

Čistší produkce – cesta k trvale udržitelnému kvalitativnímu rozvoji světa

Richter, M.: Cleaner Production – Way to Sustainable Qualitative Development of the World. *Životné prostredie*, 2018, 52, 3, p. 140 – 147.

The use of cleaner production methods is the most promising way to sustain qualitative development and ensure environmental protection. This paper outlines the elementary principles and possibilities of clean modern technology which will prevent waste and ensure limited adverse environmental impact. The most important elements are the selection of appropriate raw materials and technological processes, automatic control systems, continuous monitoring of all technology, and especially increased education of the environmental advantages gained by using cleaner production.

Key words: waste, prevention, cleaner production, technology

V průběhu 19. a 20. století prošel přístup k ochraně životního prostředí (ŽP) pozoruhodným vývojem – od těžkého poškozování všech složek ŽP až po nástup jejich intenzivní ochrany. Avizované a v řadě případů prokazatelné globální změny stavu ŽP vyžadují, aby nastoupený trend v ochraně ŽP pokračoval s ještě větší intenzitou i ve 21. století.

Vývoj stavu složek ŽP byl do značné míry podmíněn demografickým vývojem – růstem počtu obyvatel na Zemi, který zaznamenával v posledních dvou stoletích až exponenciální růst. Celkový počet obyvatel se mezi roky 1800 až 2000 zvýšil téměř osmkrát. Tato skutečnost si vynutila značný, převážně extenzivní růst výrobních sil pro uspokojení alespoň základních existenčních potřeb lidstva. V rozvinutých zemích Evropy, Severní Ameriky a dále i v Austrálii a Japonsku (zemích tzv. „bohatého severu“) navíc výrazně rostla životní úroveň, což bylo spojeno s rozvojem všech odvětví jak průmyslové tak zemědělské výroby, ale i sféry služeb. Nároky na neobnovitelné i obnovitelné zdroje surovin a energií spolu s poškozováním složek ŽP trvale rostly. Trend růstu životní úrovně a osobní spotřeby spojený s rostoucím tlakem na využívání všech přírodních zdrojů planety, spotřební způsob života až na výjimky převažuje dosud ve všech zemích světa.

Rostoucí využívání neobnovitelných a obnovitelných zdrojů planety bez respektování ochrany složek ŽP zesiluje riziko zásadního poškození horninového prostředí a půdy, přízemních i vyšších vrstev atmosféry, podzemních a povrchových vod včetně oceánů. To se přímo promítá do ohrožení veškeré flóry a fauny, obecně celé biosféry včetně člověka (Moldan, 1994).

Je odhadováno, že 80 % surovinových a energetických zdrojů planety spotřebovává cca 20 % obyvatel Země. Tento stav má dopad jak na sociálně-ekonomický rozvoj a demografický vývoj v konkrétních zemích, tak

na zatížení a stupně poškození přírodních zdrojů neobnovitelných i obnovitelných. Zároveň je potenciálním zdrojem konfliktů a jednou z příčin současné enormní migrace obyvatelstva.

Úroveň ochrany přírodních zdrojů a složek ŽP národními legislativami se mezi jednotlivými zeměmi výrazně liší. Vývoj legislativy je do značné míry poplatný výkonnosti národních ekonomik. Účinná ochrana složek ŽP je vždy technicky a technologicky náročná. To vyžaduje značné investiční a dlouhodobě vysoké provozní náklady, na které řada zemí nemá finanční zdroje. Výjimkou v tomto směru jsou jen rozvinuté země světa bohatého severu, ale ochota investovat do environmentálně příznivých technologií není samozřejmostí. Často je vynucena politickými rozhodnutími a následně legislativními nástroji.

Nerovnoměrné rozložení surovinových a energetických zdrojů na Zemi spolu s jejich často neuváženým využíváním vede k rychlému vyčerpávání tradičních nalezišť základních minerálních surovin standardní kvality. To má za následek těžbu surovin i méně kvalitních, což vyžaduje vývoj nových těžebních, úpravárenských a průmyslových výrobních technologií. Často se to týká např. těžby polymetalických rud. V současnosti jsou běžně těžena ložiska minerálů, která byla cca před třiceti lety považována za průmyslově nezpracovatelná.

Řada dnes již otevřených nalezišť se nachází v extrémních klimatických nebo přírodních podmínkách. Jedná se např. o území západní a severní Sibiře, Aljašky, arabských zemí Předního a Středního Východu, středoaasijských republik, západní Číny, jihovýchodní Asie, ale i oblastí mořského šelfu, např. Severního moře, Mexického zálivu a Karibského moře, Jihočínského moře i jinde. Zájem roste o potenciální zdroje ropy a zemního plynu v Severním ledovém oceánu. To v řadě případů vede až k nevratnému poškozování složek ŽP nebezpečnými

