

120 let čištění odpadních vod – minulost, současnost a rozvojové projekty v Praze

Jiří Rosický

Odvádění a čištění odpadních vod na území Prahy představuje více než stoletý vývoj od původního odvádění splaškových vod do vodotečí až po současný komplexní systém centralizovaného čištění. Významným mezníkem bylo uvedení první pražské čistírny odpadních vod v Bubenči do provozu v roce 1906. Z dnešního pohledu šlo o zásadní krok k systematické ochraně vodního prostředí na území nynější České republiky. V současnosti vzniká v hlavním městě téměř pětina odpadních vod země a jejich rozhodující část je čištěna v Ústřední čistírně odpadních vod (ÚČOV), která od svého vzniku prodělala různé dostavby a rekonstrukce, jež zvyšují její kapacitu a účinnost čištění.

Článek je koncipován jako souhrnný přehled 120 let vývoje čištění odpadních vod v Praze. Zaměřuje se na hlavní technologické a koncepční etapy, současnou modernizaci ÚČOV Praha a nové výzvy vyplývající z evropské legislativy, zejména z požadavků na terciární a kvarterní čištění a energetickou neutralitu.

Historický vývoj a vznik koncepčního řešení

Rozvoj městských kanalizačních systémů je úzce spojen s urbanizací a industrializací 19. století. Původní odvádění odpadních vod bez čištění vedlo ke zhoršování hygienických podmínek, znečišťování místních zdrojů pitné vody a významným způsobem se podílelo na šíření infekčních onemocnění. Koncepční řešení odkanalizování Prahy bylo přijato v závěru 19. století na základě návrhu W. H. Lindleyho, který navrhl jednotný gravitační kanalizační systém s centralizovaným přivedením vod do lokality Bubeneč. S původní myšlenkou na mechanickou čistírnu umístěnou v Bubenči přišel projekt Václavek – Ryvola. Pro toto vyústění kanalizace s výstavbou čistírny obdrželo město Praha v roce 1897 stavební povolení. W. H. Lindley, který byl původně do Prahy pozván za účelem posouzení jiných projektů, tuto ideu převzal a dopracoval do vlastního návrhu. Tím vznikl základ systému, který je po řadě modernizací využíván dodnes. Čistírna odpadních vod v Bubenči (dnes jí říkáme Stará ČOV) byla **první etapou vývoje**.

Čistírna využívala mechanické čištění zahrnující česle, lapáky písku a usazovací nádrže. Z řady provozních a koncepčních důvodů musela v tomto uspořádání sloužit až do roku 1967.



Stará ČOV

Stalo se tak přesto, že v průběhu 20. století docházelo k postupnému rozvoji biologických a následně pokročilejších technologických procesů, které umožnily zvýšit účinnost odstranění organického znečištění, redukovat nutrienty a stabilizovat kalové hospodářství.

Druhou etapu vývoje čištění odpadních vod v Praze představuje Ústřední čistírna odpadních vod na Císařském ostrově (ÚČOV). Ve své základní podobě byla slavnostně uvedena do provozu v roce 1965, avšak pro vážné provozní nedostatky bylo mechanické čištění fakticky plně funkční až od roku 1967 a biologická část technologické linky až o rok později. Vodní linka se ve své původní podobě skládala z česlí, lapáků písku a osmi kruhových usazovacích nádrží. Mechanicky předčištěná odpadní voda dále natékala do aktivačních nádrží a aktivovaný kal byl separován v šesti kruhových dosazovacích nádržích.

První kalové hospodářství využívalo kapacitu usazovacích nádrží Staré čistírny ke gravitačnímu zahuštění primárních a přebytkových kalů, které byly po anaerobním vyhnívání dopravovány kalovými loděmi do kalojemů v povodí dolní Vltavy či čerpány na kalová pole v lokalitě Drasty.

