

PREDGOVOR

Pristup zdravoj vodi i sanitarnim uslugama su univerzalne potrebe i osnovno ljudsko pravo. Oni su esencijalni elementi humanog razvoja i nezamjenjiva komponenta primarne zdravstvene skrbi.

Sramotno je i skandalozno da skoro polovica svjetskog pučanstva nema odgovarajuću sanitaciju, izjavio je dr. Richard Jolly, predsjednik internacionalnog Vijeća za vodoopskrbu i sanitaciju sa sjedištem u Ženevi (Water Supply and Sanitation Collaborative Council (WSSCC)).

Usprkos svim nastojanjima u posljednjih dvadeset godina, da se Svijetu osigura poboljšana sanitacija za siromašne u zemljama u razvoju, danas 2,4 milijarde ljudi još uvijek nema prihvatljiv način sanitacije, dok 1,1 milijarda ljudi nema zadovoljavajuću vodoopskrbu.

To su samo dva najvažnija nalaza skupa Globalna procjena vodoopskrbe i sanitacije 2000 (Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000) koji je organizirala Svjetska zdravstvena organizacija i UNICEF.

Procjenom je također ustanovljeno:

Svake godine u Svijetu 4 milijarde ljudi oboli od dijareje a 2,2 milijuna umre od kojih su većina djeca do 5 godina starosti. Zdrava voda i odgovarajuća sanitacija i higijena smanjila bi tu brojku na trećinu ili četvrtinu.

Usluge u seoskim sredinama zaostaju od onih u gradskim.

Velika je nejednakost u veličinama investicija za poboljšanje usluga u bolje stojećim dijelovima urbanih zajednica i investicija za osiguranje osnovnih usluga za siromašne.

Tarife poduzeća za vodoopskrbu u zemljama u razvoju nisu dovoljne za pokrivanje troškova vodoopskrbe. U Africi, Aziji i Latinskoj Americi odnos između jedinične tarife i stvarnih jediničnih troškova distribucije je od 0,8, 0,7 i 0,9.

U Africi 30% od svih ruralnih opskrbljivača stalno ne radi, u Aziji 17%, a u Latinskoj Americi 4%.

Samo 35% od otpadnih voda čisti se u Aziji, a 14% u Latinskoj Americi, dok je u Africi taj postotak zanemariv. Čak i u industrijaliziranim zemljama otpadna voda se ne pročišćava univerzalno.

U velikim gradovima zemalja u razvoju gubici vode u vodoopskrbnim sustavima su gotovo 40%. Na taj način do ljudi koji žive u siromašnim četvrtima voda ne dopiјеva.

Istovremeno u velikom broju slučajeva voda iz vodoopskrbnih sustava velikih gradova nije ispravna za piće.

POVIJEST ODVODNJE

Kanalizacija u obliku koji danas poznajemo počinje se masovno graditi u velikim gradovima tek krajem XIX stoljeća, uz napomenu da su uređaji za biološko čišćenje otpadnih voda uvedeni tek u prvoj polovici XX stoljeća.

U nastavku je prikazan kronološki razvojni put javne odvodnje, kroz koji je vidljiv niz dobrih primjera iz povijesti starog svijeta, period sveukupnog nazadovanja u srednjem vijeku i stvarni uzlet od kraja XIX stoljeća.

3200 god. p.n.e. Škotska

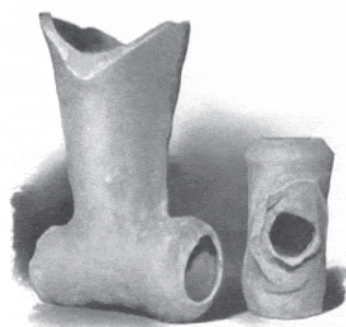
Na otočju Orkney iskopavanja upućuju na postojanje sustava odvodnje. Pronađene su instalacije za nužnik smještene u nišama zidova kuća s dreniranim ispustom. Tekući otpad odvodnjavao se je ispod ili izvan kuća.