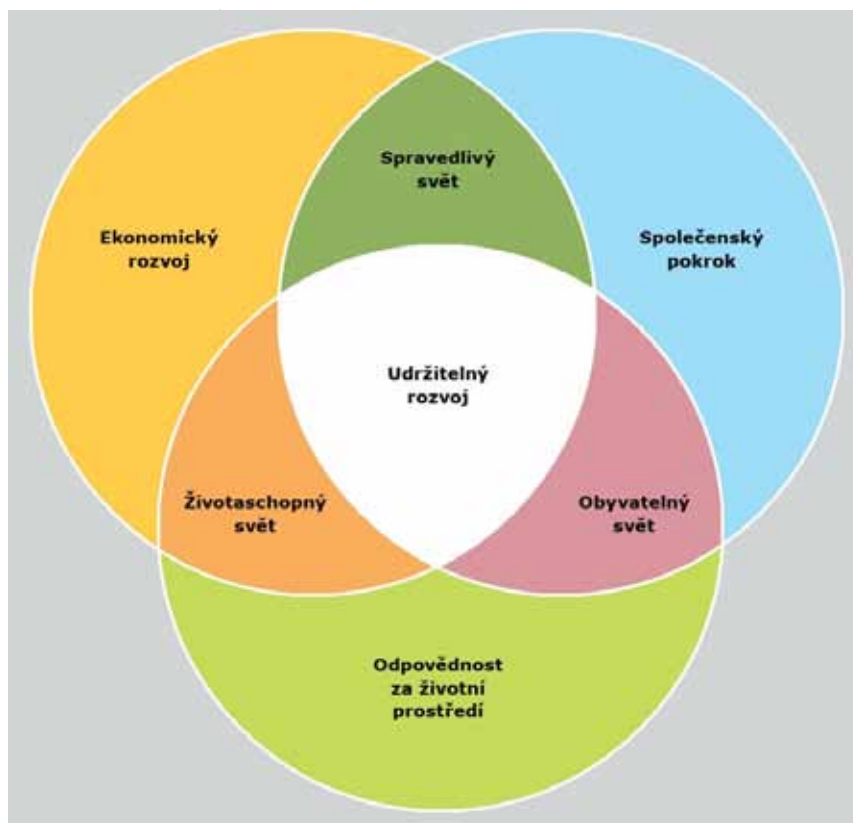
látkami, nejednou dochází k závažným ekologickým haváriím. Otevírání těžby a zpracování surovin v nových lokalitách, přednostně v místě těžby, je již pravidlem. Tak se rozloha území postižených těžební činností a zpracovatelským průmyslem dále zvyšuje. Vznikají nové průmyslové oblasti se všemi pozitivními dopady na rozvoj výrobních sil, ale i negativními dopady na zhoršování kvality ŽP.

K definování rizik globálního poškození ŽP a hledání cest k omezení negativních vlivů bylo v posledních cca třiceti letech zorganizováno několik celosvětových konferencí, např. v Montrealu (potlačení emisí látek poškozujících ozónovou vrstvu), Riu de Janeiro (strategie trvale udržitelného života na Zemi), Soulu (čistší produkce – *cleaner production*, CP), Kjótu (snížení emisí skleníkových plynů) aj. Byla přijata řada mezinárodních dohod – protokolů, které již přispívají ke sníženému zatížení ŽP antropogenní činností.

Zásadní posun ve filosofii ochrany složek ŽP tkví v přechodu od dodatečného omezování negativních účinků nově k zavádění preventivních opatření ve výrobě s komplexním využíváním zdrojů. Na uvedených konferencích byly formulovány požadavky kladené hlavně na průmyslovou sféru. Důraz byl položen na preventivní ochranu pracovního a ŽP, surovinových zdrojů a snížení měrné energetické náročnosti výrob.

Mezinárodní deklarace o CP byla přijata 28. listopadu 1998 v jihokorejském Soulu. Byla zorganizována v rámci dlouhodobého grantu *Program spojených národů pro ŽP*. V deklaraci je závazek používat a propagovat preventivní strategii CP. Mezinárodní deklarací bylo stanoveno:

- hlavním směrem rozvoje průmyslových odvětví jsou čistší průmyslové výroby (tedy CP);
- prosazovat výrobu produktů šetrnějších k ŽP v celém cyklu jejich existence – od přípravy jejich výroby, vlastních výrobních postupů a výrobních zařízení až po zneškodnění odpadů po skončení životnosti konkrétních výrobních zařízení a výrobků;
- maximálně šetrně a účelně nakládat s každým materiálem převzatým ke zpracování, pocházejícím ze zdrojů neobnovitelných nebo obnovitelných, opakované využívání materiálů jako druhotných surovin, jejich recyklace, co je základem nyní prosazovaného oběhového hospodářství.



Obr. 1. Vzájemné propojení jednotlivých oblastí a principů udržitelného rozvoje. Zdroj: www.qulaqbound.com

Nejdůležitějším úkolem do budoucna je vyrábět produkty šetrnější k ŽP čistšími výrobními technologiemi, a tím vytvořit podmínky pro trvale udržitelný rozvoj (obr. 1). Je nutné zdůraznit, že se musí jednat o trvale udržitelný kvalitativní rozvoj, což se ale dosud do praxe neprosadilo. Od této doby se také datuje širší nástup komplexního uplatnění analyticko-syntetických metod řízení a systematické kontroly ochrany složek ŽP zakotvených v legislativě typu:

- posuzování vlivů staveb a činností na prostředí;
- posuzování životního cyklu výrobků;
- posuzování rizik;
- zajištění jakosti výrobků dle norem řady ISO 9000;
- uplatňování metod environmentálního řízení dle ISO 14000;
- uplatnění systémů integrované preventivní ochrany a kontroly.

Vývojové trendy vztahu průmyslu k životnímu prostředí

Strategie samočisticích mechanismů v přírodním prostředí

V historii využívání přírodních zdrojů člověkem bylo spoléháno na samočisticí mechanismy a autoregulační procesy v přírodě, biosféra ani člověk neměli být

globálně ohroženi (Söhnel, Richter, 1999). Všeobecně bylo předpokládáno, že „přírodní síly si dokážou dříve nebo později poradit“ víceméně s každou látkou vstupující do přízemních nebo vyšších vrstev atmosféry, povrchových nebo podzemních vod, se zásahy do půdy nebo horninového prostředí ovlivňujícími vodní režim nebo jeho chemismus. Bylo rovněž předpokládáno, že narušení rovnováhy má pouze přechodný charakter, postupně se obnoví a stav ŽP se nezmění. Tento názor až na výjimky převládal ve všech oblastech antropogenní činnosti včetně průmyslu do poloviny 20. století.

