

ALEKSANDER STOJANOV¹
DRAGAN UGRINOV²

Stručni rad
UDC:628.31

Istorijski pregled u tretmanu otpadnih voda

U radu je dat istorijski pregled problematike sa otpadnim vodama u Velikoj Britaniji i Nemačkoj, gde se mogu videti početni koraci u identifikaciji uzročnika bolesti, kao i začetci postupaka za detekciju i tretman otpadnih voda (industrijskih i komunalnih). Sredinom 19.-og veka postojala su pitanja na koja je trebalo dati adekvatne odgovore: Koliko je prljava otpadna voda u odnosu na specifična jedinjenja ili ukupne parametre; i kako mogu izmeriti ove parametre ili koncentraciju ovih specifičnih jedinjenja?. Gde je najbolje mesto za uzimanje uzorka za analizu iz reke ili iz postrojenja za tretman otpadnih voda?...

Ključne reči: tretman, otpadna voda, zagađenje, bakterije

1. UVOD

Otpadne vode predstavljaju kompleks složenih jedinjenja i često je samo biološkim testovima toksičnosti moguće utvrditi toksičnost kompleksnih otpadnih voda i prema tome odrediti način i obim prečišćavanja. Na taj način se ostvaruju velike uštede kod projektovanja i rada sistema za prečišćavanje. Istorijski gledano one su bile veliki problem, a ujedno i izvor zaraze i izazivači velikih hidričnih epidemija.

2. UPRAVLJANJE OTPADNIM VODAMA DIREKTNIM OTPUŠTANJEM U ZEMLJIŠTA I VODENE POVRŠINE-PRVE STUDIJE

Sredinom 19.-og veka, proizvedene otpadne vode u brzo-razvijajućim industrijskim regijama i gradovima ispuštane su direktno u reke i kanale, kao i u zemljište ispod toaleta u dvorištima oronulih kvartova. Često, pumpa vode za piće je bila smeštena odmah do toaleta. Dakle, nije bilo čudna česta pojava kolere, posebno u velikim gradovima.

Voda za piće koja se crpila ovim pumpama povremeno je mirisala na H₂S; a Rudolf Virkov je bio prvi koji je pretpostavio da to mora biti produkt anaerobnog smanjenja CaSO₄ (gips) od strane „mikroskopskih algi“ (Virkov 1868):

Situacija na engleskim rekama i kanalima okarakterisana je slikom 1.

Prvi korak u rešavanju problema zagađenja reka bio je opisati to zagađenje uzimanjem uzoraka i merenjem.

Frenklandu je naloženo od strane Londonske uprave da mesečno prezentuje izveštaj o vodosnabdevanju. 1868. god., povodom sastanka Kraljevskog Instituta Velike Britanije, on je istakao da je pijaća voda koja stiže u London iz Cader Idris i Plajlimon pla



Slika 1 - Crtež iz satiričnog časopisa „Punch“ iz 1858.god. (Fohl i Ham 1985).

nina (severni Vels) zagađena „nezdravim klicama“ i hemikalijama (Frenkland 1869a). Iste godine, Frenkland predlaže da se uradi deset analiza vode kako bi se okarakterisao kvalitet rečnih voda (Frenkland 1869b), ali je za to trebalo dugo vremena.

Sličan izveštaj i opis metode merenja kao i rezultati bili su objavljeni od strane Finkenera i Zinreka, što se odnosilo na jezera i reke u i oko Berlina (Finkener 1871; Zinrek 1871). Rezultati se ne mogu uporediti sa današnjima zbog razlika u metodama merenja i uzorkovanja. Iz tog razloga ih ovde nećemo navoditi.

Godine 1871., rezultati Komisije za rečna zagađenja na čelu sa Frenklendom, postali su dostupni. Od posebnog značaja bilo je stanje reke Irvel i njenih pritoka. Na dužini od preko 56km bilo je 285 fabrika koje su otpuštale svoje otpadne vode u ovu malu reku, koja je bila izuzetno zagađena (Rajh 1871).

U ovom trenutku, diskutovalo se o tome da li koncentracija zagađujućih materija može biti redukovana pomoću hemijske oksidacije tokom njihovog transporta u reku. Edvard Viebe, na primer, je bio ubeđen da su sve otpadne vode Berlina koje se ispuštaju u reku Spri između Šarlotburga i Španda pročišćene

Adresa autora: ¹Direkcija za građevinsko zemljište i izgradnju Beograd, J.P., Beograd, ²Zavod za javno zdravlje Pančevo

Rad primljen: 15. 02. 2011.

„samo-pročišćavanjem“, prirodnim hemijskim procesom koji je povoljan za korišćenje (Viebe 1873).

