



ANALÝZA UPLATŇOVÁNÍ PRINCIPŮ PRŮMYSLOVÉ SYMBIÓZY V ČR A V ZAHRANIČÍ

Dílčí výzkumná zpráva vypracovaná v rámci řešení pracovního balíčku
WP1E projektu TAČR SS02030008 Centrum environmentálního
výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální
bezpečnost (CEVOOH)

Březen 2021

T A
Č R

Projekt SS02030008 **Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)** je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci **Programu Prostředí pro život**.
www.tacr.cz

Praha, Česká republika

© Aleš Paulu, Vladimír Kočí, březen 2021

T A
Č R

Projekt SS02030008 **Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)** je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci **Programu Prostředí pro život**. www.tacr.cz

ANALÝZA UPLATŇOVÁNÍ PRINCIPŮ PRŮMYSLOVÉ SYMBIÓZY V ČR A V ZAHRANIČÍ

Dílčí výzkumná zpráva vypracovaná v rámci řešení pracovního balíčku WP1E projektu TAČR SS02030008 Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)

Řešitel:

Ing. Aleš Paulu

Odpovědný řešitel za VŠCHT Praha:

doc. Ing. Vladimír Kočí, Ph.D, MBA

Fakulta technologie ochrany prostředí

Vysoká škola chemicko-technologická v Praze

T A
Č R

Projekt SS02030008 **Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)** je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci **Programu Prostředí pro život**. www.tacr.cz

Obsah

Průmyslová symbióza.....	4
Příklady průmyslové symbiózy v zahraničí	5
Průmyslová symbióza v České republice	7
Literatura.....	9

T A
Č R

Projekt SS02030008 **Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)** je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci **Programu Prostředí pro život**. www.tacr.cz

Průmyslová symbióza

Průmyslová výroba je jedním z hlavních pilířů evropské ekonomiky. Současně ale mohou mít průmyslové procesy a jejich stále rostoucí množství odpadů i negativní dopady na životní prostředí. Příkladem je přispívání ke změně klimatu, úbytek přírodních zdrojů, znečištění vody, ovzduší a vyhynutí druhů (European Commission, 2006). V posledních letech je stále větší pozornost věnována oběhovému hospodářství, jakožto způsobu, jak překonat současný model výroby a spotřeby založený na neustálém růstu a zvyšující se zátěži na životní prostředí. Uzavíráním smyček v rámci ekonomického systému se oběhové hospodářství snaží zvýšit efektivitu využívání zdrojů se zvláštním zaměřením na městský a průmyslový odpad. Cílem je dosáhnout lepší rovnováhy mezi ekonomikou, životním prostředím a společností.

Jako nástroj pro rozvoj oběhového hospodářství může sloužit průmyslová symbióza. Ta spadá pod odvětví průmyslové ekologie, které posuzuje vliv průmyslové výroby a technologií na složky životního prostředí. Předpokladem je, že průmyslový systém se může mnoho naučit v oblasti efektivit od biologických ekosystémů zkoumáním cyklů materiálů a energie (Frosch and Gallopoulos, 1989). Průmyslová ekologie umožňuje pohled na tuto problematiku ve třech úrovních: (1) na úrovni firmy, (2) na úrovni mezi jednotlivými firmami a (3) na regionální až globální úrovni (Chertow, 2000). Průmyslová symbióza se pohybuje na úrovni mezi jednotlivými firmami. Má za cíl zapojit tradičně oddělená průmyslová odvětví do kolektivního přístupu ke konkurenčně výhodné fyzické výměně materiálů, energie, vody a/nebo vedlejších produktů. Klíčem k průmyslové symbióze je spolupráce a synergické soužití průmyslových odvětví, případně i v geografické blízkosti (Chertow, 2000). Ústřední myšlenkou tohoto konceptu tedy je, že vedlejší produkt, či odpad jednoho průmyslového odvětví může sloužit jako surovina pro odvětví jiné. Benefity plynoucí z průmyslové symbiózy lze rozdělit na ekonomické a environmentální. Zjevný je přínos k ochraně životního prostředí, plynoucí ze snížení spotřeby primárních surovin a snížení množství vyprodukovaného odpadu. Průmyslová symbióza ale také poskytuje stávajícím společnostem, soukromým i veřejným, příležitosti ke zvýšení ziskovosti a konkurenceschopnosti snížením nákladů na zdroje.

