a vývoje specificky zaměřené na nové výzvy a trendy v energetice především v oblastech její dekarbonizace, decentralizace, digitalizace a demokratizace s výstupy přispívajícími k dosažení střednědobých i dlouhodobých cílů a závazků ČR. PV.19 Zajistit zlepšení a prohloubení spolupráce základního a aplikovaného výzkumu v oblasti energetiky. PV.24 Podporovat spolupráci mezi výzkumnými organizacemi a průmyslem. PV.27 Podporovat růst zapojení tuzemských výzkumných kapacit do stávajících i budoucích mezinárodních aktivit a projektů, a to zejména ve směru maximální účasti v evropských projektech v rámci SET plánu. PV.30 Podporovat realizaci demonstračních jednotek a pilotních projektů s vysokou mírou inovativnosti či technologickou úrovní, a to jak v rámci povolovacích a autorizačních procedur, tak i zapojením prostředků státu v oblasti podpory výzkumu, vývoje a inovací a adresováním prostředků z fondů EU.

Segment / dílčí projekty CANUT II	Obsah a zaměření	Soulad s SEK (pilíře)
--------------------------------------	------------------	-----------------------

RS1 – Jaderná paliva	Pokročilé paliva, návrh SMR, odolnost a bezpečnost paliva	1 Dekarbonizace & jádro 2 Energetická bezpečnost 4 Výzkum a inovace
RS2 – Materiály a technologie komponent	Povlaky, aditivní výroba, diagnostika, životnost komponent	1 Dekarbonizace (efektivita) 3 Síťová infrastruktura (odolnost) 4 Výzkum, inovace
RS3 – Instrumentace a I&C	Digitální I&C, senzorika, kybernetická odolnost	2 Energetická bezpečnost 3 Síťová infrastruktura (smart řízení) 4 Výzkum, inovace
RS4 – Provoz a optimalizace JE, SMR, fúze	Digitální optimalizace provozu, prediktivní diagnostika	1 Dekarbonizace & jádro 2 Energetická bezpečnost 4 Výzkum, inovace
RS5 – Radiační ochrana a odpady	Cirkularita, vyčištění prostředí a odpadové technologie	1 Dekarbonizace (environmentální dopady) 4 Výzkum, inovace
NPO – Bezemisní technologie pro lokální zdroje DP_NPO_01 Lokální zdroje	Decentralizace, akumulace, náhrada kotelen	1 Dekarbonizace & OZE 2 Energetická bezpečnost 3 Síťová infrastruktura 4 Výzkum, inovace

V případě projektu Technická řešení pro nízkoemisní energetiku můžeme stejně jako u všech dalších projektů konstatovat komplexní soulad se SEK. Ale i přesto byla identifikována drobná mezera v souladu tohoto projektu s danou strategií, a sice v tom smyslu, že **jeden z pracovních balíčků tohoto projektu se zabývá využitím nanomateriálů pro elektrochemickou akumulaci energie. Vzhledem k vysoké důležitosti této výzkumné tematiky** (ve vztahu např. k novým bateriím s pevným elektrolytem, příp. k dalším typům baterií pro dlouhodobé uskladnění energie) **se tak nabízí doplnění této problematiky do prioritní oblasti 5 SEK – Vzdělávání a výzkum, vývoj a inovace, do priority PV.18 Podporovat projekty výzkumu a vývoje specificky zaměřené na nové výzvy a trendy v energetice především v oblastech její dekarbonizace, decentralizace, digitalizace a demokratizace s výstupy přispívajícími k dosažení střednědobých i dlouhodobých cílů a závazků ČR (označeno červeně v dané kartě).**

V návaznosti na kapitulu Nové náměty na projekty NCEII (viz konec kap. 2) lze zároveň doporučit aktualizaci SEK také o **problematiku integrace energetických komunit do řízení energetických toků v sítích nízkého napětí včetně přemostění těchto toků na síť vysokého napětí prostřednictvím systémů pokročilého ovládání a softwarových a komunikačních technologií. Tento aspekt by bylo vhodné doplnit do SEK v rámci Priority I. Energetická bezpečnost, PI.16 Zajistit vysokou úroveň bezpečnosti, spolehlivosti, energetické odolnosti a tranzitní schopnosti elektrizační soustavy ČR prostřednictvím obnovy a modernizace přenosové soustavy a rozvoje rezervních kapacit vhodné velikosti a struktury, disponibilních regulačních výkonů, akumulace elektrické energie, prvků flexibility a technických prostředků obrany proti vzniku a šíření síťových poruch, kontroly přetížení či optimálního**

provozu sítí a efektivních mechanismů jejich řízení a vyrovnavání lokální nebo časové nerovnováhy.