3. REČNA, ZEMLJIŠNA ILI MINERALIZACIJA ORGANSKIH MATERIJA POMOĆU EKSPERIMENATA - DA LI JE TO HEMIJSKI ILI BIOLOŠKI PROCES?

Proces „samo-pročišćavanja“ morao se eksperimentalno proučiti. Komisija koju je verovatno predvodio Frenkland, dobila je nalog da ispita ovaj problem. Otpadna voda iz kanala mešana je sa rečnom vodom i automatski prebacivana iz jednog suda u drugi nakon kratkih prekida. U toku ovog procesa prebacivanja, kiseonik iz vazduha se mora ubacivati ukoliko je to potrebno za reakciju. Ali, koncentracija organskih materija nije bila znatno smanjena, čak i nakon nekoliko nedelja. Dakle, posmatrani proces „samo-pročišćavanja“ nije bio jednostavan hemijski proces. Aleksandar Miler je verovatno bio prvi koji je posumnjao, 1869. godine, da razgradnja organskih materija mora biti mikrobiološki proces (Rokling 1899).

Do inicijalnog odgovora došlo se pomoću eksperimenata J.Koniga. Žičana mreža je isprskana otpadnom vodom i ostavljena da stoji nekoliko nedelja, nakon toga se primećuje pojava biofilma koji je formiran i da su rastvorene organske materije bile uklonjene (Konig 1883). U tom svetlu, eksperimenti Volfhugela i Tiemana su takođe veoma bitni, jer su oni bili prvi koji su proučavali rast bakterija na srednjim kulturama nakon dodavanja pijaće i procesuirane vode. U ovim eksperimentima, savete su dobijali od Roberta Koha (Volfhugel i Tieman 1883).

Između 1885. i 1890 godine nekoliko daljih studija je bilo objavljeno koje su dokazivale da mikrobiološki procesi moraju biti odgovorni za proizvodnju H_2CO_3 i HNO_3 oksidacijom organskih jedinjenja i NH_4^+ (Emih 1885; Konig 1886; Knauf 1887; Vigman 1888; Vinogradski 1890).

Ipak, druga grupa hemičara nije mogla da bude ubeđena rezultatima ovih eksperimenata. Danbar, čuveni direktor Statlik Instituta za higijenu u Hamburgu, citirao je Travia u svom radu iz 1912.god. (Danbar 1912), koji je oštro demantovao bakterijsko razlaganje organskih materija. Travis je prezentovao rezultate eksperimenta na svečanosti povodom sedmog Internacionalnog Kongresa Hemičara u Londonu 1907. godine, koji su trebali da dokažu čistu hemijsku oksidaciju umesto biorazgradnje pomoću mikroorganizama. Međutim, Danbar je kritikovao Travisove metode u svom poslednjem radu (Danbar 1912), i očigledno je da ideja čistih hemijskih mehanizama više nije bila podržavana u naučnim skupovima i časopisima.

Ne bi trebali zaključiti ovaj kratak opis rođenja mikrobiologije životne sredine, bez naglašavanja rada Vinogradskog (1890), koji je izveo osnovne i najznačajnije studije o nitrifikaciji. Za razliku od svih bakterija koje koriste organska jedinjenja kao izvor energije i/ili ugljenika, nitrovane bakterije su (hemijsko).....-autotrofne, dobijaju energiju oksidacijom NH_4^+ i NO_2^- , i zadržavaju karbon od redukcije CO_2 (poglavlje 10). On je otkrio sve ove činjenice i još mnogo toga o ovoj vrsti bakterija, katabolizma i anabolizma tokom godina koje su prethodile 1890., i zapanjujuće je to da spor o oksidaciji organskih i neorganskih jedinjenja kao rezultat hemijskih ili bioloških procesa nije zaključen još nekoliko godina.

Godine 1891, izlazi prvi udžbenik o higijeni „Plan higijene“, koji je napisao C. Fluge, objavljen je i u svom drugom izdanju (Fluge 1891). S pravom, čitalac je mogao da očekuje veoma bitne diskusije iz prošle decenije koje bi bile spomenute. Ali, knjiga, sa svojih 560 strana, nije davala bilo kakve reference na tu temu. Da li bi onda trebali da zaključimo da su radovi objavljeni u časopisu „Inženjering zdravlja i čistoće“, na primer, prošli nezapaženo od strane doktora koji su radili na polju higijene?