Strategie zředňování odpadních tekutin a skládkování odpadů

V druhé polovině 20. století již bylo patrné, že samočisticí mechanismy nejsou schopny zvládnout jak rostoucí množství znečišťujících látek vstupujících do přírodního prostředí, tak stále širší paletu chemických sloučenin, často toxických, jež je tvoří. Škody na flóře a fauně řek, protékajících průmyslovými centry navíc s vysokou hustotou osídlení, byly zřejmé. Pokles biodiverzity a četnosti výskytu jednotlivých druhů flóry a fauny v povrchových vodách byl prokazatelný. Například Rýn se stal téměř mrtvou řekou, podobný osud měla Temže, ale i Labe a další velké evropské řeky odvodňující průmyslové oblasti a sídelní centra. O Severním moři bylo hovořeno jako o *Abfallgrube* (odpadové jámě). Vlivem rostoucích emisí oxidu siřičitého a oxidů dusíku z energetiky, průmyslu a dopravy rostla četnost a závažnost smogových situací. Bylo pozorováno hynutí vegetace, v první řadě jehličnatých lesů. Ty jsou vůči imisím kyselých reagujících plynů a kyselým dešťům velmi citlivé, byly postiženy nejdříve a nejvíce. Těžké poškození lesních kultur se v plné míře týkalo zejména smrkových monokultur na území bývalého Československa (Richter, 2008).

Proto byla v 50. a 60. letech 20. století v rozvinutých zemích západní Evropy a USA nastoupena strategie zředňování a skládkování: základní metodou bylo zředění vypouštěných odpadních vod čerstvou říční vodou, v případě plyných emisí byly odpadní plyny ředěny přísávaním čistého vzduchu nebo byl stavbou vyšších komínů zajištěn rozptyl na území o větší rozloze. Více se ale projevil dálkový přenos znečišťujících látek do oblastí dosud zdánlivě imisemi nezasážených. Extrémem bylo pozorované znečištění atmosféry a povrchových vod spadem prachu s kyselými dešti v severní Skandinávii, na Sibiři, Aljašce, v severní Kanadě a Grónsku, tj. oblastech vzdálených tisíce kilometrů od průmyslových center Evropy a Severní Ameriky.

Zásadním problémem zůstával při extenzivním rozvoji průmyslové výroby trvalý nárůst absolutního množství znečišťujících látek vstupujících do atmosféry i povrchových vod včetně moří a oceánů, růst palety chemických látek v objemu tuhých odpadů.

Postupně pro ukládání tuhých, pastózních i kapalných látek byly budovány skládky, byl brán zvýšený

zřetel na omezenou propustnost podloží. Přistoupilo se k oddělenému skládkování průmyslových odpadů a komunálních odpadů. Separátně byly ukládány skrývkové zeminy z důlní činnosti, škvára a elektrárenské popílků, strusky z hutnictví, kaly z úpraven rud, uhlí aj. To vytvořilo dobré podmínky pro ochranu hydrosféry i litosféry, i jisté předpoklady pro možnost přepracování odpadních materiálů v budoucnosti. Do určité míry také byla respektována možnost chemických reakcí mezi sládkovanými materiály. Ta by mohla zapříčinit vznik nebezpečných sloučenin s rizikem úniku do ovzduší nebo podzemních a povrchových vod.

Strategie koncového čištění odpadních tekutin

Hlavním podnětem pro jejich uplatnění v průmyslové praxi bylo významné zpříšňování ekologické legislativy v rozvinutých zemích západní Evropy, Severní Ameriky a Japonsku, kde rozsah znečištění atmosféry, půdy a vod s negativním dopadem na biodiverzitu dosáhl hrozivých rozměrů. V zemích střední a východní Evropy, včetně tehdejšího Československa, bylo užití účinnějších metod koncového čištění časté jen v chemickém průmyslu nebo v případě tuhých emisí v energetice a průmyslu stavebních hmot. V masovém měřítku byly tyto metody zaváděny do průmyslové praxe až v devadesátých letech, hlavně v energetice a teplárenství, čištění odpadních průmyslových a komunálních vod.

Pro ochranu atmosféry byly v první řadě řešeny (Bartoňová, ed., 2004; Richter, 2008):

- emise tuhých znečišťujících látek suchými a mokrymi metodami, kdy se nejvíce uplatnily na velké objemy horkých plynů elektrostatické odlučovače, na chladné plyny textilní filtry a na lepidlové materiály proudové Venturiho odlučovače s odlučivostí až kolem 99 %;
- emise oxidu siřičitého s přednostním uplatněním mokro-suchých vápenných nebo mokrych vápencových absorpčních postupů s odlučivostí dosahující kolem 90 %;
- emise oxidů dusíku byly omezovány postupným dávkováním vzduchu do spalovacích komor nebo snížením teploty spalování ve fluidních kotlích; úspěšnější jsou metody selektivní nekatalytická redukce, a hlavně selektivní katalytická redukce dosahující konverze NO_x na dusík kolem 98 %; katalytická redukce se uplatnila rovněž v řešení emisí vznětových motorů;
- emise CO a uhlovodíků byly omezeny především zpřesněným dávkováním paliva do spalovacích procesů, řízením přebytku vzduchu a teplot v topeništích; podmínkou řešení bylo vyvinutí spolehlivých čidel analyzátorů spalin sledujících obsah CO, C_xH_y a O_2 ; ve spojení s počítačovým řízením spalování byl problém v závěru 80. let 20. století technicky a ekonomicky přijatelným způsobem vyřešen.

