

STŘEDOŠKOLSKÁ ODBORNÁ ČINNOST

Obor SOČ: 03. chemie

Porovnávání účinnosti KČOV a DČOV

A root wastewater plant and domestic wastewater plant efficiency comparisson

Autoři: Vlach Jiří

**Škola: Střední odborná škola ekologická a
potravinářská ve Veselí nad Lužnicí, Blatské
sídliště 600/I**

Konzultant: Ing. Jana Šašková

Veselí nad Lužnicí 2012

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, SW atd.) uvedené v přiloženém seznamu.

Nemám závažné důvody proti zpřístupňování této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

Ve Veselí nad Lužnicí dne 14. 3. 2012

Podpis:

Poděkování:

Autor děkuje paní Ing. Janě Šáškové za vedení a konzultaci v průběhu práce, panu Ing. Tomáši Pickovi Ph.D. za poskytnutí informací z oblasti KČOV Slavošovice, panu Miroslavu Bechyněmu za informace z oblasti DČOV Dvůr Hamr, Jiřímu Kotrbovi a Josefu Adamíkovi za poskytnutí možnosti odběrů vzorků a Státnímu veterinárnímu ústavu v Českých Budějovicích za možnost rozboru vzorků.

ABSTRAKT

Tato maturitní práce je zaměřena na porovnání cen stavby a provozu čistíren odpadních vod. Dále na účinnost čištění kořenové čistírny odpadních vod Slavošovice a domovní čistírny odpadních vod Dvůr Hamr v závislosti na teplotě. Odebírané vzorky od září 2011 do prosince 2011 dokazují vliv okolní teploty na kvalitu přečištěné vody.

KLÍČOVÁ SLOVA: čistírna odpadních vod; domovní čistírna odpadních vod; kořenová čistírna odpadních vod, chemická spotřeba kyslíku; biochemická spotřeba kyslíku

THE ABSTRACT

The graduation thesis is focused on the comparison of construction and operation costs of wastewater treatment plants. Furthermore, the efficiency of root wastewater plant Slavošovice and domestic wastewater treatment plant Dvůr Hamr based on temperature. Samples were taken from late summer to early winter weather, and demonstrate the influence of ambient temperature on the quality of purified water.

KEYWORDS: wastewater plant; domestic wastewater plant; root wastewater plant; chemical oxygen demand, biochemical oxygen demand

Obsah

1	Úvod	- 1 -
2	Teoretická část	- 2 -
2.1	Kořenové čistírny odpadních vod (KČOV).....	- 3 -
2.1.1	Předčištění ^[1]	- 3 -
2.1.2	Filtrační lože ^[1]	- 3 -
2.1.3	Dimenzování filtračních polí ^[1]	- 4 -
2.1.4	Distribuce odpadní vody ^[1]	- 4 -
2.1.5	Vegetace ^[1]	- 4 -
2.1.6	Funkce mikroorganismů při čištění odpadních vod ^[8]	- 5 -
2.1.7	Parametry KČOV Slavošovice.....	- 6 -
2.2	Domovní čistírna odpadních vod (DČOV).....	- 6 -
2.2.1	Popis průběhu čištění	- 8 -
2.2.2	Instalace.....	- 9 -
2.2.3	Kvalita přiváděných odpadních vod.....	- 9 -
2.2.4	Využití vyčištěné vody a přebytečné biomasy.....	- 10 -
2.2.5	Parametry DČOV Dvůr Hamr	- 10 -
2.3	Porovnání ceny výstavby KČOV a DČOV ^[7]	- 10 -
2.4	Srovnání domovních čistíren s kořenovými čistírnami odp. vod.....	- 11 -
2.4.1	Systém s diskontinuálním průtokem – SBR ^[1]	- 11 -
2.4.2	Kořenové čistírny odpadních vod ^[3]	- 12 -
3	Praktická část.....	- 13 -
3.1	Metodika – Odběr vzorků odpadní vody.....	- 14 -
3.2	Měření sledovaných parametrů	- 16 -
3.2.1	Stanovení elektrické konduktivity	- 16 -
3.2.2	Stanovení pH (elektrometricky).....	- 17 -
3.2.3	Stanovení dusičnanů fotometricky s kyselinou sulfosalicylovou.....	- 18 -
3.2.4	Stanovení dusitanů fotometricky soupravou Spectroquant f.Merck	- 20 -
3.2.5	Stanovení fosforečnanů (viz Obr. 19)	- 21 -
3.2.6	Stanovení CHSK.....	- 22 -
3.2.7	Stanovení BSK ₅	- 23 -
4	Výsledky měření.....	- 24 -
4.1	pH – Slavošovice	- 25 -
4.2	pH - Dvůr Hamr.....	- 26 -

4.3	Vodivost - Slavošovice	- 27 -
4.4	Vodivost - Dvůr Hamr	- 28 -
4.5	NO_2^- - Slavošovice	- 29 -
4.6	NO_2^- - Dvůr Hamr	- 30 -
4.7	NO_3^- - Slavošovice	- 31 -
4.8	NO_3^- - Dvůr Hamr	- 32 -
4.9	PO_4^{3-} - Slavošovice	- 33 -
4.10	PO_4^{3-} - Dvůr Hamr	- 34 -
4.11	CHSK - Slavošovice	- 35 -
4.12	CHSK - Dvůr Hamr	- 36 -
4.13	BSK_5 - Slavošovice	- 37 -
4.14	BSK_5 - Dvůr Hamr	- 38 -
5	Diskuse	- 39 -
6	Závěr	- 42 -
7	Zdroje.....	- 43 -
8	Seznam zkratk	- 44 -
9	Seznam příloh.....	- 45 -

1 Úvod

Tato maturitní práce je zaměřena na sledování kvality odpadních vod kořenové čistírny ve Slavošovicích a domovní čistírny ve Dvoře Hamr. Hlavním úkolem mé práce bylo stanovení dusičnanů, dusitanů, fosforečnanů, pH, vodivosti, BSK₅ a CHSK v odpadní vodě. Dále porovnání účinnosti KČOV Slavošovice a DČOV Dvůr Hamr v závislosti na okolní teplotě. Vzorky byly odebírány jednou za týden na přítoku a odtoku z čistírny v období od 18. září do 16. října 2011 a od 20. listopadu do 18. prosince 2011 a analyzovány v laboratořích Střední odborné školy ekologické a potravinářské ve Veselí nad Lužnicí (CHSK a BSK₅) a ve Státním veterinárním ústavu v Českých Budějovicích (NO₂⁻, NO₃⁻, PO₄³⁻).

Z počátku lidé odpadní vody řešili tak, že je odváděli stokami nejkratší cestou do řeky, což mělo za následek neskutečný zápach v celém městě, šíření nemocí (cholera), záplavy, znečišťování vodních toků a podzemních zdrojů pitné vody. Stoky (Kréta, Indie) byly nejprve vyhloubeny do země (3000 - 2500 let před n. l.) a až později okolo 16. - 17. století se začaly budovat z cihel (tzv. zvonivek) a kamení podzemní katakomby. První katakomby a kanalizace začaly vznikat v Římě, Londýně (1840) a Paříži (1892).

Na českém území vnikala první čistírna odpadních vod v letech (1890 - 1906). Tuto čistírnu odpadních vod vybudoval v Praze Sir Ing. William H. Lindley pro 400 000 obyvatel. Roku 1927 byla tato čistírna zmodernizována. Roku 1954 byla pro hlavní město Prahu vybudována zcela nová ČOV.

2 Teoretická část

2.1 Kořenové čistírny odpadních vod (KČOV)

Kořenové čistírny odpadních vod jsou označovány jako systémy umělých mokřadů s podpovrchovým horizontálním tokem, jejichž základním principem čištění je horizontální průtok odpadní vody propustným substrátem, ve kterém jsou vysázeny mokřadní rostliny. Samočisticí proces, ke kterému v kořenových čistírnách dochází, je založen na schopnosti bakterií odstraňovat organické znečištění.

Význam mokřadních rostlin, vysázených v kořenové čistírně, spočívá především v tom, že jejich kořeny provzdušňují substrát a poskytují tak prostředí pro rozvoj bakterií, odbourávajících organickou hmotu. Kořeny rostlin (zejména rákosu) rovněž vylučují látky, které odstraňují bakterie, indikující fekální znečištění. Touto metodou se odstraňují především rozpuštěné látky, nerozpuštěné látky a s menší účinností také dusíkaté a fosforečné znečištění. Odpadní voda je přiváděna potrubím tak, aby rovnoměrně protékala kořenovým ložem, kde dochází k odstraňování znečištění díky kombinaci biologických, chemických a fyzikálních procesů. Na konci kořenového lože je vyčištěná odpadní voda odváděna drénem. ^[10]

2.1.1 Předčištění ^[1]

Před vlastní kořenovou čistírnu je vždy nutné zařadit mechanické předčištění, které je pro tento typ čištění velmi důležité. V případě nedokonalého předčištění se dostatečně neodstraní nerozpuštěné látky, které mohou následně ucpat vlastní filtrační lože. Pro domovní čistírnu postačuje jednoduchý septik nebo usazovací nádrž. Je však možné využít i různé intenzifikované septiky nebo domovní anaerobní filtr. Pro malé obce je nejvhodnější kombinace česlí a šterbinové nádrže, v případě jednotné kanalizace (splašky společně s dešťovými splachy) je nutné oddělit dešťové přívaly a zařadit lapák písku, případně i šterku.

2.1.2 Filtrační lože ^[1]

Filtrační lože je většinou 60 až 80 cm hluboké a substrát musí být dostatečně propustný, aby nedocházelo k ucpávání. Kořenové čistírny, které se stavěly v 70. a 80. letech 20. století, většinou využívaly těžké, jílovité zeminy, které měly vysoký filtrační a čistící účinek, ale docházelo velmi rychle k ucpávání a k povrchovému odtoku. Tato skutečnost nesnižovala příliš výsledný čistící efekt, ale docházelo k hygienickým problémům (např. zápach), a také k problematickému způsobu provozování v zimních měsících. V současné době se nejvíce používá praný šterk, drcené kamenivo nebo kačírek o zrnitosti 4/8 nebo 8/16 mm. Je vhodné používat pouze jednu frakci, neboť při použití více frakcí může dojít k nedokonalému promísení jednotlivých frakcí a poté se mohou vytvářet zkratové proudy ve filtračním loži. Navíc je bezpodmínečně nutné použít materiály zbavené prachu, případně zeminy. V případě šterku je vhodné vždy použít praný šterk. Rozvodné a sběrné zóny jsou

vyplněny hrubým kamenivem (50 – 200 mm), aby se odpadní voda dobře rozvedla po celém profilu nátokové hrany. Filtrační lože je odděleno od podloží nepropustnou vrstvou, nejčastěji plastovou fólií (PVC, PE), aby nedocházelo k nekontrolovaným průsakům do podloží a následnému znehodnocování podzemních vod. Plastovou fólii je nutné ochránit před poškozením, např. podložit a překrýt geotextilií, aby nedošlo k protržení fólie při navážení filtračního materiálu. Pokud je podloží tvořeno málo propustným materiálem (jíl s hydraulickou vodivostí $<10 - 8 \text{ m/s}$), není nutné používat další izolace.

2.1.3 Dimenzování filtračních polí ^[1]

Kořenové čistírny jsou téměř vždy dimenzovány tak, aby bylo zajištěno dostatečné odstranění organických a nerozpuštěných látek. Pro městské a domovní splašky vychází plocha filtračních polí cca 5 m^2 na jednoho připojeného obyvatele. Vzhledem k faktu, že v současné době je produkce znečištění na malých vesnicích větší než v minulosti, vychází plocha vegetačních polí přibližně $8 - 10 \text{ m}^2$ na jednoho ekvivalentního obyvatele (EO, tj. 60 g BSK_5 na osobu a den). Tento nedostatek byl eliminován rozdělením celkové plochy na několik menších polí, což však na druhou stranu vede ke zvětšení celkové plochy čistírny.

2.1.4 Distribuce odpadní vody ^[1]

Původně byla mechanicky předčištěná odpadní voda většinou přiváděna do rozvodné zóny přes otevřený žlab. Tento způsob se však ukázal jako nepříliš vhodný vzhledem k nutnosti stálé kontroly přelivné hrany, problémům v zimním období a také hygienickým závadám (zápach). Od poloviny 80. let je předčištěná odpadní voda běžně přiváděna přímo do rozvodné zóny, která je vyplněna hrubým kamením. Pro rozvod se většinou používají plastové trubky s velkými otvory, aby se zabránilo ucpávání. Rozvodné potrubí může být uloženo buď pod úrovní povrchu filtračního pole a povrch rozvodné zóny je ve stejné úrovni jako povrch filtračního pole nebo jsou rozvodné trubky uloženy nad úrovní povrchu filtračního pole a jsou převrstveny hrubým kamenivem. Sběrné potrubí je uloženo na dně filtračního lože a je spojeno v odtokové šachtě s výpustním mechanismem, kterým se nastavuje výška vodního sloupce ve filtračním loži (na principu spojených nádob). Při běžném provozu se hladina vody udržuje $5 - 10 \text{ cm}$ pod povrchem filtračního lože. V zimních měsících lze vodní hladinu snížit, ale provozní zkušenosti ukazují, že vegetace poskytuje dostatečnou izolaci před zamrzáním, a hladinu vody není nutné v zimním období snižovat.

2.1.5 Vegetace ^[1]

Mokřadní rostliny plní v kořenových čistírnách řadu důležitých funkcí, ale je nutné si uvědomit, že tyto funkce jsou především nepřímého charakteru. V našich klimatických podmínkách se jeví jako nejdůležitější funkce zateplování povrchu filtračních polí v průběhu zimního období. Z tohoto důvodu se vegetace sklízí až na konci zimního období, když již nehrozí nebezpečí velkých mrazů. Další významnou funkcí rostlin je poskytování podkladu

(kořeny a oddenky) pro přisedlé mikroorganismy, které se jinak nevyskytují ve volné půdě, a přivádění kyslíku do kořenové zóny, která je většinou anoxická nebo anaerobní (tj. bez kyslíku). Mokřadní rostliny jsou fyziologicky a morfologicky uzpůsobeny k transportu kyslíku z atmosféry do podzemních částí, aby tyto části rostlin mohly respirovat (dýchat).

Kyslík, který není spotřebován na respiraci, difunduje do okolí kořenů a vytváří malé aerobní zóny. Pro osázení KČOV se nejvíce používá **rákos obecný** (*Phragmites australis*), především pro svou schopnost tolerovat značnou míru znečištění. Často je vysazován v kombinaci s **chrsticí rákosovitou** (*Phalaris arundinacea*), která roste rychleji než rákos a vytváří kompaktní porost již během prvního vegetačního období. Pro malé domovní čistírny lze využít i jiné mokřadní rostliny, které mají navíc i dekorativní charakter, např. **orobince** (*Typha spp.*) nebo různé druhy **kosatců** (*Iris spp.*). Rostliny se vysazují v hustotě 4–8 na 1 m² přímo do šterkového lože, pokud možno bez zeminy. Po vysazení rostlin je vhodné udržovat hladinu vody při povrchu lože, případně těsně nad povrchem, až do té doby, než rostliny řádně zakoření.

2.1.6 Funkce mikroorganismů při čištění odpadních vod ^[8]

- **rozklad dusíkatých organických látek** *proteolytické bakterie* – odbourávají bílkoviny, předcházejí činnosti amonizačních bakterií *amonizační bakterie* – rozkládají organické dusíkaté látky, tj. bílkoviny, jejich štěpné produkty, aminy, amidy, močovinu apod.; při procesu se uvolňuje dusík ve formě amoniaku, při rozkladu bílkovin některé druhy produkují jako vedlejší produkt i sirovodík
- **nitrifikace a denitrifikace** *nitrifikační bakterie* – pomalu rostoucí bakterie, které vyžadují aerobní podmínky; jejich výskyt je ukazatelem konečné etapy samočisticích procesů, kdy již výrazně převažují mineralizační pochody *denitrifikační bakterie* – redukují dusičnany na dusitany a dále na plyný dusík; proces probíhá ve znečištěných vodách v anoxickém prostředí, které je charakterizováno absencí rozpuštěného kyslíku a přítomností dusičnanů
- **rozklad celulózy** *metanobakterie* – za anaerobních podmínek, *celulolytické bakterie myxobakterie* – za aerobních podmínek
- **rozklad škrobu a nižších cukrů** *amylolytické bakterie*
- **rozklad tuků** *lipolytické bakterie*
- **rozklad organických a anorganických látek obsahujících síru** *sulfurikační bakterie, desulfurikační bakterie* – jejich činnost způsobuje redukci oxidovaných forem síry na sirovodík
- **rozklad organických a anorganických sloučenin fosforu**
v extenzivních čistírnách lze dosáhnout pouze rozkladu složitějších sloučenin fosforu na jednoduché rozpuštěné fosforečnany. V aktivačních čistírnách u velkých měst, se zvláštním uspořádáním technologie (střídání anaerobních a aerobních podmínek), lze dosáhnout zvýšeného biologického odstraňování fosforu pomocí *polyfosfobakterií*

2.1.7 Parametry KČOV Slavošovice

Počet kořenových polí: 2

Druh vysazené rostliny: Rákos obecný (*Phragmites australis*)

Šířka kořenového pole: 22 m

Délka kořenového pole: 17 m

Rozloha: 2 x 374 m² (cca 5 m²/obyvatel)

Sklon dna pole: 1%

Počet EO: 150

Počet připojených EO: 70 – 80

Doba průtoku odpadní vody kořenovým polem: 8 – 16 dní

2.2 Domovní čistírna odpadních vod (DČOV)

Domovní čistírna odpadních vod je určena k čištění běžných splaškových odpadních vod vznikajících provozem domácností, rekreačních chat, objektů určených k ubytování osob, restaurací a sociálních zařízení závodů. Na ČOV je možné přivádět běžné splaškové odpadní vody v množství do 5 m³/den. tj. cca 30 EO.