Tabulka 9: Politika ochrany klimatu v ČR

Název strategického dokumentu:	Politika ochrany klimatu v ČR (aktualizace 2024)
Globální cíl / vize:	Politika ochrany klimatu v ČR určuje základní cíle a strategii ČR v oblasti ochrany klimatu v dlouhodobém horizontu. Jejím účelem je navrhnout efektivní a účinná opatření vedoucí ke snižování emisí skleníkových plynů a dosažení klimatické neutrality ČR do roku 2050 při zajištění příznivého sociálně-ekonomického rozvoje. Střednědobým cílem je dosažení cílů v oblasti energetiky a klimatu do roku 2030. Politika ochrany klimatu nenahrazuje jiné sektorové národní politiky a strategie, ale vhodně je doplňuje a rozvíjí. Cílovým stavem by mělo být přirozené zahrnutí aspektů ochrany klimatu do všech národních a regionálních strategií a rozhodovacích procesů, zejména v oblasti plánování, financování a investic. Politika ochrany klimatu je rovněž úzce provázána s návrhem aktualizovaného Vnitrostátního plánu České republiky v oblasti energetiky a klimatu a přispívá k naplňování jeho cílů. <i>Dosud platná Politika ochrany klimatu v ČR pochází z roku 2017; zde posuzovaná verze je nově připravovanou aktualizací, která od února 2024 prochází meziresortním připomínkovým řízením.</i>
Struktura dokumentu (přehled priorit a cílů):	Průřezové politiky a opatření 1. Systém EU pro obchodování s emisemi (EU ETS) 2. Integrovaná prevence a omezování znečištění (IPPC) 3. Nástroje pro podporu financování tranzice 4. Věda, výzkum a inovace 5. Veřejná komunikace, osvěta, výchova a vzdělávání 6. Dobrovolné nástroje 7. Provozby ochrany klimatu s dalšími oblastmi Sektorové politiky a opatření 1. Energetika 2. Průmysl 3. Budovy 4. Doprava 5. Hospodaření v krajině 6. Odpadové hospodářství
Soulad výzkumných projektů NCE II se strategickým dokumentem	
Aplikační segment Konverze energie	
Projekt A: Inovativní řešení pro	A. Průřezová opatření A.4 Implementace požadavků integrované prevence

udržitelnou energetiku	A.12 Zaměřit rezortní program účelové podpory VaVal v potřebné míře na výzkum v oblasti ochrany klimatu B. Energetika B.1 Zajištění rozvoje OZE dle NKEP do 2030 a dále do 2050 B.6 Provozní podpora biometanu a odstranění bariér pro jeho výrobu C. Průmysl C.2 Národní platforma pro dekarbonizaci průmyslu a podporu průmyslu pro nízkouhlíkovou transformaci C.3 Národní strategie v oblasti zachytávání CO₂ (CCUS) C.5 Využívat výnosy z EU ETS na dekarbonizaci průmyslu C.7 Investiční podpora opatření na snížení emisí a úsporná opatření v průmyslu C.10 Dotace na poradenství a odbornou podporu pro projekty úspory energií v průmyslu C.11 Podpora přechodu na oběhové hospodářství v návaznosti na strategii Cirkulární Česko 2040 C.14 Rozvoj CCUS infrastruktury
Projekt B: Nové progresivní technologie pro energetiku	A. Průřezová opatření A.4 Implementace požadavků integrované prevence A.12 Zaměřit rezortní program účelové podpory VaVal v potřebné míře na výzkum v oblasti ochrany klimatu B. Energetika B.1 Zajištění rozvoje OZE dle NKEP do 2030 a dále do 2050 B.6 Provozní podpora biometanu a odstranění bariér pro jeho výrobu C. Průmysl C.2 Národní platforma pro dekarbonizaci průmyslu a podporu průmyslu pro nízkouhlíkovou transformaci C.3 Národní strategie v oblasti zachytávání CO₂ (CCUS) C.5 Využívat výnosy z EU ETS na dekarbonizaci průmyslu C.7 Investiční podpora opatření na snížení emisí a úsporná opatření v průmyslu C.10 Dotace na poradenství a odbornou podporu pro projekty úspory energií v průmyslu C.11 Podpora přechodu na oběhové hospodářství v návaznosti na strategii Cirkulární Česko 2040 C.14 Rozvoj CCUS infrastruktury
Projekt C: Technická řešení pro nízkoemisní energetiku	A. Průřezová opatření A.12 Zaměřit rezortní program účelové podpory VaVal v potřebné míře na výzkum v oblasti ochrany klimatu B. Energetika B.1 Zajištění rozvoje OZE dle NKEP do 2030 a dále do 2050 B.6 Provozní podpora biometanu a odstranění bariér pro jeho výrobu C. Průmysl

	C.2 Národní platforma pro dekarbonizaci průmyslu a podporu průmyslu pro nízkouhlíkovou transformaci C.3 Národní strategie v oblasti zachytávání CO₂ (CCUS) C.5 Využívat výnosy z EU ETS na dekarbonizaci průmyslu C.7 Investiční podpora opatření na snížení emisí a úsporná opatření v průmyslu C.10 Dotace na poradenství a odbornou podpora pro projekty úspory energií v průmyslu C.11 Podpora přechodu na oběhové hospodářství v návaznosti na strategii Cirkulární Česko 2040 C.14 Rozvoj CCUS infrastruktury
Projekt D: Spolehlivost a flexibilita energetických zdrojů	B. Energetika B.1 Zajištění rozvoje OZE dle NKEP do 2030 a dále do 2050
Projekt E: Akumulace TES a sCO ₂	A. Průřezová opatření A.12 Zaměřit rezortní program účelové podpory VaVal v potřebné míře na výzkum v oblasti ochrany klimatu B. Energetika B.1 Zajištění rozvoje OZE dle NKEP do 2030 a dále do 2050 C. Průmysl C.2 Národní platforma pro dekarbonizaci průmyslu a podporu průmyslu pro nízkouhlíkovou transformaci C.3 Národní strategie v oblasti zachytávání CO₂ (CCUS) C.5 Využívat výnosy z EU ETS na dekarbonizaci průmyslu C.7 Investiční podpora opatření na snížení emisí a úsporná opatření v průmyslu
Aplikační segment Distribuce a přenos energie	
Projekt A: Řízení, chránění a efektivní provoz distribučních sítí a průmyslových energetických systémů	B. Energetika B.1 Zajištění rozvoje OZE dle NKEP do 2030 a dále do 2050 B.11 Součtové a fázové měření
Projekt B: Nové technologie a optimalizace provozu PS a DS	B. Energetika B.1 Zajištění rozvoje OZE dle NKEP do 2030 a dále do 2050 B.11 Součtové a fázové měření
Projekt C: Optimalizace provozu a spolehlivost energetických infrastruktur	B. Energetika B.1 Zajištění rozvoje OZE dle NKEP do 2030 a dále do 2050 B.11 Součtové a fázové měření
Aplikační segment Akumulace a užití energie	