4000 – 2500 god. p.n.e Eshnunna Babilonija – Mesopotamsko carstvo (današnji Irak)

Postojala je kanalizacija za odvodnju oborinskih voda. Cijevi su bile napravljene od na suncu pečenih opeka ili lomljenog kamena. Neke zgrade bile su priključene na kanalizaciju. U ono vrijeme, potreba za odvodnjom ljudskog otpada nije potpuno shvaćena, ali su prepoznate prednosti odvodnje (manje loših mirisa i veća udobnost življenja).

U nekim većim kućama u Babilonu ljudi su čučali iznad otvora u podu malih prostorija. Otpad je pao kroz otvor u perforiranu zahodsku jamu smještenu ispod kuće. Te su zahodske jame bile izgrađene od pečenih perforiranih glinenih prstena promjera 45 – 90 cm, složenih jedan na drugi. Prostor između prstena i tla bio je filter ispunjen lomljenom keramikom.

Najstarija cijev pronađena je prilikom iskopavanja hrama Hel u Nippuru. Cijevi od pečene gline, koljena i T-komadi proizvedeni su na lončarskom kolu, već 4000 godina p.n.e.



Knee and T Joints
Made about 4000 B.C. Found in the excavations of the
Temple of Bel, at Nippur, Babylonia.

Koljeno i T-komad pronađeni prilikom iskopavanja u hramu Hel u gradu Nippuru u Babiloniji

3000 – 2000 god. p.n.e. Hinduska civilizacija – grad Mohenjo-Daro (današnji Pakistan)

Grad Mohenjo-Daro (Brežuljak mrtvih) bio je dobro uređena zajednica s razvijenom trgovinom, vozilima s kotačima, domaćim životinjama, a ljudi su odijevali odjeću od pamuka. Bogati su živjeli udobno, a seljaci u kolibama od kojih su mnoge imale sanitarne predmete. Kanalizacija izrađena od zidanih pravokutnih profila bila je smještena u ulice. Na kraju kanala bile su drvene rešetke. Otpadna voda ispuštala se je u zahodske jame – upoje, zidane od opeke, ili dalje kanalima ispuštala u vodotoke. Kuće su imale kupaonice i zahode smještene uz uličnu stranu zgrade, priključene na uličnu kanalizaciju. Uz kupaonicu i zahod koje je dijelio zajednički zid, bili su i zdenci iz kojih se je zahvaćala voda za pranje i ispiranje nužnika.

Postojale se i kupaonice na katu s instalacijom od cijevi iz terakote.

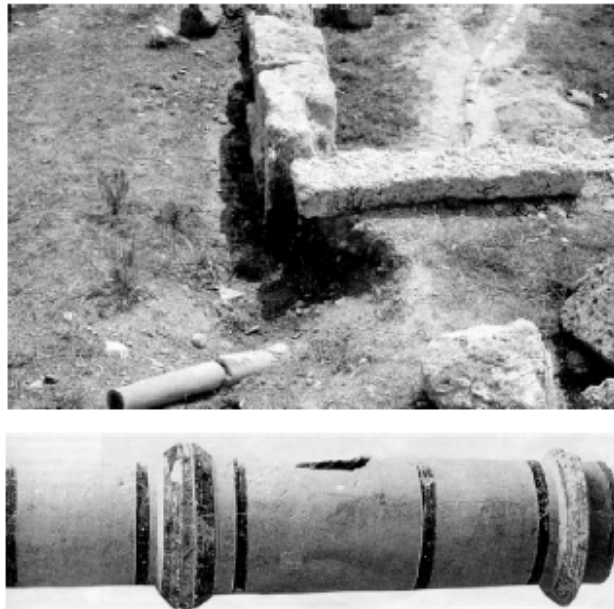
Kruti otpad u vodi hvatao se je posebnim hvatačima unutar kućne i ulične instalacije.

Na uličnoj kanalizaciji nalazila su se kontrolna okna s kamenim poklopcima.