Vzhledem k charakteru systému SBR nemá na účinnost čištění vliv nerovnoměrné nárazové vypouštění odpadních vod v průběhu dne nebo dlouhodobé přerušení nátoky odpadních vod (rekreační objekty, restaurace, pensiony se sezónním provozem). Minimální množství odpadních vod není stanoveno.

Diskontinuální způsob čištění odpadních vod je s velkou výhodou uplatnitelný při rekonstrukci starých nevyhovujících ČOV. Důvodem je využití stávajících nádrží nejrůznějších tvarů a typů a jejich snadnost k přebudování na SBR reaktor. S výhodou lze využít nádrží, které mají větší hloubku.^[9]

Technologie vsádkového reaktoru, tzv. SBR systém (*Sequencing Batch Reactor*), je založena na principu čištění odpadních vod kulturou mikroorganismů aktivovaného kalu. Ve srovnání s klasickými kontinuálními systémy je SBR technologie provozována diskontinuálně, kdy střídavě dochází k plnění jednoho a druhého reaktoru. Jednotlivé fáze cyklu, jsou schematicky znázorněny na obrázku. Organické znečištění se z odpadní vody odbourává působením mikroorganismů aktivovaného kalu v suspenzi. Po naplnění se reaktor provzdušňuje. V případě biologického odstraňování nutrientů, následují i neprovzdušňované periody takovým způsobem, aby byly splněny požadované podmínky pro biologické odstraňování nutrientů z odpadní vody. K odsazení vyčištěné vody od kalu dochází přímo sedimentací v reaktoru. Po dekantaci následuje odčerpání vyčištěné odpadní vody z povrchu.

Zařízení je plně automatizováno řídicím členem. Podle požadavků na odtok lze zařadit terciární stupeň čištění.^[9]

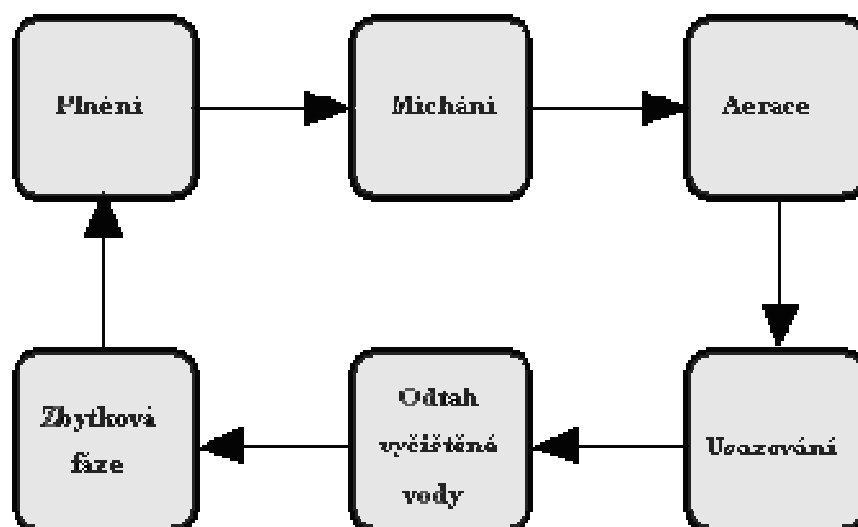


Schéma fází cyklu provozu SBR systému^[9]

SBR reaktory se v dnešní době používají jak k čištění splaškových odpadních vod, tak i k odstraňování znečištění z průmyslových odpadních vod. Díky své flexibilitě provozu, kdy lze změnou doby trvání jednotlivých cyklů dosáhnout maximální účinnosti, si vydobily svá prvenství při zpracování obtížně čistitelných odpadních vod převážně v USA. SBR proces je velice vhodný na lokality, kde se jedná o variabilní zatížení ČOV s vysokým rozpětím koncentračních i průtokových maxim a minim během dne i roku. Vzhledem k tomu, že k separaci aktivovaného kalu od vyčištěné odpadní vody dochází v tom samém reaktoru jako k odstranění znečištění, je do jisté míry zredukován i celkový objem systému.^[9]

Z hlediska populační dynamiky mikroorganismů aktivovaného kalu systém splňuje veškeré předpoklady k vytvoření dobře separovatelných vloček kalu. V reaktoru se dosahuje maximálního koncentračního gradientu během fáze odstraňování znečištění z odpadních vod. Vzhledem k tomu, že systém funguje na přečerpávacím schématu, je vhodný na lokality v rovinatém terénu, kde by bylo nutno odpadní vodu čerpat i do jiných systémů. K nátoku na samotnou biologickou část systému (*reaktory s aktivovaným kalem*) lze však s výhodou využít i gravitačního sklonu, stejně jako v případě vhodných výškových poměrů lze gravitačně reaktory vypouštět. Aby bylo zajištěno kontinuální zpracování odpadní vody, pracuje se obvykle v paralelním uspořádání dvou či více reaktorů, které se střídavě naplňují a vyprazdňují.^[9]

SBR reaktory je možno s výhodou využít při intenzifikacích ČOV, neboť jejich aplikace jsou vhodné prakticky pro všechny tvary nádrží a instalace technologie bez výrazných úprav existujících reaktorů bývá snadná. SBR systémy jsou z hlediska tvorby vláknitých zbytnělých kalů výrazně odolnější oproti kontinuálním aktivačním systémům. Tvorba biologických pěn, tak jak je pozorováno v poslední době na většině velkých kontinuálních ČOV v České republice, nebyla u SBR systému pozorována. Pěnka, tvořící se na hladině SBR nádrží, je běžnou provozní skutečností a není projevem biologické tvorby

pěn, nýbrž projevem flotace hydrofobních partikulí v suspenzi aktivovaného kalu. Odtok touto pěnkou není ovlivněn, neboť ke stahování vyčištěné vody dochází z horizontu 10-15 cm pod hladinou nádrže. Jedná se proto spíše o estetický problém.^[9]

Významnou výhodou SBR reaktorů je jednoduchost řízení a možnost flexibilně a automaticky ovlivňovat délky oxických, anoxických a anaerobních fází. Systém lze proto řídit i dálkově. Nevýhodou tohoto řešení může být pouze zdánlivě větší kapacita dmychadel nezbytná pro dodávku vzduchu do systému v omezeném časovém období.^[9]

Je všeobecně známo, že kvalita vyčištěné vody, kterou lze dosáhnout u SBR systémů, je srovnatelná či lepší, než u kontinuálních. Zdůvodnění této skutečnosti vyplývá z principu aktivačního procesu, jehož flexibilita u SBR systému je výrazně vyšší. Kontinuální systém má dané velikosti reaktorů. Po výstavbě je již nelze měnit a optimalizovat jejich objem. U diskontinuálního způsobu lze jejich "objem" měnit pouze nastavením délky jednotlivých fází cyklu. SBR reaktor může proto pracovat s nulovým rizikem v rozmezí širokých kapacit EO, neboť lze jeho funkci upravit jak změnou jednotlivých fází cyklu, tak i množstvím užitého objemu reaktoru, jehož plnění nemusí být 100%, ale dle potřeby. Aplikované řídicí systémy uplatňují tyto principy z hlediska dosažení optimální funkce systému.^[9]

2.2.1 Popis průběhu čištění

Odpadní vody jsou čištěny mechanicky a biologicky. Biologické čištění probíhá s využitím aerobních mikroorganismů využívajících organické látky obsažené v odpadní vodě jako substrát. Jedná se o nízko zatíženou aktivaci s nitrifikací v modifikaci SBR (sequencing batch reactor). Proces čištění probíhá v uzavřených cyklech v jedné nádrži – bioreaktoru. Produktem čištění je směsný kal, který je částečně hygienicky stabilizovaný.

Spláskové odpadní vody jsou gravitační kanalizací nejprve přivedeny do usazovací nádrže. Zde se zachytí usaditelné a plovoucí látky. Mechanicky předčištěná odpadní voda dále natéká do bioreaktoru (aktivační nádrže). Zde probíhá pomocí aerobních mikroorganismů intenzivní biologické čištění. Bioreaktor pracuje v cyklech automaticky řízených ovládacím zařízením. Jeden cyklus čištění proběhne za 24 hodin a zahrnuje tři sekvence.

Sekvence I – aktivace. Po dobu cca 22 hodin (od 04:15 do 02:00 hodin) dochází k odstraňování organických látek z odpadní vody působením aerobních mikroorganismů (aktivovaného kalu). Současně probíhá biologická nitrifikace. Bioreaktor je intenzivně provzdušován a promícháván tlakovým vzduchem z jemnobublinných difuzorů umístěných na dně nádrže. Ve dvě hodiny v noci dojde k automatickému vypnutí dmychadla. Tím je sekvence aktivace.

Sekvence II – sedimentace (tj. po dobu cca 2 hodin). V průběhu této sekvence je obsah bioreaktoru v klidu, vločky aktivovaného kalu klesají ke dnu nádrže. Po uplynutí doby prodlevy je automaticky spuštěno čerpadlo. Tato sekvence probíhá standardně od 02:00 hod do 04:00 hod. v noci, kdy se předpokládá minimální přítok odpadních vod.

Sekvence III – čerpání vyčištěné vody. Po vyčerpání vyčištěné vody na úroveň minimální provozní hladiny je čerpadlo vypnuto a opět spuštěno dmychadlo. Tím je uzavřen jeden cyklus čištění.

Odčerpání přebytečného kalu z bioreaktoru se provádí automaticky pomocí kalového čerpadla vestavěného do bioreaktoru. Přebytečný aktivovaný kal se čerpá do usazovací – kalové nádrže, kde dochází k jeho gravitačnímu zahuštění. Kalová voda přitéká zpět do bioreaktoru.

2.2.2 Instalace

Nádrže se uloží na vodorovnou základovou desku provedenou z armovaného betonu o tloušťce cca 150 mm. Do vystavěných hrdel se připojí přítokové potrubí (DN 150 mm), odtokové potrubí (DN 150 mm) a nádrže se spojí propojovacím potrubím. Nádrže se do výšky 100 cm obetonují. Zbytek výkopu se zasype pískem stabilizovaným cementem. Na stropěch nádrží se vybetonuje deska o tloušťce cca 10 cm. V případě výskytu podzemní vody nad základovou spárou, nebo v případě, že nad nádržemi nebo v jejich těsné blízkosti bude zřízena komunikace je nutné nádrže obetonovat.

2.2.3 Kvalita přiváděných odpadních vod

Do ČOV je možné přivádět všechny odpadní vody vznikající provozem domácnosti (z kuchyně, WC, koupelny). Do kanalizace není možné odvádět koncentrované tuky a oleje, odpady z drtiče kuchyňských zbytků; koncentrované chemikálie, ropné produkty, látky toxické, zápalné nebo výbušné. Dezinfekční prostředky (jako např. SAVO) pokud jsou použity, v běžném množství nemají negativní vliv na účinnost čištění.

Vzhledem k charakteru systému SBR nemá na účinnost čištění vliv nerovnoměrné nárazové vypouštění odpadních vod v průběhu dne. Minimální množství odpadních vod není stanoveno. Na základě provozních zkušeností lze potvrdit, že DČOV je funkční i v případě, že odpadní vody nejsou přiváděny po dobu několika měsíců. Tento jev umožňuje schopnost mikroorganismů vytvářet spory. V případě, že se dostanou do nevyhovujících podmínek pro svůj život (nedostatek kyslíku a živin), vytváří spory, což znamená neaktivní formy života, které nepřijímají potravu a nerozmnožují se, jsou však schopny přežít velmi dlouhé období. V okamžiku, kdy je do ČOV vypouštěna odpadní voda a vháněn kyslík (obnoví se jejich životní prostředí) spory ožijí a bakterie se znovu aktivují. DČOV rychle obnoví svou čistící schopnost. Zápach zmizí po 2 hodinách a plná čistící funkce se obnoví maximálně do sedmi dnů.

2.2.4 Využití vyčištěné vody a přebytečné biomasy

Vyčištěnou odpadní vodu lze výhodně využít k zavlažování zahrady. Například trávníku, okrasných výsadeb a zejména stále zelených stromů, zvláště jehličnanů. Jehličnany i během zimy asimilují a jehlicemi vypařují vodu, z tohoto důvodu potřebují stále vydatné zavlažování. Vyčištěná voda je ve srovnání s vodou ze studny nebo dokonce s vodou z vodovodu mnohem příznivější pro zálivku rostlin. Vyčištěná odpadní voda je relativně teplá, prokysličená a obsahuje malé množství živých mikroorganismů, které se v půdě významným způsobem podílejí na tvorbě půdního humusu.

2.2.5 Parametry DČOV Dvůr Hamr

Plastové kontejnery: 2 (plastové vyztužené nerezovou ocelí)

Kalová nádrž: průměr 1,5 m; výška 2,5 m

Bioreaktor: průměr 2,4 m; výška 2,5 m

Membránové dmychadlo o příkonu 150 W, výkon 150 l/min, napětí 240 V

Jemnobublinné trubkové difuzory s EPDM membránou Pfeiderer 700/65

Ponorné čerpadlo o příkonu 750 W/240 V.

Parametry čerpadla: maximální výtláčná výška 10 m, maximální průtok 20 m³/hod.

Ponorné čerpadlo o příkonu 350 W/240 V.

Skříň ovládání typ BVS SBR 2011

Doba průtoku odpadní vody DČOV: 1 den

2.3 Porovnání ceny výstavby KČOV a DČOV^[7]

Typ ČOV	Počet osob	Cena včetně DPH
BVS-SBR-5	1 - 6	45 220 Kč
BVS-SBR-15	7 - 15	96 888 Kč
BVS-SBR-20	16 - 20	106 524 Kč
BVS-SBR-30	21 - 30	137 148 Kč
.		
KČOV	1 - 4	29 280 Kč
KČOV	4 - 8	41 400 Kč
KČOV	8 - 12	48 960 Kč
KČOV	12 - 20	91 080 Kč

2.4 Srovnání domovních čistíren s kořenovými čistírnami odp. vod

2.4.1 Systém s diskontinuálním průtokem – SBR^[1]

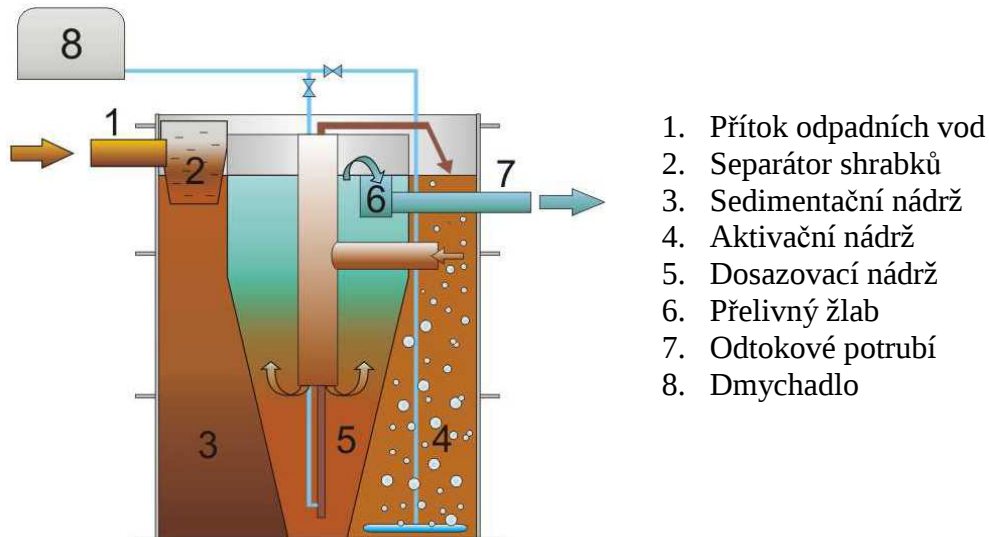
Výhody:

- vysoká účinnost čištění
- minimální zastavěná plocha
- nízké pořizovací náklady
- odolnost proti autolýze kalu a proto vhodné pro sezónní a nárazový provoz
- automatická regulace koncentrace aktivovaného kalu
- vestavěné čerpadlo umožňuje využití vyčištěné vody k zálivce bez dalších nákladů

Nevýhody:

- v případě kolísavého zatížení jsou náchylné k autolýze kalu
- je nutné kontrolovat a regulovat koncentraci aktivovaného kalu
- časté problémy s recirkulací kalu mezi dosazovací a aktivační nádrží.

