

# PROBLEMATIKA TUJIH VODA

## EXTRANEIOUS WATER PROBLEMS

Franc Maleiner, univ. dipl. inž. kom.  
Sojerjeva 43, 1000 Ljubljana

Strokovni članek  
UDK: 628.2

**Povzetek** | Tuje vode v kanalizacijskih omrežjih so znan in drag problem, s katerim se morajo spopadati vsi upravljavci in indirektno tudi uporabniki kanalizacijskih ter čistilnih naprav. Tuje vode povzročajo namreč negativne ekološke ter ekonomske posledice, saj nepotrebno dražijo gradnjo in obratovanje, predvsem pa hudo ovirajo ter občutno slabšajo delovanje teh naprav. Zato je treba ugotavljati izvore ter količine tujih voda in jim v največji možni meri preprečiti vdor v omrežja. Zmanjšanje količin tujih voda je zato osnovni korak pri zmanjšanju ter optimiranju obratovalnih stroškov čistilnih naprav.

**Summary** | In the sewer systems extraneous water is a known and expensive problem, the operators of sewer systems and sewer plants have to deal with. Extraneous waters have a negative ecologic and economic effect, because they unnecessarily rise the costs for construction and operation of sewer systems and furthermore hinder the proper function of sewer plants. Therefore, it is necessary to identify the sources and to quantify the amount of extraneous water in order to prevent the ingress into the systems. The reduction of the amount of extraneous water is the key point in optimizing and minimizing the operating costs of sewer plants.

### 1 • UVOD

Tuje vode lahko povežemo s samim nastankom prvih kanalizacijskih omrežij pred okoli 6500 leti, torej v mlajši kameni dobi. Čeprav nas v šolah trdovratno učijo, da so si tedaj naši predniki, oblečeni v kožo, znali le s kamni ali kiji razbijati glave, so arheologi, na primer, pri izkopavanjih pakistanskega mesta Mohenjo Daro za čuda odkrili, da je bilo to mesto že tedaj opremljeno z zelo modernim kanalizacijskim omrežjem za okoli 50.000 prebivalcev, na katerega so bila priključena stranišča, kopalnice ter kopalnišča. Fekalije so se izplakovale s padavinskimi odtoki s streh, z odtoki kopalnic pa tudi z vodo iz izvirov. Ostanke podobnih »modernih« kanalizacijskih naprav so arheologi našli tudi še v ostalih prastarih mestih, kot so na premer Ninive, Kartagina, Kreta, Knosos, Ur, Timgrad, na Akropoli, Olimpji, Samosu itd. V Jeruzalemu še dandanes obstajajo kanalizacijske naprave, katerih začetki gradnje časovno sovpadajo z gradnjo Salomonovega templja (960 pr. n. št.). Zanimivo je, da so že tedaj odtoke kanalizacij speljali v lagune, iz

katerih so nato vodo ter blato uporabljali za namakanje oziroma gnojenje vrtov in poljedelskih površin. Torej so tudi prve biološke lagunske čistilne naprave z uporabo tega blata na kmetijskih področjih poznali in tehnično obvladali že pred začetkom našega štetja. V strogem centru Celja se je v mojih študentskih časih, torej še pred nekaj desetletji, uporabljal pohodni pravokotni zidani opečni kanal iz rimskih časov. Ker je bilo Celje v vojnih vihrah kasnejših stoletij nekajkrat porušeno in požgano, ima ta kanal ponekod že okoli osemmetrsko prekritje. Na nekaj mestih pa so arheologi pod to rimsko kanalizacijo odkrili še celo ostanke keltske kanalizacije. S propadom Rimljanov in nastopom krščanstva so propadle tudi kanalizacijske naprave, in kar je še hujše, za stoletja je potonilo in propadlo tudi bogato strokovno znanje in izročilo naših pradednih prednikov. Srednjeveške utrdbe in mesta so bila obzidana z obrambnimi zidovi, obdanimi z vodnimi jarki, ki so večinoma istočasno služili

tudi odstranitvi odplak in odpadkov. Znotraj mest so se odplake, fekalije ter odpadki kratko malo zivali ali metali skozi okna hiš na ulice in dvorišča. Ulice z zadostnim podolžnim naklonom so fekalije ter odpadke površinsko ali v plitvih jarkih odvajale v nižje ležeče predele mest ali v najbližje vodotoke. Kjer naklon ulic ni zadostoval za tak odtok, pa so te odplake gnile, smrdele, ponikale in izhlapevale na licu mesta, v neposredni bližini vodnjakov. Ljudje in živali so gazili po neznošno smrdečih in razpadajočih odpadkih, ki so bili leglo mrčesa in golazni. Rezultat teh skrajno nehigijskih razmer so bile pogoste hude epidemije in pandemije (tifus, kolera, kuga itd.). Tedanje razmere v srednjeveških mestih opisuje najnazornejše nekaj sledečih zgodovinskih epizod:

- Leta 1184 se je v grajski dvorani v Erfurtu gostila izbrana plemiška družba. Med zabavo so se sesula preperela lesena tla jedilnice v pod njo ležečo greznico. Večina gostov je nespoštljivo utonila v tej nesnagi. Sin cesarja Barbarose, poznejši cesar Heinrich IV, se je kot eden izmed redkih gostov še pravočasno uspel rešiti te usode s pravočasnim odskokom na trdna tla.

- Mestni magistrat v Nürnbergu je leta 1490 nastavljal mestnega hlapca, ki je moral po ulicah zbirati in iz mesta odstranjevati crknjene prašiče, pse, mačke, kure, podgane ter ostalo golazen.
- Mestni očetje v Frankfurtu so bili na ulicah (med obiski sej magistrata oziroma mestne stolnice) stalno hudo izpostavljeni nepredvidenim »padavinam«, zato so končno leta 1573 strogo prepovedali izlivanje nočnih posod skozi okna hiš na ulice. Istočasno so prepovedali tudi rejo ter prosto gibanje prašičev po mestnih ulicah. Vsak prebivalec mesta je smel odslej v ograjenih stajah gojiti le največ 24 prašičev.
- Leta 1641 so tudi v Berlinu prepovedali prašičem prosto gibanje po ulicah. Vsak kmet, ki je po letu 1671 smel prodajati svoje kmetijske pridelke na berlinski mestni tržnici, je moral v zameno za to pravico po prodaji pridelkov odpeljati iz mestnega območja poln voziček odpadkov.

Spoznavanje vzrokov epidemij in pandemij je končno čez stoletja (sredi 19. stoletja) najprej v Angliji in nato v Nemčiji spodbudilo ponovno sistematično gradnjo kanalizacij.

Posledice gradnje kanalizacij so se izkazale v še hujših obremenitvah vodotokov. Že predhodno hudo porušeno biološko ravnotežje vodotokov, teh dodatnih, vedno večjih organskih ter kemičnih obtežb nikakor ni zmoglo. Vodotoki so postali okuženi, gnijoče in smrdljive kloake. V blatu na dnu Temze se je pri razpadanju organskih snovi razvijal metan v tolikšnih količinah, da so se londonski otroci v drugi polovici 19. stoletja zabavali s sežiganjem plinskih mehurjev, ki so se vzgonsko dvigovali na površje reke. Očividci so trdili, da so ob tem sežiganju po gladini Temze švigali ognjeni zublji višine tudi do dveh metrov na razdaljah do preko sto metrov.

Tuje vode so bile od vsega začetka gradnje kanalizacijskih omrežij odlično uporabni hidravlični pripomoček za izboljšanje pretokov in izpiranje kanalov. Šele z začetkom gradnje čistilnih naprav (na primer v šestdesetih letih 20. stoletja v Nemčiji) pa postanejo tuje vode hitro naraščajoči hidravlični ter stroškovni problem. Pod strokovnim pojmom tujih voda se na področju zbiranja, odvajanja ter čiščenja odpadnih voda označujejo čiste ali malo onesnažene vode iz kanalizacijskega omrežja, ki niso potrebne čiščenja, zato pa glede na njihovo kvantiteto otežujejo, podražijo in slabšajo

delovanje razbremenilnih ter čistilnih naprav ter so glede zaščite vodotokov nezaželeno.