Projekt A: Zplyňování odpadů v tavenině soli	A. Průřezová opatření A.12 Zaměřit rezortní program účelové podpory VaVal v potřebné míře na výzkum v oblasti ochrany klimatu B. Energetika B.1 Zajištění rozvoje OZE dle NKEP do 2030 a dále do 2050 B.6 Provozní podpora biometanu a odstranění bariér pro jeho výrobu C. Průmysl C.2 Národní platforma pro dekarbonizaci průmyslu a podporu průmyslu pro nízkouhlíkovou transformaci C.3 Národní strategie v oblasti zachytávání CO ₂ (CCUS) C.7 Investiční podpora opatření na snížení emisí a úsporná opatření v průmyslu C.11 Podpora přechodu na oběhové hospodářství v návaznosti na strategii Cirkulární Česko 2040
Projekt B: Manipulátor pro hydrogenerátory	B. Energetika B.1 Zajištění rozvoje OZE dle NKEP do 2030 a dále do 2050

Segment / dílčí projekty CANUT II	Soulad s POK (priority / kapitoly)
RS1 – Jaderná paliva	1 Snižování emisí 2 OZE a nízkoemisní zdroje 3 CCS/CCU 5 Výzkum a inovace
RS2 – Materiály a technologie komponent	1 Snižování emisí (účinnější provoz) 2 Energetická účinnost 5 Výzkum a inovace
RS3 – Instrumentace a I&C	1 Snižování emisí (optimalizace provozu) 2 Energetická účinnost 4 Adaptace – odolnost sítí 5 Výzkum, inovace
RS4 – Provoz a optimalizace JE, SMR, fúze	1 Snižování emisí 2 Energetická účinnost 4 Adaptace a odolnost 5 Výzkum, inovace
RS5 – Dekontaminace a odpady	1 Snižování emisí (nižší environmentální stopa) 4 Adaptace (ochrana prostředí) 5 Výzkum, inovace

NPO – Bezemisní technologie pro lokální zdroje DP_NPO_01 Lokální zdroje	1 Snižování emisí 2 OZE a účinnost 4 Adaptace (odolnost komunit) 5 Výzkum, inovace
--	---

Zhodnocení souladu výzkumných projektů NCEII s výše uvedenými strategickými dokumenty a náměty na aktualizaci strategických dokumentů

Lze konstatovat, že u žádného z výzkumných projektů NCEII nebyl konstatován žádný konkrétní nesoulad s některým strategickým dokumentem. Je tomu tak proto, že převážná většina českých i evropských strategických dokumentů, bez ohledu na jejich tematické či sektorové zaměření, je koncipována univerzálním způsobem, což znamená, že vesměs každý projekt, až na velmi ojedinělé výjimky, „si dokáže najít své místo“ v některé prioritní oblasti, v některém specifickém cíli, kapitole, výzkumné specializaci a jakékoliv jiné další kategorizaci určité strategie za předpokladu, že je v souladu s jejím tematickým či sektorovým zaměřením. **Nicméně i přes výše popsané zjištění byly i přesto identifikovány dva částečné nesoulady vybraných projektů se dvěma strategickými dokumenty a také jedno doporučení k doplnění strategického dokumentu na základě námětů na nové projekty NCE II (blíže viz komentáře ke kartám k NRIS3 a SEK).**

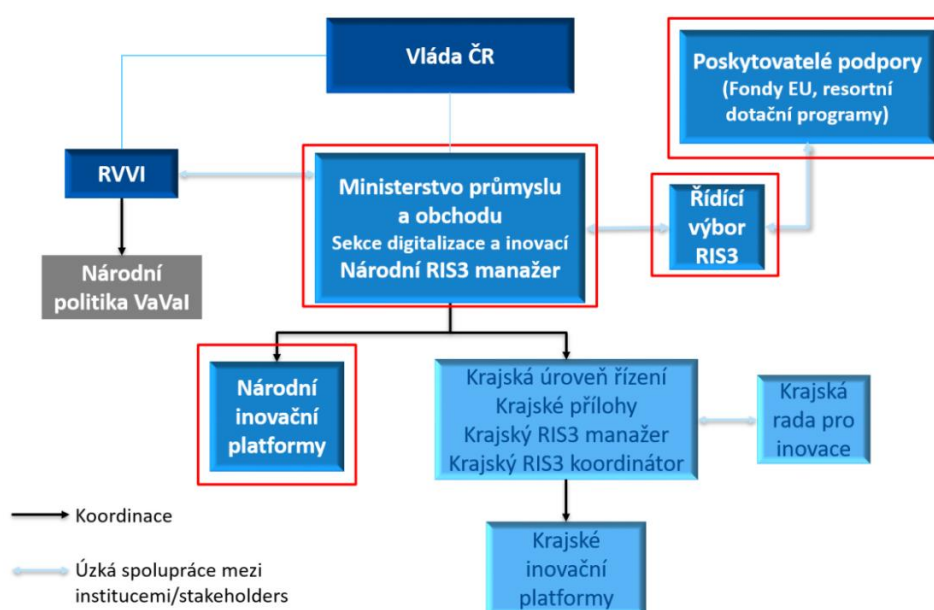
4 POSTUP K UPLATNĚNÍ NAVRŽENÝCH DOPORUČENÍ