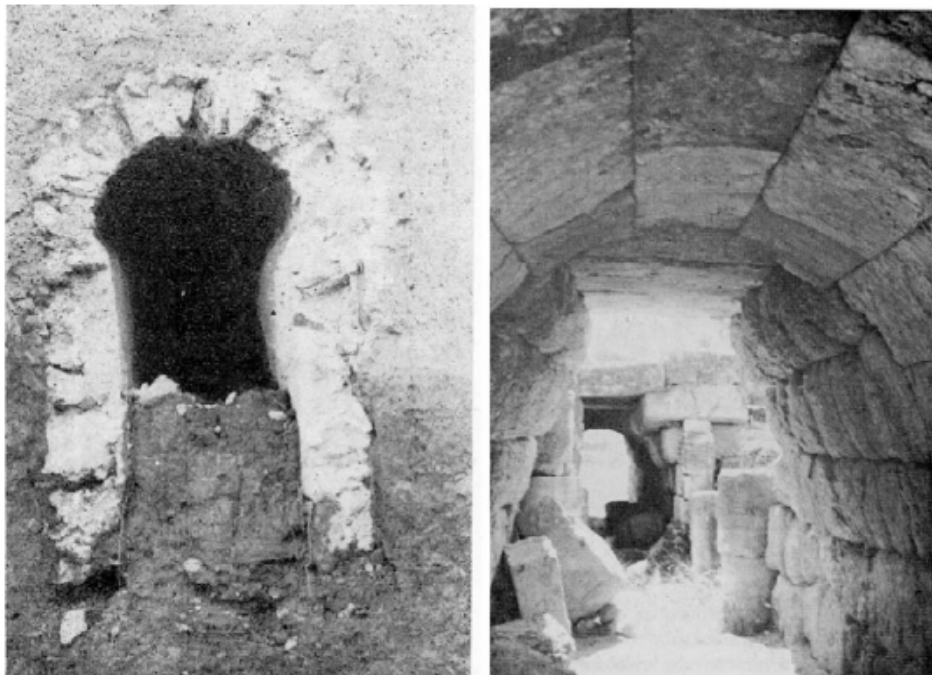
3000 – 1000 god. p.n.e. Egejska civilizacija – Otok Kreta - Minos

Kreta je otok s promjenljivom klimom i strmim terenima. U to vrijeme dobro su poznavani hidraulički zakoni, a Kreta je sve do rimskog imperija slovila za zemlju s najrazvijenijom tehnikom vodoopskrbe i odvodnje. Kanalizacija je građena od terakotnih cijevi spajanjem na naglavak, a glavni sakupljači kao površinski kanali pokriveni kamenim pločama. Pojedini kanali bili su prohodni za čovjeka. Korištene su kade za kupanje bez odvoda. Nužnici su se ispirali vodom iz velikih vrčeva. Mnogi od tada izgrađenih glavnih sakupljača na Kreti, u uporabi su i danas.

Kraljevska palača u Knososu imala je zahode u prizemlju s rezervoarima kišnice iznad, tako da su se nužnici ispirali vodom pod tlakom. Nužnik se je sastojao od drvenog sjedala i glinene šalice.



*Gore: keramička cijev iz «gimnazijuma» u Amfipolisu
Dolje: detalj keramičkog cjevovoda iz akvadukta u staroj Ateni*



Kanali velikog poprečnog presjeka u Ateni i Eretriji

2000-500 god. p.n.e. Egipat – Palestina

Kuće bogatih aristokrata imale su bakrene instalacije za hladnu i toplu vodu. Mnogi religijski obredi uključivali su i kupanje.

U Palestini su izgrađeni složeni javni vodoopskrbni sustavi.

Religijske aspekte kupanja su ojačali Židovi tzv. mozaik zakonima. Čistoća tijela izjednačena je s moralnom čistoćom za vladavine kralja Davida i kralja Solomona.

U Egiptu su se otpadne vode iz nužnika ispuštale u posteljice od pijeska, koje su robovi redovito čistili i obnavljali.

726 godina prije rođenja Krista u pokrajini kralja Hezekiaha u gradu Jeruzalemu izgrađen je bazen s cjevovodom do grada.

300 – 500 god. p.n.e. Grčka

Grci su za vodovod koristili cijevi od bronce dužine od 3 i više metara.

Olovne cijevi i oblikovni komadi oblikovani su od olovnih limova i spajani lemljenjem slitinom olova i kositra.