Leta 1977 se za izračun razbremenilnih naprav v smernicah ATV – A 128 prvič priporoči uporaba specifičnega dotoka tujih voda (Fremdwasserspense):  $q_F = 0,15 \text{ l}/(\text{s} \cdot \text{ha}_{\text{red}})$ , v kolikor ni znan dejanski dotok tujih voda. Na žalost je iz tega priporočila nastalo strogo pravilo, katerega se projektanti slepo držijo ne glede na ekonomske in ekološke posledice.

Čeprav se s problemom tujih voda borijo na vseh čistilnih napravah, pa so obširne raziskave dejanskih količin tujih voda v strokovni literaturi zelo redke. Količine tujih voda so namreč delež sušnega odtoka in se zato ne dajo direktno meriti, temveč se jih mora ugotavljati na podlagi skupnih meritev sušnih odtokov. Poleg tega količina tujih voda dolgoročno in v določenih letnih obdobjih hudo niha (taljenje snega, dolga deževna obdobja, nihanja gladine podtalnice itd.).

Izračun občinskih dajatev za odvajanje ter čiščenje odpadnih voda (Abwasserabgabe) v Nemčiji se praviloma vrši na podlagi dejanskih pretočnih količin. Zaradi različnih deležev tujih voda v različnih kanalizacijskih omrežjih lahko te občinske dajatve zato medsebojno bistveno odstopajo.

## 2 • KAJ SPADA POD POJEM TUJIH VODA?

Navkljub pogosti uporabi tega strokovnega pojma v zakonodaji, smernicah ter napačnih stroge definicije pojma tujih voda v njih ne zasledimo. Šele DWA – delovna skupina ES-1.3, je za tuje vode, tako ločenega kakor tudi mešanega sistema kanalizacij, razvila sledečo definicijo:

**Tuje vode so skozi kanalizacijske ter čistilne naprave tekoče vode, katerih lastnosti niso spremenile hišne, obrtniške, kmetijske ali druge vrste uporab. Pod tuje vode tudi ne spadajo zbrani ter načrtno v omrežje uvajani padavinski odtoki iz zazidalnih ali utrjenih površin. Tuje vode na podlagi svoje kvalitete ne potrebujejo čiščenja. Na podlagi svoje kvantitete pa nepotrebno otežujejo in slabšajo delovanje naprav in so zato v smislu zaščite vodotokov škodljive.**

Pri mešanem sistemu kanalizacije se torej med tuje vode ne prištevajo načrtno uvajani padavinski odtoki utrjenih površin. Tuje vode pa so:

- zaradi nevodotesnosti kanalov vdirajoča podtalnica,

- drenaže,
- izviri, potoki ter
- hladilne vode.

Pri ločenem sistemu kanalizacije so tuje vode vsi dotoki, uvajani v sušni kanal, katerih lastnosti se zaradi njihove uporabe niso spre-

menile. Poleg že zgoraj navedenih tujih voda mešanega sistema spadajo torej med tuje vode v sušnem kanalu tudi padavinski odtoki iz utrjenih površin.

Nekateri avtorji (Brombach, 2004) označujejo odpadne vode, ki zaradi nevodotesnosti kanalizacijskega omrežja ponikajo v podzemlje kot »negativne tuje vode«.

DWA – delovna skupina ES-1.3 – podaja v preglednici 1 sledeče oznake za količine in deleže tujih voda:

* tuje vode (Fremdwasser):	$Q_F$	v l/s ali m <sup>3</sup> /dan
* sušni odtok (Trockenwetterabfluß):	$Q_T$	v l/s ali m <sup>3</sup> /dan
* odtok odpadnih voda (Schmutzwasserabfluß):	$Q_S$	v l/s ali m <sup>3</sup> /dan
* delež tujih voda (Fremdwasseranteil):	$FWA = (Q_F/Q_T) \times 100 \text{ v } \%$	
* dodatek tujih voda (Fremdwasserzuschlag):	$FWZ = (Q_F/Q_S) \times 100 \text{ v } \%$	
* preračun FWZ v FWA (Umrechnung):	$FWA = 1 - (1/(FWZ + 1))$	
* preračun FWA v FWZ (Umrechnung):	$FWZ = 1/(1 - FWA) - 1$	

Preglednica 1 • Oznake za količine in deleže tujih voda

Odtok se pri tem klasično definira kot prostorninski odtok na časovno enoto. Glede na navedeno definicijo delež tujih voda (FWA) ne more nikoli doseči 100 %, dočim lahko dodatek tujih voda (FWZ) preseže tudi 100-odstotno vrednost.

Nemški statistični urad že dolga leta skuša podajati merilne vrednosti deleža tujih voda, vendar je način ugotavljanja teh podatkov precej dvomljiv, saj – kakor se navaja – so ta števila »v določenih primerih (le) skrbno ocenjena«.

Kakor ugotavlja prof. Brombach (Brombach, 2004) na podlagi teh podatkov za leto 1998,

je problem tujih voda v Nemčiji površinski fenomen, ki je izrazitejši na jugozahodnem kakor na severovzhodnem področju države. To se pretežno prekriva z razporeditvijo padavinske izdatnosti. Povprečni dodatek tujih voda za celotno področje Nemčije znaša po teh podatkih  $FWZ_{BRD1998} = 40,3\%$ , kar odgovarja deležu tujih voda  $FWA_{BRD1998} = 28,7\%$ . (Kakor bo razvidno iz nadaljevanja, so ti podatki prenizki, saj so izračunani na podlagi podatkov za obdavčitve (Abwasserabgabe)).

Odpadnim vodam, ki odtekaajo v omrežju, ni mogoče določiti njihovega izvora, saj se tuje

vode takoj in dobro pomešajo s »pravimi« odpadnimi vodami. Delež tujih voda se lahko določi le indirektno ter s približki na podlagi meritev pretokov. Praviloma razpolagamo z največjo gostoto in natančnostjo potrebnih podatkov v obratovalnih dnevnikih na čistilnih napravah. Zatorej naj se z analizami situacij tujih voda prične na čistilnih napravah. Meritve tujih voda na omrežju so zelo zahtevne in drage, zato se običajno izvajajo le takrat, ko je očitno, da na določenih odsekih nastopajo večje količine tujih voda.

### 3 • DELEŽ TUJIH VODA V DOTOKU ČISTILNE NAPRAVE

Leta 1982 se je na 434 bavarskih čistilnih napravah analiziral delež tujih voda v sušnem dotoku. Pri tem se je ugotovilo, da znaša delež tujih voda v skupnem povprečju 50 %

količine sušnega odtoka brez tujih voda, kar odgovarja okoli 33 % celotnega sušnega dotoka. Pri izračunu tega povprečja je bilo upoštevano, da znaša delež tujih voda pri

161 bavarskih čistilnih napravah celo med 50 in 130 %!

Kasnejša izvedenja in analize (Greiner, 1983) so pokazala, da so ti zastrašujoči deleži tujih voda dejansko še znatno višji. Pri tem je važna točna definicija pripadajočih vrednosti (preglednici 2 in 3).