ÚČOV ve své podobě ze šedesátých let minulého století sloužila až do roku 2018, kdy byla uvedena do zkušebního provozu Nová vodní linka (NVL). Po většinu své existence se potýkala s nedostatečnou kapacitou a omezenou účinností čistících procesů. První intenzifikace byla zahájena v roce 1973 a trvala až do roku 1983. Zlepšila kapacitu biologického stupně, avšak stále bylo nutné část odpadních vod po mechanickém předčištění odlehčovat do Vltavy. Účinnost čistících procesů založených na technologiích známých na konci padesátých let nemohla postačovat rostoucím požadavkům na ochranu přírodního prostředí v závěru minulého století.

Stoupající zatížení, zvyšující se požadavky na kvalitu vyčištěných odpadních vod, mezinárodní tlak spojený mimo jiné s ochranou Severního moře a dosud nejasněná koncepce dalšího rozvoje vedly k zásadní intenzifikaci ÚČOV v letech 1995–1997. Zaměřila se především na biologickou část vodní linky. Její kapacita byla rozšířena o čtyři dosazovací nádrže a zároveň byla vybudována regenerační zóna umožňující pracovat s úpravou stáří kalu a aplikací bioaugmentace in situ. Nově instalovaná jemnobublinná aerace přinesla výrazně účinnější proces aerace i zásadní snížení spotřeby elektrické energie. Úspěšná intenzifikace pomohla překlenout dlouhé období hledání další koncepce, fakticky až do dokončení NVL.

Na konci osmdesátých let byla prakticky připravena k zahájení výstavba nové moderní čistírny v Hostině u Mělníka. Jedním z důsledků politických a hospodářských změn po roce 1989

bylo, že hlavní město Praha muselo od tohoto záměru ustoupit a zahájilo několikaleté hledání jiného řešení, především vhodného území pro umístění druhé vodní linky. Zásadní obrat přinesla povodeň v roce 2002, která odstranila kulturní vrstvu tzv. „zahradek“ a vytvořila podmínky pro změnu územního plánu. Prostor ÚČOV byl v roce 2004 rozšířen právě o tuto lokalitu. Po letech hledání tak bylo možné formulovat koncepci **třetí vývojové etapy**, která dnes probíhá jako rozsáhlá modernizace a rekonstrukce Ústřední čistírny odpadních vod ze šedesátých let minulého století.

Současnost – modernizace a přestavba ÚČOV

Hlavními kroky modernizace jsou tři navazující stavby:

- Nová vodní linka (NVL),
- Stávající vodní linka (SVL),
- Kalové a energetické hospodářství (KEH).

Tyto stavby jsou připravovány a realizovány v uvedeném pořadí.

Nová vodní linka

Pro návrh finálního technického řešení byly mimo jiné rozhodující dvě podmínky: poměrně přísně ohraničený prostor pro stavbu a povinnost navrhnout a postavit NVL jako plně zakrytou technologii. Tomu bylo nutné přizpůsobit stavebně-technické řešení. Sekce mechanického čištění se skládá z jemných česlí a kompaktních jednotek označených dodavatelem jako Densadeg D4D, kde po separaci písku a tuků navazuje primární sedimentace. V případě potřeby může být mechanické čištění intenzifikováno chemickým srážením. Při návrhu byly využity dobré zkušenosti s funkcí regenerační zóny z intenzifikace ÚČOV v devadesátých letech. Na základě zkušeností z ÚČOV i z řady dalších úspěšných aplikací na čistírnách v České republice byla zvolena varianta aktivačního procesu s trojicí kaskád D-N, tzv. ALPHA proces, přičemž každé kaskádě je předřazena regenerační zóna. Odtok z pravouhlých, podélně protékajících dosazovacích nádrží je veden na jednotky Densadeg D2D, které v případě potřeby zajišťují terciární srážení fosforu. Odtok vyčištěných odpadních vod je následně veden přes dezinfekci UV lampami.