Schéma funkce domovní čističky odpadních vod ^[5]



2.4.2 Kořenové čistírny odpadních vod^[3]

Výhody:

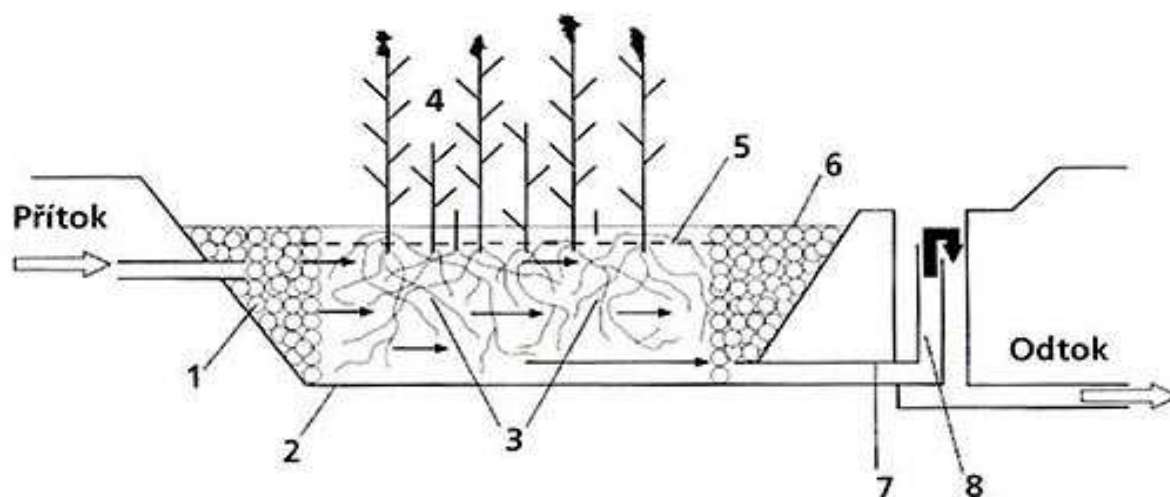
- jsou schopny čistit odpadní vody s nízkou koncentrací organických látek, což je u klasických čistíren problém
- dobře se vyrovnávají s kolísáním množství a kvality odpadní vody
- mohou pracovat přerušovaně, což klasické čistírny nemohou
- vyžadují minimální (ale pravidelnou) údržbu, mají menší náchylnost k havárii systému
- nevyžadují elektrickou energii
- dobře zapadnou do krajiny a jsou její součástí, případně mohou plnit i okrasnou funkci

Nevýhody:

- ve srovnání s klasickými čistírnami jsou náročnější na plochu
- nejsou vhodné pro odstraňování amoniaku a fosforu
- na odtoku se někdy objevuje bílý povlak tvořený elementární sírou tvořící se oxidací sirovodíku, který může (ale nemusí) při anaerobních poměrech ve filtračních ložích
- strojní čistírny mají lepší předpoklady pro řízení čistícího procesu, pro analýzu případných problémů a pro aplikaci nápravných opatření

Schéma funkce kořenové čističky odpadních vod

[3]



1. distribuční zóna (kamenivo, 50 - 200 mm)
2. nepropustná bariéra (PE/PVC)
3. filtrační materiál (kačírek, štěrk, drcené kamenivo)
4. vegetace
5. výška vodní hladiny v kořenovém loži nastavitelná v odtokové šachtě
6. odtoková zóna (shodná s distribuční zónou)
7. sběrná drenáž
8. regulace výšky hladiny

3 Praktická část

3.1 Metodika – Odběr vzorků odpadní vody

Sledovaná lokalita (viz. Obr. 1):

KČOV - obec Slavošovice, okres ČB, kraj Jihočeský (49°3'23.95" SŠ, 14°46'8.58" VD)

DČOV - obec Lužnice, okres J. Hradec, kraj Jihočeský (48°57'40.60" SŠ, 14°39'31.34" VD)

Období měření:

Týden	Datum	Teplota
1. týden	18. 9. 2011	18°C
2. týden	25. 9. 2011	13/22°C
3. týden	2. 10. 2011	9°C
4. týden	9. 10. 2011	4°C
5. týden	16. 10. 2011	5°C
6. týden	20. 11. 2011	8°C
7. týden	27. 11. 2011	7°C
8. týden	4. 12. 2011	1°C
9. týden	11. 12. 2011	- 2°C
10. týden	18. 12. 2011	- 5°C

Odběrové láhve

Pro odběr vzorků jsem použil plastové láhve (V = 1500 ml), které jsem vždy před použitím pečlivě vypláchl vodou a následně ještě jednou odebíraným vzorkem.

Označování a transport vzorků

Před každým odběrem jsem každou láhev pečlivě označil nálepkou s odběrovým místem a datem, aby nedošlo k možné záměně. Láhve s odebranými vzorky jsem opláchl čistou vodou a poté uložil do polystyrénového boxu s lahvemi se zmrzlou vodou, aby docházelo ke snížení teploty vzorků. Doba přepravy trvala přibližně 30 minut a poté byly vzorky zmrazeny v mrazícím zařízení na teplotu -20°C.

Místa odběrů vzorků:

a) Vzorkování na přítoku do ČOV

Odpadní voda na přítoku byla značně nehomogenní a obvykle zapáchala. Výhodou však byla teplota odpadní vody (11 - 14°C), která měla za následek to, že v zimních obdobích nezamrzala. Na odebrání vzorku jsem použil seříznutou PET láhev. Dále jsem k odběru využil vhodná místa, kdy v KČOV odpadní voda natékala z lapače písku (viz. Obr. 14). V DČOV jsem opět použil zatěžkanou seříznutou láhev, kterou jsem nabíral vzorek odpadní vody v kalové nádrži (viz. Obr. 23).

b) Vzorkování na odtoku z ČOV

Z pohledu kvality vody se může zdát odtok z ČOV jako nejméně problematické místo pro odběr. Voda by měla být téměř čistá. Odtok z ČOV však může představovat jiný problém. Zejména jde-li o menší ČOV (jako v mém případě), kde odtéká pouze malé množství vody (KČOV), případně je užíváno diskontinuální vypouštění (DČOV). Pro odběr vzorků na kořenové čistírně odpadních vod jsem opět používal seříznutou PET láhev na provázku, jelikož výtok z kořenového pole byl značně pod úrovní země (viz Obr. 15). V zimních obdobích často docházelo k malému výtoku vody z čističky, čímž se doba odběru značně prodloužila. V domovní čistírně odpadních vod byl na odtoku odběr vzorků přečištěné vody ztížen dobou vypouštění. Jelikož proces čištění vody je rozdělen do sekvencí a vypouštění je načasováno na 4:00 ráno, byl jsem nucen na odtoku každý večer před odběrem zanechat nádobu na přečištěnou vodu a druhý den brzy ráno (cca v 6:00) jsem ji dojel vyzvednout a přelít do 1500 ml PET láhví.

3.2 Měření sledovaných parametrů

3.2.1 Stanovení elektrické konduktivity

Elektrická konduktivita je reciproká hodnota odporu, měřeného za určených podmínek mezi protilehlými stranami jednotkové krychle definovaných rozměrů, naplněné vodným roztokem. V rozborech vody se často označuje jako „konduktivita“ a lze ji použít jako míry koncentrace iontů přítomných ve vzorku. Elektrickou konduktivitu lze využít ke sledování jakosti:

- a) povrchových vod
- b) provozních vod určených k zásobování a k úpravě
- c) odpadních vod

Podstatou zkoušky je měření elektrické konduktivity vodných roztoků přímo pomocí vhodného přístroje. Elektrická konduktivita je schopnost iontů přítomných ve vodě vést elektrický proud a závisí na:

- a) koncentraci iontů
- b) druhu iontů
- c) teplotě roztoku
- d) viskozitě roztoku

Přístrojové vybavení:

Kombinovaný měřicí systém pro měření pH a **konduktivity** - **InoLab pH/Cond 720** (viz Obr. 16)

Standardní vodivostní měřicí elektroda WTW TetraConR 325

Měření vzorku odpadní vody

- K přístroji se připojí vodivostní elektroda
 - Přístroj pozná typ elektrody a automaticky přepne do režimu vodivostního měření
 - Pokud je vodivostní elektroda již připojena, zobrazí se režim měření elektrické - konduktivity se symbolem χ
 - Vodivostní elektroda se ponoří do měřeného vzorku tak, aby otvor v dolní části vodivostní sondy byl ponořen pod hladinu
 - Stiskne se opakovaně klávesa se symbolem M, dokud se na displeji nezobrazí symbol χ
 - Stiskne se klávesa AR (funkce Auto Read) a RUN (enter), bliká AR
 - Měření probíhá do té doby, než se symbol AR ustálí (přestane blikat) a na displeji se objeví výsledná hodnota elektrické konduktivity
- SOP byl vytvořen dle ČSN EN 27888 Jakost vod Stanovení elektrické konduktivity Ing. Renatou Vlachovou v SVÚ České Budějovice a do této podoby přepracován Jiřím Vlachem.

3.2.2 Stanovení pH (elektrometricky)

Metoda pro stanovení pH u vzorků všech druhů vod charakterizuje reakci vody a koncentraci vodíkových iontů. Hodnoty pH vypovídají jak o chemismu, tak o biologických procesech ve vodním sloupci a sedimentech. Pracovní rozsah od 3 do 10 je omezen hodnotami pH použitých kalibračních tlumivých roztoků a rozmezím teploty, pro které jsou uvedeny jejich hodnoty pH v certifikátech. Stanovení hodnot pH nižších než 3 a vyšších než 10 vyžaduje speciální elektrody a příslušné kalibrační roztoky.

Podstatou zkoušky je měření pH u vzorků vod elektrometrickou metodou, která je založena na měření elektromotorické síly elektrochemického článku, který je tvořen vzorkem a kombinovanou elektrodou.

Pro účely této SOP se používají následující definice:

pH je bezrozměrové číslo, které charakterizuje kyselou nebo zásaditou reakci vody
hodnota pH je logaritmus aktivity iontů H_3O^+ v mol/l

Přístrojové vybavení a pomůcky:

Kombinovaný měřicí systém pro měření **pH** a konduktivity - **InoLab pH/Cond 720**

Kombinovaná pH – elektroda SenTix 81 (skleněná s kapalinovým elektrolytem a integrovaným teplotním snímačem), (viz Obr. 16)

Měření vzorku odpadní vody

- Vzorek vody se nalije do Erlenmayerovy baňky tak, aby byla elektroda dostatečně ponořena
 - pH elektroda se vyjme z nádoby s referenčním elektrolytem, opláchne se destilovanou vodou pomocí stříčky a otevře se otvor pro doplnění referenčního elektrolytu
 - Před vlastním měřením se provede kalibrace přístroje dle návodu k obsluze pH/Cond 720
 - Při vlastním měření se ponoří pH elektroda do měřeného vzorku; na přístroji se aktivuje klávesa AutoRead, která kontroluje stálost měření
 - Měřený vzorek se promíchá; míchání se přeruší a po ustálení, tj. symbol AR přestane blikat, se zjistí hodnota pH
-
- SOP byl vytvořen ČSN ISO 10523 Ing. Renatou Vlachovou v SVÚ České Budějovice a do této podoby přepracován Jiřím Vlachem.

3.2.3 Stanovení dusičnanů fotometricky s kyselinou sulfosalicylovou

Dusičnany jsou primárně ve vodě pro člověka málo závadné, ale sekundárně jako dusitany mohou být příčinou dusičnanové alimentární methemoglobinemie.

Podstatou zkoušky je spektrometrické měření žluté sloučeniny, která vznikla reakcí kyseliny sulfosalicylové (v prostředí salicylanu sodného a kyseliny sírové) s dusičnany a následující alkalizací. Aby se nesrážely vápenaté a hořečnaté sole; spolu s hydroxidem se přidává disodná sůl kyseliny ethylendiaminotetraoctové. K odstranění rušivých vlivů dusitanů se přidává azid sodný.

Přístrojové vybavení a pomůcky:

Spektrofotometr Genesys 10 UV, Thermo Spectronic Rochester, NY USA (viz Obr. 17)
UV-VIS spektrofotometr, rozsah (190 - 1110) nm

Vodní lázeň GFL 1041, Gesellschaft für Labortechnik D - 30938, Burgwedel (viz Obr. 18)

Ostatní vybavení

- Měřicí kyvety z optického skla, délka 10 mm
- AQUA COMPLET 100 – příprava destilované vody
- Skleněná nedělená pipeta o objemu 10 ml, třída A
- Odpařovací misky
- Odměrné baňky o objemu 50 ml, třída A

Měření vzorku odpadní vody a slepého vzorku

- Do odpařovacích misek se napipetuje 10 ml vzorku
- Do každé misky se přidá 1,0 ml roztoku azidu sodného a potom 0,4 ml roztoku kyseliny octové
- Po uplynutí alespoň 5 minut se směs dosucha odpaří na vodní lázni. Pak se přidá 2 ml roztoku salicylanu sodného a po promíchání se opět směs dosucha odpaří
- Misky se sejmou z lázně a nechají se ochladit na laboratorní teplotu
- Přidají se 2,0 ml kyseliny sírové a odparek na misce se rozpustí jemným otáčením. Směs se nechá stát asi 10 minut
- Potom se přidá 20 ml destilované vody a 20 ml alkalického roztoku
- Směs se kvantitativně převede do 50 ml odměrné baňky a po ochlazení se objem doplní po rysku
- Vzorek se převede do měřicí kyvety
- Intenzita zabarvení vzniklého komplexu se měří na fotometru při vlnové délce 415 nm
- Současně se vzorkem se připraví slepé stanovení, kde se místo měřeného vzorku použije destilovaná voda

Činidla:

Destilovaná voda

Dusičnan sodný (NaNO_3)

Alkalický roztok, $c(\text{NaOH}) = 200 \text{ g/l}$

Kyselina sírová p. a. (H_2SO_4)

Azid sodný roztok (NaN_3) = 0,5 g/l

Salicylan sodný 1% roztok ($\text{HO} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{COONa}$)

Kyselina octová, $c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 17 \text{ mol/l}$, $\rho = 1,05 \text{ g/ml}$

Výpočet a vyjádření výsledku (systém zaokrouhlování výsledku)

Hmotnostní koncentrace dusičnanů ve vyšetřovaném vzorku, vyjádřená jako obsah NO_3^- v mg/l, se určí z kalibrační závislosti uložené v přístroji. Výsledky, jejichž hodnota leží pod mezí stanovitelnosti, se vyjádří znakem „ < „, hodnota meze stanovitelnosti v mg/l NO_3^-

- Tento SOP byl vytvořen v souladu s českou verzí evropské normy EN ISO/IEC 17025:2005 Ing. Renatou Vlachovou v SVÚ České Budějovice a do této podoby přepracován Jiřím Vlachem.

3.2.4 Stanovení dusitanů fotometricky soupravou Spectroquant f.Merck

Dusitany vznikají ve vodách obvykle jako přechodný člen v cyklu dusíku při biologické redukci dusičnanů či biologické oxidaci amoniakálního dusíku.

V kyselém prostředí reagují ionty s kyselinou sulfanilovou a vytvářejí diazoniovou sůl, která dále reaguje s N-(1naftyl)ethyldiamin dihydrochloridem a vytváří červeno-fialové azobarvivo. Toto barvivo se stanovuje fotometricky.