Atena je imala izgrađenu kanalizaciju koja je oborinske i fekalne vode odvodila izvan grada u spremnik. Voda iz spremnika koristila se je za navodnjavanja i gnojenje voćnjaka i vrtova.

200 god. p.n.e. Kina

U grobnici kralja dinastije Han pronađen je nužnik zajedno s instalacijama za tekuću vodu, kameno sjedište i udoban naslonjač za ruke.

800 – 300 g. p.n.e. Rimsko carstvo

Utvrđeno je postojanje složenog sustava odvodnje koji je bio namijenjen odvodnji oborina i okolnih močvara.

Postojali su javni nužnici, ali je najveći dio otpada bačen na ulice.

Prva kanalizacija je izgrađena između 800 i 753 p.n.e.

Voda se je u Rim dovodila akvaduktima, a samo je manji broj kuća bio direktno priključen na njih. Ljudi su uzimali vodu na česmama i fontanama.

Rimljani su imali intenzivni program pranja ulica vodom, tako da je i dio otpada bačen na ulicu dospio u kanalizaciju.

Cijevi od olova nisu se imenovale po unutarnjem promjeru, već po širini olovni limenih traka od kojih su se savijale u cijevi. Spojevi se lemili slitinom kositra i olova.

Rimljani su bili ponosni na svoje «sobe za olakšavanje», tj. nužnike. Javna kupališta imala su takve sobe, neposredno uz vrtove. Rimski službenici su ponekad nastavljali započete diskusije s gostujućim dostojanstvenicima sjedeći na lantrinama – nužnicima. Koristile su se izdužene pravokutne platforme s nekoliko sjedišta koje su samo ponekad bile razdvojene pregradama koje su štitile intimnost. Takve lantrine su često bile pridodane kupalištima. Otpadna voda iz kupališta ili dio vode iz vodoopskrbe lagano je protjecao ispod sjedišta odnoseći otpad u kanalizaciju podno grada i konačno u rijeku Tiber.



Ruševine javnog nužnika iz rimskog doba (1. stoljeće p.kr., Efes- Turska)

510 godine p.n.e. u Rimu je dovršena Cloaca Maxima – glavni kanal, izgrađen od tesanog kamena, poprečnog presjeka 3,3/3,6 m. Služio je prvenstveno za dreniranje močvare na kojoj je bio izgrađen najveći dio Rima, a isto tako i kao glavni sakupljač kanalizacije. Kanal je bio u pogonu 2400 godina.

Iz rimskog zakonika: Štetu mora platiti onaj koji baca otpad na ulicu i pritom povrijedi prolaznika (nema štete za odjeću), samo ako se incident dogodi danju.

Trovanje olovom bilo je često među pripadnicima više klase – isti su koristili olovo za zaslađivanje vina i grožđanu kašu (kao začín). Rimljani nisu poznavali šećer, ali su znali da olovo zaslađuje vino i drugu kiselu hranu. Olovni acetati bili su razlogom sterilnosti, umobolnosti i teških bolesti u starosti.

Nakon pada rimskog carstva zaboravljeni su osnovni koncepti odvodnje i praksa se je vratila na same početke. Vjera je propovijedala da je nepranje blisko pobožnosti, kupanje i odvodnja postali su rijetkost, a kuće, gradovi i potoci prljavi. Više od 25% europskog pučanstava umiralo je od bolesti kao što su kolera i kuga, a glavni prijenosnici su bili štakori, insekti i sami ljudi. Takvo stanje trajalo je praktično do 19. stoljeća, s rijetkim izuzecima kakav je bio npr. Dubrovnik koji je imao izgrađenu kanalizaciju unutar zidina grada.

Ljudi su tjelesne funkcije zadovoljavali u bilo koje vrijeme i na bilo kojem mjestu. Tako je Britanski kraljevski sud izdao 1589. godine slijedeću naredbu:

«Neka nitko, prije, za i poslije obroka, rano ili kasno, ne zagađuje stubišta, hodnike ili izbe urinom ili drugom prljavosti».

Pravila lijepog ponašanja su pak učila: *Ne pristoji se pozdravljati nekoga tko urinira ili se olakšava* (Erasmus, 1530.), ili: *Ako vidite nekoga da se olakšava, ponašajte se kao da ga niste vidjeli* (Galant Ethic, 1700.).