*	dotok čistilne naprave	-	zaračunana količina odpadnih voda	=	razredčitvena količina
	<b>A</b>	-	<b>B</b>	=	<b>V</b>
*	delež padavinskega dotoka	+	tuje vode	=	razredčitvena količina
	<b>R</b>	+	<b>F</b>	=	<b>V</b>
*	letna količina sušnega dotoka po Zakonu o dajetvah za odpadne vode (Abwasserabgabegesetz)	-	zaračunana količina odpadnih voda	=	tuje vode
	<b>C</b>	-	<b>B</b>	=	<b>V</b>

Preglednica 2 • Definicija pripadajočih vrednosti

Za oceno in primerjavo različnih omrežij se lahko tvorijo sledeča razmerja:	V raziskanih omrežjih njihove vrednosti	
	od	do
<b>V/A</b> = razredčitvena količina/dotok čistilne naprave	<b>0,57</b>	<b>0,88</b>
<b>V/B</b> = razredčitvena količina/zaračunana količina odpadnih voda	<b>1,32</b>	<b>7,50</b>
<b>V/C</b> = razredčitvena količina/letna količina sušnega dotoka po Zakonu o dajetvah za odpadne vode (Abwasserabgabegesetz)	<b>1,02</b>	<b>1,26</b>
<b>C/B</b> = letna količina sušnega dotoka po AWAG/zaračunana količina odpadnih voda	<b>1,67</b>	<b>4,42</b>
<b>F/B</b> = tuje vode/zaračunana količina odpadnih voda	<b>0,71</b>	<b>3,37</b>

Preglednica 3 • Razmerja za primerjavo različnih omrežij

## 4 • POSTOPKI DOLOČANJA KOLIČIN TUJIH VODA

Metode za določanje odtokov tujih voda niso normirane ali opisane v smernicah, zato se v praksi uporabljajo različni postopki (Fuchs, 2003).

### 4.1 Metoda letnih odpadnih voda (Jahresschmutzwasser – Methode)

Pogosto se uporablja ta najenostavnejša metoda. Količina tuje vode se določa kot diferenca tako imenovane količine letnih odpadnih voda JSM (ki odgovarja sušnemu odtoku ( $Q_{s,a} + Q_{f,a}$ )) ter na podlagi skupne porabe pitne vode ugotovljene količine odpadnih voda. Za identifikacijo sušnih dni se uporabljajo navedbe iz obratovalnega dnevnika (Betriebstagebuch) čistilne naprave.

Vir napak pri tej metodi je odčitavanje dnevnih odtočnih količin pri različnih urah oziroma v različnih dnevnih obdobjih. Zato so praviloma ti dnevni odtoki zaporednih dni previsoki ali prenizki. Poleg tega podlegajo podatki o vremenu subjektivnim ocenam. Medtem ko se lahko pri majhnih vplivnih področjih enostavno določijo obdobja dežja in neviht za celotno območje, pa se nasprotno pri velikih vplivnih področjih le težko ugotavljajo padavine, ki nastopajo samo na omejenih delih vplivnih področij. Običajno se po tej metodi tudi ne upošteva zvišani odtok tujih voda zaradi spomladanskega taljenja snega ali padavinskih odtokov še po prenehanju padavin (Regennachlauf). Ti sezonski vplivi

se lahko upoštevajo samo, če se upošteva vsak posamezni sušni dan, kar pa v praksi ni običajno.

### 4.2 Metoda nočnega minimuma

Najpogosteje uporabljena metoda za določanje tujih voda je merjenje nočnih pretokov nekaj ur čez polnoč. Pogosto se ta količina direktno označuje s tujo vodo. Večina meritev pa predvideva še dodatno odštetje deleža odpadnih voda. Slabost te metode je pravilna izbira dneva meritev. Za določanje obdavčitve (Abwasserabgabenerklärung) se v deželi Baden-Württemberg zahteva najmanj ena meritev tujih voda na mesec, pri čemer mora znašati obdobje med dvema meritvama vsaj 14 dni. Vendar se dovoljuje tudi pogostejše merjenje. Možno je celo dnevno merjenje, pri čemer je dopusten izračun letne količine tujih voda na podlagi izbire dni z najmanjšimi odtoki.

Metoda nočnih meritev funkcionira podobno kot metoda letnih odpadnih voda samo v sušnih dneh. Na to metodo ne vpliva ocena vrste vremena, saj bazira izračun na posameznem dnevu meseca z najmanjšim nočnim odtokom. Pri tem z visoko verjetnostjo ta minimalni pretok »pade« na sušni dan.

### 4.3 Metoda drsečega minimuma

Metoda drsečega minimuma določa delež tujih voda na celotnem odtoku tako, da za

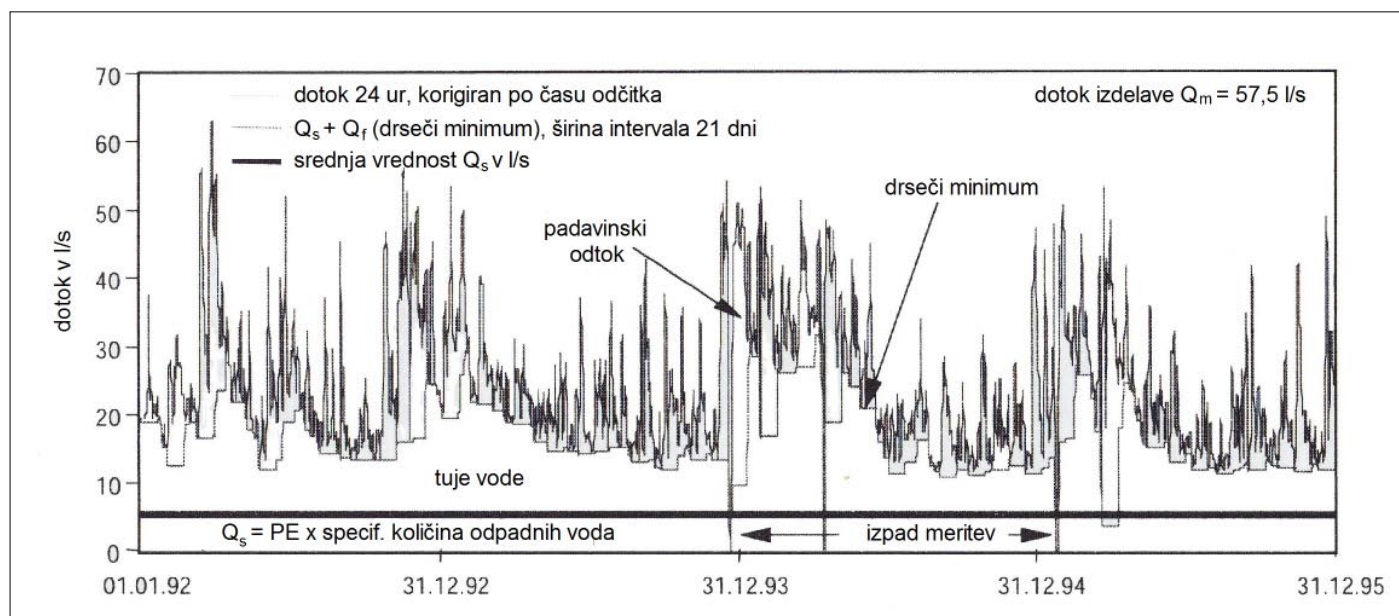
vsak dan obdobja raziskav sušnega odtoka določi najmanjši povprečni dnevni odtok iz zadnjih 21 dni. Če se od tega dnevnega odtoka odšteje predvidena konstantna količina odpadnih voda, preostane kot razlika za vsak dan leta izračunani dotok tujih voda. Slika 1 kaže krivuljo dnevnih dotokov čistilne naprave s spodaj vrisano krivuljo tujih voda.

Po tej metodi se predpostavlja, da potekajo nihanja odtokov tujih voda za eno velikostno skupino počasneje od odtočnih konic padavinskih odtokov. Poleg tega se predpostavlja, da je med zadnjimi 21 dnevi nastopilo vsaj enkrat sušno vreme, tako da se na tak dan sestoji pretok iz samo sušnih ter tujih voda. Če izključimo način določitve sušnega odtoka, bazira ta metoda izključno samo na merjenih dotokih čistilne naprave in je zato neodvisna od vseh samovoljnih vplivov (na primer subjektivnih označb vremena).

Izbira ustreznega časovnega obdobja za določanje najmanjšega povprečnega dnevnega odtoka je pokazala, da zelo kratka obdobja izpod 14 dni povzročajo zvišanje dodatka tujih voda, dočim podajajo obdobja iznad 21 dni praktično enake rezultate, zato naj se kot standardno obdobje prevzame 21 dni. Praviloma se tako izključi metodološko previsoko ocenjeni dodatek tujih voda (FWZ).