4. RANI BIOLOŠKI PROCESI TRETMANA OTPADNIH VODA

Prikupljanje otpadnih voda u sisteme kanala služio je svrsi, ali ispuštanje tih voda u reke nije bilo rešenje problema jer bi iznos ispuštenih voda bio prevelik u odnosu na stopu rečnog toka. U Berlinu, Hobreht je predložio a zatim i izgradio sistem za prikupljanje otpadnih voda sa 12 radijalnih rukavacpet južno i sedam severno od reke Spri. U svakom radijalnom sistemu, kišnica i otpadna voda su tekle ka najnižoj tački pomoću gravitacije (i sistem je i danas u upotrebi), odakle je pumpana u cevi za navodnjavanje polja izvan grada. U sredini svakog polja za navodnjavanje, voda je izlazila kroz hidrante i ventile i prolazila kroz jarkove za navodnjavanje u poljima. Voda je prodirala u zemlju i bivala prikupljena kroz porozne keramičke cevi i tekla u drenažne kanale i konačno u kanale ili reke (Hobreht 1884). Slična polja za navodnjavanje bila su izgrađena u okolini nekoliko drugih gradova. Podaci o koncentraciji otpadnih voda merenoj na ulasku i izlasku su veoma retki. Tabela 1. pokazuje neke podatke koji datiraju od 14.aprila 1891.god., i odnose se na polje za navodnjavanje u Vroclavu (Ufelman 1893). Ako uporedimo vrednosti rastvorenih organskih materija od 155.9 mgL^{-1} (pri ulasku) i 53.2 mgL^{-1} (pri izlasku), možemo zaključiti da je oko 66% organskih materija uklonjeno. Nitrifikacija je bila skoro potpuna (amonijak $105 \rightarrow 7 \text{ mgL}^{-1}$).

Efekat čišćenja pomoću polja za navodnjavanje je već dokazan u kasnim 1870-tim godinama, ali u prvoj deceniji rada, naučne osnove za smanjenje organskih materija, koje su praćene mirisom (često) i/ili ukusom (retko), bile su u velikoj meri nejasne. Tokom 1890-tih, postalo je sigurnije i sigurnije: da to nije bio hemijski već biološki proces koji su obavljale aerobne i anaerobne bakterije. Ipak, spor nije rešen sve do početka 20. veka (Danbar 1912).

Tabela 1 - Koncentracija uzoraka pri ulasku i izlasku iz polja za navodnjavanje u Vroclavu (14. april 1893.; Ufelman 1893, ekstraktovao)

Supstanca	Koncentracija (mgL)	
	Utok ^{a)}	Isticanje ^{b)}
Suspendovani materijal	295.2	54.0
Organski	246.0	-
Neorganski	49.2	-
Rastvoreni materijal	687.3	478.4
Organski	155.9	53.2
Neorganski	531.4	425.2
Potrošnja KMNO ₄	118.1	9.7
Amonijak (NH ₃ +NH ₄ ⁺)	105.0	7.0
Azotna kiselina	-	17.5
Fosforna kiselina	22.4	-

^{a)}Pumpna stanica; ^{b)}Glavni jarak za odvod

Eksperimentisanje u načinima kako povećati specifično opterećenje otpadnih voda (u m³ (ha na dan⁻¹)) u poređenju sa poljima za navodnjavanje rezultiralo je razvojem povremene zemljišne filtracije. Sledeći operativni uslovi na prvim položajima su morali biti ispunjeni: (a) nivo podzemnih voda mora biti dovoljno nizak, (b) prečišćena voda mora biti prikupljena u bočne jarkove za reciklažu i (c) primena otpadne vode mora biti povremena, tako da nivo vode u zemlji opada i omogućava istovremeni protok vazduha na dole kako bi se obezbedio kiseonik za razmnožavanje bakterija, respiraciju i razlaganje organskih materija. Iako ovaj biološki proces nije u potpunosti bio razumljiv, bio je testiran sa sve većim uspehom.

Jedan od prvih procesa ove vrste uspešno je delovao u Lorensu, država Masačusets, SAD, 1888. god. Ovi prvi eksperimenti su bili veoma uspešni, što pokazuje gotovo potpuno uklanjanje organskih materija i potpune NH₄⁺ oksidacije (Danbar 1899). U Londonu i njegovoj okolini, slične eksperimente sa zemljišnom filtracijom izvodio je Dibdin 1894-1896. (Rekling 1899). U Barkingu u Londonu, blizu reke Temze, u oblasti od 4047 m² nabacano je zemljište čiji su zidovi bili visine 1 m, i koji su