Příklady průmyslové symbiozy v zahraničí

Často zmiňovaným využitím myšlenek průmyslové symbiozy v praxi jsou tzv. eko-průmyslové parky, což je komunita výrobních a servisních podniků umístěných na společném pozemku (Lowe, 2001). Kromě uplatňování principů průmyslové symbiozy je cílem těchto parků také revitalizace městských a venkovních lokalit (včetně tzv. brownfieldů), podpora vzniku a udržení pracovních míst a celková podpora udržitelného rozvoje (Chertow, 2007). V neposlední řadě je možné také minimalizovat dopravní náklady a dopady díky geografické blízkosti subjektů.

Zejména popisovaným představitelem eko-průmyslových parků je komplex ve městě Kalundborg v Dánsku (Jacobsen, 2006). Účastníky průmyslové symbiozy v Kalundborgu jsou např. ropná rafinérie, elektrárna, výrobce sádrokartonu, farmaceutický a chemický závod. Tyto podniky spolu sdílejí podzemní, povrchovou a odpadní vodu, páru, elektřinu, ale také mezi sebou vyměňují vedlejší produkty sloužící jako suroviny pro další výrobu. V současné době probíhá mezi aktéry Kalundborgu více než třicet výměn materiálů. Srdcem sítě je uhelná elektrárna. Energetická společnost posílá svou zbytkovou páru do rafinérie, čímž se splní 40 % jejich požadavků na páru. Výměnou je poté odpadní plyn z rafinérie poslán do elektrárny na výrobu elektřiny a páry. Teplo a elektřina kromě jednotlivých podniků zásobuje i 3 500 domácností ve městě. Dalším výměnným materiálem jsou popílek z elektrárny, který je odeslán do cementářské společnosti, a sádra z procesu odsíření, která je odeslána výrobcí sádrokartonu. Dvě třetiny sádrovcových potřeb jsou tímto uspokojeny. Rafinérie také odstraňuje síru ze zemního plynu a prodává ji výrobcí kyseliny sírové. Místní rybí farma prodává kal ze svých rybníků jako hnojivo do okolních farem a kal produkovaný čistírnou odpadních vod je fermentován na bioplyn, z kterého vyrábí elektrárna elektřinu (Desrochers, 2001, Ehrenfeld and Gertler, 1997). Aby bylo možné posoudit přínos symbiozy, zadala společnost Kalundborg Symbiosis v roce 2015 analýzu „Posouzení životního cyklu“ (LCA) na základě údajů o všech existujících tocích. Analýza, která poskytuje přehled environmentálních úspor, porovnává dva scénáře: výroba se symbiózou a bez ní. Výsledky ukázaly, že propojení podniků ročně ušetří celkově více než 24 milionů eur. Přeměnou místní elektrárny z uhelného zdroje na biomasu se dosahuje snížení emisí 635 000 tun ekvivalentních CO₂, což se rovná průměrné uhlíkové stopě téměř 40 000 Dánů. Mezi další úspory patří asi 3,6 milionů m³ podzemní a povrchové vody, 100 GWh energie a 87 000 tun materiálů (Ellen MacArthur Foundation, 2017).

Dalším příkladem průmyslové symbiozy, tentokrát na regionální úrovni, je rakouská spolková země Štýrsko. Ve Štýrsku existuje velké množství navzájem propojených podniků, mnoho z nich ve stejném odvětví. Mezi ně patří šest cementáren, šest papíren, tři prodejci odpadního oleje, dvě elektrárny, dva textilní závody, dvě továrny na výrobu stavebních materiálů a pila. Mezi znovu využívané materiály zde patří odpadní dřevo pro papírenský průmysl, popílek z cementáren i papíren pro cementárny, železný šrot pro železářský průmysl, struska pro výrobu stavebních materiálů, sádrovec pro cementárny, nebo také odpadní olej, bezhalogenová rozpouštědla a ropný koks jako příměsí v cementárně (Schwarz and Steininger, 1997, Zheng et al., 2013).