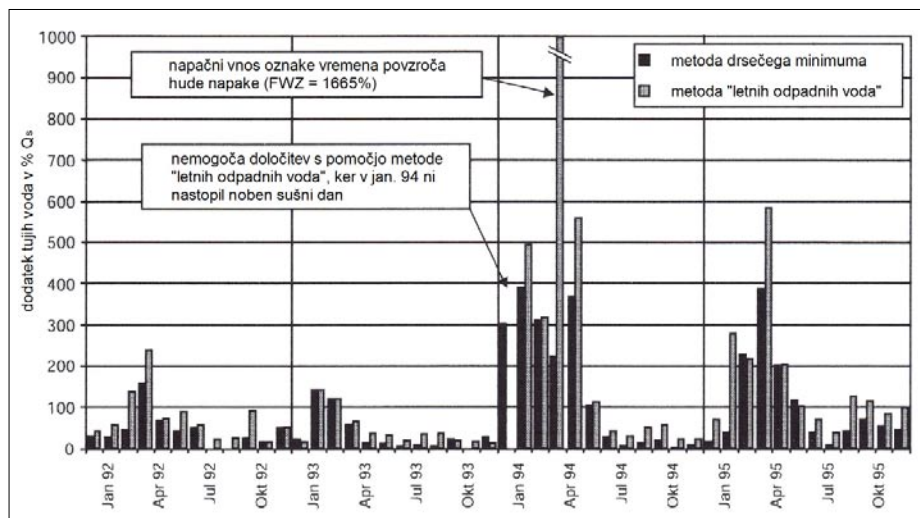
### 4.4 Medsebojna primerjava metod

Primerjava metode z drsečim minimumom in metode letnih odpadnih voda je bila izvedena na primeru ene čistilne naprave (Fuchs, 2003). Iz slike 2 je razvidno, da podaja metoda letnih odpadnih voda višje vrednosti kakor metoda z



Slika 1 • Primer ugotavljanja tujih voda po metodi drsečega minimuma





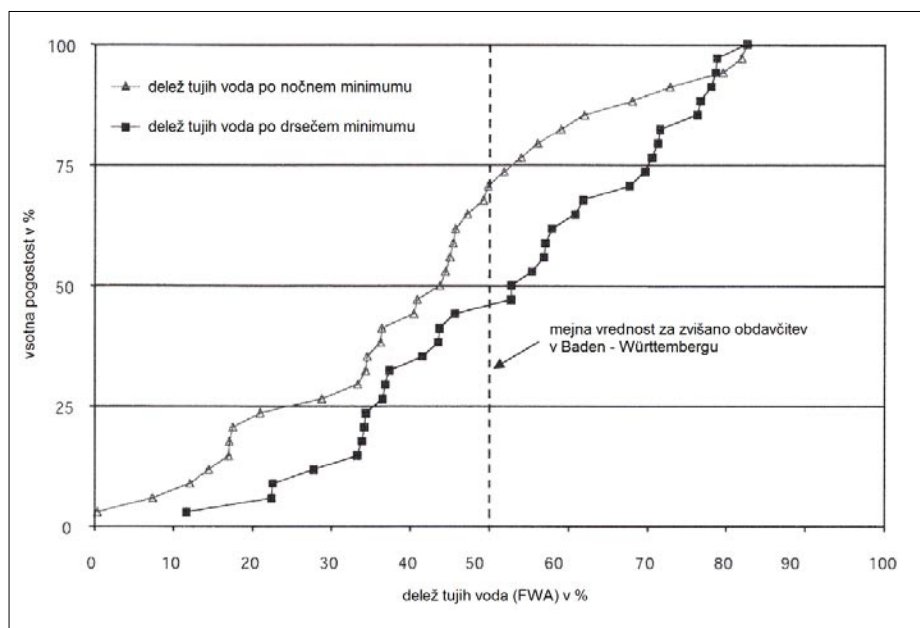
Slika 2 • Primerjava metode z drsečim minimumom in metode letnih odpadnih voda

drsečim minimumom. Poleg tega je razvidno, da metoda letnih odpadnih voda podlega znatno bolj možnim napakam, kakor to dela metoda z drsečim minimumom. Na primer za januar 1994 ni možna ugotovitev deleža, saj v obratovalnem dnevniku čistilne naprave ni označen niti en sušni dan. V aprilu je sicer podan en sušni dan (brez padavin), vendar pa je bil dnevni pretok višji kakor v sledečih dneh s padavinami.

Glavni problem metode letnih odpadnih voda je torej ločitev sušnega odtoka ter padavinskega odtoka po prenehanju padavin (Regennachlauf). Dokler na določeni čistilni napravi

traja posamezni padavinski odtok po prenehanju padavin (Regennachlauf) do sedem dni na mesec, je uporabnost metode letnih odpadnih voda omejena. Nadalje je količina odpadnih voda običajno ocenjena prenizko, saj se upoštevajo samo ekstremno sušni dnevi.

Za določanje obdavčitve (Abwasserabgabenerklärung) se v deželi Baden-Württemberg praviloma uporablja metoda nočnega minimuma. Na sliki 3 je podan delež tujih voda na 34 čistilnih napravah v Baden-Württembergu. Jasno je razvidno, da po metodi nočnega minimuma pogostosti deležev tujih



Slika 3 • Primerjava metode z drsečim minimumom in metode nočnega minimuma (odgovarja podatkom za določanje obdavčitve (Abwasserabgabenerklärung) (drug poleg drugega ležeče točke krivulj niso vedno podatki za isto čistilno napravo)

voda leže znatno izpod meje za 50 %. Ta fenomen je verjetno možno razložiti s tem, da je pri deležih tujih voda iznad 50 % v Baden-Württembergu treba plačevati znatno višje dajatve (Abwasserabgabe). 50-odstotni delež tujih voda (FWA) pomeni 100-odstotni dodatek tujih voda (FWZ).

Metoda drsečega minimuma nima teh slabosti. Torej kaže najobjektivnejše dejanske rezultate.

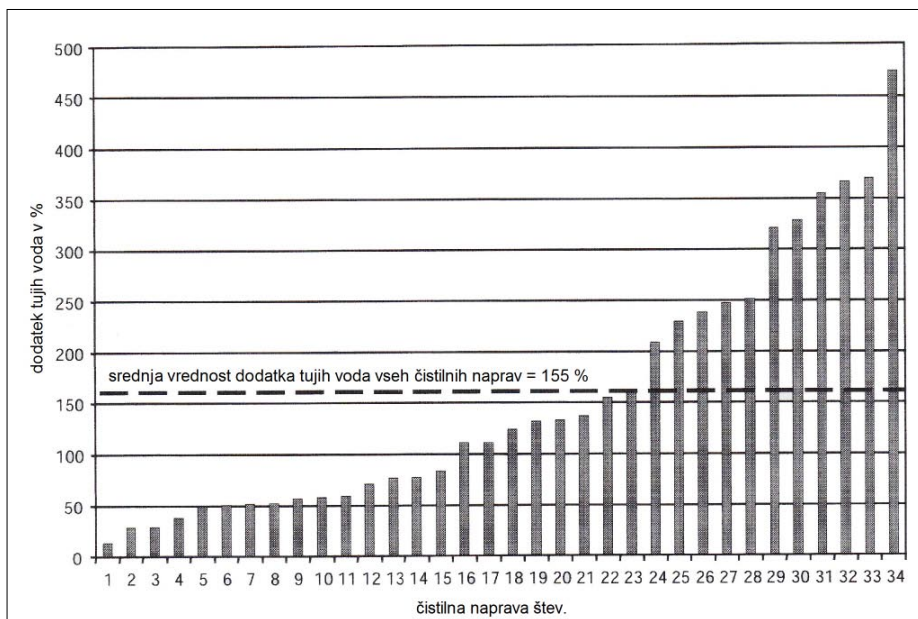
Po prof. Brombachu je na podlagi podatkov Zveznega statističnega urada (Statistische Bundesamt) iz leta 1998 ugotovljen za Baden-Württemberg delež tujih voda (FWA) med 50 in 60 %. Na sliki 4 so izračunani in sistematično podani dodatki tujih voda (FWZ) na 34 raziskanih čistilnih napravah v Baden-Württembergu v obdobju štirih let. Po teh podatkih znaša srednja vrednost dodatka tujih voda na vseh čistilnih napravah 155 %, kar odgovarja 60-odstotnemu deležu tujih voda v 4-letnem povprečju. Ta vrednost leži iznad tolerančnega praga za zmanjšano obdavčitev v Baden-Württembergu (50 %). Pri 11 od 34 čistilnih naprav je ta srednja vrednost izdatno prekoračena (tudi do 450 %!!), čeprav 4-letno obdobje še dodatno precej poreže te vrednosti konic.