Srednjovjekovni dvorci imali su nužnike koji su se praznili direktno, slobodnim padom u obrambene jarke. Zahodske jame često su bile ispod podova. Poznato je da je Imperator Svetog rimskog carstva 1183. godine, ručajući propao zajedno s dvorskom svitom kroz slomljeni pod, u zahodsku jamu. Bilo je ugušenih, no imperator se je srećom spasio.

Određeni bolje-stojeći koristili su noćne posude, koje su držali u ormarićima omotane baršunom i oslikane zlatom i/ili srebrom. Neki od njih imali su sluge čija je dužnost bila pražnjenje i čišćenje noćnih posuda.



Direktni Ispust iz jedne kupaonice u škotskom dvorcu

Pariz

Prvi sakupljači bila su prirodna korita potoka, a služili su prije svega za odvodnju oborinskih voda. S razvojem grada ti su se prirodni odvodnici prekrivali, prvi 1370. godine. Kanal Menilmontant koji se prvi put spominje ranih 1400-tih, bio je u početku otvoren potok, a kasnije zatvoren kanal. Prihvaćao je površinske vode s pariških sjevernih slivova (s desne obale rijeke Siene). Nazivan je "Velikim kanalom" (grand égout ili égout de ceinture).

Noćne posude praznile su se na ulice. U to doba pravila lijepog ponašanja nalogale su gospodi, da prateći žene, budu bliže ulici i tako ih zaštite od mogućih neugodnih pražnjenja noćnih posuda kroz prozore kuća.

Prije uvođenja septičkih jama u Parizu su se masovno koristile zahodske jame s procjeđivanjem u tlo. Narastanjem grada broj tih jama se jako povećao što je bilo uzrokom zagađenja tla i podzemnih voda. Septičke jame koje su zbog toga uvedene trebalo je redovito prazniti što grad nije uspio osigurati.

Uveden je program "čistog tla" kojim se potpomažu mjere za skupljanje i ispuštanje otpada u druge prijemnike (gradske septike, rijeke i povrtnjake). Problem je bio što ljudi nisu imali sredstava za podmirivanje takvih usluga.

Pojavljuju se instalacije, ali ne za sanitaciju, već za dovođenje vode do javnih fontana i vrtova Versaillesa 1583. Javni vrtovi bili su zagađeni od naroda koji se je tu olakšavao, pa su stoga izgrađeni javni nužnici. Usluga se je naplaćivala, pa su to vjerojatno prvi nužnici s naplatom nakon onih u Rimu.

1739. godine izgrađeni su prvi odijeljeni nužnici za muškarce i žene u pariškom restoranu.

1830-ih započela je serija epidemija kolere, koja je probudila svijest o potrebi izgradnje sustava odvodnje. Između 1840 i 1890 izgrađeno je niz novih i većih sakupljača, koji su postali ponos Pariza. Glavni projektant bio je Eugène Belguard. Do 1870. izgrađeno je preko 500 km novih kanala, a do 1930. cijeli je sustav mješovite kanalizacije bio dovršen: "Jedan kanal za svaku ulicu".