Kapacita NVL v normálním provozu má zajistit vyčištění poloviny odpadních vod z území HMP, což představuje hydraulicky max. 7,1 m³/s na mechanickém stupni a 4,1 m³/s na biologickém a terciárním stupni. Protože koncepce přestavby ÚČOV počítá s plným odstavením SVL po dobu její rekonstrukce a modernizace, je biologickou sekci a terciární čištění možné hydraulicky zatížit až na 6,0 m³/s s tím že parametry čištění jsou plně zabezpečeny po dobu jedné hodiny.

NVL byla dokončena v roce 2018 a následně doplněna o dezinfekci UV lampami. V trvalém provozu bez UV lamp je od roku 2020; UV lampy byly do trvalého provozu uvedeny na konci roku 2025. Zkušební i následný trvalý provoz prokázaly, že NVL bezpečně plní návrhové parametry.

Stávající vodní linka

Stávající vodní linka je druhou hlavní stavbou probíhající modernizace. V době vzniku tohoto článku je ukončeno převe-



NVL, česle



NVL, česle a uzávěry



NVL, biologická linka

dení veškeré čističné kapacity odpadních vod na NVL, dokončuje se čištění jednotlivých částí SVL a probíhá příprava na předání zhotoviteli k zahájení její přestavby. Ta má začít 1. 10. 2026 s předpokládaným dokončením a uvedením do zkušebního provozu v 1. pololetí roku 2030.

Po rekonstrukci bude SVL s maximálním přítokem odpadních vod 4 m³/s tvořit s NVL vzájemně provázaný systém dvou vodních linek, které umožní rozdělení průtoků, vyšší provozní

Tabulka: CAPEX mezních variant uspořádání 4. stupně pro NVL a SVL v CÚ 2025 (VOV – vyčištěné odpadní vody)

Linka	Skladba 4. stupně	CAPEX	tis. Kč/PE	Kč/1 m ³ VOV
N1	PAU + TF (D2D)	1 231 807 237	1 540	20,8
N2	PF + O ₃ + GAU	2 745 178 781	3 431	46,4
S1	PAU + TF	1 000 476 793	1 251	16,9
S2	PF + O ₃ + GAU	2 428 175 083	3 035	41,0



NVL, čerpadla biologického kalu



NVL, odstředivky biologického kalu

flexibilitu a splnění požadavků na kvalitu odtoku. Přestavba zahrnuje modernizaci mechanického předčištění, biologického stupně, dosazovacích nádrží i souvisejících provozních celků tak, aby rekonstruovaná linka odpovídala současným technologickým standardům a mohla bezpečně navázat na celkovou koncepci ÚČOV.

Modernizace SVL proto nepředstavuje pouze obnovu technologicky zastaralé části čistírny, ale také nezbytný krok k tomu, aby bylo možné celou ÚČOV dále rozvíjet v návaznosti na nové legislativní požadavky. Teprve po jejím dokončení bude možné hodnotit čistírnu jako jednotný technologický celek a rozhodovat o dalším doplnění terciárních a kvarterních procesů.

ÚČOV a nová směrnice o čištění městských odpadních vod

ÚČOV bude teprve po dokončení rekonstruované a modernizované SVL plnit v plném rozsahu požadavky na vypouštění vyčištěné odpadní vody podle „staré“ Směrnice Rady 91/271/EHS ve znění Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod. Ta však byla s účinností od 1. 1. 2025 nahrazena „novou“ Směrnicí Evropského parlamentu a Rady (EU) 2024/3019 ze dne 27. listopadu 2024 o čištění městských odpadních vod (Směrnice), která požadavky na parametry vyčištěných odpadních vod zpřísňuje. U ČOV nad 150 000 PE – zjednodušeně u terciárního čištění – vyžaduje celkový dusík nejvýše 8 mg/l a celkový fosfor nejvýše 0,5 mg/l. Oba parametry by měly ČOV této velikosti plnit nejpozději do roku 2039. Nově Směrnice zavádí povinnost zajistit kvarterním čištěním odstranění vybraných mikropolutantů postupně do roku 2045 a dále zvyšovat energetickou soběstačnost postupně až do dosažení plné energetické neutrality ve smyslu Směrnice nejpozději do roku 2045. Již v tomto mezičase bude třeba se věnovat přípravě na energetický audit a pracovat s výhledovými bilancemi.