poduprti položenim ciglama. Nekoliko čvrstih materijala bilo je testirano kao kontaktni sloj. Ovaj filter je periodično punjen otpadnom vodom preko 2 h, zatim bi punjenje bilo prekidano na 1h i zatim bi polako bio pražnjen tokom 5 h; i ciklus je ponavljan svakih 8 h. Oko 70-75% rastvorenih organskih materija je bilo uklonjeno. Postrojenja u Satonu i Ekseteru bila su drugačija od onih u Barkingu samo u jednoj tački: otpadna voda je biološki obrađena za 24 h – u Satonu očigledno aerobno u otvorenom sudu a u Ekseteru anaerobno u zatvorenom sudu. Dobijeni rezultati iz oba postrojenja bili su nešto bolji nego u Barkingu (Dibdin 1898). Slično ovome, vrlo rana pilot postrojenja za proučavanje biorazgradnje započela su sa radom 1897. U Hamburgu (bolnica Ependorfer; Danbar 1899), u mestu Groslihtfelde blizu Berlina 1898/1899 (Šveder 1901) i u Tempelhofu blizu Berlina 1900 (Thum i Prickov 1902). Nakon osnivanja „Kraljevskog Instituta za vodosnabdevanje, testiranje i sanaciju“ u Berlinu, pilot eksperimenti su izvođeni sistematski kako bi se proučavala povremena zemljišna filtracija, u cilju nalaženja najboljeg tipa kontaktnih slojeva i kako bi se poboljšao proces u Tempelhofu (Thum i Prickov 1902, Zan 1902). Sav ovaj razvoj i eksperimenti vodili su konačno do razvika kontinuirano operativnih filtera za proceđivanje (tabela 2). Jedno od prvih postrojenja velikih razmera je sagrađeno u obliku kontaktnih slojeva korišćenjem velikih komada koksa i radilo je povremenu filtraciju u Stansdorfu blizu Berlina (Muler 1907).

Tabela 2 - Razvoj sistema za navodnjavanje polja i filtera za proceđivanje – povećanje u specifičnom opterećenju

Godina	Proces	Specifično opterećenje (m ³ (ha h) ⁻¹)
1860	Polja za navodnjavanje pripremljena na pogodnom tlu i nivou oblasti	0.24-0.36
1878	Polja za navodnjavanje sa drenažnim rovovima i zemljanim poljima	4-8
1884	Polja za navodnjavanje i preliminarna sedimentacija	8-10
1886-1900	Povremena zemljišna filtracija	30-40
1890	Povremena filtracija sa kontaktnim slojevima	120
1903	Filter za proceđivanje	500-2 000
1960	Filter za proceđivanje visokog opterećenja	8 000

5. EPIDEMIJA KOLERE-DA LI JE UZROK BAKTERIJA KOJA ŽIVI U VODI ILI U ZEMLJIŠTU?

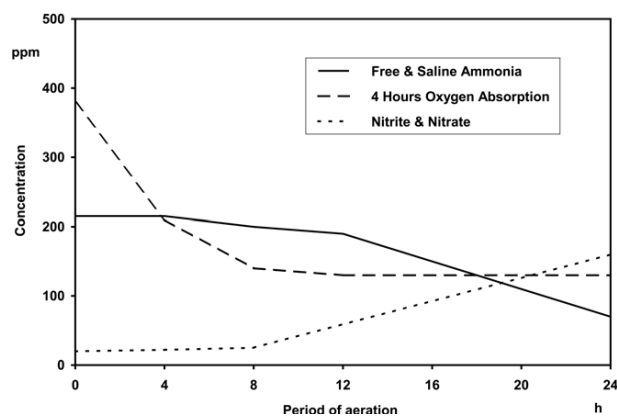
U brzo-rastućim evropskim gradovima 19. veka, epidemija kolere odnela je hiljade života. U vreme pre 1860.god., niko nije imao realnu ideju o uzrocima ovih epidemija. Sve do 1883., kada je Robert Koh otkrio bakteriju koja je uzročnik ovih bolesti (Braun 1935), lekari su mogli da traže prirodan uzrok nastajanja ovih bakterija. Dve različite hipoteze okarakterisale su spor sledećih 10 godina. Maks fon Peterkofer i njegovi sledbenici bili su ubeđeni da bakterije kolere žive i rastu u zemljištu i da su infekcije uzrokovane kontaktom sa zemljištem i česticama prašine (fon Petenkofer 1882). Robert Koh i njegovi sledbenici podržavali su mišljenje da infekcije bakterijom kolere dolaze od površinskih voda koje su često korišćene kao izvor vode za piće bez prethodne obrade (Braun 1935).