Slika 5 kaže, da »padavinska« leta močno vplivajo na količino tujih voda.

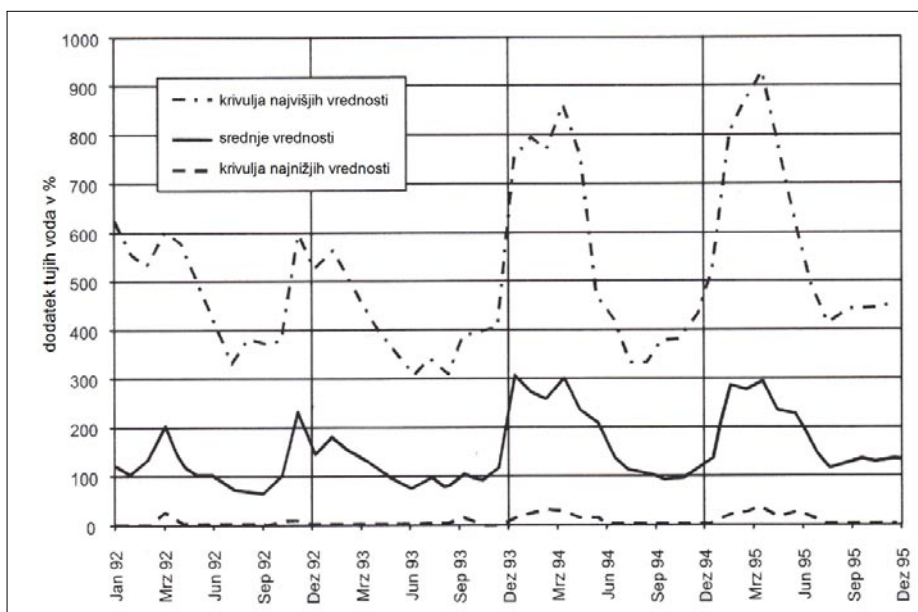
Navkljub vsakoletnim različnim vremenskim situacijam in situacijam tujih voda je na sliki 5 tudi jasno razviden isti letni osnovni ritem po celi deželi, saj najvišji pretoki tujih voda nastopajo povsod od decembra do aprila z najvišjo konico okoli sredine marca, medtem ko je v poznem poletju najnižja. S padavinami bogati leti 1994/1995 se precej razlikujeta od bolj suhih let 1991/1993.

Medsebojna primerjava metod in njihovih rezultatov (Fuchs, 2003) kaže torej sledeče:

- Določanje dotokov tujih voda v kanalizacijskih omrežjih zahteva metode, ki omogočajo določanje realnih okoliščin in sezonskega nihanja dotokov, po možnosti neodvisno od samovoljnih vplivov. Etablirane metode dovoljujejo take ocene le pogojno.
- Dandanes v Nemčiji na skoraj vseh čistilnih napravah nameščene kontinuirane meritve pretokov omogočajo zelo izčrpne podatke o kanalizacijskem sistemu. (Slovenske čistilne naprave se topogledno namenoma nahajajo še v ledeni dobi. Vzroke zato glej (Maleiner, 2009).) To zbirko podatkov bo treba s pomočjo ustreznih instrumentov v bodoče še bolje izkoriščati, da se bodo količine tujih voda lahko določale bolje ter natančnejše.
- Prikaz srednjih vrednosti v obdobjih nekaj let in za večja vplivna področja lahko zakrijejo



Slika 4 • Dodatek tujih voda (FWZ) v Baden-Württembergu raziskanih čistilnih naprav v štiriletnem povprečju



Slika 5 • Mesečne vrednosti dodatkov tujih voda vseh 34 čistilnih naprav; krivulje zgornjih, spodnjih ter srednjih vrednosti

dejanski velikostni red problema tujih voda, ker se s tem nivelirajo in prekrijejo prostorska ter časovna nihanja vrednosti.

- Uporaba statistično močno niveliranih srednjih vrednosti ali celo omalovaževanje količin tujih voda zaradi »škiljenja« na omejitvene zahteve obdavčenja (Abwasserabgabe) niso dobra osnova učinkovite zaščite vodotokov in s tem našega okolja.

## 5 • VPLIV TUJIH VODA NA SISTEM MESTNE KANALIZACIJE

Med sušnim odtokom v mešanem sistemu kanalizacije tečejo tuje vode v celoti na čistilno napravo. Med padavinskim odtokom se občasno skupno z razbremenilnim odtokom preliva preko razbremenilnih naprav v

vodotoke tudi del tujih voda. Pri skupni prelivni količini 2100 m<sup>3</sup>/leto znaša delež tujih voda okoli 607 m<sup>3</sup>/leto, kar pomeni, da okoli 83 % celotne letne količine tujih voda dosega in obremenjuje čistilno napravo.

V ločenem sistemu naj bi se poti tujih voda ločile že v izvoru. Izkušnje kažejo, da zaradi napačnih priključkov (na primer drenaž na globlje ležeči sušni kanal) površinskih odtokov skozi odprtine pokrovov itd. prispe preko sušnega kanala na čistilno napravo okoli 70 % količine tujih voda. (Prof. Imhoff predlaga v svojem priručniku celo 100-odstotni dodatek tujih voda (FWZ)).

Previsoke količine tujih voda, ki presegajo hidravlično zmogljivost čistilne naprave, se morajo zato nekje neočiščene (po možnosti neopazno) prelivati v vodotoke. Fenomen tega »neopaznega« prelivanja sušnih kanalov se v ZDA označuje s strokovnim pojmom: SSO = Sanitary Sewer Overflow.

Širina nakazanih odtočnih poti ter poleg njih napisana števila na sliki 6 odgovarjajo srednjemu odtočnemu volumnu v m<sup>3</sup> na leto iz 1 hektarja nepropustnih vplivnih površin v smislu ATV – A 128 (1992). Pri tem znaša gostota poselitve 63 PE/hau ter poraba pitne vode 130 l/(PE.dan).

### 5.1 Kanalizacijsko omrežje

Dokler pretoki tujih voda niso omejevali ali presegali hidravličnih zmogljivosti cevi in na koncu omrežja še niso bile predvidene čistilne naprave, so tuje vode pozitivno delovale na kanalizacijsko omrežje, saj so spirale omrežja ter tako preprečevale smrad in zagnitje organskih usedlin. Za zaščito kletnih prostorov pri visokih gladinah podtalnice so se pogosto na mešane in sušne kanale nekontrolirano priključevale hišne drenaže. V namen občasnega spiranja sušnih kanalov so se v ločenem sistemu na začetni jašek zbiralnikov pogosto (»neuradno«) priključevali tudi posamezni odtoki strešnih površin. Zato so neredko med padavinami hidravlične konicice velikosti nekajkratnega sušnega odтока preplaknile in »očistile« čistilne naprave ločenega sistema.