Pod tlakem ekologické legislativy se zpřísněním emisních norem polutantů do recipientů v rozvinutých zemích Evropy, Severní Ameriky a Japonsku byla zavedena pro ochranu vod následující opatření:

- důsledné vymezení pásem ochrany zdrojů pitné vody;
- rozšíření systémů úpraven vod pro potřeby obyvatelstva a průmyslu;
- výstavba kombinovaných nebo oddílných kanalizačních sítí v sídlech a oddílných kanalizačních sítí v průmyslu;
- výstavba víceúrovňových čistíren odpadních vod komunálních a průmyslových.

Systémovými opatřeními byl omezen průnik znečištěných odpadních vod a polutantů do vod povrchových (včetně moří) a do vod podzemních (Richter, 2008). Emisní limity znečišťujících látek, především základních živin (fosforečnanů a sloučenin dusíku) do recipientů s omezenou obměnou vody, byly sníženy na 50 % limitů platných pro vnitrozemské toky. Zpřísněná ochrana byla uplatněna u jezer ledovcového původu v alpských zemích a Skandinávii, norských fjordů a Baltského moře. Tvrdší emisní normy si vyžádaly zdokonalování technologií čištění odpadních vod komunálních a průmyslových. Na čistírnách odpadních vod (ČOV) byly přednostně řešeny:

- účinnost a výkon mechanických stupňů čištění pro snížení obsahu nerozpustných látek ve vodách. V širší míře jsou uplatněna mechanická česla, bubnové rotační filtry a dekantéry. Mechanické stupně byly vybaveny účinnými usazovacími a lapacími pro odstranění ropných látek i potravinářských tuků a olejů pronikajících do odpadních vod;
- největší rozvoj zaznamenala výstavba biologických stupňů čištění. Velký technologický pokrok znamenalo využití aerobních biologických stupňů s biodyskami a později biologické stupně s jemnobublinovou aerací. Tím se zásadně zvýšil výkon a účinnost odstranění biologicky odbouratelných látek z odpadních vod. Zároveň významně poklesla měrná spotřeba energie procesu biologického čištění odpadních vod;
- anaerobní postupy biologického čištění odpadních vod byly vyvinuty pro velkokapacitní ČOV. V současnosti pracují velké ČOV (zpravidla nad 100 000 ekv. obyvatel) s kombinací aerobního čištění vody, anaerobní denitrifikace a stabilizace biologických kalů. Výhodou je vysoká účinnost čistícího procesu přesahující 90 % se snížením objemu tuhých kalů cca na pětinu. Další předností je možnost energetického využití bioplynu kombinovanou výrobou tepla a elektřiny v kogeneračních jednotkách. Tím je dále snižována energetická náročnost čištění odpadních vod. Stabilizované čistírenské kaly bývají využívány pro rekultivace nebo přípravu kompostů, pokud je v nich podlimitní obsah znečišťujících látek, hlav-

ně těžkých kovů. Jinak jsou ukládány do skládek nebezpečného odpadu, případně spalovány;

- pro odstranění rozpuštěných látek, především iontů PO_4^{3-} , byly ČOV doplňovány o tzv. terciární stupeň čištění. Nejlepších výsledků je dosahováno dávkováním síranu železitého, který zároveň působí jako koagulant na látky koloidního charakteru. Sloučeniny fosforu (známá ložiska fosforečných surovin budou vyčerpána cca do 50 let, proto je enormní zájem na vracení fosforečnanů do půdy) a koagulované částice koloidních látek jsou zachycovány v koncových dosazovacích spolu s biologickými kaly;
- řada ČOV byla postupně vybavena desinfekcí vyčištěné vody s dávkováním chlornanu sodného. Toto je významné především v ČOV s anaerobním stupněm čištění vod nebo anaerobní stabilizací kalů. V metanizačních reaktorech musí být teploty kolem 35 – 45 °C, které jsou nutné pro rozvoj mikroorganismů účastnících se anaerobního odbourávání organických látek. Tyto teploty jsou také příznivé pro rozvoj choroboplodných mikroorganismů. Proto zavedení desinfekce znamenalo další pokrok ve zlepšení čistoty vod vypouštěných z komunální a průmyslové sféry do recipientů;
- pro vesnice, osady nebo osamělé objekty se osvědčily kromě malých ČOV klasického uspořádání či domovních ČOV také kořenové čistírny. V nich jsou simulovány přirozené samočisticí procesy probíhající v povrchových vodách. Jejich výhodou jsou vedle vyhovující účinnosti také nízké investiční a provozní náklady. Ve spojení se zemními filtry zajišťují dobrou ochranu povrchových a podzemních vod, i když s mírně sníženou účinností čistícího procesu v době mimo vegetační období;
- v průmyslové praxi byly některé čistě chemické procesy využívající přednostně srážecí a oxidačně-redukční reakce nahrazeny procesy fyzikálně-chemickými, např. iontoměničemi nebo procesy membránového typu: (1) ultrafiltrace, (2) nanofiltrace, (3) reversní osmosy, (4) elektrodialýzy.

Vedle fyzikálně-chemických procesů se pro čištění průmyslových odpadních vod začínají také ve větší míře prosazovat biotechnologické postupy pro rozložení organických sloučenin (uhlovodíků a jejich derivátů), ale také aniontů síranů, sulfanů nebo vazbou kationtů těžkých kovů do biomasy. Výhodou výše uvedených procesů je vysoká účinnost, nízké měrné spotřeby chemikálií, energie a zmenšení množství odpadních látek. Odpadní látky lze také v řadě případů recyklovat.

Zároveň se přidružila rostoucí cena vod odebíraných z povrchových toků a vod vypouštěných z ČOV do recipientů. Proto řada firem investovala do zdokonalování systémů hospodaření s technologickými vodami a jejich opakovaným využíváním. To s sebou přineslo vedle ochrany vod absolutní úspory surovin a zmenšení množství odpadů, často odpadů nebezpečných.