Přístrojové vybavení a pomůcky:

Spektrofotometr Genesys 10 UV, Thermo Spectronic Rochester, NY USA (viz Obr. 17)
UV-VIS spektrofotometr, rozsah (190 - 1110) nm

Ostatní vybavení

- Měřicí kyvety z optického skla, délka 10 mm
- AQUA COMPLET 100 – příprava destilované vody
- Skleněná nedělená pipeta o objemu 5 ml, třída A
- Odměrné baňky
- Zkumavky s kulatým dnem
- Univerzální indikátorové proužky 0 – 14

Měření vzorku odpadní vody a slepého vzorku

- Do zkumavky se odpipetuje 5 ml vyšetřovaného vzorku vody
 - Přidá se jedna lžička (ve víčku lahve) pevného reagenčního činidla NO_2^-
 - Směs se energicky protřepává, až se pevné reagenční činidlo zcela rozpustí
 - Směs se nechá stát 10 minut (reakční doba)
 - Vzorek se převede do měřicí kyvety
 - Intenzita zabarvení vzniklého komplexu se měří na fotometru při vlnové délce 540 nm
 - Současně se vzorkem se připraví slepé stanovení, kde se místo měřeného vzorku použije destilovaná voda
- Tento SOP byl vytvořen dle fotometrického testu Spectroquant NO_2^- od firmy Merck v souladu s českou verzí evropské normy EN ISO/IEC 17025:2005 Ing. Renatou Vlachovou v SVÚ České Budějovice a do této podoby přepracován Jiřím Vlachem.

3.2.5 Stanovení fosforečnanů (viz Obr. 19)

Fosforečnany reagují v prostředí kyseliny sírové s molybdenanem amonným za vzniku kyseliny molybdátosfosforečné. Redukcí chloridem cínatým přechází žlutý komplex kyseliny molybdátosfosforečné na roztok fosfomolybdénové modři, který je vhodný pro fotometrické stanovení.

Přístrojové vybavení a pomůcky:

Spektrofotometr Genesys 10 UV, Thermo Spectronic Rochester, NY USA (viz Obr. 17)

Činidla:

Molybdenan amonný, $((\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4)$ $c_m = 25 \text{ g/l}$

Chlorid cínatý, (SnCl_2) $c_m = 10 \text{ g/l}$

Ostatní vybavení

- Měřicí kyvety z optického skla, délka 10 mm
- AQUA COMPLET 100 – příprava destilované vody
- Skleněná nedělená pipeta o objemu 50 ml, třída A
- Skleněná titrační odměrná baňka o objemu 100 ml

Měření vzorku odpadní vody a slepého vzorku

- Do připravených kádinek se odpipetuje 50 ml kalibračních roztoků
 - Přidávají se 1 ml molybdenanového činidla a 0,2 ml roztoku chloridu cínatého
 - Krouživým pohybem se promíchá roztok v kádince
 - Směs se nechá stát 15 minut
 - Proměří se absorpance vzniklého modrého zbarvení při vlnové délce 660 nm
 - Současně se vzorkem se připraví slepé stanovení, kde se místo měřeného vzorku použije destilovaná voda
-
- Tento pracovní postup byl vypracován podle knihy: Chemické a fyzikální metody analýzy vod (Marta Horáková, Peter Lischke, Alexander Grünwald – str. 262)

3.2.6 Stanovení CHSK

CHSK - **chemická spotřeba kyslíku** - je definována jako množství kyslíku, které se za přesně vymezených podmínek spotřebuje na oxidaci organických látek ve vodě silným oxidačním činidlem. Představuje tak míru organického uhlíku.

Přístrojové vybavení a pomůcky:

Spektrofotometr DR/2000 Direct reading (viz Obr. 21)

Termoreaktor (viz Obr. 22)

Ostatní vybavení

- Měřicí kyvety
- AQUA COMPLET 100 – příprava destilované vody
- Skleněná dělená pipeta o objemu 5 ml
- Odměrné baňky

Měření vzorku odpadní vody a slepého vzorku

- Vzorek se promíchá a přefiltruje
- Do čistých a suchých kyvet se odpipetuje 2,5 ml vyšetřovaného vzorku vody
- Přidá se 1,5 ml oxidačního roztoku a 3,5 ml katalyzačního roztoku
- Kalibrační řada (c_m : 0 – 100 – 300 – 500 – 800) se připravuje stejným způsobem jako vzorek
- Směs se promíchá a kyveta uzavře
- Kyvety se vloží na 120 minut do termoreaktoru při 150°C
- Po uplynutí doby se kyvety vyjmou a nechají se zchladnout na laboratorní teplotu
- Čisté a suché kyvety vkládáme do spektrofotometru
- Práce se spektrofotometrem:
 - o Navolí se číslo programu 435 a stiskne se READ/ENTER
 - o Kolečkem na straně přístroje se nastaví vlnová délka 620 nm
 - o Stiskne se READ/ENTER – na displeji se objeví mg/l COD H
 - o Vyjme se skleněná nádobka a vloží se černý adaptér
 - o Vloží se očištěná kyveta se slepým vzorkem a zakryje se
 - o Stiskne se Clear/ZERO – na displeji se objeví 0 mg/l COD H
 - o Kyveta se slepým vzorkem se vyjme a vládají se očištěné kyvety se vzorky
 - o Stiskne se READ/ENTER – na displeji se objeví naměřená hodnota

3.2.7 Stanovení BSK₅

BSK₅ – biochemická spotřeba kyslíku – je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku v roztoku, která byla spotřebována během biochemické oxidace organických látek za stanovených podmínek. Slouží tedy jako nepřímý ukazatel množství biologicky rozložitelných organických látek ve vodě.

Přístrojové vybavení a pomůcky:

Termostat

Elektromagnetická míchačka s míchadlem

Oximetr – přístroj na elektrochemické měření rozpuštěného kyslíku (viz Obr. 20)

Vybavení:

- Kyslíkové lahve o objemu 250 – 300 ml (viz Obr. 20)
- Skleněná dělená pipeta o objemu 50, 30, 20 a 5 ml

Činidla:

Hydroxid sodný (NaOH) - pecičky

Měření vzorku odpadní vody a slepého vzorku

- Vzorek se promíchá a přefiltruje
- Do čistých lahví se odpipetuje potřebné množství vzorku, zjištěné dle hodnot CHSK

CHSK (mg/l)	Pipetované ml na BSK ₅	Zřed'ovací faktor
432	0 – 40	1
365	0 – 80	2
250	0 – 200	5
164	0 – 400	10
97	0 – 800	20

- Přidá se magnetické míchadlo
- Lahve se uzavře gumovým kloboučkem
- Do kloboučku se přidají 4 pecičky NaOH
- Lahve se zavře Oximetrem
- Přidrží se obě tlačítka – na displeji se objeví 00
- Lahve se dají do termostatu a měří spotřebovaný kyslík 5 dnů
- Pro zobrazení hodnot BSK se stiskne levé tlačítko – na displeji se objeví hodnota
- Po ukončení měření je nutné získané hodnoty vynásobit zřed'ovacím faktorem

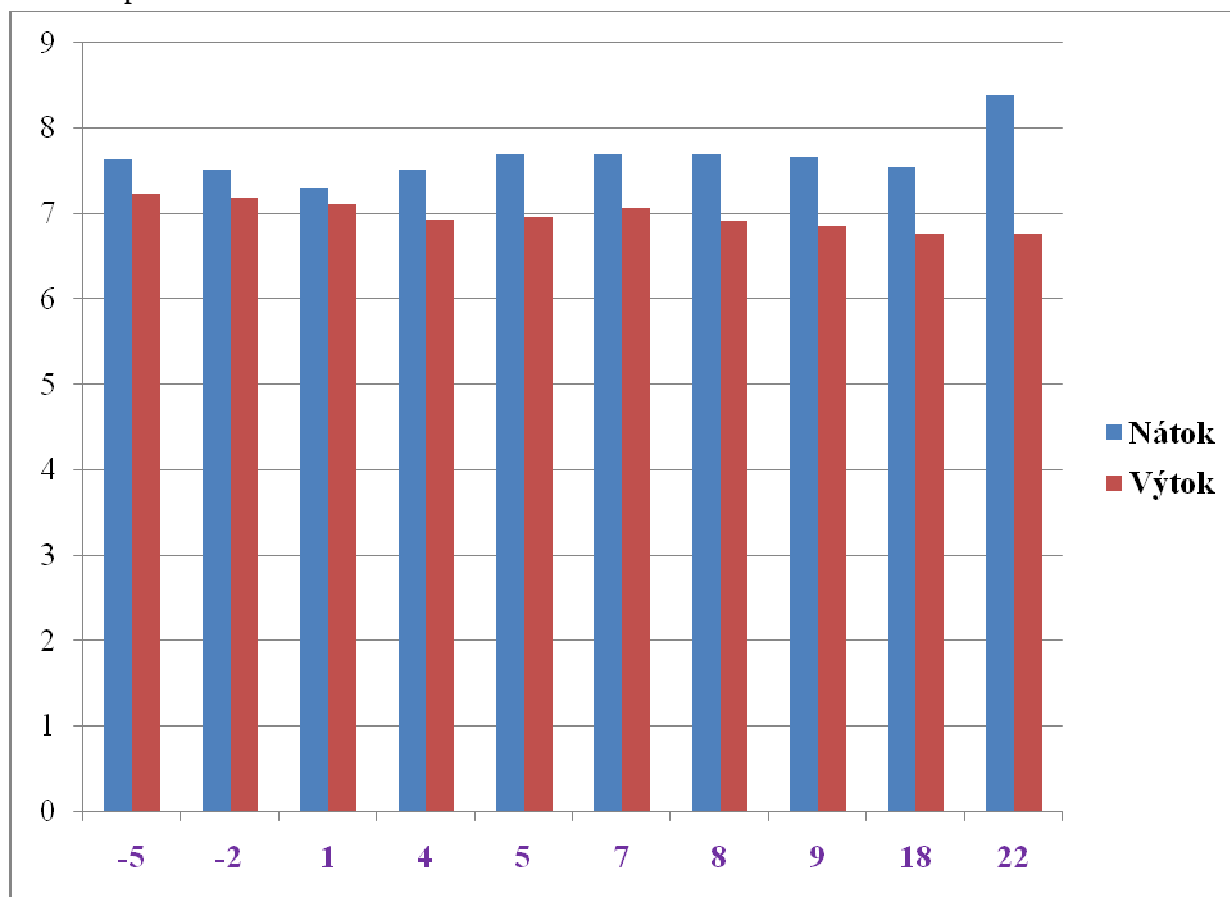
4 Výsledky měření

4.1 pH – Slavošovice

Tabulka 1 - pH Slavošovice:

Teplota [°C]	Nátok	Výtok	Datum
-5	7,63	7,23	18. 12. 2011
-2	7,52	7,18	11. 12. 2011
1	7,31	7,11	4. 12. 2011
4	7,51	6,93	9. 10. 2011
5	7,7	6,96	16. 10. 2011
7	7,7	7,07	27. 11. 2011
8	7,69	6,92	20. 11. 2011
9	7,67	6,85	2. 10. 2011
18	7,55	6,76	18. 9. 2011
22	8,38	6,77	25. 9. 2011

Graf 1 - pH Slavošovice:



Osa X: Teplota [°C]

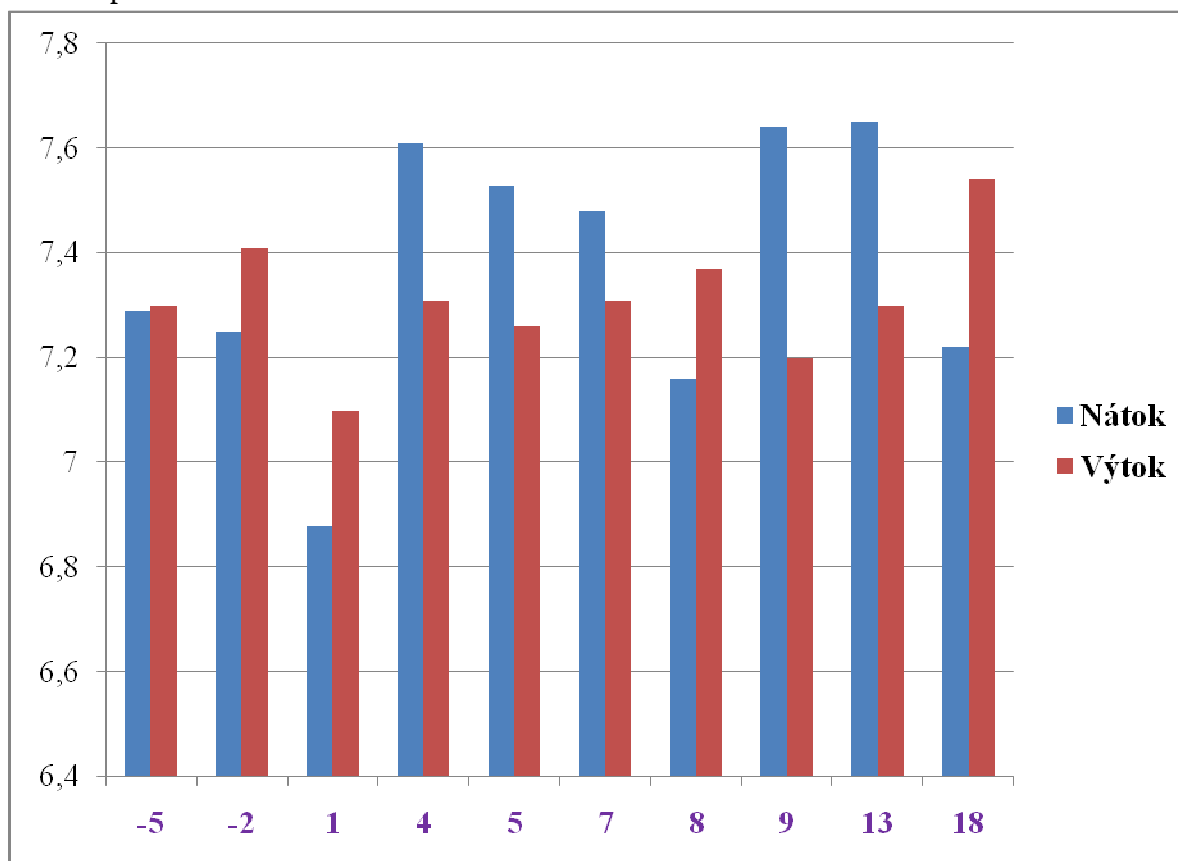
Osa Y: naměřené hodnoty pH

4.2 pH - Dvůr Hamr

Tabulka 2 - pH Dvůr Hamr:

Teplota [°C]	Nátok	Výtok	Datum
-5	7,29	7,3	18. 12. 2011
-2	7,25	7,41	11. 12. 2011
1	6,88	7,1	4. 12. 2011
4	7,61	7,31	9. 10. 2011
5	7,53	7,26	16. 10. 2011
7	7,48	7,31	27. 11. 2011
8	7,16	7,37	20. 11. 2011
9	7,64	7,2	2. 10. 2011
13	7,65	7,3	25. 9. 2011
18	7,22	7,54	18. 9. 2011

Graf 2 - pH Dvůr Hamr:



Osa X: Teplota [°C]

Osa Y: naměřené hodnoty pH

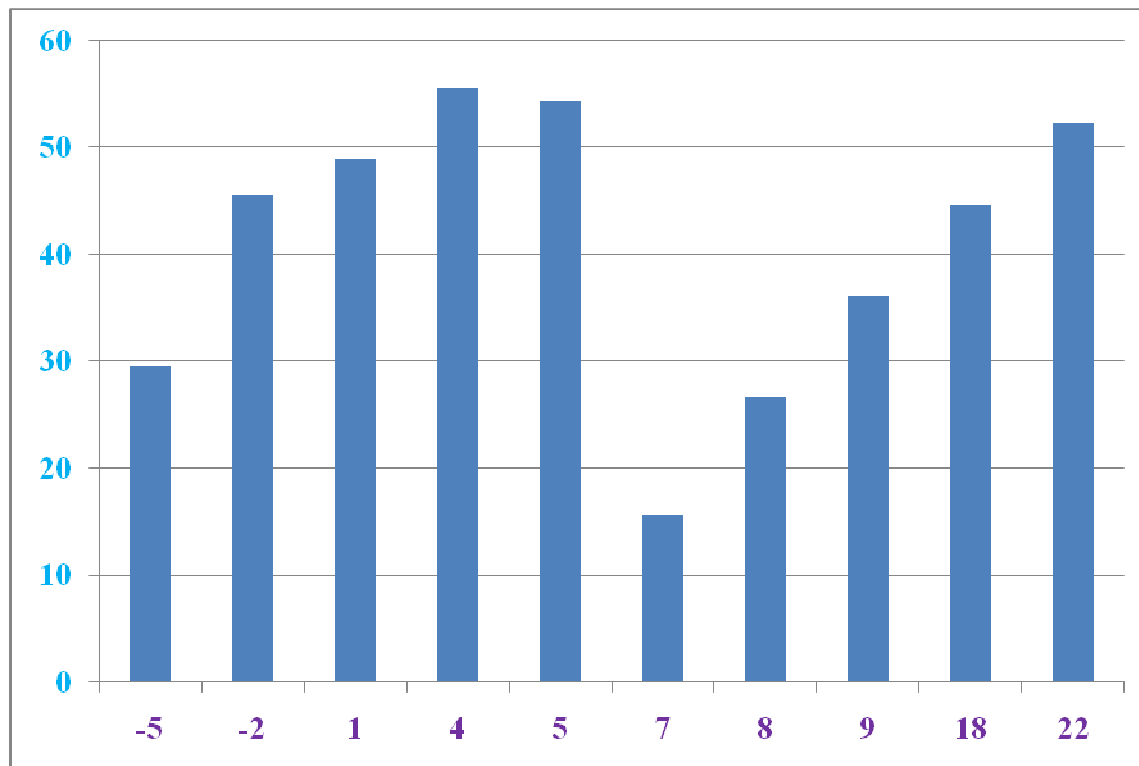
4.3 Vodivost - Slavošovice

Tabulka 3 - vodivost Slavošovice:

Teplota [°C]	Nátok [mS/m]	Výtok [mS/m]	Datum	Účinnost [%]
-5	94	66,2	18. 12. 2011	30
-2	75,7	41,2	11. 12. 2011	46
1	72,3	36,9	4. 12. 2011	49
4	85,4	37,9	9. 10. 2011	56
5	93,4	42,6	16. 10. 2011	54
7	84,2	71	27. 11. 2011	16
8	84,7	62,1	20. 11. 2011	27
9	84	53,6	2. 10. 2011	36
18	106,5	58,9	18. 9. 2011	45
22	87	41,5	25. 9. 2011	52
Průměr:				41

Účinnost = $100 - ((\text{výtok} / \text{nátok}) * 100)$

Graf 3 - vodivost Slavošovice:



Osa X: Teplota [°C]

Osa Y: Účinnost [%]

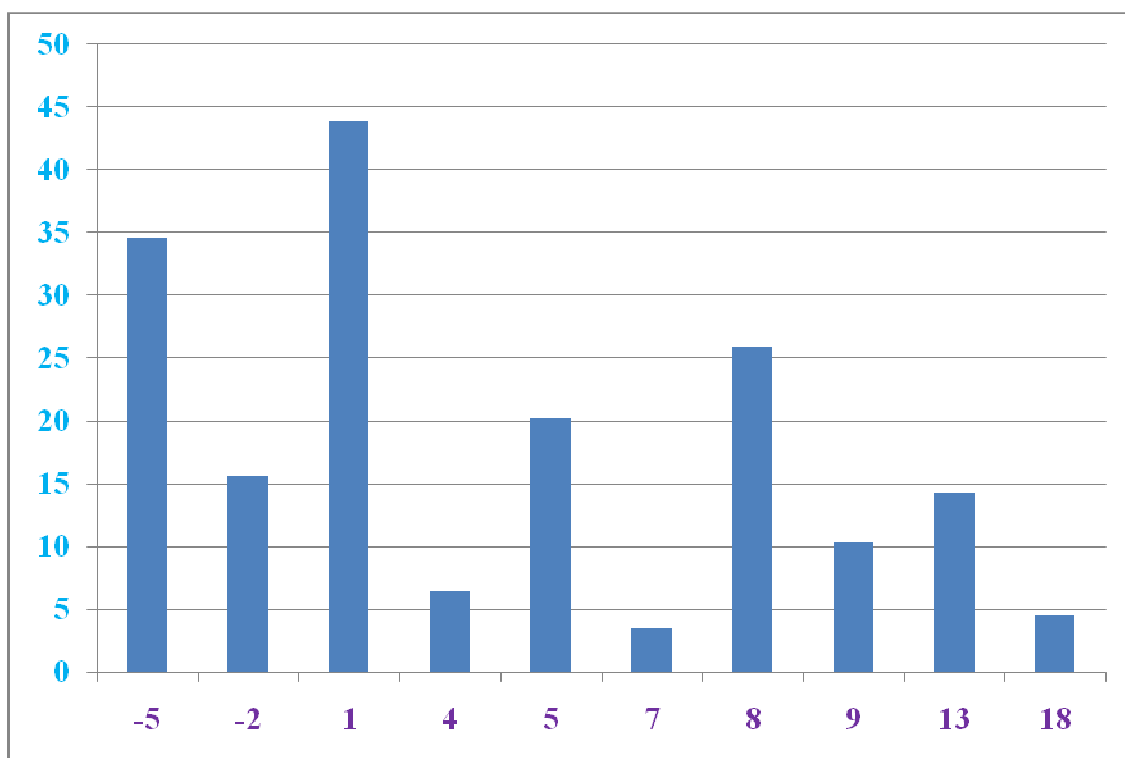
4.4 Vodivost - Dvůr Hamr

Tabulka 4 - vodivost Dvůr Hamr:

Teplota [°C]	Nátok [mS/m]	Výtok [mS/m]	Datum	Účinnost [%]
-5	64,8	42,4	18. 12. 2011	35
-2	72,5	61,2	11. 12. 2011	16
1	59,7	33,5	4. 12. 2011	44
4	84	78,6	9. 10. 2011	6
5	90,5	72,2	16. 10. 2011	20
7	111	107,1	27. 11. 2011	4
8	87,9	65,1	20. 11. 2011	26
9	109,6	98,3	2. 10. 2011	10
13	119,4	102,3	25. 9. 2011	14
18	68,5	65,4	18. 9. 2011	5
Průměr:				18

Účinnost = $100 - ((\text{výtok/nátok}) * 100)$

Graf 4 - vodivost Dvůr Hamr:



Osa X: Teplota [°C]

Osa Y: Účinnost [%]

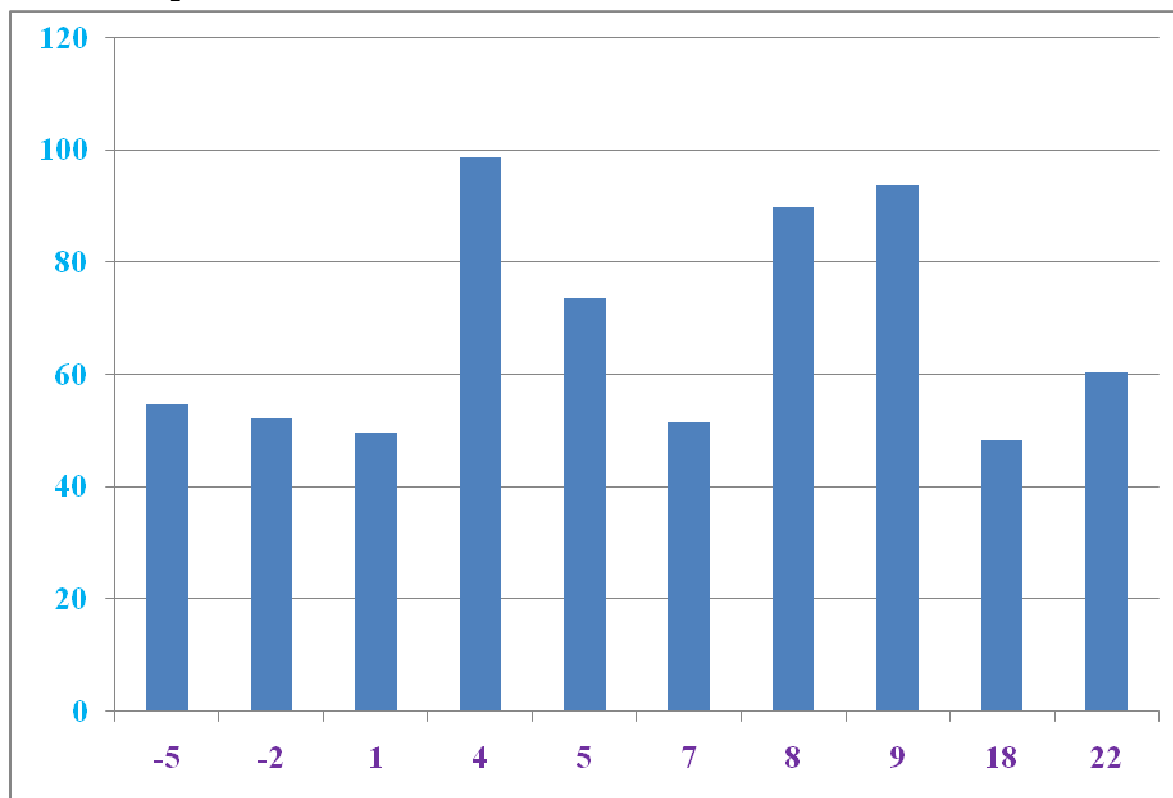
4.5 NO₂⁻ - Slavošovice

Tabulka 5 - NO₂⁻ Slavošovice:

Teplota [°C]	Nátok [mg/l]	Výtok [mg/l]	Datum	Účinnost [%]
-5	2,48	1,12	18. 12. 2011	55
-2	0,136	0,065	11. 12. 2011	52
1	0,195	0,098	4. 12. 2011	50
4	3,12	0,039	9. 10. 2011	99
5	0,19	0,05	16. 10. 2011	74
7	0,12	0,058	27. 11. 2011	52
8	0,12	0,012	20. 11. 2011	90
9	0,113	0,007	2. 10. 2011	94
18	0,244	0,126	18. 9. 2011	48
22	0,111	0,044	25. 9. 2011	60
Průměr:				67

Účinnost = 100 - ((výtok/nátok) * 100)

Graf 5 - NO₂⁻ Slavošovice:



Osa X: Teplota [°C]

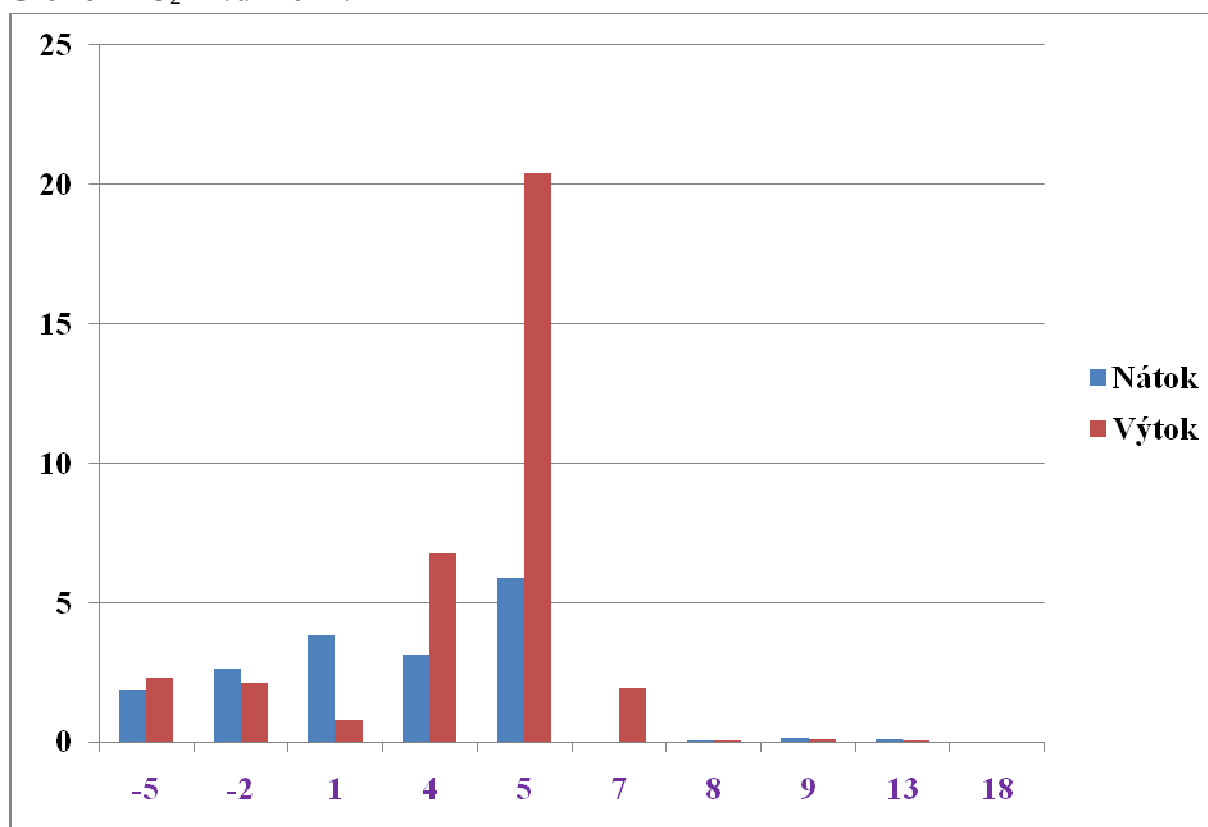
Osa Y: Účinnost [%]

4.6 NO₂⁻ - Dvůr Hamr

Tabulka 6 - NO₂⁻ Dvůr Hamr:

Teplota [°C]	Nátok [mg/l]	Výtok [mg/l]	Datum
-5	1,87	2,33	18. 12. 2011
-2	2,65	2,13	11. 12. 2011
1	3,84	0,821	4. 12. 2011
4	3,17	6,77	9. 10. 2011
5	5,93	20,4	16. 10. 2011
7	0,052	1,95	27. 11. 2011
8	0,067	0,074	20. 11. 2011
9	0,156	0,124	2. 10. 2011
13	0,118	0,085	25. 9. 2011
18	0,033	0,029	18. 9. 2011

Graf 6 - NO₂⁻ Dvůr Hamr:



Osa X: Teplota [°C]

Osa Y: Naměřené hodnoty NO₂⁻ v mg/l

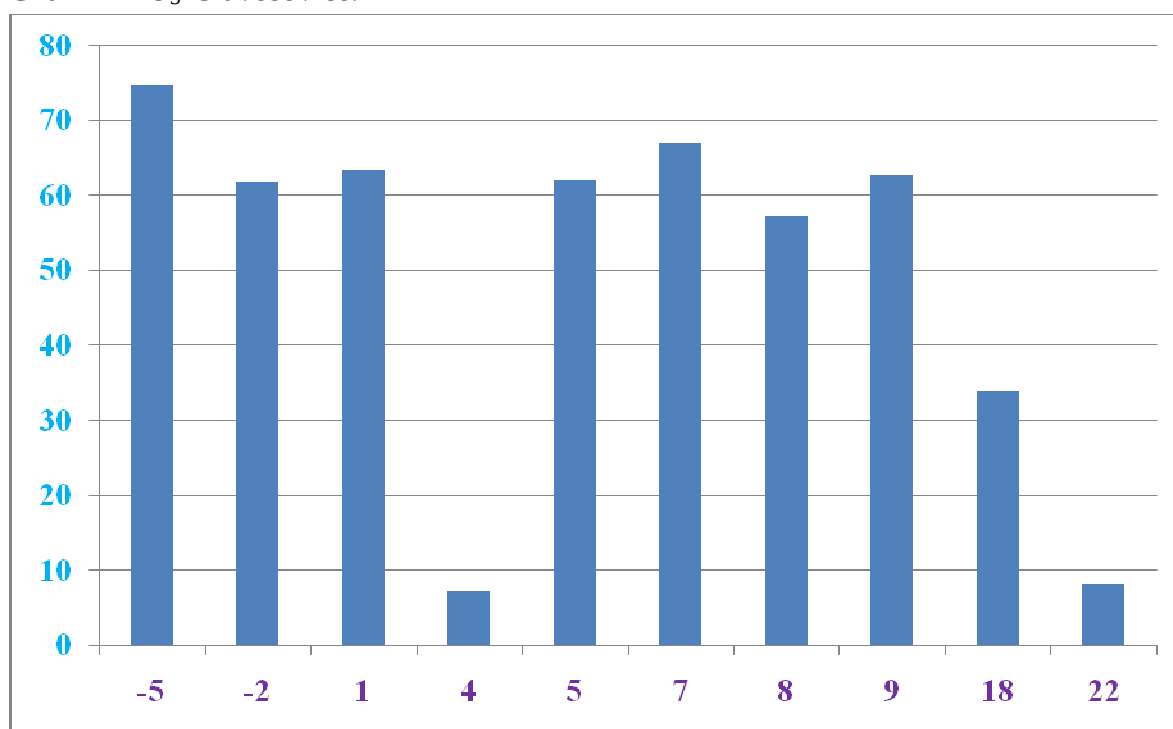
4.7 NO₃⁻ - Slavošovice

Tabulka 7 - NO₃⁻ Slavošovice:

Teplota [°C]	Nátok [mg/l]	Výtok [mg/l]	Datum	Účinnost [%]
-5	33,61	8,5	18. 12. 2011	75
-2	29,53	11,27	11. 12. 2011	62
1	34,84	12,74	4. 12. 2011	63
4	29,09	27,02	9. 10. 2011	7
5	40,63	15,45	16. 10. 2011	62
7	29,94	9,86	27. 11. 2011	67
8	25,01	10,67	20. 11. 2011	57
9	35,01	13,04	2. 10. 2011	63
18	47,52	31,41	18. 9. 2011	44
22	31,95	29,35	25. 9. 2011	8
Průměr:				50

Účinnost = 100 - ((výtok/nátok) * 100)