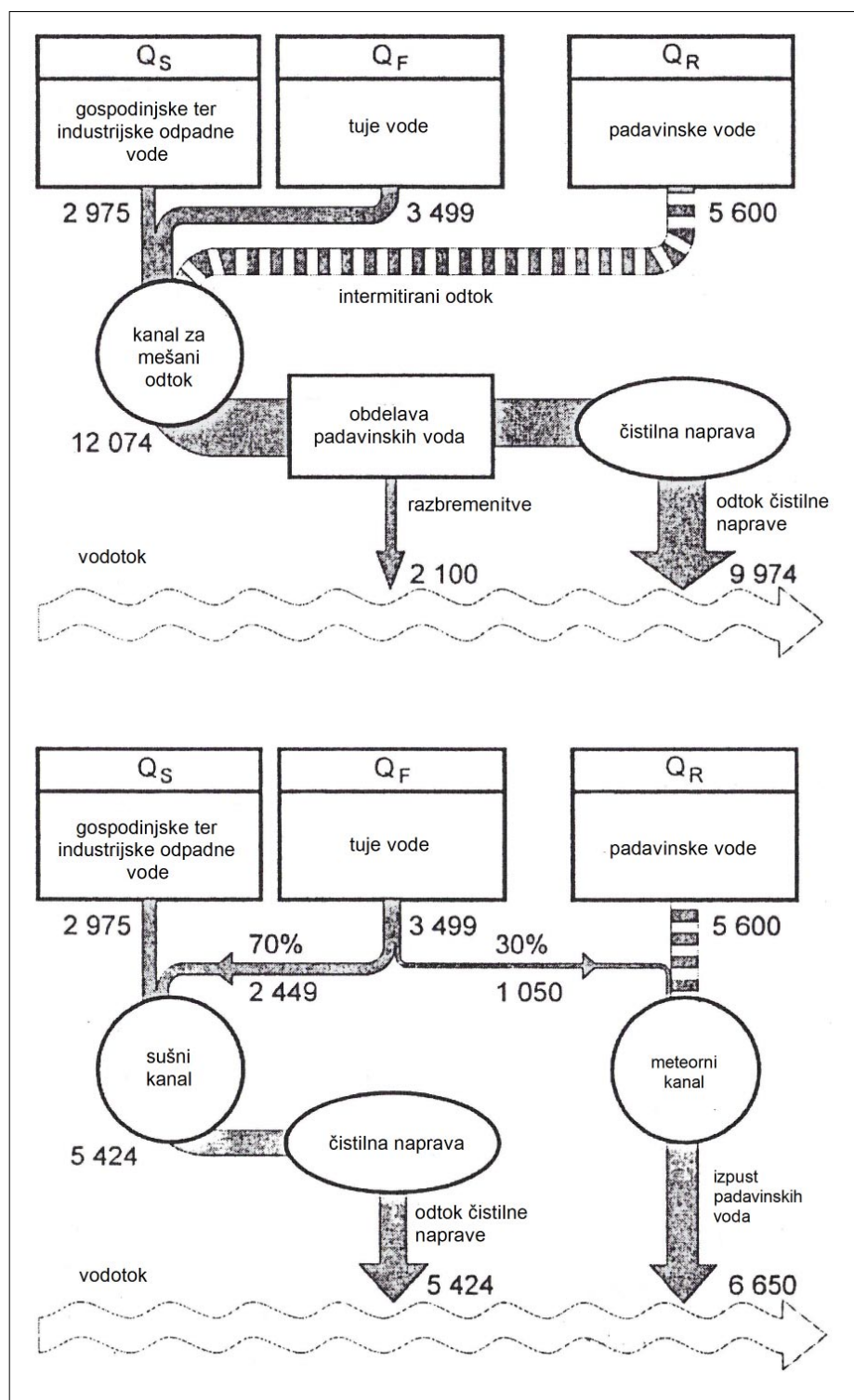
Ti »stari grehi« se v Nemčiji skušajo pospešeno in kolikor je le možno sanirati. Kontrola nepravilnih priključkov, drenaž itd. je težavna, saj priključki praviloma ležijo na privatnih parcelah.

Dočim je v mešanem sistemu hidravlična preobremenitev omrežja zaradi tujih voda praviloma zanemarljiva, pa lahko tuje vode v sušnih kanalih (z znatno manjšimi premeri cevi) povzročajo tudi zajeziwe ali celo preplavitve kletnih prostorov.

Pri meteornih kanalih ločenega sistema kanalizacije pa so zmerni priključki tujih voda običajno še vedno koristni.

### 5.2 Razbremenilne naprave

Za »rojstvo« državo pretočnih bazenov, Švico, nimam podatkov o številu njihovih bazenov. V nemških kanalizacijskih omrežjih pa trenutno obratuje že preko 40.000 bazenov različnih vrst. Od tega je okoli 25.000 pretočnih bazenov (RÜB) ter 2000 bazenov za čiščenje deževnice v ločenem sistemu (RKB). Torej je



Slika 6 • Poti tujih voda v mešanem (zgoraj) ter ločenem (spodaj) sistemu (Brombach, 2004)

od leta 1970, ko so se v Nemčiji začeli graditi ti bazeni, na razpolago dovolj strokovnih in obratovalnih izkušenj.

Odtoki pretočnih bazenov (RÜB) so praviloma zelo dušeni, zato so tudi dobro opazne posledice previsokih količin tujih voda. Taki bazeni

ostajajo dolgo polni, pogosto prelivajo in se proti koncu zime pogosto tudi po nekaj tednih ne izpraznijo. Zato so pri ATV-DVWK-ES-1.3 (2004) sestavili preglednico 4 indecev za močno zvišani dotok tujih voda na pretočnih bazenih.

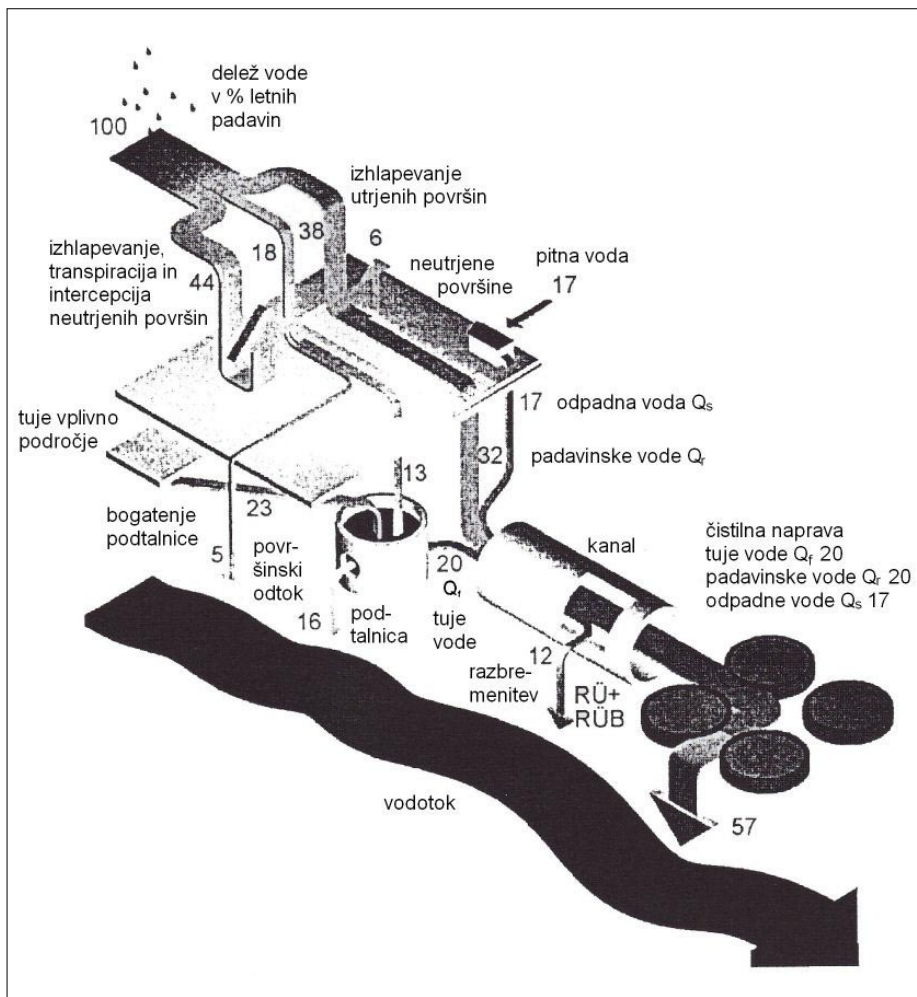


število dni z razbremenjevanjem	več kot 30 dni na leto
trajanje preliivanja pri lovlnih bazenih (Fangbecken)	več kot 150 ur na leto
trajanje preliivanja pri bazenih s čistilnim pretokom (Durchlaufbecken)	več kot 300 ur na leto
čas praznjenja po koncu padavin	več kot 24 ur