Účinnost čistících procesů ČOV většinou trvale dosahuje hodnot nad 80 – 90 % závisle na sledované složce. Výsledek v kvalitě povrchových vod byl patrný během několika let. Příznivě se odrazil v biodiverzitě flóry i fauny v povrchových vodách. Problematický zůstává biochemický rozklad hormonálních přípravků, některých léčiv, pesticidů a mošusových látek.

Nakládání s odpady

Problémem zůstala skutečnost, že plynné emise do ovzduší a vod byly omezeny, ale neúměrně narůstal objem tuhých materiálů nebo kalů ukládaných do skládek. Závažným problémem se staly sloučeniny těžkých kovů spolu s růstem objemu nebezpečných odpadů. Rychlý rozvoj plynové a kapalinové chromatografie umožnil identifikaci stopových množství těchto látek ve složkách ŽP a potravních řetězcích. To vedlo k odhalení jejich nebezpečnosti pro biosféru a člověka. Vynutilo si jejich systematický monitoring, zavedení opatření omezujících jejich používání, a tím pohyb v pracovním i ŽP (Amundsen, 1995). V 70. letech 20. století také v USA a poté v rozvinutých zemích západní Evropy byly přijaty první zákony o odpadech:

- legislativou bylo postupně během následujících cca 20 let zavedeno důsledné třídění odpadních materiálů u jejich zdrojů na odpady recyklovatelné, kompostovatelné, termicky zneškodnitelné a ukládané do skládek. V ekonomikách vyspělých zemí tak vznikl samostatný obor odpadové hospodářství;
- zavedenou kategorizací odpadů na nebezpečné, inertní a ostatní byly stanoveny podmínky pro výstavbu příslušných typů skládek – na odpady nebezpečné, průmyslové, komunální a ostatní. Dále byly stanoveny podmínky provozování i uzavírání skládek včetně evidence kvality a kvantity ukládaných odpadních materiálů, monitoringu průsakových vod;
- byl vytvořen rezervní finanční fond na sanaci, rekvultivace a revitalizace území skládek;
- již v tomto období se postupně začal vytvářet trh s recyklovatelnými látkami a definovanými požadavky na jejich kvalitu;
- byly zaváděny systémy shromažďování biologických odpadů vhodných pro aerobní kompostování nebo anaerobní digestci;
- v případě nebezpečných látek a odpadů proto byly zavedeny termické postupy zneškodnění – spalování, zplyňování nebo pyrolýza. Standardem je využití uvolněného tepla, vícestupňové čištění spalin odprašováním, absorpcí kyselinotvorných oxidů, selektivní redukcí NO_x a adsorpcí nebo i katalytickou oxidací aromatických a heterocyklických uhlovodíků včetně jejich derivátů typu PCB, dioxinů, benzofuranů. Výhodou termických metod je využití energetického obsahu odpadů pro výrobu elektřiny a tepla v kombinovaném cyklu a redukce objemu

odpadních látek ukládaných do skládek i k 10 % původní hodnoty. Zásadní výhodou je také odstranění většiny nebezpečných vlastností odpadů, např. infekčnosti, těkavosti, hořlavosti a výbušnosti uvolňujících se plynů nebo par a potlačení chemické reaktivnosti.

Strategie opakovaného používání a recyklace materiálů, využití odpadního tepla

Zásadním podnětem pro dokonalejší využívání materiálů a energií byla energetická a surovinová krize v první polovině 70. let. To vyvolalo významný odklon od materiálově a energeticky náročných výrob v některých zemích západní Evropy s omezenými surovinovými a energetickými zdroji. Důraz byl kladen na zvyšování podílu kvalifikované práce v přepočtu na jednotku produkce, což se projevilo např. v rychlém rozvoji elektroniky, výpočetní techniky, měřicí a regulační techniky využitelné pro automatizaci a robotizaci výrobních operací. Byl kladen značný důraz na dokonalejší – komplexní – zpracování výchozích přírodních surovin. To se projevilo např. posunem k hlubšímu chemickému zpracování ropy před pouhou výrobou kapalných paliv a maziv. Výrazně se rozvinuly technologie produkce termoplastů, termosetů, syntetických vláken textilních, termostabilních (typu Nomexu) a vysoce pevných (typu Kevlaru), dále epoxidových a alkydových pryskyřic umožňujících produkci kompozitních materiálů.

Výsledky aplikovaného výzkumu a technologických změn v průmyslových výrobcích se ve vyspělých zemích plně projevily až v 80. letech 20. století. V tu dobu se také rozvinula diskuse na témata omezených surovinových a energetických zdrojů Země, problematiky demografického vývoje v rozvinutých zemích v kontrastu k zemím rozvojovým a potřeby ochrany přírodních zdrojů z hlediska jejich dlouhodobého využívání. To byly hlavní podněty stimulující rozvoj směrem k recyklací materiálů a úsporám energií všeho druhu.

Technologické zaostávání zemí střední a východní Evropy se v tomto období prohloubilo. Východní trhy v rámci zemí Rady vzájemné hospodářské pomoci (RVHP) byly izolovány od dění na trzích světových, neboť měly vlastní zdroje energetických surovin a rud, na dovozech z nesocialistických zemí byly až na výjimky nezávislé. Moderní průmyslové technologie se do zemí střední a východní Evropy včetně bývalého Československa dostávaly sporadicky jen nákupem licencí nebo kompletních výrobních jednotek – příklady lze nalézt v případě Československa především v rozvoji petrochemického průmyslu v Chemických závodech Litvínov, Slovnaftu Bratislava, ve Spolaně Neratovice a v Kaučuku Kralupy nad Vltavou. Dále byl rozšířen sortiment vyráběných syntetických vláken v Silonu Planá nad Lužnicí, Chemických závodech J. Dimitrova v Bratislavě a v Chemlonu Humenné, byla zavedena výroba kyseliny akrylové v Chemických závodech Soko-

lov a návazně vodou ředitelných barev na bázi akrylátů v podniku Barvy a laky Praha.