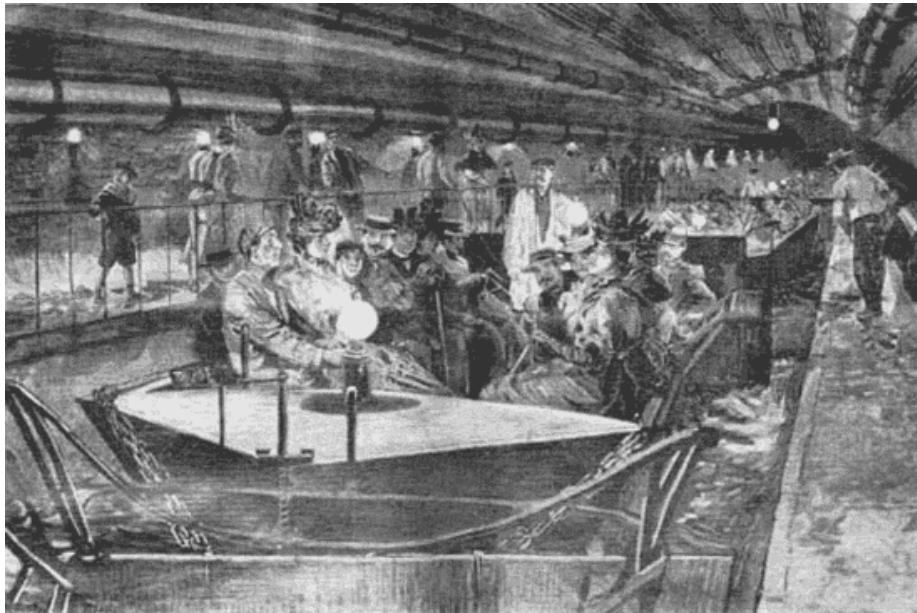
Od tih dana "kanaldžija" postaje zanimanje. Vikendima su kanaldžije organizirale putovanja velikim kanalima. Mulj s dna kanala bio je uklanjan kroz okna. Veći dio se je gurao nizvodno uz pomoć čamaca s krilcima, sve do mjesta ispusta u rijeku, gdje se je gurao na barže i odvezio na različite lokacije za odlaganje ili korištenje.

Krutine iz septičkih jama odvožene su na farme, a tekući dio ispuštao se je u kanalizaciju.

S početkom 1835. godine građeni su kanali visine od 180cm i više da bi se omogućila prohodnost za ljude i lakše održavanje. Ovi su glavni sakupljači skupljali smeće i ljudski i životinjski otpad s ulica.

Kasnije, kad je to bilo potrebno jedna strana vrha kanala bila je proširena da bi se stvorilo mjesta za ugradnju instalacije vodovoda. Cijevi vodovoda bile su vidljive i lako su se detektirala moguća propuštanja. Kasnije su se u iste prostore montirale i instalacije plina, sve dok se nisu javljale česte eksplozije plina.

Prvi sakupljači bili su izgrađeni za odvodnju oborina, a kasnije su priključene i sanitarne vode, čime je nastao mješoviti sustav odvodnje.



*Putovanje čamcima kroz parišku kanalizaciju(1896)
Izvor: Paris Sewers and Sewermen - Donald Reid, 1991.*

London

Od 1290. godine, tamo gdje je to bilo moguće, korištena je tekuća voda za otplavlivanje otpada (u dvorcima i nekoliko javnih nužnika koji su bili vrlo rijetki).

Najranije spominjanje engleske kanalizacije datira iz XIV stoljeća gdje se može pročitati da je iz kraljevske kuhinje otpad ispuštan kroz otvoreni ispust uz širenje nepodnošljivog smrada. Naređeno je da se izgradi podzemni kanal do rijeke Temze.

Najraniji londonski sakupljači bili su u principu otvoreni jarci s padom prema rijeci Temzi. Kanalima se je transportirao sav otpad koji su bili u stanju prihvatiti. Kralj Henrik VIII je kasnih 1500-tih naredio da svaki vlasnik mora održavati kanal čistim na području svog imanja. On je tek 1622. godine osnovao Povjerenstvo za kanalizaciju koje je trebalo provesti u život njegovu odluku.

U slijedećih 300 godina grad je prerastao svoje granice. Do 1850. godine stare granice grada Londona obuhvaćale su samo 5% od ukupne površine. Sva naselja u gradu imala su svoje izolirane sustave odvodnje.

1596, Sir John Harrington izumio je za kraljicu Elizabetu (njegovu kumu) moderni dnevni toalet s kotličem za ispiranje. Zbog slabih spojeva smrad je i dalje bio problem. Kotlič je imao ispusni ventil na dnu i cijev za ispiranje, ali nije imao ventil s plovkom za automatsko punjenje. Tek je vodoinstalater Thomas Crapper kasnih 1800-tih izumio i ventil s plovkom koji je mogla proizvesti ondašnja industrija. 1880. godine isti je čovjek instalirao bidee i nužnike u domovima kraljevske obitelji, a njegovo je ime kasnije krasilo sve slične proizvode.