Preglednica 4 • Indici za močno zvišani dotok tujih voda na pretočnih bazenih

srednji dotok pri sušnem vremenu $Q_{T,d,mM}$	večji kot 300 l/(PE · dan)
kemično potrebni kisik $C_{KPK,mM}$	manjši kot 400 mg/l
Kjeldahl dušik $C_{TKN,mM}$	manjši kot 35 mg/l
nitrat $C_{NO3-N,mM}$	manjši kot 5 mg/l
fosfor $C_{P,mM}$	manjši kot 6 mg/l

Preglednica 5 • Indici za močno zvišani dotok tujih voda na čistilnih napravah



Slika 7 • Poti padavinskih voda in pitne vode (v %) v mešanem sistemu (Brombach, 2004)

V izračunu zadrževalne prostornine pretočnih bazenov (RÜB) po ATV – A 128 (1992) se namenoma nadpovprečno upoštevajo količine tujih voda, da se na ta način omeji pogostost preliivanja in omeji preliivna količina. Prekomerna količina tujih voda povzroča torej znatno zvišanje gradbenih ter vzdrževalnih stroškov za razbremenilne naprave.

### 5.3 Čistilne naprave

Čistilne naprave so pri mešanem ter ločenem sistemu različno obtežene, vendar je razlika med 83 % in 70 % letnih količin tujih voda praktično zanemarljiva. Na splošno velja, da povzročajo večji dotoki tujih voda sorazmerno večje težave na čistilnih napravah, saj tuje vode redčijo dotok in zvišujejo njihovo hidravlično obtežbo. Najpogostejši problem povzroča previsok dotok tujih voda pri efikasni razgradnji dušičnih spojin, saj pri 70-odstotnem izkoristku tovora sestavin (Frachtwirkungsgrad) ni več možna eliminacija dušika (Brombach, 2004). Zato so pri ATV-DVWK-ES-1.3 (2004) sestavili preglednico 5 indicev za močno zvišan dotok tujih voda v čistilnih napravah.

### 5.4 Učinek tujih voda v naravnem krogotoku voda

Na sliki 7 je prikazana bilanca celotnega vodnega proračuna (Wasserhaushalt) urbanega področja v mešanem sistemu (Brombach, 2004). Pri tem se predpostavlja in izhaja iz povprečnih okoliščin, in sicer:

- » iz 38 % nepropustnih površin,
- » iz količine porabljene pitne vode, ki se v razmerju 1 : 1 spremeni v odpadne vode,
- » predpostavlja se, da največji del padavin, ki padejo na nepropustne površine, zopet izhlapi (44 %), pronica v podtalnico (13 %) ali površinsko oteka (5 %),
- » podtalnica vdira v omrežje (20 %), kar odgovarja 118-odstotnemu dodatku tujih voda (FWZ) oziroma 52-odstotnemu deležu tujih voda (FWA).



## 6 • UGOTAVLJANJE TUJIH VODA V OMREŽJU

Vir previsokih količin tujih voda v omrežju se prične običajno iskati šele na podlagi opažanj posledic hidravličnih preobremenitev ter na podlagi naraščajočih oziroma visokih obratovalnih stroškov črpališč ter čistilnih naprav. Z modernimi televizijskimi kamerami ter pnevmatičnimi preveritvami cevni stikov v sklopu rednega čiščenja ter vzdrževanja kanalizacijskih objektov se dandanes lahko enostavno ter hitro odkrijejo ter tesnijo večji vdori podtalnice v omrežje (kakor tudi »izgube« odpadnih voda v podzemlje). Te preveritve se priporoča izvajati po prenehanju močnih padavin ter pri visokih vodostajih podtalnice, saj so takrat mesta teh vdorov najopaznejša. Na zazidalnih področjih s plitvo gladino podtalnice je še posebno priporočljiva striktna namestitve hišnih priključnih jaškov. Ti jaški omogočajo redni pregled količin odtokov.

Če hišni priključni jaški niso bili predvideni in nameščeni, se lahko opažajo ter ocenijo določene količine s pomočjo televizijske kamere tudi na posameznih cevni hišnih priključkih na zbiralnikih.

V praksi se praviloma ugotavljajo sledeči vzroki tujih voda:

- pri starejših kanalih:
  - cevi hišnih priključkov (DN 150 mm) so nepravilno vstavljene (na primer štrlijo v pretočne profile zbiralnikov itd.) v naknadno izrezane priključne odprtine na cevi zbiralnika (DN  $\geq$  300 mm),
  - cevi hišnih priključkov (DN 150 mm) so slabo tesnjene,
  - pogosto na slabo izdelanih priključkih, cevni spojkah oziroma cevni razpokah opažamo tudi vdor in razraščanje korenin,

- zaradi statičnih ter dinamičnih vplivov so pogosto poškodovane spojke ter cevi zbiralnikov (odlomi, razpoke itd.),
- zaradi kemičnih vplivov so betonske cevi porozne ali korozijsko razjedene (na primer na Barju),
- nedopustni priključki drenaž, studencev, izvirov, vodohrantskih prelivov itd.,
- premiki ter nefesnost cevi in spojk zaradi različnih, neenakomernih posedkov tal (razpiranje spojk),
- pri novejših kanalih:
  - nepravilno izvedeno stikanje cevi,
  - nepravilna uporaba tesnil,
  - slaba kvaliteta cevi,
  - napačni oziroma zamenjani priključki na oba zbiralnika v ločenem sistemu,
  - nekvadratne cevi in nekvadratno izdelani hišni priključki v privatnih zemljiščih, saj se le-ti običajno nabavljajo in polagajo v »lastni režiji« (čim ceneje) brez ustreznega nadzora ter preizkusov vodotesnosti.

## 7 • STROŠKI TUJIH VODA

Ker želim prikazati velikostni red količin tujih voda, se bom ob pomanjkanju dejanskih merjenih podatkov – pri sledečem teoretičnem izračunu optimalnih količin pretoka za ljubljansko čistilno napravo – opiral na ATV – DVWK-A198:

Velikost: 360.000 PE

Spec. poraba

vode: 150 l/Pxdan

$Q_{S,OM}$ :  $360.000 \times 150 / 86.400 = 625 \text{ l/s}$

$f_{S,OM}$ : 6 (brez obdelave padavinskih vod)

FWZ: 100 %

$Q_M = f_{S,OM} \times Q_{S,OM} + Q_{F,OM} = 6 \times 625 \text{ l/s} + 625 \text{ l/s} = 4375 \text{ l/s}$

Pri tem izračunu sem upošteval le 100-odstotni dodatek tujih voda (FWZ), čeprav so nemške meritve na znatno kakovostnejših kanalizacijskih omrežjih v Baden-Württembergu podale srednjo vrednost 155 % FWZ! Vsekakor znaša dejanski pritok tujih voda na ljubljansko čistilno napravo (predvsem zaradi hude nevodotesnosti ljubljanskega omrežja) znatno preko izračunanih 625 l/s (= 2250 m<sup>3</sup>/h = 54.000 m<sup>3</sup>/dan).