Graf 7 - NO₃⁻ Slavošovice:



Osa X: Teplota [°C]

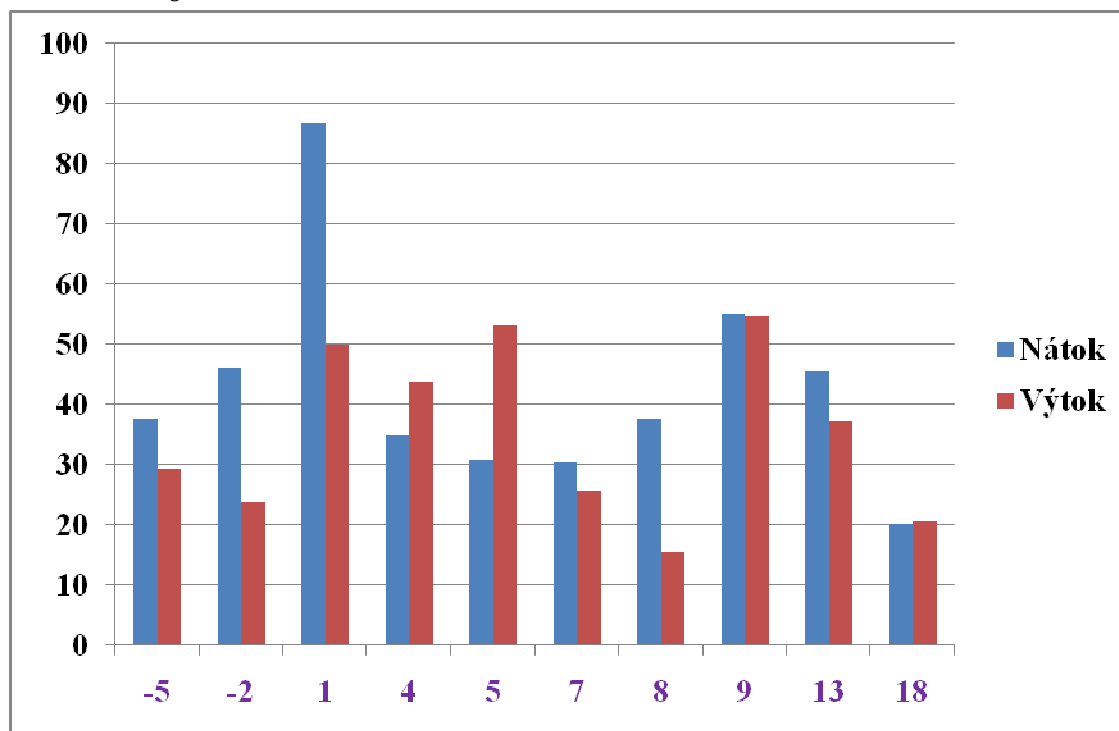
Osa Y: Účinnost [%]

4.8 NO₃⁻ - Dvůr Hamr

Tabulka 8 - NO₃⁻ Dvůr Hamr:

Teplota [°C]	Nátok [mg/l]	Výtok [mg/l]	Datum
-5	37,6	29,4	18. 12. 2011
-2	46,23	23,81	11. 12. 2011
1	86,8	49,97	4. 12. 2011
4	34,99	43,92	9. 10. 2011
5	30,82	53,21	16. 10. 2011
7	30,45	25,72	27. 11. 2011
8	37,76	15,62	20. 11. 2011
9	55,15	54,6	2. 10. 2011
13	45,58	37,2	25. 9. 2011
18	20,3	20,65	18. 9. 2011

Graf 8 - NO₃⁻ Dvůr Hamr:



Osa X: Teplota [°C]

Osa Y: naměřené hodnoty NO₃⁻ [mg/l]

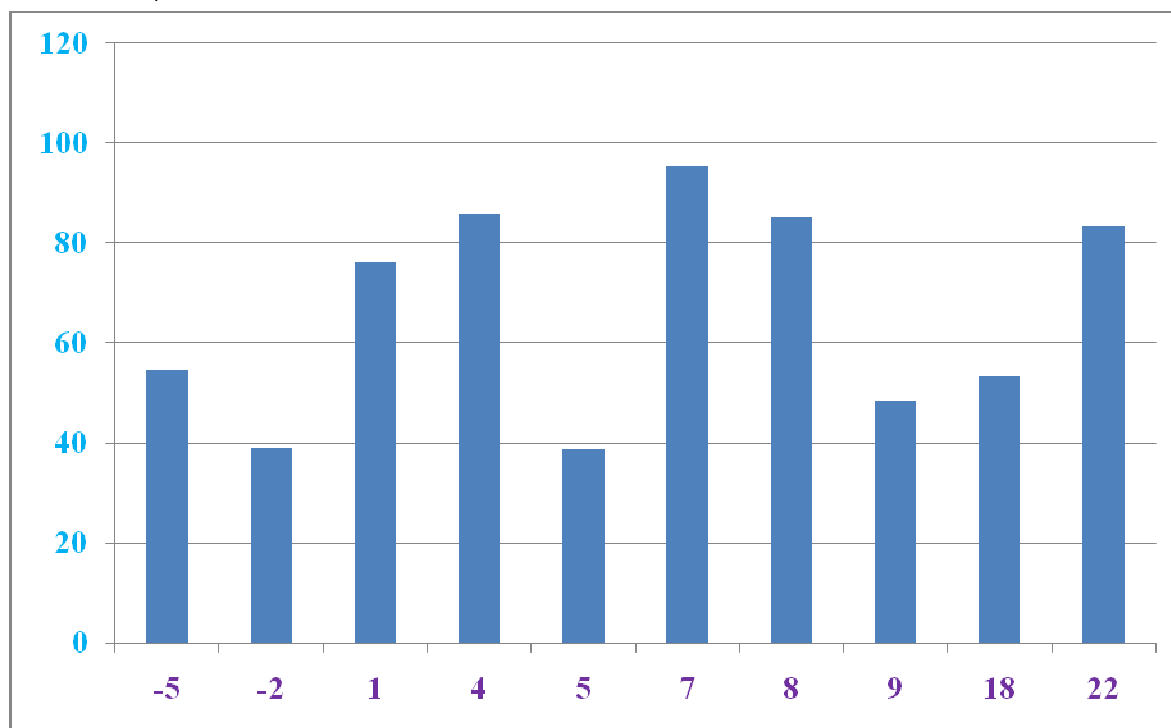
4.9 PO₄³⁻ - Slavošovice

Tabulka 9 - PO₄³⁻ Slavošovice:

Teplota [°C]	Nátok [mg/l]	Výtok [mg/l]	Datum	Účinnost [%]
-5	4,311	1,96	18. 12. 2011	55
-2	3,46	2,11	11. 12. 2011	39
1	5,14	1,23	4. 12. 2011	76
4	3,81	0,54	9. 10. 2011	86
5	1,21	0,74	16. 10. 2011	39
7	0,592	0,028	27. 11. 2011	95
8	3,24	0,481	20. 11. 2011	85
9	0,192	0,099	2. 10. 2011	48
18	1,9	0,887	18. 9. 2011	53
22	4,47	0,74	25. 9. 2011	83
Průměr:				66

Účinnost = 100 - ((výtok/nátok) * 100)

Graf 9 - PO₄³⁻ Slavošovice:



Osa X: Teplota [°C]

Osa Y: Účinnost [%]

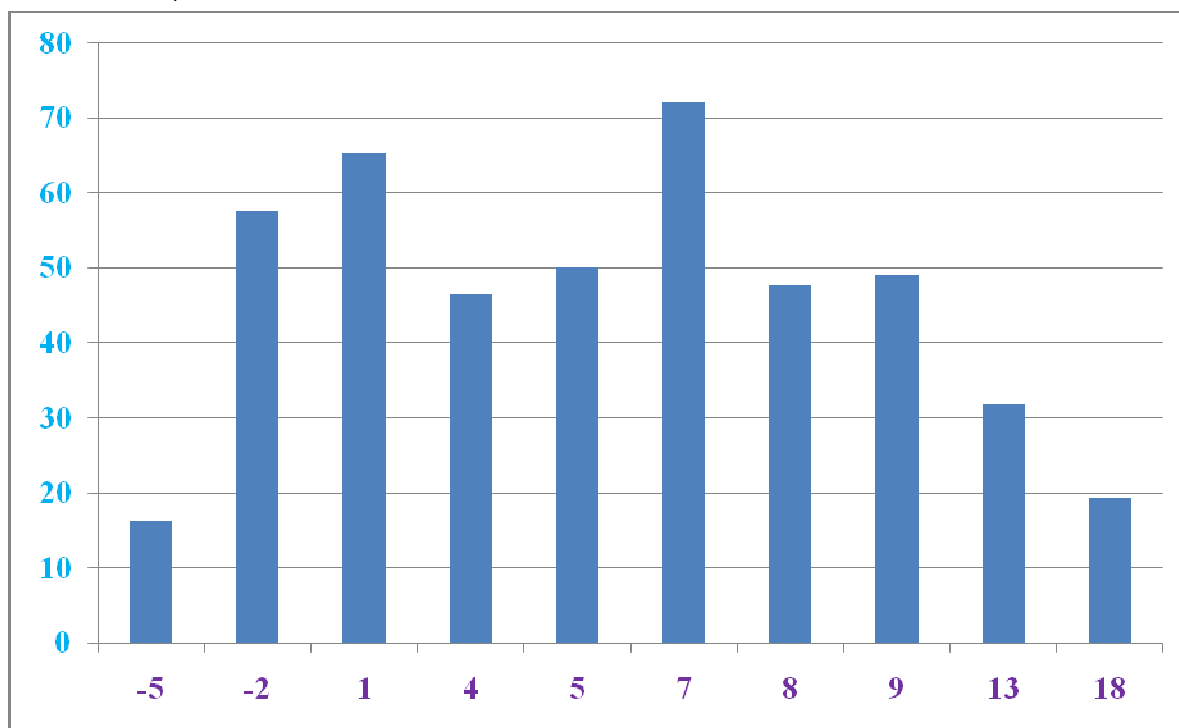
4.10 PO₄³⁻ - Dvůr Hamr

Tabulka 10 - PO₄³⁻ Dvůr Hamr:

Teplota [°C]	Nátok [mg/l]	Výtok [mg/l]	Datum	Účinnost [%]
-5	6,8	5,7	18. 12. 2011	16
-2	5,31	2,25	11. 12. 2011	58
1	8,57	2,97	4. 12. 2011	65
4	0,58	0,31	9. 10. 2011	47
5	0,2	0,1	16. 10. 2011	50
7	0,359	0,1	27. 11. 2011	72
8	9,6	5,02	20. 11. 2011	48
9	0,556	0,283	2. 10. 2011	49
13	6,25	4,26	25. 9. 2011	32
18	1,55	1,25	18. 9. 2011	19
Průměr:				46

Účinnost = 100 - ((výtok/nátok) * 100)

Graf 10 - PO₄³⁻ Dvůr Hamr:



Osa X: Teplota [°C]

Osa Y: Účinnost [%]

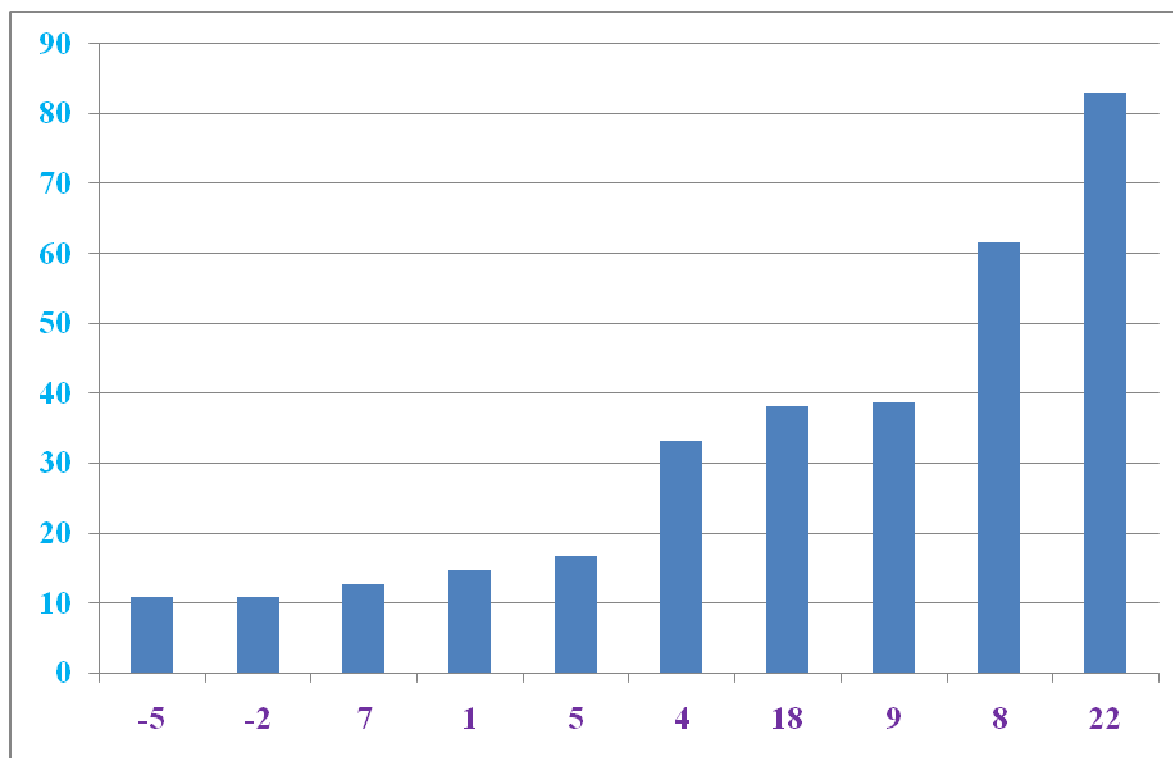
4.11 CHSK - Slavošovice

Tabulka 11 - CHSK Slavošovice:

Teplota [°C]	Nátok [mg/l]	Výtok [mg/l]	Datum	Účinnost [%]
-5	65	58	18. 12. 2011	11
-2	65	58	11. 12. 2011	11
7	103	90	27. 11. 2011	13
1	89	76	4. 12. 2011	15
5	90	75	16. 10. 2011	17
4	145	97	9. 10. 2011	33
18	137,5	85	18. 9. 2011	38
9	155	95	2. 10. 2011	39
8	130	50	20. 11. 2011	62
22	237	40	25. 9. 2011	83
Průměr:				32

Účinnost = $100 - ((\text{výtok} / \text{nátok}) * 100)$

Graf 11 - CHSK Slavošovice:



Osa X: Teplota [°C]

Osa Y: Účinnost [%]

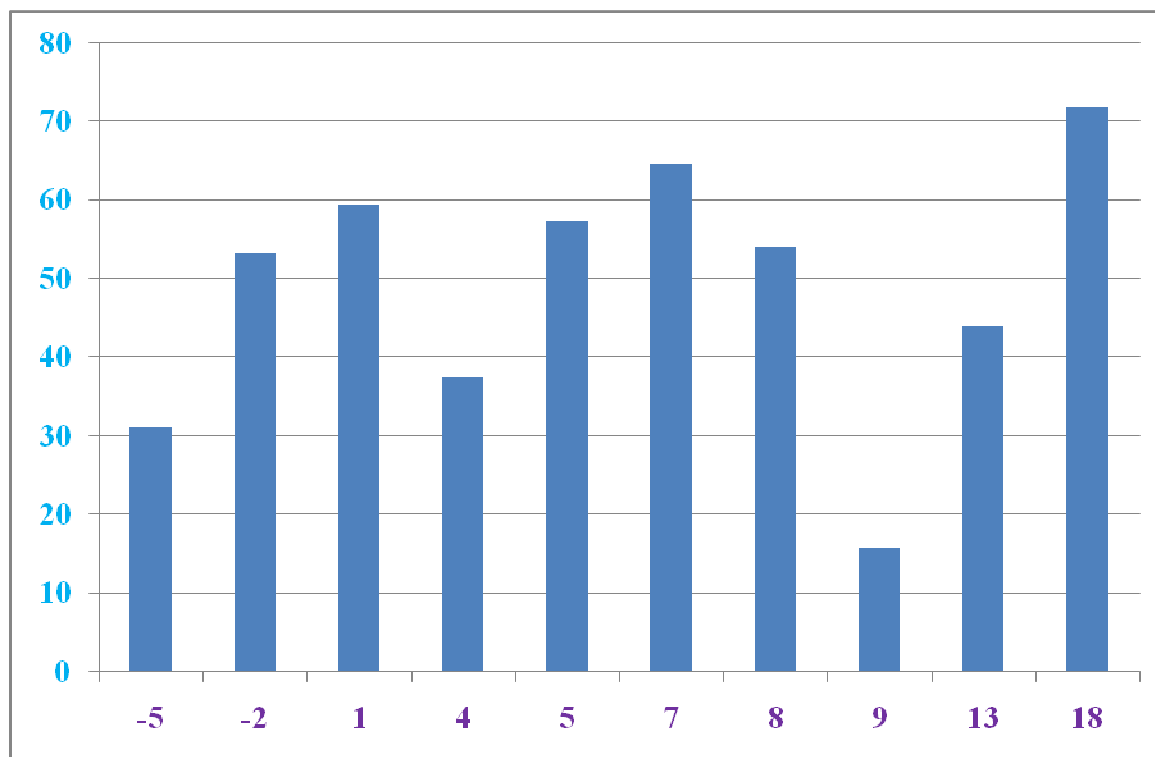
4.12 CHSK - Dvůr Hamr

Tabulka 12 - CHSK Dvůr Hamr:

Teplota [°C]	Nátok [mg/l]	Výtok [mg/l]	Datum	Účinnost [%]
-5	132	91	18. 12. 2011	31
-2	154	72	11. 12. 2011	53
1	200	81	4. 12. 2011	60
4	440	275	9. 10. 2011	38
5	192	82	16. 10. 2011	57
7	255	90	27. 11. 2011	65
8	261	120	20. 11. 2011	54
9	410	345	2. 10. 2011	16
13	580	325	25. 9. 2011	44
18	248	70	18. 9. 2011	72
Průměr:				49

Účinnost = $100 - ((\text{výtok} / \text{nátok}) * 100)$

Graf 12 - CHSK Dvůr Hamr:



Osa X: Teplota [°C]

Osa Y: Účinnost [%]

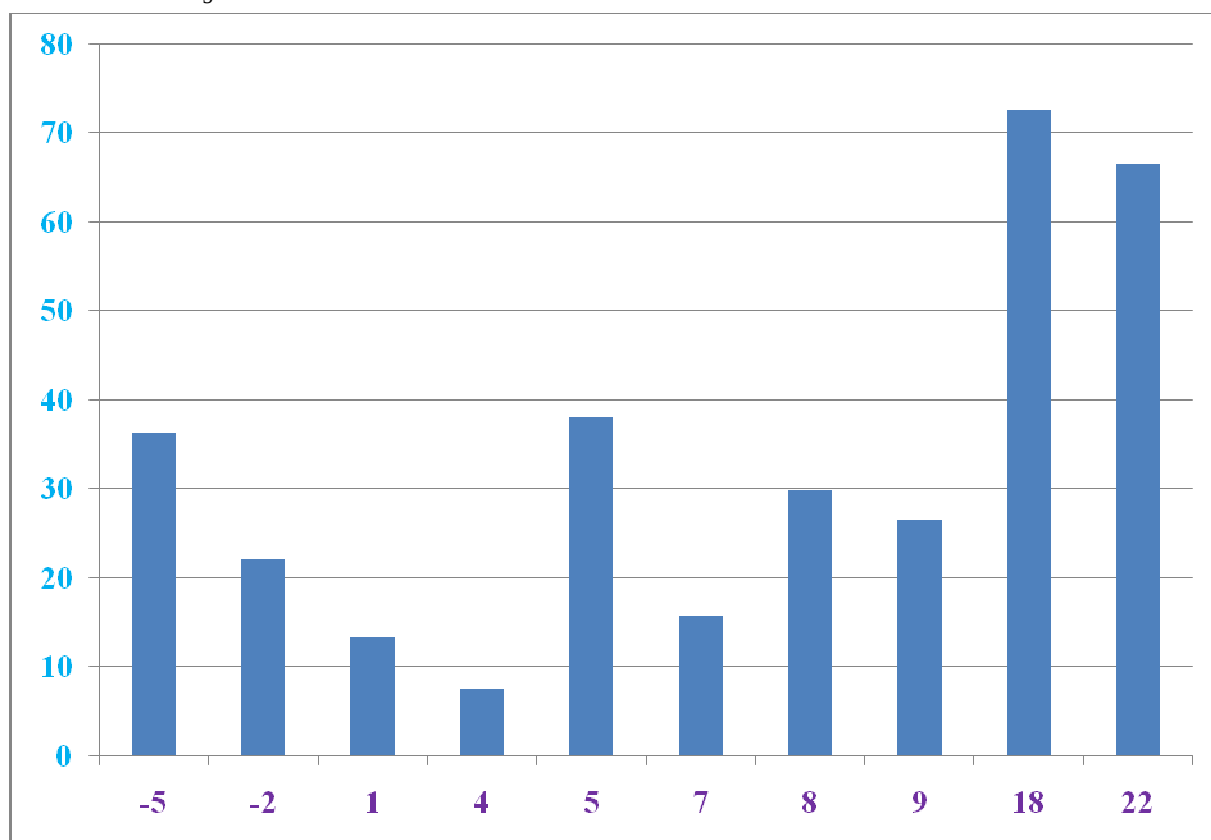
4.13 BSK₅ - Slavošovice

Tabulka 13 - BSK₅ Slavošovice:

Teplota [°C]	Nátok [mg/l]	Výtok [mg/l]	Datum	Účinnost [%]
-5	110	70	18. 12. 2011	36
-2	90	70	11. 12. 2011	22
1	150	130	4. 12. 2011	13
4	130	120	9. 10. 2011	8
5	210	130	16. 10. 2011	38
7	190	160	27. 11. 2011	16
8	100	70	20. 11. 2011	30
9	150	110	2. 10. 2011	27
18	110	30	18. 9. 2011	73
22	90	30	25. 9. 2011	67
Průměr:				33

Účinnost = $100 - ((\text{výtok} / \text{nátok}) * 100)$

Graf 13 - BSK₅ Slavošovice:



Osa X: Teplota [°C]

Osa Y: Účinnost [%]

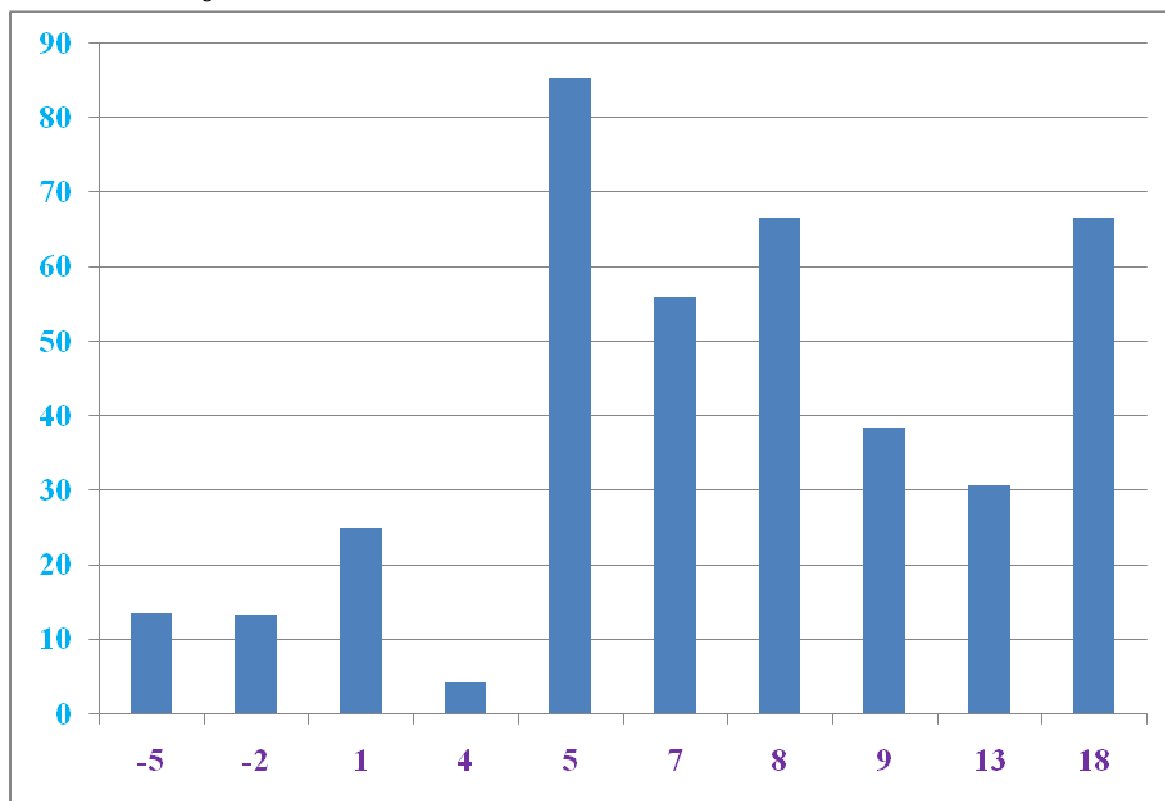
4.14 BSK₅ - Dvůr Hamr

Tabulka 14 - BSK₅ Dvůr Hamr:

Teplota [°C]	Nátok [mg/l]	Výtok [mg/l]	Datum	Účinnost [%]
-5	220	190	18. 12. 2011	14
-2	150	130	11. 12. 2011	13
1	160	120	4. 12. 2011	25
4	230	220	9. 10. 2011	4
5	410	60	16. 10. 2011	9
7	250	110	27. 11. 2011	56
8	270	90	20. 11. 2011	67
9	130	80	2. 10. 2011	38
13	130	90	25. 9. 2011	31
18	60	20	18. 9. 2011	67
Průměr:				40

Účinnost = $100 - ((\text{výtok} / \text{nátok}) * 100)$

Graf 14 - BSK₅ Dvůr Hamr:



Osa X: Teplota [°C]

Osa Y: Účinnost [%]

5 Diskuse

V diskusi jsem porovnával měřitelné i neměřitelné parametry čističek odpadních vod:

Stavba:

KČOV bych doporučil na místa s kolísavým průtokem (chaty, zahrádkářské kolonie...), protože KČOV se umí vypořádat s možností, že by týden netekla voda. Naproti tomu DČOV bych budoval ve městech nebo v satelitních městečkách, protože DČOV nejsou tolik náročné na velikost plochy, potřebné pro vybudování čističky.

Cena:

Náklady na výstavbu KČOV a DČOV jsou přibližně stejné. Nevýhodou DČOV je snad jen spotřeba elektrické energie při jejím provozu, která je spotřebována na pohon dmýhadla a aeraci.

Obsluha a údržba:

Malé čistírny odpadních vod, např.: KČOV Slavošovice a DČOV Dvůr Hamr, jsou velmi jednoduché na obsluhu, na rozdíl od velkých městských čistíren. Údržba KČOV Slavošovice se provádí přibližně jednou za měsíc, kde jde pouze o odstranění nečistot z česel, která jsou umístěna na začátku čistírny a přibližně jednou za 2,5 měsíce je potřeba posekat trávu na pozemku KČOV. Údržba DČOV Dvůr Hamr je minimalizována díky funkčnosti naprogramovaného režimu s diskontinuálním průtokem. Přibližně jednou týdně je potřeba zkontrolovat koncentraci aktivovaného kalu a jednou za 1 – 2 roky vyměnit jemnobublinné difuzory.

pH:

KČOV drží hodnotu pH přibližně na 7 (neutrálním), což způsobují kořeny Rákosu obecného, bez ohledu na změny teplot. Naproti tomu DČOV udržuje pH přečištěné vody mírně zásadité (7,1 – 7,5) a taktéž jako u KČOV teplota nemá vliv na hodnotu pH na výtoku z čistírny.

Vodivost:

Na odstranění rozpuštěných látek (iontů) ve vodě se u KČOV především podílejí kořeny rostlin, které ionty absorbují, a účinnost odstraňování iontů z odpadní vody je přibližně 41 %. U DČOV je účinnost odstraňování menší, pouhých 18 %, protože v nádrži s odpadní vodou nejsou žádné kořeny rostlin, které by napomáhaly bakteriím spotřebovávat rozpuštěné ionty.

Dusitany (NO₂⁻):

Účinnost KČOV je průměrně 67 %. Nejvyšší účinnost byla zaznamenána při teplotách 4°C, 8°C a 9°C. U DČOV jsem účinnost odstraňování nezaznamenával, jelikož množství dusitanů na výtoku často přesahovala množství na přítoku. Domnívám se, že k tomuto problému došlo oxidováním jiných dusíkatých látek, např.: amoniaku.

Dusičnany (NO_3^-):

Účinnost KČOV je průměrně 50 %. Teplota zde nemá velký vliv na odstraňování NO_3^- . Účinnost DČOV jsem opět nezaznamenával, protože naměřené hodnoty na výtoku často přesahovaly hodnoty na přítoku, ale průměrná hodnota na výtoku byla 35 mg/l.

Fosforečnany (PO_4^{3-}):

Účinnost KČOV je průměrně 66 % a účinnost DČOV je průměrně 46 %. Okolní teplota nemá vliv na žádnou z čističek.

BSK₅:

Účinnost KČOV je průměrně 33 %. Na grafu 13 je viditelné, že čistička pracuje lépe při vyšších teplotách, tj. okolo 20°C. Účinnost DČOV je průměrně 40 %. Na grafu 14 je vidět, že od 5°C se účinnost zvětšuje.

CHSK:

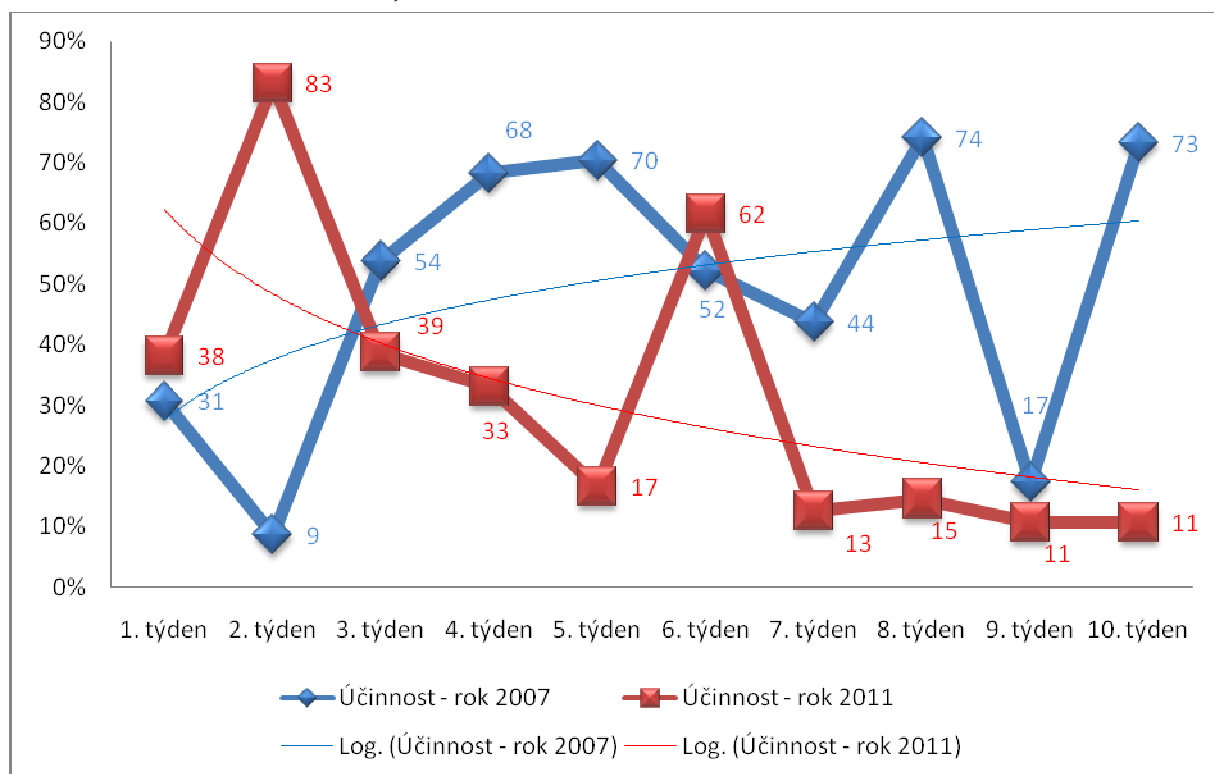
Účinnost KČOV je průměrně 32 % a z grafu 11 je vidět, že účinnost čištění je závislá na teplotě (čím větší teplota, tím větší účinnost). Účinnost DČOV je průměrně 49 % a závislost na okolní teplotě se zde opět neprojevila.