Velika kuga je 1665 ubila u Londonu preko 60000 ljudi u šest mjeseci. Do ranih 1700-tih svaki dom u Londonu imao je septičku jamu i primjeren smrad. Smrad je bio osobito jak za vrijeme tih toplih noći.

Londonski most je bio konstrukcijski toliko velik da su kuće bile zapravo građene iznad njega, a ispusti iz sanitarija direktno u rijeku Temzu.

Epidemije kolere 1830-tih 1840-tih i 1850-tih probudile su svijest o potrebi izgradnje kanalizacije. Najstariji londonski sakupljač bio je Ludgate Hill Sewer izgrađen 1668. Isti je u početku bio otvoreni kanal u koji su se ulijevali potoci, dovoljno velik za plovidbu brodom. Godine 1732 taj je kanal natkriven.

Septici su se koristili za skupljanje kućanskih otpadnih voda, a u nekima se je skupljao i metan, proizvod razgradnje mulja. Zbog toga su bile učestale eksplozije s kobnim posljedicama. Godine 1840. donijeta je odluka da se kanalizacijske cijevi moraju čistiti redovito. Mnogi ranije sagrađeni cjevovodi bili su premali da bi čovjek ušao u njih i obavio čišćenje. Zbog toga je odlučeno da se u buduće grade cjevovodi otvora dovoljnog da u njih može ući čovjek s priborom za čišćenje.

Problemi održavanja kanalizacije bili su i tome što nisu postajali mehanizmi kojima bi se vlasnici zgrada prisilili da se priključe na kanalizaciju. To se je promijenilo 1847. godine nakon nekoliko pojava kolere. Zdenac na adresi 40 Broad Street bio je zagađen procjeđivanjem iz jedne prepunjene zahodske jame. Nakon zatvaranja zdenca zaustavljeni su napadi kolere.

Posebna teškoća u odvodnji Londona je činjenica što je grad oko devet metara ispod maksimalnog plimnog vala u Temzi.

Nakon otkrića Louisa Pasteura sredinom 1800-tih da mikrobi uzrokuju bolesti počela se razvijati svijest o potrebi sanitacije na zdravstveno prihvatljiv način.

1775. godine Alexander Cummings (urar i matematičar) izumio je verziju nužnika s sifonom (brtvljenje s vodom) koji je spriječio širenje smrada iz kanalizacije. Ipak, trebalo je još slijedećih sto godina da se takav nužnik počne masovno koristiti.

Godine 1858. i 1859. bile su godine velikog smrada u Londonu. Rijeka Temza primala je zagađenje od tisuća ljudi koji su živjeli uzvodno od parlamenta. Mnogi kanali mogli su se odvodnjavati u Temzu samo za oseke, a rijeka nije imala dovoljnu vučnu snagu da odvede sav otpad u more. Plimni val je otpad gurao uzvodno. Takvo ciklično kretanje bilo je uzrokom da Temza postane septička jama za gotovo tri milijuna stanovnika. Parlament je ljeti često prestajao s radom. Situacija je postala još problematičnija, pošto je veći dio grada koristio vodu rijeke za vodoopskrbu.

Problem se je pokušavao riješiti na različite načine, između ostalog i dodavanjem velikih količina vapna i klora u otpadnu vodu i premazivanjem zavjesa na prozorima parlamenta klorom ili vapnom.

Izgrađeni su veliki kanali koji su odvodnjavali otpadne vode u rijeku Temzu nizvodno od zgrada parlamenta. Kraljica Viktorija bila je toliko oduševljena tim pothvatom da je naredila izgradnju male željeznice koja je prevozila ljude kroz kanal. Instalirana su plinska svjetla i pješački hodnici s kioscima za prodaju suvenira za one koji su odabrali prošetati ili projahati kroz tunel "ispod rijeke".

Hamburg

1840. godine veliki požar spalio je stari dio grada. Kad je taj dio grada obnovljen engleski inženjer W. Lindley je projektirao potpuno novi sustav odvodnje. Ventilirao se je preko izvoda kućnih priključaka na krovovima zgrada, a glavni su se sakupljači propirali jednom tjedno korištenjem plime. Ova nova filozofija u projektiranju prepoznata je kao model i preuzeta od drugih gradova u Europi i SAD. Građenje novog sustava počelo je 1842. godine. Nakon 25 godina građenja dobivena je kanalizacija s čistim i propranim cijevima i gotovo bez jakih mirisa.