4.1 Stakeholder analýza klíčových hráčů

4.1.1 Klíčoví hráči ve vztahu k Národní inovační RIS3 strategii

Národní RIS3 strategie je na vrcholové úrovni zaštitěna vládou ČR, která strategii schvaluje. Zásadní roli v koordinaci celého systému VaVaI v ČR hraje Rada pro výzkum, vývoj a inovace (RVVI), která je poradním orgánem vlády pro tuto oblast. Mezi důležité úkoly RVVI patří příprava a realizace Národní politiky výzkumu, vývoje a inovací (NP VaVaI), která je s Národní RIS3 strategií úzce provázána. Ministerstvo průmyslu a obchodu v rámci své role gestora Národní RIS3 strategie zajišťuje mimo jiné koordinaci Řídícího výboru RIS3 a fungování výkonných složek pro realizaci Národní RIS3 strategie, to znamená Národního RIS3 manažera a RIS3 týmu. MPO je zároveň zodpovědné za zajištění fungování EDP procesu na národní úrovni, který je realizován prostřednictvím Národních inovačních platform.

Obrázek 44: Schéma řízení Národní inovační RIS3 strategie



(Zdroj: RIS3.cz)

4.1.1.1 Řídící výbor RIS3

Řídící výbor RIS3 (ŘV RIS3) je hlavním orgánem na národní úrovni pro koordinaci a monitorování intervencí naplánovaných v Národní RIS3 strategii. ŘV RIS3 tvoří zástupci ministerstev a dalších institucí, jichž se aktivity realizované v RIS3 týkají, tj. zejména MPO, MŠMT, MMR, TAČR, RVVI. Předsedou ŘV RIS3 je náměstek pro řízení Sekce digitalizace a inovací MPO, tajemníkem ŘV RIS3 je Národní RIS3 manažer. ŘV RIS3 projednává koncepční a strategické otázky související s nastavením a řízením Národní RIS3 strategie. Zároveň se též zabývá zprávami a dokumenty ohledně postupu realizace Národní RIS3 strategie a dalšími relevantními podklady.

Členové Řídícího výboru RIS3

Členy Výboru jsou:

1. náměstek pro řízení sekce technologií 4.0 MPO,
2. náměstek pro řízení sekce fondů EU MPO,
3. náměstek pro řízení sekce operačních programů Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy,
4. náměstek pro řízení sekce vysokého školství, vědy a výzkumu Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy,
5. náměstek pro řízení sekce koordinace evropských fondů a mezinárodních vztahů Ministerstva pro místní rozvoj,
6. představitel hl. m. Prahy zastupující Operační program Praha – pól růstu ČR,
7. předseda Technologické agentury České republiky,
8. zástupce Rady pro výzkum, vývoj a inovace.

Výboru předsedá náměstek pro řízení sekce technologií 4.0 MPO. Místopředsedy Výboru jsou náměstek pro řízení sekce operačních programů (Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání) Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy a náměstek pro řízení sekce fondů EU MPO

Jednání a kompetence Řídícího výboru RIS3

Jednání Výboru se svolává podle potřeby, zpravidla 4x ročně. O návrzích závěrů jednání Výboru dává předsedající hlasovat. K přijetí usnesení Výboru je třeba souhlasu nadpoloviční většiny všech členů Výboru.

Výbor zejména:

- a) schvaluje
 1. Národní RIS3 a její aktualizaci včetně souvisejícího implementačního plánu a jeho aktualizace,
 2. každoroční monitorovací zprávy o postupu realizace Národní RIS3,
- b) zřizuje Národní inovační platformy a může vyzvat k jejich svolání,
- c) projednává
 1. Národní RIS3 a její aktualizaci včetně souvisejícího implementačního plánu a jeho aktualizace,
 2. každoroční monitorovací zprávy o postupu realizace Národní RIS3,
 3. návrh intervencí dotčených operačních programů a národních programů podpory,
 4. domény specializace a návrhy na jejich změny a upřesnění,
 5. plnění národních priorit zejména s ohledem na synergické vazby mezi relevantními operačními programy a výdaji ze státního rozpočtu,
 6. koncepční a strategické otázky souvisejících s řízením Národní RIS3,
 7. informace a doporučení od Národních inovačních platforem,
- d) vyjadřuje se k plánu výzev relevantních operačních programů a plánu veřejných soutěží národních programů podpory,
- e) navrhuje
 1. opatření pro monitorování Národní RIS3,
 2. témata pro jednání Národních inovačních platforem,
- f) doporučuje věcné zaměření intervencí, zejména s ohledem na dosažení cílů Národní RIS3, v souladu s obsahem dotčených operačních programů a národních programů podpory,
- g) koordinuje realizaci Národní RIS3 různými resorty,

- h) předkládá ministru/yni průmyslu a obchodu zprávy o naplňování cílů Národní RIS3 pro vládu ČR.