Vlastní technologický výzkum a vývoj byl spíše orientován na tzv. antiimportní opatření místo řešení zásadně nových výrobních postupů. To bylo navíc podpořeno embargem na vývoz špičkových technologií ze západu do zemí RVHP. Výsledky této situace se markantně projevily až v 90. letech při liberalizaci cen surovin a energií spolu s konkurenčním prostředím otevřením přístupu na světový trh.

Surovinová a energetická krize vyvolala tlak na úspory surovin a energií s možnostmi jejich dokonalejšího využívání. Recyklace materiálů byly uplatňovány ve třech stupních (Amundsen, 1995):

- vracení zachycených odpadních látek do základních výrobních technologií, ze kterých pocházely;
- vracení zachycených odpadních látek do příbuzných výrobních technologií v rámci jednoho podniku;
- hledání možností zpracování odpadních látek jako druhotných surovin pro jiné výrobní technologie mimo mateřský podnik.

Postupně byly také specifikovány nároky na kvalitu druhotných surovin. Hlavní obecně přijímanou zásadou bylo třídění odpadních materiálů u původce odpadů, tj. v místě jejich vzniku. Každé dodatečné třídění je vždy drahé a méně účinné, způsobuje horší zpracovatelnost druhotné suroviny. Horší zpracovatelnost se zpravidla promítá do:

- nutnosti užití dalších separačních a čistících operací v základní technologii;
- negativního ovlivnění kvality výrobků;
- zvýšení měrných spotřeb energií;
- zhoršení emisí znečišťujících látek do odpadních plynů a vod;
- vzniku většího množství tuhých odpadů;
- růstu výrobních nákladů s poklesem zisku a konkurenceschopnosti.

Zásadním přínosem recyklačních postupů bylo relativní snížení spotřeby surovin a energií z neobnovitelných i obnovitelných zdrojů.

Výsledkem dříve uvedených opatření bylo významné snížení měrných spotřeb surovin a energií na jednotku produkce u naprosté většiny výrobních postupů. V celostátních měřících poklesl podíl materiálových a energetických nákladů na jednotku HDP.

Připočte-li se k tomu nasazení elektroniky do průmyslové praxe, vyšších systémů řízení technologií s počítači, automatizace a robotizace některých výrobních operací, snížila se také spotřeba lidské práce. To vše mělo příznivý dopad na snížení měrných nákladů u většiny výrobních postupů, a tím zlepšení ekonomiky výroby ve všech rozvinutých zemích.

Řada inovací tohoto řádu začala probíhat v zemích střední a východní Evropy se zpožděním cca 15 let, tj. až od 90. let. 20. století. To se projevilo jak v ekonomice a kvalitě výroby, tak i ve zpoždění příznivých účinků inovací na kvalitu složek ŽP.

Zásadním problémem většiny firem v Československu byl nedostatek finančních zdrojů pro realizaci těchto inovací. Proto byly některé výroby, navíc pod tlakem zahraniční konkurence, probíhající privatizace a nové ekologické legislativy, bez náhrady zastaveny.

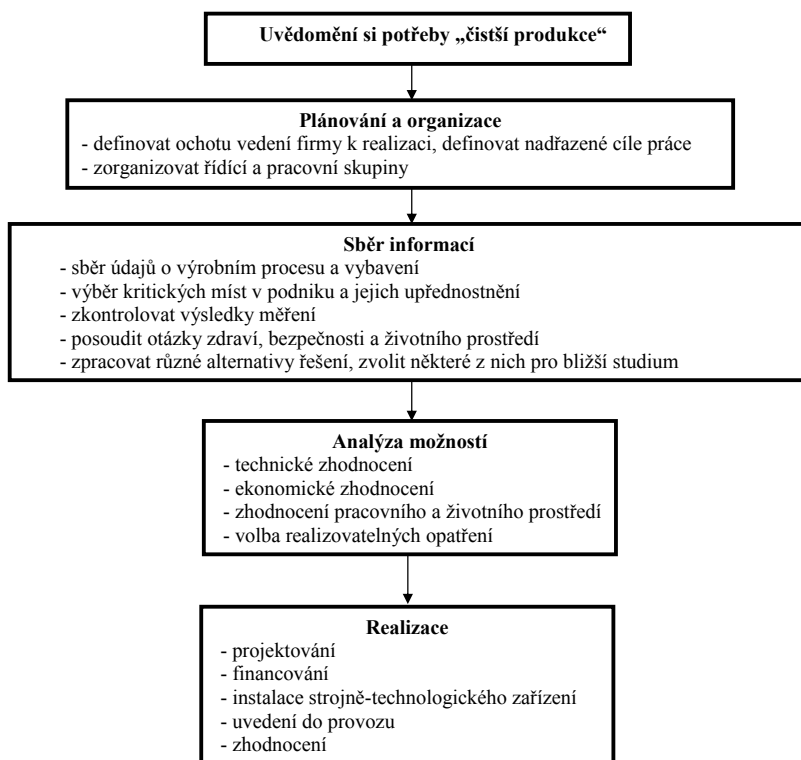
Strategie preventivní ochrany životního prostředí – čistší produkce

Pro strategii preventivní ochrany ŽP a CP bylo užíváno více termínů – maloodpadové technologie, bezodpadové technologie, prevence emisí, minimalizace odpadů. Je vhodné dodat, že zcela bezodpadové technologie nejsou. Vždy v určité fázi úpravy surovin nebo pomocných látek, během jejich zpracování, při manipulaci, skladování, dopravě a balení určitý minimální objem odpadů vzniká (Söhnel, Richter, 1999).