Na podlagi uradnih podatkov (VOKA, 2005) znaša maksimalna hidravlična obremenitev že (za končno zmogljivost 360.000 PE) zgrajene ljubljanske čistilne naprave nasprotno le **1806 l/s**, pri čemer se je očitno upošteval dodatek tujih voda (FWZ), ki je manjši od 100 %. Prekomerne količine tujih voda povzročajo poleg zvišanja investicijskih ter obratovalnih stroškov črpališč ter čistilnih naprav tudi zvišanje obdavčitve (Abwasserabgabe) na podlagi ugotovljenih, znatno večjih letnih količin odpadnih voda. S sanacijo nevodotesnih kanalov ter zmanjšanjem količine tujih voda se torej ti skupni stroški lahko občutno reducirajo. Vsak upravljavec čistilnih naprav si lahko enostavno ter hitro predoči prednosti oziroma ekonomsko mejo izločitve tujih voda (Greiner, 1983). Na določeni čistilni napravi je treba ugotoviti le sledeče parametre:

- stroške črpanja odpadnih voda,
- stroške mešanja dodatnih tujih voda v biologiji (okoli 15 Watt/m<sup>3</sup>),
- potrebno dodatno segrevanje svežega blata za okoli 3 °C (ohladitev odpadnih voda (12 °C) zaradi tujih voda (6 °C)),
- delež dodatnih investicijskih stroškov za grablje, peskolov, primarni usedalnik, biologijo in naknadni usedalnik,
- delež zvečane obdavčitve.

Zgolj ekonomičnost zmanjševanja dotokov tujih voda (brez dodatnih pozitivnih ekoloških vplivov in ustreznega zmanjšanja obdavčenja) naj poda sledeči primer:

Pri predpostavljani skupni obračunski ceni za čiščenje odpadne vode na primer 0,50 EUR/m<sup>3</sup> ter pri možnosti izločitve 10 l/s (= 36 m<sup>3</sup>/h) tujih voda bo ta privarčevana vsota znašala:

$36 \text{ m}^3/\text{h} \times 24 \text{ ur} = 864 \text{ m}^3/\text{dan} \times 365 \text{ dni} = 315.360 \text{ m}^3/\text{leto}$

$315.360 \text{ m}^3/\text{leto} \times 0,50 \text{ EUR}/\text{m}^3 = 157.680 \text{ EUR}/\text{leto}$

Privarčevani obratovalni stroški naj bodo večji, kot so stroški kapitalne služnosti (Kapitaldienst). Torej lahko v tem primeru (pri okoli 10 % kapitalne služnosti) za odstranitev teh 10 l/s tujih voda investiramo okoli 1.500.000 EUR finančnih sredstev oziroma za 1 l/s tujih voda okoli 150.000 EUR.

V kantonu Basel (BUKBL, 2004) so celo ugotovili smiselnost sanacij virov tujih voda, če investicijski stroški ne presegajo treh švicarskih frankov na m<sup>3</sup> tujih voda in leto.

Pri tem naj mimogrede omenim, da so si v kantonu Basel pred leti z dekretom zastavili cilj zmanjšanja deleža tujih voda (FWA) na njihovih 34 čistilnih napravah iz 41 % v letu 2003 celo na 30 % do konca leta 2007.

Torej se sanacija in tesnjenje nevodotesnih kanalov še kako izplača!

## 8 • SKLEP

V vsakem kanalizacijskem omrežju nastopajo določene količine tujih voda /4/. Z določenim deležem tujih voda moramo torej živeti, podobno kot moramo živeti z določenim odstotkom izgub pitne vode v vodovodnem omrežju. V obeh vrstah omrežij je torej odločujoča ekonomska (in ekološka) meja, do katere je sanacija omrežij še smiselna. To kaže tudi način obdavčitve (Abwasserabgabe) v Nemčiji, ki naraščajoče obdavči ter s tem kaznuje prekomerne količine tujih voda in škodljive vplive na naše okolje šele iznad določenega »toleriranega« deleža tujih voda. Torej se priporoča in zahteva redno občasno ugotavljanje velikostnega reda količin tujih voda, redni pregled in po potrebi tesnjenje kanalizacijskega omrežja do stroškovne meje, ki jo je mogoče v ekonomskem oziru zagovarjati.

Verjetno zaman upam, da nas bo gospodarska kriza končno prisilila k varčevanju in preprečila nesmiselno razmetavanje finančnih sredstev na okoljevarstvenem področju. S članki v časopisju in s posebno drago zloženko (naklada 110.000 izvodov!) skuša na primer MOL v zadnjem času pod

pretezo čistejše Ljubljance opravičiti in prikriti začetek drage gradnje nepotrebnih ter celo ekološko škodljivih zadrževalnih bazenov skupne prostornine preko 30.000 m<sup>3</sup> v ljubljanskem kanalizacijskem omrežju. Ta gradnja (brez ustrezne projektne dokumentacije celotnega kanalizacijskega sistema mesta Ljubljane) temelji namreč izključno le na danski strokovni študiji, ki sloni na zastareli, strokovno zelo sporni tehnologiji iz konca osemdesetih let preteklega stoletja. Poleg tega je bilo že svojčas (med gradnjo ljubljanske čistilne naprave) onemogočeno v študiji predlagano delovanje sistema, saj je bila (brez ustrezne strokovne utemeljitve) prepolovljena temeljna zahteva te študije po zadostni (dvakratni) hidravlični zmogljivosti ljubljanske čistilne naprave.

Že sam pogled na lokacije teh bodočih bazenov (v Mostah, za Bežigradom ter v Zalogu) pove, da so glede njihove namestitve ti bazeni zmožni vplivati na (ne)čistočo Ljubljance le (na nekaj sto metrov) izpod sotočja Ljubljance ter Grubarjevega kanala. Na Ljubljano v višini Tromostovja (ki je tako zavajajoče upodobljeno na zloženki) pa ti bazeni nikakor

ne morejo vplivati in tako ostane na poti skozi mesto Ljubljana še nadalje nespremenjeno hudo onesnažena.

Striktno se prezrejo, preslišijo in zamolčijo moja strokovna opozorila ministrstvu za okolje, ljubljanski mestni upravi, ZDGITS-u, JP Vo-Ki, d. o. o., itd. o nepotrebnem in celo ekološko škodljivem zapravljanju več desetih milijonov evrov za to strokovno neodgovorno gradnjo. Vsem v posmeh MOL v zloženki celo vabi (citati): »Veseli bomo vaših mnenj, predlogov in vprašanj.« Tudi uredništvo Dnevnika (brez vsakega pojasnila) kratko malo ne objavi moje odprto pismo g. županu Jankoviču. Ugotavljam, da deluje cenzura v demokraciji znatno bolje, kakor je delovala pod diktaturo proletariata!

Kakor vedno ne bo nihče odgovarjal za nastalo škodo, ko bo Evropska unija ugotovila neumnost gradnje teh bazenov, zahtevala povrnitev sredstev sofinanciranja in nas kaznovala z ekološkimi dajatvami zaradi prekomernega onesnaženja vodotokov.

V prejšnjih časih se je v podobnih primerih pogosto uporabljala rek: »Sve če to narod pozlatiti!« Kaj pa bo, ko se bo ta narod naveličal ali pa celo ne bo več zmožni plačevati političnih in strokovnih neumnosti, neznanja, nezmožnosti, korupcije in zapravljanja?

## 9 • LITERATURA

- ATV-DVWK-A198, Vereinheitlichung und Herleitung von Bemessungswerten für Abwasseranlagen, DWA e.V., april 2003.
- Brombach, I. H., Auswirkungen von Fremdwasser und Hinweise zum Erkennen kritischer Fremdwasserhältnisse, Siedlungswasserwirtschaft Bochum, Heft 47, 2004.
- BUKBL, Bau- und Umweltschutzdirektion Kanton Basel-Landschaft, Amt für Umweltschutz und Energie, Fremdwasser in Kanalisationen, januar 2004.
- Fuchs, S., Lucas, S., Brombach, H., Weiß, G., Haller, B., Fremdwasserprobleme erkennen – methodische Ansätze, KA – Abwasser, Abfall, Heft, 1/2003.
- Greiner, T., Fremdwasser im Kanalnetz, ATV – Landesgruppen – Tagungen, 1983.
- Maleiner, F., Razbremenilni objekti v kanalizacijskih omrežjih, 9. strokovni seminar, 12. 3. 2003.
- Maleiner, F., Samonadzor delovanja čistilnih naprav v nemški deželi Rheinland-Pfalz, Gradbeni vestnik, februar 2009.
- VOKA, Javno podjetje Vodovod-Kanalizacija, d. o. o., Centralna čistilna naprava Ljubljana, 2005.