4.1.1.2 Národní inovační platformy (NIP)

8. Národní inovační platformy (NIP) jsou konzultační skupiny, které prostřednictvím Národního RIS3 manažera zřizuje Řídicí výbor RIS3 za účelem identifikace potřeb, zpřesnění/usměrnění strategických priorit, identifikace podnikatelských příležitostí a projednání zacílení navrhovaných opatření (tj. zamýšlených intervencí na podporu priorit Národní RIS3 strategie). Národním inovačním platformám předsedá Národní RIS3 manažer. NIP jsou zřízeny pro jednotlivé oblasti inteligentní specializace a představují fórum, které má iniciační a doporučující charakter. Aktuální nastavení NIP může být v průběhu programového období modifikováno ve vazbě na výsledky procesu EDP. V NIP jsou zastoupeni především zástupci významných představitelů aplikační sféry (zejména firem s výzkumnými aktivitami a klastrových organizací), zástupci předních výzkumných organizací (představitelé Akademie věd ČR, vysokých škol, výzkumných organizací), zástupci veřejné správy a zástupci za krajskou úroveň.
9. Národní inovační platformy se dělí na 6 podskupin, které odpovídají jednotlivým aplikačním odvětvím v Národní RIS 3 strategii:
10. Pokročilé stroje a technologie (strojírenství, mechatronika, průmyslová chemie, hutnictví, energetika)
11. Digitální technologie a elektrotechnika (elektronika a elektrotechnika, digitální ekonomika a digitální obsah)
12. Doprava pro 21. století (automotive, železniční a kolejová vozidla, letecký a kosmický průmysl)
13. Péče o zdraví, pokročilá medicína (léčiva, biotechnologie, prostředky zdravotnické techniky a Life Sciences)
14. Kulturní a kreativní odvětví (nová i tradiční kulturní a kreativní odvětví)
15. Udržitelné zemědělství a environmentální odvětví (udržitelné hospodaření s přírodními zdroji, udržitelné zemědělství a lesnictví, udržitelná produkce potravin, zajištění zdravého a kvalitního životního prostředí, biodiverzity a ekologie přírodních zdrojů, udržitelná výstavba, lidská sídla a technická ochrana životního prostředí)
16. Pro účely zařazení oblasti energetické infrastruktury do mise 2.2 Snižování rizik a zvyšování odolnosti – dílčí oblast Bezpečnost infrastruktur je pak zejména relevantní 1. Národní inovační platforma – Pokročilé stroje a technologie, která se přímo oblastí energetiky zabývá.
17. Členové NIP Pokročilé stroje a technologie:
18. NIP Pokročilé stroje a technologie se celkem skládá z 27 členských organizací, které jsou následující:
19. Technologická agentura ČR
20. Centrum výzkumu Řež s.ro.
21. VUT BRNO – Ústav materiálových věd a inženýrství
22. Klastr Mechatronika, z.s.
23. VŠCHT, Ústav anorganické technologie
24. CLUTEX – klastr Technické textilie, o.s
25. Fyzikální ústav AV ČR
26. Klastr českých nábytkářů, družstvo
27. Plastikářský klastr z.s.

28. Unico, a.i.
29. CzechInvest
30. Zástupce za krajské RIS3 manažery
31. VŠCHT, Ústav chemického inženýrství
32. VŠCHT, Ústav kovových materiálů a korozního inženýrství
33. Ústav fyziky plazmatu AV ČR
34. Ústavu termomechaniky AV ČR, v. v. i
35. VŠCHT, Ústav energetiky
36. Technologické centrum AV ČR
37. VŠB Technická univerzita Ostrava
38. Svaz průmyslu a dopravy
39. ČVUT, RCMT Research Centre for Manufacturing Technologies
40. Česká membránová platforma z.s.
41. Český a moravský sklářský klastr
42. CGMC
43. Asociace výzkumných organizací, VÚTS Výzkumný ústav textilních strojů
44. Národní strojírenský klastr, z. s.
45. Wikov Industry a.s.

4.1.2 Klíčoví hráči ve vztahu ke Státní energetické koncepci České republiky

Státní energetickou koncepci schvaluje na návrh Ministerstva průmyslu a obchodu Vláda ČR, která ji pro informaci předkládá Poslanecké sněmovně a Senátu Parlamentu České republiky. Aktualizace Státní energetické koncepce pro období od roku 2024 byla připravovaná a konzultovaná v rámci Komise a Platformy pro strategie v oblasti energetiky a klimatu.

Komise, která měla přípravu koncepce na starost, byla vedena náměstkem pro energetiku Petrem Třešňákem (Piráti). Tvořili ji zástupci Ministerstva průmyslu a obchodu, Ministerstva životního prostředí a dalších ministerstev, Úřadu vlády ČR a Energetického regulačního úřadu. Platforma, která měla na starost připomínkování koncepce, byla doplněna zástupci Svazu průmyslu a dopravy ČR, Hospodářské komory ČR, asociace ekologických organizací Zelený kruh, Asociace krajů ČR a Svazu měst a obcí ČR.