Tabulka 15 - Porovnání účinnosti (CHSK) KČOV Slavošovice v letech 2007 a 2011

CHSK – Slavošovice							
Veronika Bláhová - rok 2007^[11]				Jiří Vlach - rok 2011			
Datum	Nátok [mg/l]	Výtok [mg/l]	Účinnost [%]	Datum	Nátok [mg/l]	Výtok [mg/l]	Účinnost [%]
29. 10. 2007	140	97	31	18. 9. 2011	137,5	85	38
30. 10. 2007	138	126	9	25. 9. 2011	237	40	83
31. 10. 2007	147	68	54	2. 10. 2011	155	95	39
1. 11. 2007	145	46	68	9. 10. 2011	145	97	33
2. 11. 2007	125	37	70	16. 10. 2011	90	75	17
5. 11. 2007	136	65	52	20. 11. 2011	130	50	62
6. 11. 2007	149	84	44	27. 11. 2011	103	90	13
7. 11. 2007	147	38	74	4. 12. 2011	89	76	15
8. 11. 2007	104	86	17	11. 12. 2011	65	58	11
9. 11. 2007	116	31	73	18. 12. 2011	65	58	11
Průměrná účinnost:			49,24	Průměrná účinnost:			32,01

Naměřené hodnoty z roku 2007 jsem použil z maturitní práce Veroniky Bláhové.

Graf 15 – CHSK Slavošovice, 2007 a 2011:



Z naměřených hodnot, zaznamenaných v tabulce 15 a na grafu 15 na KČOV Slavošovice a z vypočítané průměrné účinnosti je zřejmé, že v roce 2007 byla účinnost odstraňování organického uhlíku větší, než v roce 2011. Může to být způsobeno rozdílnou teplotou, která v roce 2007 nebyla zaznamenávána nebo množstvím srážek, které mohly ovlivnit naměřenou CHSK z důvodů zředění.

6 Závěr

Od 18. září do 16. října 2011 a od 20. listopadu do 18. prosince 2011 jsem v týdenních intervalech odebíral vzorky na kořenové čističce odpadních vod ve Slavošovicích a domovní čističce odpadních vod ve Dvoře Hamr. Vzorky jsem analyzoval v laboratoři SOŠ EP ve Veselí nad Lužnicí a na SVÚ v Českých Budějovicích. V laboratořích jsem strávil přibližně 75 hodin a každý odběr trval přibližně 20 - 30 minut.

V konečném porovnání vyplynula z měření fakta, že KČOV se více hodí na úpravu pH a čištění chemických látek (NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}) naproti tomu DČOV se zaměřuje spíše na odstraňování organických látek. Na teplotě je více závislá kořenová čistírna odpadních vod a to snad jen při odstraňování organického uhlíku (CHSK), jinak je závislost na teplotě téměř zanedbatelná. V letním období se účinnost zvedá, z důvodu menšího kolísání teploty a v zimním období se taktéž účinnost zvedá z důvodu průtoku malého množství odpadní vody, což má za následek, že voda má v kořenovém poli KČOV delší dobu na přečištění.

Dotace na ČOV od Evropské unie jsou poměrně vysoké. Pokud je žadatelem malá obec (do 2000 obyvatel) je možné poskytnout dotaci až do výše 80 % uznatelných nákladů, které nepřekročí 20 mil. Kč. U té části uznatelných nákladů, která přesahuje 20 mil. Kč podpora nepřekročí 65 %. U ostatních žadatelů je maximální výše dotace 65 % z uznatelných nákladů.

Čistírny odpadních vod jsou velmi důležité především pro udržení kvalitní povrchové, ale také podzemní vody, a proto by měli být součástí každého města, vesnice, malých osad či jednotlivých domků. Odpadní vody by neměly být vypouštěny do vodních toků ani do rybníků nebo moří, jak je to řešeno velkou částí obyvatelstva ještě dnes. Odpadní vody jsou globálním problémem, ale zároveň je to problém každého z nás.

7 Zdroje

- [1] VYMAZAL J.: Kořenové čistírny odpadních vod – © 2004, Jan Vymazal a ENKI o. p. s. Třeboň
- [2]<http://www.ireceptar.cz/domov-a-bydleni/stavba-a-rekonstrukce/zumpa-nebo-domovni-cistirna-odpadnich-vod/>; 11. 12. 2011, nákres KČOV; © 2012 VIZUS & Reader's Digest Výběr
- [3]<http://kcov.wz.cz/KCOV.php>; 15. 12. 2011; Kořenové čistírny odpadních vod; autor neznámý
- [4]<http://www.priroda.cz/clanky.php?detail=663>; 15. 12. 2011; KČOV; © 2004 - 2012 PŘÍRODA.cz
- [5]<http://www.techpark.sk/technika-782010/korenove-cistirny-odpadnich-vod-ekonomika-vystavby-a-provozu.html>; 6. 10. 2011; cena KČOV; Copyright © 2008 TechPark, o. z.
- [6]<http://www.cisticka-odpadnich-vod.eu/funkce-cisticky>; 2. 12. 2011; nákres a funkce domovní čistírny odpadních vod; © OMEGA plus Chrudim s.r.o
- [7]<http://www.bvsnet.cz/index.html>; 15. 12. 2011; DČOV - BVS-SBR; © Copyright BvsAqua s.r.o 2010
- [8]http://www.veronica.cz/dokumenty/prirodni_cistení_vody.pdf; 24. 11. 2011; umělé mokřady + funkce kořenových čistíren odpadních vod; ZO ČSOP Veronica
- [9]<http://www.pro-aqua.cz/sbr.php>; 25. 1. 2012; SBR diskontinuální systém; PRO - AQUA CZ, s.r.o.
- [10] VYMAZAL J.: Čištění odpadních vod v kořenových čistírnách, Třeboň, 1995, str. 146
- [11] BLÁHOVÁ V.: Analýza odpadních vod kořenové čistírny ve Slavošovicích, maturitní práce, SOŠ OTŽP Veselí nad Lužnicí, 2008

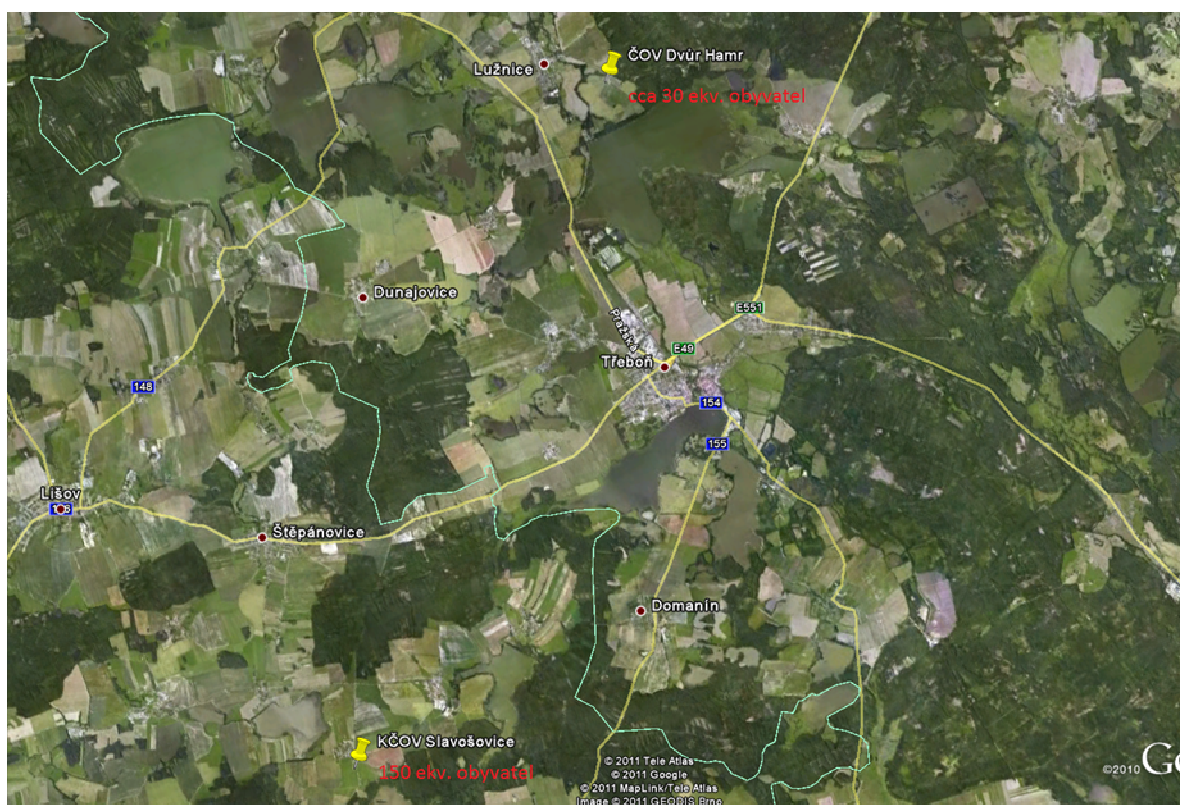
8 Seznam zkratek

- **KČOV:** Kořenová čistírna odpadních vod
- **DČOV:** Domovní čistírna odpadních vod
- **ČOV:** Čistírna odpadních vod
- **BSK₅:** Biologická spotřeby kyslíku (za 5 dní)
- **CHSK:** Chemická spotřeba kyslíku
- **Autolýza:** samovolný rozklad biologického materiálu
- **EO:** Ekvivalentní obyvatel
- **SOP:** Standartní operační postup

9 Seznam příloh

Příloha 1	Obr. 1: Poloha KČOV Slavošovice a DČOV Dvůr Hamr
	Obr. 2: Poster KČOV Slavošovice
Příloha 2	Obr. 3: KČOV Slavošovice v roce 2001, jílové podloží, hrubé kamenivo a štěrky
	Obr. 4: KČOV Slavošovice, srpen 2001. Lávky v rákosových polích
Příloha 3	Obr. 5: KČOV Slavošovice, červen 2002. Rákosové pole v období růstu
	Obr. 6: KČOV Slavošovice, květen 2003. Rákosové pole v období růstu
Příloha 4	Obr. 7: KČOV Slavošovice, srpen 2004. Rákosové pole v konečném stádiu růstu
	Obr. 8: KČOV Slavošovice, květen 2011. Suché rákosové pole
Příloha 5	Obr. 9: Objekt KČOV Slavošovice v září 2011
	Obr. 10: KČOV Slavošovice, výška rákosu v září 2011
Příloha 6	Obr. 11: KČOV Slavošovice, měření pH na přítoku do KČOV
	Obr. 12: KČOV Slavošovice, měření konduktivity na odtoku z KČOV
Příloha 7	Obr. 13: KČOV Slavošovice, česla
	Obr. 14: KČOV Slavošovice, lapák písku
	Obr. 15: KČOV Slavošovice, odtok přečištěné vody z rákosového pole
Příloha 8	Obr. 16: Měření pH a vodivosti
	Obr. 17: Spektrofotometr Genesys 10 UV
	Obr. 18: Měření dusičnanů na odpařovacích miskách
	Obr. 19: Měření fosforečnanů
Příloha 9	Obr. 20: Kyslíkové láhve s dimetry na měření BSK ₅
	Obr. 21: Spektrofotometr DR/2000
	Obr. 22: Termoreaktor
Příloha 10	Obr. 23: Kalová nádrž DČOV
Příloha 11	Potvrzení o provedení maturitní práce na SVÚ České Budějovice

Příloha1



Obr. 1: Poloha KČOV Slavošovice a DČOV Dvůr Hamr; © Google Earth 2011



Obr. 2: Poster KČOV Slavošovice; Vytvořil: Ing. T. Píček, Ph.D.

Příloha2



Obr. 3: KČOV Slavošovice v roce 2001, jílové podloží, hrubé kamenivo a štěrky. Foto: J. Dušek



Obr. 4: KČOV Slavošovice, srpen 2001. Lávky v rákosových polích. Foto: J. Dušek

Příloha 3



Obr. 5: KČOV Slavošovice, červen 2002. Rákosové pole v období růstu. Foto: J. Dušek



Obr. 6: KČOV Slavošovice, květen 2003. Rákosové pole v období růstu. Foto: J. Dušek

Příloha4



**Obr. 7: KČOV Slavošovice, srpen 2004. Rákosové pole v konečném stádiu růstu.
Foto: J. Dušek**



Obr. 8: KČOV Slavošovice, květen 2011. Suché rákosové pole, Foto: Jiří Vlach

Příloha 5



Obr. 9: Objekt KČOV Slavošovice v září 2011, Foto: Jiří Vlach



Obr. 10: KČOV Slavošovice, výška rákosu v září 2011, Foto: Jiří Vlach

Příloha 6



Obr. 11: KČOV Slavošovice, měření pH na přítoku do KČOV, Foto: Jiří Vlach



Obr. 12: KČOV Slavošovice, měření konduktivity na odtoku z KČOV, Foto: Jiří Vlach



Obr. 13: KČOV Slavošovice - česla



Obr. 14: KČOV Slavošovice – lapák písku



Obr. 15: KČOV Slavošovice, odtok přečištěné vody z rákosového pole, Foto: Jiří Vlach



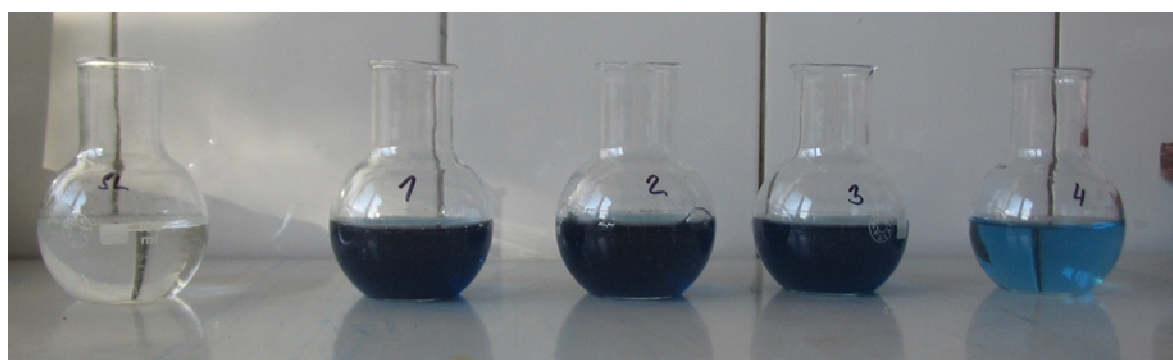
Obr. 16: Měření pH a vodivosti



Obr. 17: Spektrofotometr Genesys 10



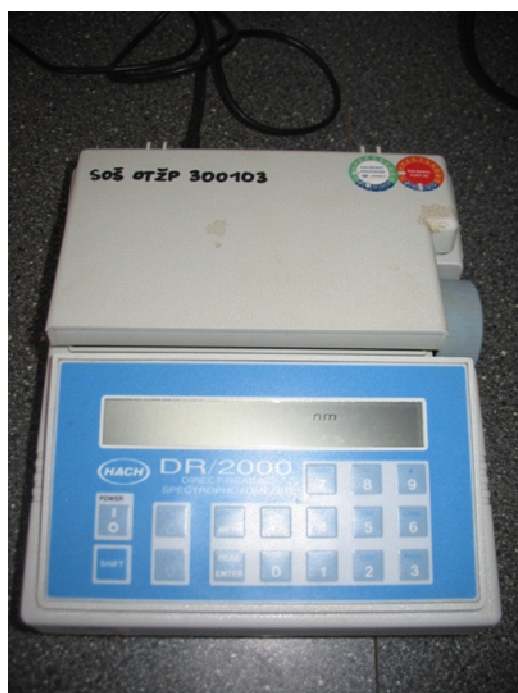
Obr. 18: Měření dusičnanů na odpařovacích miskách



Obr. 19: Měření fosforečnanů



Obr. 20: Kyslíkové lahve s dimetry na měření BSK₅



Obr. 21: Spektrofotometr DR/2000



Obr. 22: Termoreaktor



Obr. 23: Kalová nádrž DČOV

**STÁTNÍ VETERINÁRNÍ ÚSTAV
ČESKÉ BUDĚJOVICE**

Dolní 2, 370 04 ČESKÉ BUDĚJOVICE Tel.: 387 001 570 Fax.: 387 319 040

Vážený pan
Jiří Vlach

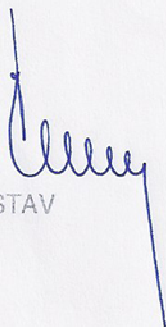
Pekárenská 47
370 04 České Budějovice

Věc
Potvrzení

Potvrzujeme, že studentu Střední odborné školy ekologické a potravinářské se sídlem ve Veselí nad Lužnicí **Jiřímu Vlachovi**, v období září-listopad/2011, bylo umožněno analyzovat vzorky odpadních vod ke své maturitní práci v chemické laboratoři Státního veterinárního ústavu v Českých Budějovicích.

MVDr. Milan Borovka
ředitel SVÚ

STÁTNÍ VETERINÁRNÍ ÚSTAV
ČESKÉ BUDĚJOVICE
Dolní 2
370 04 České Budějovice
DIČ: CZ00511129



V Českých Budějovicích dne 25. 11. 2011