Významným krokem zdokonalení systémů hospodaření se surovinami a energiemi byla strategie preventivní ochrany ŽP. Její nástup ve vyspělých zemích lze časově zařadit do 90. let minulého století. Legislativou bylo realizováno v ČR zákonem č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů, zejména zákon o integrované prevenci (IPPC, www.env.cz). Jedná se o formu regulace vybraných průmyslových a zemědělských činností pro dosažení vysoké úrovně ochrany ŽP jako celku, tj. vody, půdy, ovzduší a odpadů. Stanovené provozní podmínky pak neumožní přenos znečištění mezi jednotlivými složkami ŽP.

Postupně byly v rámci Evropské unie publikovány referenční dokumenty o nejlepších dostupných technikách. Cílem referenčních dokumentů BREF (*Reference Document on Best Available Techniques*) je určit nejlepší dostupné techniky (BAT, *Best Available Techniques*) a omezit v Evropské unii nerovnováhu v úrovni emisí ze srovnatelných průmyslových činností. Dokumenty BREF příslušným orgánům státní správy členských států, provozovatelům průmyslových zařízení a odborné veřejnosti poskytují konkrétní informace o BAT. Ty jsou určeny pro činnosti, na něž se vztahuje směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU o průmyslových emisích (IED, *Industrial Emissions Directive*), především pro posuzování a schvalování rekonstrukcí stávajících výrobních zařízení nebo nových investičních akcí.

Porovnávací technické dokumenty BREF jsou výsledkem systému výměny informací. Každý dokument BREF obsahuje faktické technické a ekonomické informace pro dotčené průmyslové činnosti – produkční charakteristiky, popis technik a používaných postupů, současné úrovně emisí, spotřeby surovin a energií, přehled BAT, jakož i nově vznikajících technik a údaje vedoucí k závěrům o BAT ze zákona č. 76/2002 Sb., v ustanovení § 2 písm. j) definuje referenční dokument nejlepších dostupných technik a technologií. Plné využití je předpokládáno v první čtvrtině 21. století.



Obr. 2. Posloupnost základních opatření zavedení čistší produkce. Zdroj: Amundsen (1995)

Strategie zavádění čistší produkce

Environmental Protection Agency (EPA) – Agentura pro ochranu životního prostředí v USA – definovala CP jako první ve zprávě pocházející z roku 1986 (EPA, 1996; Amundsen, 1995):

CP znamená snížení množství odpadů a škodlivin unikajících do okolního prostředí. To platí pro škodliviny, které vznikají ve výrobě, jsou upraveny v zařízení pro čištění odpadních plynů a odpadních vod a skladovány či deponovány (obr. 2).

Každý krok řešení je popsán technickou zprávou. V případě nesplnění některých ze stanovených cílů je nutno zvolit nové alternativy řešení a znovu je posoudit ve fázi sběru informací.

CP zahrnuje také způsoby použití technického vybavení ke snížení vzniku škodlivin u zdroje, recyklačních technik nebo provozních rizik:

- snížení celkového množství odpadů přepracováním výchozích surovin na finální produkty. Emise škodlivin do atmosféry nebo odpadních vod a odpady jsou nevyužité zdroje;
- snížení nebezpečnosti odpadů minimalizací či vyloučením obsahu látek, jejichž nebezpečnost je známa při současném uplatnění principu preventivní opatrnosti vůči látkám, jejichž všechny vlastnosti nejsou dokonale prozkoumány;

- nebo k oběma efektům, pokud takové snížení je slučitelné s cílem, který spočívá ve snížení budoucího ohrožení zdraví a ŽP;

- ke zdokonalení výrobních postupů a výrobních zařízení spojených s potlačením rizik vzniku průmyslových poruch, nehod nebo havárií ohrožujících na zdraví i životě pracovníky ve výrobě nebo obyvatelstvo v přilehlých územích;

- dbát na kvalitativní parametry žádané trhem a efektivnost výroby.

Nástup čistších technologií zformoval ve strategiích podniků, vedoucích k ochraně ŽP závislých na kapitálové síle firem, tři hlavní proudy:

- pasivní postoj – pouhé vykonávání a plnění úkolů podnikem vyplývající z legislativně předepsaných úkonů a norem;

- aktivní postoj – sledování vývoje techniky, využívání finančních zdrojů na rozvoj výrobních technologií, licenční politiku a know-how s cílem splnit i budoucí požadavky;

- proaktivní postoj – podnik má trvalý zájem „stát v čele svého oboru“, investuje do výzkumu a vývoje,

snaží se předvídat vývojové trendy poptávky na trhu, udržet si pozici na trhu.

Zásady čistší produkce

Cílem pracovní metody CP je zabránit vzniku odpadů a úniku škodlivin – znečišťujících látek do ŽP a vyhnout se pokud možno řešení skládkování. Všeobecně platí, že jen velmi zřídka se podaří změnit základní kvalitativní parametry výrob a výrobků bez odpovídajících změn podmínek výroby nebo konkrétních technologických postupů (Beránek a kol., 1996). Základní oblasti opatření CP vystihuje obr. 3. Uvedeným schématem je do značné míry naznačena hierarchie principů dosažení čistší produkce:

- základním cílem je zabránit vzniku škodlivin a odpadů ve výrobě;
- snížit množství škodlivin a odpadů ve výrobním postupu. K tomu v první řadě využít (1) možností změny specifikace kvalitativních parametrů výrobku, (2) změn výrobních postupů aplikací dostupných technicko-technologických poznatků, změnit výrobní technologii, zpracovávané suroviny a zavedenou provozní praxi;
- interně recyklovat co největší množství odpadů;
- externě recyklovat odpady, které nelze recyklovat interně;

- využít odpad jako druhotnou surovinu pro výrobu vedlejších produktů;
- využít odpad, který nemůže být druhotnou surovinou, pro výrobu energie;
- do zabezpečených skládek ukládat všechny zachycené škodliviny a odpady, které jsou nezpracovatelné podle výše uvedených bodů.