Návrh kroků k zapracování doporučení

Doporučení navrhovaná k aktualizaci NRIS3

Na základě výše uvedených informací o organizační struktuře NRIS3 je navrhováno: kontaktovat nejprve ředitele odboru MPO pro digitální ekonomiku a chytrou specializaci, pana Daniela Všecku, MSc., a vysvětlit mu daný návrh (zařazení problematiky bezpečnosti energetických infrastruktur do mise NRIS3 2.2 Snižování rizik a zvyšování odolnosti, kapitola Bezpečnost infrastruktur),

Dle aktuálního harmonogramu setkání Řídicího výboru NRIS3 (schází se 4x ročně) a Národní inovační platformy 1 – Pokročilé stroje a technologie rozhodnout o způsobu projednání návrhu, přičemž s největší pravděpodobností se jeví dva možné scénáře (viz další krok),

Bude-li setkání NIP 1 dříve než zasedání Řídicího výboru NRIS3, oslovit nejdříve neformálně její vybrané členy, kteří by mohli mít o dané doplnění do NRIS3 zájem (vhodnými subjekty mohou být Centrum výzkumu Řež, VŠCHT, Ústav energetiky a Národní strojírenský klastr), poté projednat na platformě oficiálně a ve spolupráci s Národním RIS3 manažerem připravit formální návrh pro Řídicí výbor NRIS3. Bude-li setkání Řídicího výboru NRIS3 dříve než NIP 1, projednat návrh s výše uvedenými členy NIP 1 pouze neformálně a ve spolupráci s Národním RIS3 manažerem připravit formální návrh pro Řídicí výbor NRIS3,

Projednat návrh na Řídicím výboru NRIS3 (předsedá mu vrchní ředitel Sekce digitalizace a inovací, Ing. Petr Očko, Ph.D.).

Doporučení navrhovaná k aktualizaci SEK

V současnosti je dokončována aktualizace Státní energetické koncepce – dokument byl zařazen do meziresortního připomínkového řízení. Účastníci připomínkového řízení jsou stanoveni Legislativními pravidly vlády. Toto meziresortní připomínkové řízení je již uzavřeno a nelze do něj vstupovat s dalšími návrhy.

Jedinou možností je tak obrátit se na hlavního garanta a předkladatele aktualizovaného SEK – Ministerstvo průmyslu a obchodu, konkrétně na sekci energetiky a jaderné energetiky, v jejímž čele stojí vrchní ředitel Ing. et Ing. René Neděla, zda by bylo možné i přes uzavření připomínkového procesu doplnit oba návrhy do tohoto dokumentu, jelikož se jedná pouze o doplnění, rozšíření stávajících vybraných priorit SEK bez žádných podstatných zásahů (výzkum nanomateriálů pro elektrochemickou akumulaci energie do priority V.18 a koncept energetických komunit do priority I.16).

Zdroje:

<https://hnutiduha.cz/aktualne/lide-podle-pruzkumu-ocekavaji-rozvoj-oze-uspory-energie-uhli-rusky-plyn-v-energeticke>
https://www.mpo.cz/assets/cz/podnikani/ris3-strategie/dokumenty/2022/1/RIS3-Strategie-_A_RIS3-Strategie_.pdf
https://www.mpo.cz/assets/cz/podnikani/ris3-strategie/dokumenty/2018/10/Statut_Ridiciho_vyboru_RIS3.pdf
<https://www.mpo.cz/cz/podnikani/ris3-strategie/narodni-inovacni-platformy/>
<https://www.ris3.cz/o-ris3/narodni-dimenze/nositele-narodni-ris3-strategie>
<https://www.ris3.cz/sites/default/files/2022-10/SEZNAM-CLENU-NIP.pdf>
<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-406>

5 SHRNUTÍ

Tato studie poskytla ucelenou analytickou syntézu technologických trendů v energetice a jejich vazeb na strategické dokumenty České republiky a Evropské unie se zvláštním důrazem na výzkumné a inovační aktivity realizované v rámci projektů NCE II a CANUT II. Jejím cílem nebylo formulovat normativní doporučení, ale vytvořit odborně podložený a transparentní analytický rámec, který umožňuje identifikovat oblasti, v nichž dochází k nesouladu mezi dynamikou technologického vývoje a obsahem stávajících strategických dokumentů.

Analýza ukázala, že klíčové koncepční dokumenty státu – zejména Státní energetická koncepce, Národní energeticko-klimatický plán a Národní RIS3 strategie – jsou v základních východiscích v souladu s cíli dekarbonizace, energetické bezpečnosti a konkurenceschopnosti. Současně však studie identifikovala oblasti, kde tyto dokumenty dosud plně nereflektují nové technologické směry, jejich úroveň technologické připravenosti ani jejich systémové vazby.

Z analytického hlediska lze identifikovat několik klíčových implikací pro budoucí aktualizace politik, které se napříč dokumenty SEK, NEKP a RIS3 opakují:

- **Tempo technologického vývoje převyšuje aktualizací cyklus strategických dokumentů.** Zejména v oblastech akumulace energie, vodíkových technologií, digitalizace a hybridních energetických systémů vzniká časový nesoulad mezi výzkumnými kapacitami a jejich promítnutím do strategií.
- **Budoucí energetický systém má hybridní a systémový charakter.** Analýza ukazuje, že oddělené pojetí jaderných, obnovitelných a akumulačních technologií přestává odpovídat technologické realitě i provozním potřebám energetiky.
- **Digitalizace a umělá inteligence tvoří průřezovou technologickou vrstvu.** Digitální dvojčata, pokročilé řídicí systémy a nástroje AI nejsou pouze podpůrnými prvky, ale stávají se integrální součástí energetických systémů, což dosud není ve strategických dokumentech plně reflektováno.
- **Komplementarita projektů NCE II a CANUT II je strategickým aktivem.** Studie potvrzuje, že synergické propojení nejaderných a jaderných technologií představuje klíčový předpoklad pro dlouhodobou stabilitu, flexibilitu a bezpečnost energetického systému.
- **Strategické dokumenty pracují s technologickou připraveností implicitně, nikoli explicitně.** Analýza ukazuje potenciál systematictějšího využití konceptu TRL při formulaci technologických trajektorií a priorit výzkumu a inovací.
- **Sektorové členění politik naráží na limity technologického vývoje.** Současná struktura strategických dokumentů obtížně zachycuje průnik témat energie, průmyslu, digitalizace, bezpečnosti a životního prostředí.