Godine 1892., kolera se pojavila u Hamburgu. Sve žrtve ove bolesti snabdevale su se pijaćom vodom koja je dolazila direktno iz reke Elbe bez peščane filtracije. Centralni zatvor i duševna bolnica Atendorfer sa svojim sopstvenim zalihama podzemne vode ostale su netaknute naletom kolere (Klug i Šram 1986). U susednom gradu Altoni, smrtnost je znatno niža, iako je i tamo korišćena voda iz reke Elbe. Da li je stopa zaraze u tolikoj meri niža zbog toga što je voda prošla peščanu filtraciju u vodovodu Altona? Nakon nekoliko meseci, broj bolesnih je bio 18 000 a broj umrlih 7 600. Ali do ove tačke, bacil kolere nađen je samo telima i izmetu bolesnih. Ali, samo godinu dan kasnije, bacil kolere otkriven je u vodama reke Elbe i pre svega u pumpama. Nakon što je izvor zaraze identifikovan, efektivno rešenje problema je pronađeno: peščana filtracija u vodovodima i ispuštanje otpadnih voda u reku kao i ranije (Fluge 1893) ili povlačenje podzemnih voda i tretman kroz polja za navodnjavanje (Virkov 1868; Hobreht 1884). Obe metode su primenjene, prva u Hamburgu, druga u Berlinu. Ideja da reka može biti prepuna netretiranom otpadnom vodom a potom očišćena „samo-pročišćavanjem“ bila je potvrđena za narednih 80 godina. Samo u 1960.-im godinama smo shvatili da otpadne vode moraju biti tretirane u postrojenjima pre ispuštanja u površinske vode!

6. RANI EKSPERIMENTI SA PROCESOM AKTIVNOG MULJA

Očigledno, niko pre 1913.god., nije imao ideju o povećanju koncentracije aerobnih bakterija sedimentacijom mulja nakon aeracije kanalizacije nekoliko časova, radi pažljivog uklanjanja čvrstih materija i onda ponovnog dodavanja kanalizacije. Prve osobe

koje su posmatrale povećavanje mulja ponavljanjem ovog procesa nekoliko puta bili su Edvard Arden i Vilijam T.Loket iz Rečnog Komiteta Korporacije Mančester 1914.god. Prezentovali su svoje rezultate na sastanku u Grand Hotelu u Mančesteru 3.aprila 1914. (Arden i Loket 1914). Od velikog značaja je bilo to da su staklene boce sa 2.27L kanalizacije bile zaštićene od svetlosti po prvi put, tako da se alge ne bi mogle razvijati. Boca je bila napunjena kanalizacijom iz Devihulme. Ako bi mulj imao zapreminu od 25% nakon sedimentacije, „karbonske fermentacije“ i nitrifikacije može dostići veliki stepen nakon 24h. Bilo je veoma bitno da se mulj mešao sa kanalizacijom i da je dodavano dovoljno vazduha. Ph vrednost je morala biti kontrolisana dodavanjem manjih količina alkalnih materija. Ovi objavljeni rezultati prikazani su na slici 2. - Na ovoj slici, koncentracije su date u „delovima po milionu“, što znači oko $200/106 = 200\text{mgL}^{-1}$. Organske materije su merene kao „apsolutni kiseonik“. Autor je verovatno koristio KMNO_4 kao oksidacioni agens. Stopa nitrifikacije je bila spora u poređenju sa stopom uklanjanja organskih materija u prvih 8h. Nakon ovog vremena, situacija se menja



Slika 2

Tokom narednih godina, ova hrpa procesa se pretvara u jedan kontinuirani proces pomoću rezervoara za aeraciju, rezervoara za sedimentaciju i sistema za reciklažu mulja. Nakon nekoliko obavljenih eksperimenata u Velikoj Britaniji i SAD-u, korišćenjem pilot postrojenja za proučavanje procesa (Mohajeri 2002), prvo postrojenje tehničkih razmera za mulj bilo je izgrađeno u Šefildu, Velika Britanija, 1920.god. (Havort 1922). Voda je tekla otvorenim vijugavim kanalima i dodavan joj je vazduh cirkulacijom i mešanjem. U Indijanapolisu, SAD, kompresovani vazduh je cirkulisao kroz perforirane cevi koje su bile poređane blizu dna sa jedne strane dugog kanala, proizvodeći spiralni tok vazдушnih mehurića (Hard 1923). Prvi površinski aerator sa vertikalnom osovinom konstruisao je Bolton. Cev za sprovođenje uslovljavala je dvofazno strujanje pri dnu, rezultirajući

rajući dovoljnim transferom kiseonika i mešanjem vode i mulja (Bolton 1921; Imhof 1979). U Nemačkoj, prva velika postrojenja izgrađena su u Esen-Relinghausen-u 1926.god. (Kun 1927), i u Stansdorfu blizu Berlina 1929-1931. (Langbin 1930), poslednje od njih je bilo dizajnirano i radilo je kao eksperimentalno postrojenje za proučavanje različitih dizajna rezervoara za sedimentaciju (Mohajeri 2002).