Článek 23 Národní program provádění stanovuje v odst. 1 povinnost členským státům zavést národní programy provádění Směrnice do 1. 1. 2028. Pro přípravu a schválení národních plánů implementace jsou sice k dispozici tři roky, avšak velice pravděpodobně teprve na konci tohoto období bude jasné, v jakém čase a pro které ČOV bude Směrnice jak pro terciární, tak pro kvarterní čištění uplatněna.

V obou případech půjde o náročné investiční programy, u kterých v současných podmínkách v České republice bude od zahájení přípravy do ukončení stavby a zahájení zkušebního provozu třeba nejméně 8 až 10 let. Čas neúprosně běží. K 1. 1. 2025 bylo pro první etapu (do roku 2033) k dispozici 9 let! V tuto chvíli už z toho ubýlo 1,5 roku.

U kvarterního čištění je nejprve třeba rozhodnout, jaká technologie bude implementována. Rozhodnutí nebude jednoduché, protože zkušenosti z dosud existujících provozů v Evropě nejsou zcela jednoznačné. Jakýkoliv návrh se bude muset vypořádat s územními podmínkami v dané lokalitě, potřebou značných investičních prostředků a v neposlední řadě také s třetím z hlavních požadavků nové Směrnice, tedy s budoucí energetickou neutritou.

Pražská vodohospodářská společnost a.s. (PVS) jako správce vodohospodářského infrastrukturního majetku hlavního města Prahy proto prakticky už v roce 2024, ve spolupráci s Pražskými vodovody a kanalizacemi, a.s., (PVK) jako provozovatelem celého systému, zahájila přípravu, zejména pro řešení kvarterního čištění.

PVK ve spolupráci s Vysokou školou chemicko-technologickou v Praze (VŠCHT) a společností Veolia Holding Česká republika, a.s., (Veolia) zpracovaly pro PVS jako 1. etapu projektu Kvarterní čištění – technologické procesy dokument Rešerše technologií kvarterního čištění odpadních vod se zaměřením na aplikovatelnost v městských ČOV (dále jen Rešerše). V rozsáhlém dokumentu byl proveden teoretický předvýběr technologie kvarterního stupně čištění, byla použita multikriteriální SWOT analýza, která srovnávala široké spektrum technologií a jejich kombinací, o nichž byly nalezeny relevantní informace v odborné literatuře.

Ve II. etapě navázal tým na Rešerši prací Laboratorní ověření účinnosti metod kvarterního čištění pro odtok z NVL ÚČOV Praha. Laboratorní testy byly zaměřeny především na volbu GAU a podmínky jeho použití. Součástí práce byl také pohled na provozní ekonomiku kvarterního stupně. V průběhu tohoto roku bude etapa doplněna o výběr a posouzení vhodného PAU pro zvažovanou variantu s práškovým aktivním uhlím.

V současné době probíhají práce na přípravě záměru Kvarterního čištění, technologické procesy, III. etapa (dále jen Poloprovoz), jehož cílem jsou poloprovozní testy ověřující vybraná uspořádání technologické linky 4. stupně. Původně zvolené kombinace technologické linky počítaly se sorpcí pouze na GAU. V průběhu prací PVS rozhodla o rozšíření řešení také o práškové aktivní uhlí (PAU). Poloprovozní zařízení se proto bude skládat ze dvou větví. Větev A bude zaměřena na varianty uspořádání technologické linky, ve kterých bude stupeň sorpce zajišťován GAU. Větev B bude řešit sorpci na PAU, separaci PAU a samostatné zpracování vzniklých kalů. Pro řešení větve B byl původní tým rozšířen o specialisty společnosti ENVI-PUR, s.r.o. Podrobnější informace o připravovaných poloprovozních měřeních přesahují prostor této souhrnné informace. Podle současného časového plánu bude vlastní poloprovoz zahájen v polovině příštího roku a celý projekt dokončen v 1. čtvrtletí 2029.