Pozn.: v době zpracování této studie (2025) byli hlavními garanty relevantních politik: MPO – Lukáš Vlček, MŽP – Petr Hladík, MŠMT – Mikuláš Bek, MD – Martin Kupka, MO – Jana Černochová, MV – Vít Rakušan.

Všechny uvedené evropské legislativní akty (RED III, AFIR, CBAM, ReFuelEU Aviation, FuelEU Maritime, Net-Zero Industry Act a Critical Raw Materials Act) jsou k roku 2025 již přijaty a platné. Nacházejí se však v různých fázích implementace – od přímé účinnosti nařízení EU až po probíhající národní transpozici a praktickou aplikaci jejich ustanovení.

Tyto analytické závěry nepředstavují normativní doporučení, ale slouží jako odborný podklad pro další práci s obsahem strategických dokumentů. Na tento analytický rámec přímo navazuje samostatně zpracovaný policy brief, jehož cílem je převést identifikované implikace do strukturovaných variant a priorit určených pro rozhodovací praxi veřejné správy.

Závěrem lze konstatovat, že propojení této analytické studie s navazujícím policy- brief vytváří funkční model „research-to-policy“, který umožňuje zachovat odbornou rigoróznost analytické části a současně zajistit cílený a srozumitelný přenos klíčových zjištění do procesu aktualizace energetických politik České republiky.

PŘÍLOHA 1

Seznam obrázků

Obrázek 1: Geneze energetických tranzicí	9
Obrázek 2: Geneze a další vývoj syntetických paliv	11
Obrázek 3: Faktory pro širší uplatnění biopaliv v lodní dopravě	13
Obrázek 4: Porovnání teoretické poptávky po nízkouhlíkovém vodíku s reálnými exportními dodávkami v roce 2030	14
Obrázek 5: Projekce potřebné rychlosti masové industrializace a instalace elektrolyzérů	15
Obrázek 6: Přehled aktuálních technologií elektrolýzy	16
Obrázek 7: Ekosystém vodíkových palivových článků	17
Obrázek 8: Předpokládaný vývoj nákladů na výrobu fosilních a alternativních paliv do roku 2040	18
Obrázek 9: Velikost trhu „odpad na energie“ v letech 2022 až 2032 (mld. USD)	19
Obrázek 10: Schématický náskres možností zpracování plastových odpadů pomocí pyrolýzy	20
Obrázek 11: Dopad 8 klíčových trendů a inovací v oblasti recyklačních technologií v roce 2024	24
Obrázek 12: Fáze ekosystému recyklace plastů včetně odhadu navýšení recyklovaného plastu	25
Obrázek 13: Projekce nárůstu poptávky po katodovém materiálu vůči podílu recyklovaných materiálů z vyřazených EV vozidel a výrobního odpadu	26
Obrázek 14: Porovnání recyklačních kvót EU s jednotlivými kategoriemi recyklačních materiálů a poptávkou po katodových materiálech	26
Obrázek 15: Přehled míry ziskovosti u jednotlivých kroků recyklace EV baterií	27
Obrázek 16: Schéma fotovoltaiického panelu	29
Obrázek 17: Predikce trhu s fotovoltaiickou energií	31
Obrázek 18: Schéma lopatky větrné turbíny	32
Obrázek 19: Predikce trhu s větrnou energií	33
Obrázek 20: Predikce trhu s vodní energií	34
Obrázek 21: Predikce trhu s geotermálními tepelnými čerpadly	35
Obrázek 22: Predikce trhu s rekuperací odpadního tepla	36
Obrázek 23: Velikost trhu podle techniky	37
Obrázek 24: Velikost trhu s tepelnými čerpadly podle typu	38
Obrázek 25: Čtyři pilíře PED	71
Obrázek 26: Ilustrační schéma řídicího systému mikrogridu	74
Obrázek 27: Komplexní přehled možností přepravy vodíku	79
Obrázek 28: Porovnání možných způsobů distribuce vodíku	81
Obrázek 29: Schématické srovnání vhodnosti jednotlivých typů přepravy vodíku	82
Obrázek 30: Projekce vývoje trhu dálkového vytápění	83
Obrázek 31: Index intenzity emisí CO₂ pro výrobu dálkového tepla a výrobu tepla podle zemí a regionů, 2022	84
Obrázek 32: Velikost trhu podle typu teplárenského závodu	86
Obrázek 33: Schéma baterie s pevným elektrolytem	89
Obrázek 34: Projekce trhu s bateriemi s pevným elektrolytem	90
Obrázek 35: Přehled postupného uvádění polovodičových baterií na trh	90
Obrázek 36: Schéma vanad-redoxové baterie	91
Obrázek 37: Odhad potenciálu trhu s vanad-redoxovými bateriemi	92
Obrázek 38: Základní schéma Carnotovy baterie	93
Obrázek 39: Projekce trhu se systémy TES	95
Obrázek 40: Velikost trhu podle skladovacího materiálu	97
Obrázek 41: Geneze vývoje DAC technologie	102
Obrázek 42: Srovnání stávajícího a potřebného tempa zachytávání CO ₂ technologií DAC ve vztahu k cílům ochrany klimatu	103
Obrázek 43: Predikce tržního potenciálu generativní AI	106