7. UZIMANJE UZORAKA I MERENJE ZAGAĐIVAČA

Postoji nekoliko važnih pitanja na koja mora biti dat odgovor pri proučavanju tehnologije i kontrole zagađenja:

- Koliko je prljava otpadna voda u odnosu na specifična jedinjenja ili ukupne parametre; i kako mogu izmeriti ove parametre ili koncentraciju ovih specifičnih jedinjenja?
- Gde je najbolje mesto za uzimanje uzorka za analizu iz reke ili iz postrojenja za tretman otpadnih voda?
- Koji je najbolji metod uzimanja uzoraka (vađenje uzoraka nakon kratkog vremenskog perioda, uzorkovanje i mešanje u određenom vremenskom periodu od 1-2h)?
- Koliko često treba uzimati uzorke, jednom u sat vremena, jednom dnevno, nedeljno ili godišnje?

Jedna od prvih razvijenih metoda bila je merenje potrošnje kalijum-permanganata ($KMnO_4$) za oksidaciju organskih jedinjenja rastvorenih u vodi (Markerit 1846). Bile su potrebne 23 godine, da bi Frankland predložio Kraljevskoj Komisiji Engleske šta bi još trebalo meriti i kako se to može uraditi (Frankland 1869b). 1999. god. Malc je podelio vreme na tri perioda. Tokom prvog perioda (1870-1920), otpadne vode su uglavnom karakterisane po boji i mirisu, mada su mnoge metode bile dostupne za merenje raznih jedinjenja. Sposobnost otpadnih voda da razlažu i stvaraju gasove (CH_4 , CO_2) bila je od interesa kao i koncentracija kalijuma, magnezijuma i azota koja je karakterisala vrednost za upotrebljavanje kao đubriva (Mohajeri 2002). Sve do drugog perioda (1920-1970) neke jednostavnije metode nisu korišćene za merenje specifičnih jedinjenja (BOD_5 , COD, rastvoreni kiseonik, Ph, provodljivost, koncentracija čvrstih materija, itd). Najvažniji problem bio je to što standardne metode nisu postojale. Često, jedan uzorak vode koji je istraživan u dve različite laboratorije, davao je dva različita rezultata, što nije ulivalo nikakvo poverenje u dobijene rezultate. Treći period od 1970. god., je vreme korišćenja metoda koje kontrolišu kompjuteri sa automatskim uzorkovanjem (COD, DOC, AOX) i analiza pojedinih organskih i neorganskih jedinjenja (različitih detektora nakon odvajanja pomoću GC, HPLC, itd; Malc 1998; Mohajeri 2002). Veoma je

bilo važna standardizacija metoda uzorkovanja, čuvanja i merenja. Često su nacionalni standardi dogovarani na nagovor. Kao rezultat razvoja političkih i ekonomskih konfederacija, dalji dogovori o standardima morali su biti razvijeni (Smernice EU za sprečavanje zagađenja voda; Poppinghaus 1994).

8. RANI PROCESI O KONTROLI ISPUŠTANJA OTPADNIH VODA

U početku, čvrst i tečni otpad je ispuštan na ulice i u dvorišta srednjevekovnih gradova i sela. Nekaldrmisane ulice i putevi bili su puni blata, naročito nakon jakih kiša. Kako su domaće životinje takođe živele u ovim oblastima, blato se mešalo sa čvrstim i tečnim fekalijama. Ovakva situacija je ostala nepromenjena sve do prvih propisa koje su izdale lokalne vlasti. (Hosel 1990).

U 16. i 17. veku u Berlinu, propisi Izbornika i gradskog Saveta bili su uglavnom ograničeni na uklanjanje čvrstog otpada i odlaganja na gomile. U 18.veku, mnogi stanari koji nisu imali toalete u svojim dvorištima i dalje su praznili svoje posude za nuždu na ulice. Gradsko Veće Berlina zabranilo je ovo ubiranjem kazne i definisanjem liste mesta na reci Spri gde su se posude za nuždu mogle prazniti u određeno vreme u toku dana. Nakon 1830.god., sve više i više kanala za otpadne vode je građeno, neki od njih su se nalazili ispod zemlje, neki od njih su građeni kao otvoreni kanali neposredno pored trotoara. Ovi su veoma često bivali zapušeni i otpadne vode nisu mogle da otiču, naročito nakon i tokom padavina. U 19.veku, bilo je zabranjeno isprazniti posudu za nuždu u reku Spri. Očigledno, ovaj zakon je bio težak za sprovođenje (slika 3; Hosel 1990).