Vedle přípravy „procesní“ potřebuje investor i představu o variantách možného uspořádání, prostorových možnostech na intenzivně využívaném území, objemech stavebních objektů a v neposlední řadě první odhady investičních a provozních nákladů. PVS proto zadala projekt Kvarterního čištění – Objemová studie, který zpracovalo sdružení společností D-PLUS PROJEK-

TOVÁ A INŽENÝRSKÁ a. s. a Sterplan a. s. (dříve Sweco). Projekt od počátku směřoval na specifické podmínky ÚČOV, kterými mimo jiné jsou:

- ÚČOV je složená ze dvou vodních linek. Každá bude samostatně doplněna o vlastní kvarterní stupeň, který navazuje na předchozí stupně své vodní linky – stupeň mechanického čištění, biologický stupeň, v případě NVL terciární stupeň. U SVL bude ještě doplnění terciárního stupně v důsledku požadavků nové Směrnice zvažováno.
- Pro obě vodní linky byla zvolena stejná návrhová kapacita kvarterního stupně – $3,125 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Územní plán v podstatě omezuje prostor pro ÚČOV tak, že vystoupit mimo jeho hranice by bylo mimořádně obtížné, zvláště na hranici areálu NVL směrem do prostoru, ve kterém má hlavní město Praha realizovat projekt Divoká Vltava.

Objemová studie byla zaměřena na variantní využití GAU a PAU v uspořádání:

- Ozonizace (O_3) + GAU s možností předřazené pískové filtrace (PF).
- PAU + separace na tkaninovém nebo pískovém filtru s možností předřazení ozonizace (O_3).

Informace o dokončené objemové studii opět přesahuje prostorové možnosti tohoto článku. Takže alespoň hlavní výsledky. Každá vodní linka byla posuzovaná samostatně kvůli odlišným prostorovým podmínkám. U obou zpracovatel posoudil několik kombinací uspořádání výškového a situačního řešení linky 4. stupně. V tabulce je pro každou vodní linku uvedena technologicky a investičně minimální (PAU + PF) a maximální varianta (PF + O_3 + GAU). Výsledky je třeba chápat jako první přiblížení. Konečné uspořádání bude ovlivněno výsledky dalšího rozpracování Objemové studie, a především výsledky Poloprovozu. Přesto výsledky poskytují základní informace o tom, kam směřovat další přípravu a jaké budou velice pravděpodobně potřeby finanční prostředky pro budoucí realizaci.

Další postup bude záviset i na výsledcích implementace nové Směrnice do podmínek České republiky, především na rozhodnutí o zařazení jednotlivých ČOV nad 150 000 PE do stanovených časových etap. Tady zatím informace chybí. V neposlední řadě je nezbytné znát, jak bude fungovat systém zvýšené odpovědnosti producentů (EPR), který má financovat 80 % investičních a provozních nákladů. Bez této znalosti nemůže žádný projekt vstoupit do realizační fáze.

Kalové a energetické hospodářství

KEH je třetí hlavní etapou přestavby a modernizace ÚČOV. V současné době probíhá projektová příprava směřující k tomu, aby bylo možné stavbu zahájit bezprostředně po dokončení SVL v roce 2030. Koncepční řešení od počátku sleduje dosažení



Stávající vodní linka a kalové hospodářství před rekonstrukcí



Kalové a energetické hospodářství po rekonstrukci

energetické soběstačnosti nového komplexu ÚČOV a vytvoření podmínek pro účinné hospodaření s energiemi. Roční potřebu elektrické energie v řádu cca 60 GWh je vedle externích zdrojů možné částečně krýt vlastní výrobou elektrické energie z bioplynu v kogeneračních jednotkách (KGJ) a z postupně budované fotovoltaiky (FVE). Ta je realizována i na přibližně 100 objektech vodohospodářské infrastruktury hlavního města Prahy spravovaných PVS a provozovaných PVK s plánem sdílení přebytků vyrobené elektrické energie s ÚČOV. U bioplynu je variantně zvažována jeho přeměna na biometan. Tato možnost byla úspěšně ověřena pilotním projektem a ÚČOV v současnosti dodává do pražské středotlaké plynovodní sítě více než 1 mil. Nm^3 za rok. Plná transformace bioplynu na biometan by mohla představovat až 12 mil. Nm^3 za rok, v současné době však naráží na potřebu a kapacitu dostupné plynovodní sítě.