Příkladem průmyslové symbiozy v Evropě je také „Kujala Waste Centre“ ve městě Lahti ve Finsku. Na jednom místě se nachází asi 20 navzájem propojených jednotek zabývajících

T A
Č R

Projekt SS02030008 **Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)** je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci **Programu Prostředí pro život**. www.tacr.cz

se nakládáním, využíváním, přetvářením a likvidací odpadu. Centrálním bodem je stanice na třídění a recyklaci odpadu. Většina recyklovaného materiálu je znovu využívána pro produkci nových materiálů. Např. stavební zbytky se znovu využívají při tvorbě asfaltových silnic. Biologický odpad, zahradní odpad a kal z čistírny odpadních vod se využívá ke kompostování a v bioplynové stanici. Bioplyn se následně používá jako biopalivo. Skládkový plyn kogenerován na elektřinu a teplo se využívá v místním potravinářském závodě na výrobu nealkoholických nápojů (European Commission, 2018)

Průmyslová symbióza se ovšem neomezuje pouze na Evropu, v literatuře bylo popsáno mnoho případů synergických propojení v průmyslu po celém světě. V počtu případových studií s přehledem vede Čína (71), následují ji Spojené státy americké (17), Velká Británie (14), Jižní Korea a Švédsko (11), Dánsko a Nizozemí (10) a další, zejména ekonomicky vyspělé země, i několik rozvojových zemí (Bangladéš, Thajsko, Maroko a Alžírsko) (Neves et al., 2020).

Příkladem průmyslové symbiózy v Číně je eko-průmyslový park ve městě Guiyang. Jako znovu využívaný průmyslový odpad zde slouží struska z hutního, chemického, energetického a těžebního průmyslu, a také uhelná hlušina z těžebního průmyslu. Ty slouží jako suroviny na výrobu cementu v cementářského průmyslu. Dále zde dochází k recyklaci odpadů z městské části, jako jsou ocel, plast a guma, které se dále využívají v hutním průmyslu. Komunální odpad se spaluje na bioplyn, který následně v kogenerační jednotce produkuje teplo a elektřinu pro zásobování města. Pro spalování je využito přebytečné teplo z hutního průmyslu (Fang et al., 2017). Dalším čínským eko-průmyslovým parkem je komplex Guangxi Guitang. Zde je centrálním bodem cukrovar s místní výsadbou cukrové třtiny. Ten žije v symbióze např. s lihovarem, cementárnou a papírnou, nechybí ovšem opět elektrárna a čistírna odpadních vod. Melasa z cukrovaru se využívá v lihovaru, cementárna zase využívá filtrační bahno z cukrovaru a popílek z elektrárny. Bagasa, tedy rozmělněná stébla cukrové třtiny, se využívají k produkci papíru. Lihovarnické zbytky po fermentaci melasy se využívají k produkci hnojiva, které se opět aplikuje ve výsadbě cukrové třtiny (Zhu et al., 2007).

Existuje množství dalších příkladů uplatňování průmyslové symbiózy v zahraničí, a to napříč průmyslovými odvětvími. Odvětví, které se literatuře zabývající se průmyslovou symbiózou vyskytuje nejčastěji, je zpracovatelský průmysl (531 případů). Mezi něj patří zejména chemický, cementářský, papírenský, ocelářský průmysl a rafinerie. Odvětví zabývající se nakládáním s odpady a vodou a recyklací (134 případů) také zauímají prominentní místo v jednotlivých případových studiích. Neslouží pouze pro vytvoření vazby mezi průmyslovými odvětvími, ale také jako aktivní součást řetězce transformace odpadu na nové produkty. Dalším důležitým odvětvím je energetický průmysl (69 případů), tedy sektor rozvodů a výroby elektřiny, tepla, chladu a stlačeného vzduchu. Primární sektor (55 případů), zejména činnosti spojené se zemědělstvím, se také často vyskytují v případových studiích, a to nejen ty činnosti, které přímo souvisejí s plodinami, ale také ty, které souvisejí s chovem zvířat (Neves et al., 2020).