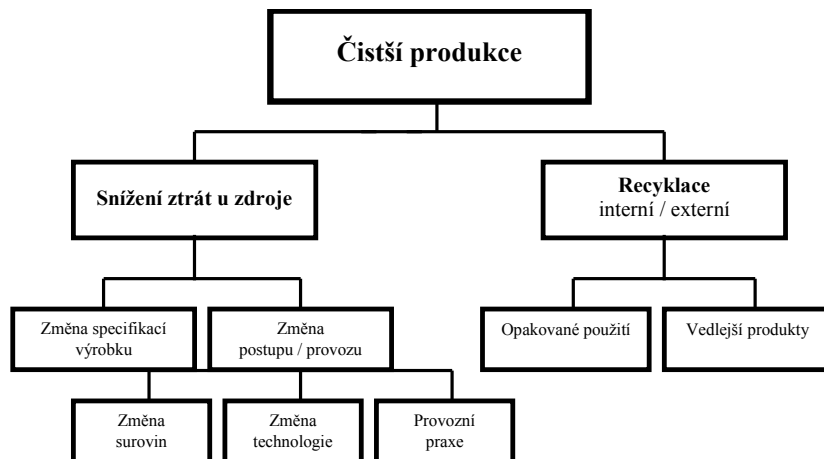
Produkce nových výrobků může být pozitivně ovlivněna jak nabídkou lepších užitečných vlastností zákazníkovi, tak zavedením ekologicky šetrnějších produktů vhodnou motivací zákazníka. Proto je nutné přesně znát preferované funkce výrobku a skutečné požadavky zákazníků. To jsou jedny ze základních informací při zavádění CP. Úloha pečlivého marketingového průzkumu trhu je nezastupitelná, zajišťuje ekonomickou návratnost inovací.

V mnohých případech nebyla zásadním řešeným problémem jen kvalita výrobků a minimalizace množství odpadů, ale také nestabilita dodávek surovin a jejich nevyrovnaná kvalita promítající se do kvality výrobků. Významnou roli sehrává nutnost diverzifikací zdrojů surovin, což je záležitost politicko-strategická. Ta se může v krizovém období stát naprosto prioritní.

Řada provozních údajů je v současných moderních výrobních automaticky registrována měřicími ústřednami a řídicími počítači s průběžným vyhodnocováním a automatickou archivací. Registrace středních, maximálních nebo minimálních hodnot, jejich četnosti a srovnání s optimálním režimem se statistickým vyhodnocením je při nasazení řídicích počítačů běžné. Nejcennější je objektivnost takto získaných informací s vyloučením lidského faktoru. Je tak eliminována logická snaha obsluh technologického zařízení vyvinut se z odpovědnosti za nedodržení technologického režimu, zavinění poruchy, závady nebo vznik havarijní situace způsobené jejich pochybením.

* * *

Stav znečištění složek ŽP vyžaduje jejich soustavnou preventivní ochranu podpořenou účinnými legislativními normami. Preventivní ochrana složek ŽP získala legislativní podporu ve všech rozvinutých zemích světa včetně ČR. Rozhodující úlohu má zákon č. 76/2002 Sb. CP je základní metodou zvyšování materiálové a energetické účinnosti výrobních postupů, preventivní ochrany složek ŽP cestou minimalizace vzniku odpadů všech skupenství při současném maximálním využití recyklační materiálů vnitřních i vnějších. Zabránění úniku škod-



Obr. 3. Základní oblasti opatření čistší produkce. Zdroj: Beránek a kol. (1996)

livin do ŽP metodami koncového čištění a skládkování, uplatňovaná v oblasti materiální výroby, jsou vždy součástí čistších technologií. Vývoj a provoz čistších technologií vyžaduje systematickou výchovu inženýrsky a environmentálně vzdělaných odborníků. Uplatnění čistších technologií je podmínkou snížení vstupů znečišťujících látek do složek ŽP, a tím i podmínkou trvale udržitelného rozvoje.

Literatura

- Amundsen, A.: Omezování vzniku odpadů – čistší produkce. Praha: ENZO, 1995, 163 s.
- Bartoňová, A. (ed.): Aktuální otázky znečištění ovzduší. Praha: Univerzita Karlova, 2004, 216 s.
- Beránek a kol.: Čistší výroba, prevence znečištění. Praha: České ekologické manažerské centrum, 1996, 49 s.
- EPA: Cleaner Production – Case Studies. Barton (Australia): Environmental Protection Agency, 1996, 97 p.
- Moldan, B.: Životní prostředí – globální perspektiva. Praha: Centrum pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy, 1994, 111 s.
- Richter, M.: Technologie ochrany životního prostředí I – III. Ústí nad Labem: Fakulta životního prostředí Univerzity J. E. Purkyně, 2008, 266 s.
- Söhnel, O., Richter, M.: Průmyslové technologie III. Ústí nad Labem: Fakulta životního prostředí Univerzity J. E. Purkyně, 1999, 113 s.

Ing. Miroslav Richter, Ph.D., EUR ING,
miroslav.richter@ujep.cz

Fakulta životního prostředí Univerzity J. E. Purkyně
v Ústí nad Labem, Králova výšina 3132/7, 400 96 Ústí
nad Labem, Česká republika