KEH slouží a bude i v budoucnu sloužit oběma vodními linkami. Zatímco SVL bylo možné pro rekonstrukci a modernizaci odstavit z provozu, u KEH bude nezbytné provádět přestavbu za plného provozu. To se promítne i do postupu výstavby. Podle předběžného časového plánu bude pro postupnou přestavbu

třeba zhruba šest let, takže by měla být dokončena ve druhé polovině třicátých let. Investiční náklady pravděpodobně převýší v současných cenách 6 mld. Kč bez DPH.

Samostatnou problematikou je hospodaření s tepelnou energií. Ve vyčištěných odpadních vodách odchází bez využití velké množství tepelné energie. V rámci modernizace KEH je zvažováno vlastní energocentrum nízkopotenciálního tepla o výkonu cca 4 MW (EGC 4 MW). Vedle toho je připraven k dalšímu rozpracování samostatný projekt s pracovním názvem EGC 180 MW, který bude získávat tepelnou energii z vyčištěných odpadních vod. Počítá s ním Strategie teplárenství na území HMP, nově zpracovaná pro hlavní město Prahu.

Shrnutí a závěr

Vývoj čištění odpadních vod v Praze je příkladem dlouhodobé proměny městské technické infrastruktury od prvního koncepčního systému založeného na Lindleyho kanalizační soustavě a mechanickém čištění v Bubenči až po současnou rozsáhlou modernizaci Ústřední čistírny odpadních vod na Císařském ostrově. Jednotlivé etapy vývoje vždy reagovaly na rostoucí zatížení města, zpřísňující se požadavky ochrany vodního prostředí i na technologický pokrok v oblasti čištění odpadních vod.

Současná přestavba ÚČOV je postavena na třech hlavních pilířích: provozně ověřené Nové vodní lince, připravované rekonstrukci Stávající vodní linky a následné modernizaci Kalového a energetického hospodářství. Do této koncepce nyní vstupují nové požadavky evropské legislativy, zejména zpřísnění para-

metrů pro dusík a fosfor, zavedení kvarterního čištění mikropolutantů a postupný tlak na energetickou neutralitu. Praha proto již zahájila přípravné práce, laboratorní ověřování, objemové studie i přípravu poloprovozních testů, které mají vytvořit podklad pro budoucí investiční rozhodnutí.

Sto dvacet let čištění odpadních vod v Praze ukazuje, že kvalitní vodohospodářská infrastruktura není jednorázovou stavbou, ale nepřetržitým procesem technického, provozního i koncepčního rozvoje. Každá historická etapa přinesla řešení odpovídající své době. Současná etapa však soustřeďuje mimořádně náročné výzvy do jednoho období: dokončení rekonstrukce hlavních vodních linek, přípravu kvarterního čištění, modernizaci kalového a energetického hospodářství a hledání nových zdrojů energie a hospodaření s nimi.

Rozhodující bude schopnost včas propojit technické ověřování, územní a projektovou přípravu, ekonomické vyhodnocení a implementaci nové evropské legislativy do jednoho koordinovaného investičního programu. Pokud se tento postup podaří udržet, může se ÚČOV Praha stát nejen klíčovým prvkem ochrany Vltavy a dolního toku Labe, ale také příkladem moderní městské čistírny, která vedle vysoké účinnosti čištění významně přispívá k energetické efektivitě a dlouhodobé udržitelnosti hlavního města.

Ing. Jiří Rosický

Pražská vodohospodářská společnost a. s.