Slika 3 - Satiričan prikaz odnošenja fekalija

Do druge polovine 19. veka, uobičajena praksa je bila otpuštanje otpadnih voda u reke; i bilo je normalno da se zajednice koje su se nalazile nizvodno snalaze sa zagađenom vodom (Driver 1999). Ovi problemi su dramatično porasli kako je počeo industrijski razvoj u brzo rastućim gradovima. U cilju izbega-

vanja epidemija kao što je kolera i tifus, morali su se izdati zakoni za tretman i otpuštanje otpadnih voda.

U Nemačkoj, do 1945. god., propisi o vodi izdani su samo od strane države, neki od njih čak samo u poslednje 32 godine 19. veka (npr: „ Oldenburgška politika vode“, 10. novembra 1868.; „ Brunsviški zakon o vodi“, 20. juna 1878.). U Pruskoj, najvećoj i industrijski najrazvijenijoj regiji u Nemačkoj, propisi o vodi su prvi put ustanovljeni 1913. godine (Šlegerberger 1927., 1931.), jer je oko 80 pojedinačnih propisa moralo biti ujedinjeno u jedan, gde je svaki od tih propisa bio validan u samo jednoj od 80 pruskih regija. Ovaj iznenadan posao od 1600 stranica, obraćao je pažnju na probleme kao što su svojinska prava na plovnim putevima i jezerima, obavezama pri održavanju plovnih puteva i obala, kao i zaštitu od poplava. Ograničenja u obimu i koncentraciji otpadnih voda ispuštanih u površinske vode nisu naznačena. Slični zakoni su bili na snazi u celoj Nemačkoj i u osnovi nisu menjani do 1945. godine.

Četiri poente bile su važne za nove zakone:

- Bili su raspoređeni odvojeno po različitim uslovima u Federalnoj Republici Nemačkoj (FRN) i Demokratskoj Republici Nemačkoj (DRN).
- 1. marta 1960. izdat je Akt o vodosnabdevanju u FRN; a 7. aprila 1963. izdat je Zakon o vodama u DRN.
- Akt o vodosnabdevanju predstavljao je zakonski okvir u FRN, dopunjen zakonom pojedinačnih država.
- Zakon o vodama bio je jedinstven propis koji je bio važeći u svim državama.

Važan razvoj u zakonodavstvu FRN bila je struktura „Zakonom je uređeno plaćanje naknada za odlaganje otpadnih voda u površinske vode“ (od 13. septembra 1976.), koji je stupio na snagu 1. januara 1978. godine. Naplaćivanje naknada počelo je 1. januara 1981. godine, a pokrivalo je samo direktno ispuštanje otpadnih voda u površinske vode. Tako zvana ekvivalentna opterećenja obračunavana su prema godišnjem nivou opterećenja određenih supstanci (Berendes i Vinters 1981). Jedno ekvivalentno opterećenje (neobrađena otpadna voda domaćinstva proizvedena od strane jedne osobe godišnje) imala je vrednost 12 DM (6 €) 1986. a kasnije 40 DM. Dalji razvoj ovog Zakona opisan je u odgovarajućoj literaturi.

9. ZAKLJUČAK

Posmatrajući period od sredine 19. veka pa do 80-ih godina 20 veka, može se zaključiti da su naučnici imali velikih problema i prevashodno izazova, kako

bi prvo detektovali pre svega uzročnike različitih hidričnih bolesti i trovanja, pa tek onda da pronađu načine, postupke i sredstva za tretman kako industrijskih, tako i komunalnih otpadnih voda. Još u tom vremenu je bio prepoznat problem sa otpadnim vodama, pa su se ti problemi kroz vreme i razvoju nauke parcijalno rešavali, ali se ni do današnjih dana nisu u potpunosti rešili. Napredak je vidljiv samim donošenjem Zakona u toj oblasti, koji može i mora biti bolji. Rad na tom polju nam tek predstoji.