Průmyslová symbióza v České republice

V České republice se v současné době pojem průmyslová symbióza příliš nevyužívá. Daleko častější je použití nadřazených termínů jako jsou oběhové hospodářství a cirkulární ekonomika. Příkladem iniciativy rozvíjející koncept oběhového hospodářství v oblasti průmyslových zdrojů je startup Cyrkl, sloužící jako digitální odpadové tržiště pro propojování nabídky a poptávky odpadů, druhotných surovin a vedlejších produktů výroby. V oblasti popularizace tématu lze zmínit pravidelnou konferenci „Odpad zdrojem“ pořádanou Institutem cirkulární ekonomiky. Aplikování principů průmyslové symbiózy v takovém měřítku, jako jsou eko-průmyslové parky v zahraničí, u nás zatím ale chybí. Průmyslová symbióza se ovšem nevztahuje výhradně na eko-průmyslové parky, které využívají výhod geografické blízkosti. Přestože blízkost je faktor, který usnadňuje synergii a snižuje náklady na přepravu odpadu, existují příklady ze zahraničí, kde dochází k symbióze i mezi vzdálenějšími podniky (Neves et al., 2020). V literatuře se popisují dva přístupy implementace principů průmyslové symbiózy.

„Top-down“ přístup zahrnuje jasnou vizi a komplexní strategie na národní i regionální úrovni. Výměny průmyslové symbiózy jsou usnadněny ze strany obecních a regionálních aktérů ve spolupráci s klíčovými soukromými společnostmi (Farel et al., 2016). Příkladem takové iniciativy v České republice jsou strategické plány Ministerstva životního prostředí. Základní strategie České republiky v oblasti odpadového hospodářství je promítnuta do dokumentu „Plán odpadového hospodářství České republiky na období 2015–2024“ (Ministerstvo životního prostředí, 2014). Jednou z hlavních priorit tohoto plánu je také maximální využití vhodných odpadů (materiálové, energetické, biologické) a to především ve vazbě na průmyslové segmenty v regionech (zemědělství, energetiku, stavebnictví). V roce 2018 byla zahájena příprava Strategického rámce oběhového hospodářství České republiky 2040 - „Cirkulární Česko 2040“ (Ministerstvo životního prostředí, 2019). Rámec slouží zejména jako odpověď na cíle balíčku k oběhovému hospodářství Evropské unie, v České republice ovšem dosud schválen nebyl a je stále v přípravě.

Druhým, „Bottom-up“ přístupem je průmyslová symbióza iniciovaná jednotlivými firmami spontánně bez jakéhokoliv řízení od veřejných subjektů. V zahraničí je typickým příkladem již zmíněný eko-průmyslový komplex Kalundborg (Farel et al., 2016). V České republice se v současné době systém s touto mírou propojení nenachází. Snahou o implementaci tohoto přístupu do průmyslové sféry je mezinárodní projekt FISSAC. Součástí konsorcia projektu je také česká firma Fénix TNT s.r.o. Cílem projektu je vyvinout metodiku a softwarovou platformu pro usnadnění výměny informací podporujících sítě průmyslové symbiózy, jak na lokální, tak na regionální úrovni. Projekt je zaměřen zejména na kovožpracující, chemický a stavební průmysl (FISSAC, 2021).

Na podobném konceptu je navržena i platforma PruSym, spadající pod projekt „Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)“. Cílem je vyvinutí interaktivního nástroje pro podporu průmyslové symbiózy klíčových průmyslových odvětví České republiky. Ten by monitoroval vznik odpadů, vedlejších produktů a potenciálních druhotných surovin z průmyslové výroby a sloužil jako zdroj informací pro provozovatele průmyslových

podniků o možnostech environmentálnějšího i ekonomičtějšího způsobu nakládání. Takto navržený systém by v budoucnu mohl sloužit jako podpůrný nástroj rozvíjející myšlenky oběhového hospodářství i do průmyslové sféry.