Zagreb

U Zagrebu su, nakon puštanja prvih dionica gradskog vodovoda 1878. godine, izgrađeni 1882. godine, prvi kanali od opeke za odvodnju otpadnih voda iz Gornjeg grada u potok Medveščak. Do tada su prijemnici otpadnih voda bili sljemenski potoci Medveščak, Kuniščak, Kraljevec, Tuškanac i Jelenovac. 1914. godine ukupna duljina kanalizacijske mreže iznosila je 71 kilometar, 1945. godine 220 km, a danas preko 1000 km. Tek 2002. godine započeta je izgradnja centralnog uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.

POVIJEST PROČIŠĆAVANJA OTPADNIH VODA

1854. godine u jeku epidemije kolere u Londonu, sir John Snow je prvi pokazao vezu između otpada ljudskog porijekla i hidričkih oboljenja. Veći dio XIX stoljeća zdravstvena hidrotehnika sastojala se je od odstranjivanja kućnog otpada i utrošene pitke vode uporabom nužnika s ispiranjem, kanalizacijskih sakupljača i direktnih ispusta u more ili po mogućnosti drugi prijemnik značajne sposobnosti razrjeđenja, ili jednostavno nizvodno.

U kasnom periodu XIX stoljeća britanski su sanitarni inženjeri počeli eksperimentirati s distribuiranjem otpadne vode preko pločica škrljevca u poljoprivrednim područjima, pretpostavljajući da će kombinacijom aeracije i filtracije u tlu pročistiti otpadnu vodu. 1880. godine, dr. Angus Smith je objavio da se aeracijom otpadne vode u spremniku, može stabilizirati organska tvar. 1913. godine dva američka inženjera radeći na Lawrence Experiment Station utvrdila su da mikroorganizmi povezani s uronjenim pločicama škrljevca poboljšavaju stabilizaciju otpadne tvari. Ta je činjenica inspirirala dvojicu britanskih inženjera Ardena i Locketta, koji su utvrdili da recirkulacija krutina koje se akumuliraju u bačvama za vrijeme aerobne stabilizacije povećavaju stupanj stabilizacije otpadne tvari, da ovaj postupak nazovu "aktivnim muljem". Otada, razvoj sanitarnog inženjerstva u industrijaliziranim gradovima sastojao se je u poboljšanju temeljnih mikrobioloških procesa i postupaka otkrivenih u ranim 1900-tim.

Praktično sva otpadna voda i rastući udio zagađenih vodnih resursa (podzemna voda, oborinske vode, zagađena jezera i sl.) u urbaniziranim zajednicama čiste se uz pomoć mikrobioloških postupaka. Povećanje znanja o ulozi mikroorganizama u kruženju ugljika, dušika fosfora i sumpora bio je temelj za projektiranje složenih postupaka pročišćavanja za razgradnju otopljenih organskih tvari, kako konvencionalnih sastojaka kućanskih otpadnih voda, tako i toksičnih kemikalija, pretvorbu i uklanjanje dušika i fosfora iz vode i stabilizaciju mulja.

Kroz XX stoljeće uređaji za čišćenje otpadnih voda se razvijali od relativno jednostavnih linija mehaničkog čišćenja i bio aeracije, čiji se kapacitet procjenjivao na temelju empiričkih parametara, do postupaka čiji je cilj veliki broj zagađivala. U sedamdesetih godina XX stoljeća projektiranje uređaja za čišćenje otpadnih voda temelji se na matematičkim modelima temeljnih bioloških mehanizama pretvorbe zagađenja. Od

1990. računalni modeli zamijenili su jednostavne proračune, dozvoljavajući projektiranje još složenijih postupaka.

Ova tehnička dostignuća bila su nužni odgovor sanitarnih inženjera na rastuće zahtjeve za učinkovitijim pročišćavanjem otpadnih voda, zaštitom prijemnika i poboljšanjem kakvoće vodnih resursa za ljudsko korištenje.