10. LITERATURA

- [1] Arden, E.; Lockett, W.T., Experiments on the oxidation of sewage without the aid of filters, *J. Soc. Chem. Ind.* 33, pp 523–539., 1914
- [2] Berendes, K.; Winters, K.-P., *Das Abwassergabengesetz*, C.H. Beck, Munich, 1981
- [3] Bolton, J., Activated sludge experiments at Bury, *Proc. Assoc. Mgr. Sewage Disp. Works* 1921, pp 33–47, 1921
- [4] Dunbar, W.P., *Leitfaden für die Abwasserreinigungsfrage*, Bd. 17, Oldenbourg's Technische Handbibliothek, Munich, 1912
- [5] Emich, F., *Chem. Central Blatt* 33, 1885
- [6] Flogge, C.F., *Grundriss der Hygiene*, 2. Aufl., Leipzig, 1891
- [7] Flogge, C.F., *Die Verbreitungsweise und Verhütung der Cholera auf Grund der neueren epidemiologischen Erfahrungen und experimentellen Forschungen*, *Zeitschr. Hyg.* 14, pp 122–202, 1893
- [8] Frankland, A., Summary of weakly return of birth, death and causes of death in London during the year 1868, *Eyre and Spottisweek*, London, 1869a
- [9] Haworth, J., Bio-aeration at Sheffield, *Proc. Assoc. Mgr Sewage Disp. Works* 1922, pp 83–88, 1922
- [10] Hobrecht, J., *Die Canalisation von Berlin*, Berlin, 1884
- [11] Hsel, G., *Unser Abfall aller Zeiten – Eine Kulturgeschichte der Städtereinigung*, Jehle Verlag, Munich, 1990
- [12] Müller, E., *Die Entwässerungsanlage der Gemeinde Wilmersdorf*, *Zeitschr. d. Vereins Dtsch Ing.* 51, pp 1971–1982, 1907
- [13] Reich, O., *Der erste und zweite Bericht der im Jahre 1868 in England eingesetzten Rivers Pollution Commission*, *Dtsch Vierteljahresschr. Öffentl. Gesundheitspf.* 3, pp 278–309, 1871
- [14] Wiebe, E., *Über die Reinigung des Hauswassers*, Vortrag am 22.2.1873 im Architekten-Verein zu Berlin, *Dtsch Bauzeit.* 7, pp 122–123, 1873
- [15] Winogradsky, S.N., *Recherches sur les Organismes de la Nitrification*, *Ann. Inst. Pasteur* 4, pp 213–231, 1890.

- [16] Wolffhugel, T.; Thiemann, W., Über die hygienische Beurteilung der Beschaffenheit des Trink- und Nutzwassers, Dtsch, 1883.
- [17] Brown, L., Robert Koch (1842–1910), an American tribute, Ann. Mus. Hist. 7, pp 292–385, 1935.
- [18] Imhoff, R., Die Entwicklung der Abwasserreinigung und des Gewässerschutzes seit 1868, Gwf-Wasser/Abwasser 120, pp 563–576, 1979
- [19] Kluge, T.; Schramm, E., Wasser Nütze – Umwelt und Sozialgeschichte des Trinkwassers, Klenkes, Aachen, 1986
- [20] Kühnig, J., Die Prinzipien der Reinigung von fauligem und eulnisfähigem Schmutzwasser, Dtsch Vierteljahresschr. öffentl. Gesundheitspfl 121 (Supplement), 1886
- [21] Kuhn, P., Über die neueren Verfahren der Abwasserbeseitigung, Gesundheits-Ingenieur 50, pp 209–219, 1927
- [22] Mohajeri, S., Historische Entwicklung der Wasserversorgung und Abwasserentsorgung in Berlin bis zum Zweiten Weltkrieg, 2002
- [23] Schlegelberger, P., Das Preussische Wassergesetz, Bd. 1, Karl Heymanns Verlag, Berlin, 1927
- [24] Schlegelberger, P., Das Preussische Wassergesetz, Bd. 2, Karl Heymanns Verlag, Berlin, 1931
- [25] Thumm, K.; Pritzkow, A., Versuche über die Reinigung der Abwässer von Tempelhof bei Berlin durch das biologische Verfahren, Mitt. Königl. Pruef. Wasserversorgung Abwasserbeseitigung Berlin 1, pp 127–163, 1902
- [26] Uffelmann, J., Zehnter Jahresbericht über die Fortschritte und Leistungen auf dem Gebiet der Hygiene, Dtsch Vierteljahresschr. öffentl. Gesundheitspfl. 25 (Suppl), 143, 1893
- [27] Virchow, R. 1868, Über die angemessenste Art, die Stadt Berlin von den Auswurfstoffen zu reinigen, Gutachten der Wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen, Vierteljahresschr. Ger. öffentl. Med. Neue Folge 9, 6.1. Vierteljahresschr. öffentl. Gesundheitspfl. 15, pp 552–574.

ABSTRACT

HISTORICAL SUMMARY OF WASTE WATER TREATMENT

This work shows historical summary of waste water problems in Great Britain and Germany, where you can see beginning steps in identification of carrier of an epidemic, and it also shows first methods for detection and treatment of waste water (industrial and public). In the middle of the 19. century, there were some questions which demanded certain adequate answers: How dirty is the waste water comparing to specific chemical compounds or total parameters; and how those parameters and concentration of these specific chemical compounds can be measured? Where is the best place for taking samples for analysis - from the river or from the factory for waste water treatment?

Key words: *treatment, waste water, pollution, bacteria*