**T A
Č R**

Projekt SS02030008 **Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)** je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci **Programu Prostředí pro život**. www.tacr.cz

Literatura

- DESROCHERS, P. 2001. Cities and Industrial Symbiosis: Some Historical Perspectives and Policy Implications. *Journal of Industrial Ecology*, 5.4, 29-44.
- EHRENFELD, J. & GERTLER, N. 1997. Industrial Ecology in Practice: The Evolution of Interdependence at Kalundborg. *Journal of Industrial Ecology*, 1, 67-79.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. 2017. *Kalundborg Symbiosis: Effective industrial symbiosis* [Online]. Available: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/case-studies/effective-industrial-symbiosis> [Accessed 20.1 2021].
- EUROPEAN COMMISSION 2006. Environment fact sheet: industrial development.
- EUROPEAN COMMISSION 2018. Industrial symbiosis.
- FANG, K., DONG, L., REN, J., ZHANG, Q., HAN, L. & FU, H. 2017. Carbon footprints of urban transition: Tracking circular economy promotions in Guiyang, China. *Ecological Modelling*, 365, 30-44.
- FAREL, R., CHARRIÈRE, B., THEVENET, C. & YUNE, J. H. 2016. Sustainable Manufacturing Through Creation and Governance of Eco-Industrial Parks. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 138.
- FISSAC. 2021. Available: <http://fissacproject.eu/en/> [Accessed 25.03. 2021].
- FROSC, R. A. & GALLOPOULOS, N. E. 1989. Strategies for manufacturing. *Scientific American*, 261, 144-152.
- CHERTOW, M. R. 2000. INDUSTRIAL SYMBIOSIS: Literature and Taxonomy. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25, 313-337.
- CHERTOW, M. R. 2007. "Uncovering" Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*, 11, 11-30.
- JACOBSEN, N. B. 2006. Industrial Symbiosis in Kalundborg, Denmark: A Quantitative Assessment of Economic and Environmental Aspects. *Journal of Industrial Ecology*, 10, 239-255.
- LOWE, E. A. 2001. *Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries: Report to Asian Development Bank*, Oakland, CA, Indigo Development.
- MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ 2014. Plán odpadového hospodářství České republiky na období 2015-2024. Praha.
- MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. 2019. *OECD pomůže České republice s přípravou strategie oběhového hospodářství* [Online]. Available: https://www.mzp.cz/cz/news/191011/OECD_pomuze_Ceske_republice_pripravo_u_strategie_obehoveho_hospodarstvi [Accessed 25.03. 2021].
- NEVES, A., GODINA, R., AZEVEDO, S. G. & MATIAS, J. C. O. 2020. A comprehensive review of industrial symbiosis. *Journal of Cleaner Production*, 247, 119113.
- SCHWARZ, E. J. & STEININGER, K. W. 1997. Implementing nature's lesson: The industrial recycling network enhancing regional development. *Journal of Cleaner Production*, 5, 47-56.
- ZHENG, H., ZHANG, Y., YANG, Z., LIU, G., SU, M., CHEN, B., MENG, X. & LI, Y. 2013. Exploring Improvement Paths for Eight Industrial Symbiosis Complexes throughout the World. *Journal of Environmental Accounting and Management*, 1, 295-306.
- ZHU, Q., LOWE, E., WEI, Y.-A. & BARNES, D. 2007. Industrial Symbiosis in China: A Case Study of the Guitang Group. *Journal of Industrial Ecology*, 11, 31-42.

T A
Č R

Projekt SS02030008 **Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)** je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci **Programu Prostředí pro život**. www.tacr.cz

T A
Č R

Projekt SS02030008 **Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost (CEVOOH)** je spolufinancován se státní podporou Technologické agentury ČR v rámci **Programu Prostředí pro život**. www.tacr.cz