Obrázek 44: Schéma řízení Národní inovační RIS3 strategie

167

PŘÍLOHA 2

Seznam tabulek

Tabulka 1: Net Zero by 2050—a Roadmap for the global energy sector (IEA)	125
Tabulka 2: Průmyslový plán Zelené dohody pro věk s nulovými čistými emisemi	127
Tabulka 3: Fit for 55.....	131
Tabulka 4: REPower EU	135
Tabulka 5: Strategický plán Horizon Europe 2025-2027	137
Tabulka 6: Vnitrostátní plán České republiky v oblasti energetiky a klimatu (aktualizace 2023)	141
Tabulka 7: Národní výzkumná a inovační strategie pro inteligentní specializaci ČR 2021-2027 (NRIS3)	143
Tabulka 8: Státní energetická koncepce ČR (aktualizace 2024)	149
Tabulka 9: Politika ochrany klimatu v ČR	162

PŘÍLOHA 3

Seznam zkratk

AC	střídavý proud
AFIR	Nařízení o infrastruktuře pro alternativní paliva
AI	umělá inteligence
AV ČR	Akademie věd České republiky
BCG	Boston Consulting Group
BECCS	bioenergie se zachycováním a ukládáním uhlíku
BEMS	systemy energetického managementu budov
CAGR	složená roční míra růstu
CBAM	mechanismus pro uhlíkové vyrovnání na hranicích
CBAM	mechanismus pro uhlíkové vyrovnání na hranicích
CCS	zachytávání a ukládání oxidu uhličitého
CCUS	zachytávání, ukládání a využití uhlíku
CEET	Centrum energetických a environmentálních technologií
CPA	Cirkulární plastové aliance
CSP	koncentrovaná solární energie
ČR	Česká republika
ČSVE	Česká společnost pro větrnou energii
ČVUT	České vysoké učení technické v Praze
DAC	přímé zachycování vzduchu
DC	stejnosměrný proud
DMFC	přímý metanolvý palivový článok
EDP	proces podnikatelského objevování nových příležitostí
EMS	systemy energetického managementu
EPA	Agentura pro ochranu životního prostředí
EPBD	Revize Směrnice o energetické účinnosti budov
ESR	Nařízení o rozdělení úsilí
EU ETS	Systému EU pro obchodování s emisemi
EU	Evropská unie
EV	elektromobil
EX	exajoul

FCEV	elektrická vozidla s vodíkovými palivovými články
FID	konečné investiční rozhodnutí
FV	fotovoltaika
GJ	gigajoul
GWh	gigawatthodina
HEMS	domácí systémy energetického managementu
IEA	Mezinárodní energetická agentura
IEMS	průmyslové systémy řízení energie
IPPC	Integrovaná prevence a omezování znečištění
IT	informační technologie
JRC	Joint Research Centre
KVET	kombinované výroby tepla a elektřiny
KW	kilowatt
LDES	formy dlouhodobého skladování energie
LOHC	kapalné organické nosiče vodíku
LOHC	kapalné organické vodíkové nosiče
LULUCF	Nářízení o využití půdy, změně využití půdy a lesnictví
MCFC	palivový článek s roztavenými uhličitany
MMR	Ministerstvo pro místní rozvoj
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MŠMT	Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy
MW	megawatt
MWh	megawatthodina
MWth	megawatty tepelné energie
NAP CM	Národní akční plán čisté mobility
NAP JE	Národní akční plán rozvoje jaderné energetiky v ČR
NAP SG	Národní akční plán pro chytré sítě
NCE II	Národní centrum energetiků II
NIP	Národní inovační platformy
NKEP	Národní klimaticko-energetický plán
NN	vedení nízkého napětí
NP VaVaI	Národní politiky výzkumu, vývoje a inovací

NPO	Národní plán obnovy
NRIS	Národní inovační regionální strategie
ORC	organický Rankinův cyklus
OZE	obnovitelné zdroje energie
PAFC	palivový článek na bázi kyseliny fosforečné
PCM	materiál se změnou fáze
PEM	polymerní elektrolytová membrána
PEMFC	palivový článek s protonovou výměnnou membránou
PWC	PricewaterhouseCoopers
RAC	Výbor pro posuzování rizik
RED III	Revize směrnice o obnovitelných zdrojích energie
RIS 3	Regionální inovační strategie
RVVI	Rada pro výzkum, vývoj a inovace
ŘV	Řídící výbor
SDG	Cíle udržitelného rozvoje
SEK	Státní energetická koncepce
SOFC	palivový článek na bázi pevných oxidů
TAČR	Technologická agentura České republiky
TES	skladování tepelné energie
TRL	úroveň technologické připravenosti
TWh	terawatthodina
USA	Spojené státy americké
USD	americký dolar
VŠB-TUO	Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Opava
VŠCHT	Vysoká škola chemicko-technologická v Praze