




**Stručni seminar:
SANITARTNI PROBLEMI URBANIH PODRUČJA**

**PRIKUPLJANJE I PROČIŠĆAVANJE
OTPADNE I OBORINSKE
VODE**

Davor Stanković, dipl. ing. građ.
"Hidroprojekt-ing"
Draškovićeve 35
10 000 ZAGREB
01/4553-141
01/4553-146
dstankovic@hp-ing.hr

- 
- Priroda operira u zatvorenim ciklusima. Što je otpad jednog organizma, hrana je drugom organizmu, u beskonačno isprepletenoj mreži, iz koje se ništa ne gubi, izuzev malih količina obnovljive sunčeve energije.
 - U divljini, insekti i mikroorganizmi hrane se ekskrementima i truplima viših životinja, kao i mrtvom biljnom tvari, reducirajući ih u hranjive tvari za tlo odnosno biljke. U tlu, vodi i zraku, kontinuirano se odvijaju procesi koji osiguravaju iskorištenje svake prirodne tvari.
 - U mnogim agrarnim društvima, seoske obitelji aktivno sudjeluju u tim ciklusima. Oni miješaju svoj životinjski i biljni otpad i kompostiraju ga, omogućavajući glistama i mikroorganizmima da ga pretvore u tlo. U tlu, uz pomoć sunčevog svjetla i vode, rastu biljke koje prehranjuju tu obitelj i njihove životinje, te osiguravaju gorivo za kuhanje i grijanje. Životinje osiguravaju kako hranu, tako i odjeću. Pepeo iskorištenog goriva i ekskrementi životinja, vraćaju se u tlo, vraćajući hranjive tvari.
 - Čak i mala, primitivna naselja sposobna su podržati takvu vezu sa tlom. Ostaci prehrane i ljudski ekskrementi pažljivo se prikupljaju i transportiraju izvan naselja, gdje ih poljoprivrednici miješaju s bilnim otpadom, te kompostiraju. Kompost se dodaje tlu koje proizvodi hranu. Ako se primjenjuju adekvatni postupci kompostiranja, kompost u trenutku nanošenja na tlo neće sadržati štetne organizme, te se neće ciklusom prenositi bolesti. Održat će se kako zdravlje zajednice, tako i bogatstvo njezine poljoprivrede.




Slika 1: Pražnjenje poljskog zahoda



Slika 2: Organizirani odvoz fekalija
(Nizozemska, 1934. godine)

- Nažalost, teško je uvijek osigurati adekvatne načine kompostiranja, te je nepažljivo rukovanje fekalnim otpadom kroz povijest uzrokovalo mnoge teške epidemije. Većina gradova svoj otpad više ne kompostira, jer ih, u većoj mjeri, više ne prehranjuju frame iz neposredne blizine, te bi se otpad u svrhu korištenja u poljoprivredi, trebao transportirati na velike udaljenosti. Prirodni lanac recikliranja je tako narušen.

- 
- Otprilike polovica urbane potrošnje vode koristi se za ispiranje otpada i ekskrementa u zgradama. Ova polovica se miješa s drugom polovicom koja se koristi za pranje i u druge svrhe. Ovakav način osigurava veliki komfor i štiti nas od bolesti i neugodnih mirisa. Međutim, uzrok je novim problemima. Pitka voda, koja je uz veliki trud i troškove dovedena do urbanog područja, sada je postala otpadna voda. Ona je kontaminirana, u pravilu je neugodnog mirisa, potencijalni uzrok bolesti i njezino zbrinjavanje predstavlja veliki problem.
 - Ovisno o stanju vremena, pedološkim uvjetima, topografskim i vegetacijskim oblicima, na svakom području se uspostavlja karakteristična ravnoteža između oborine, evaporacije, podzemnog i površinskog otjecanja. Utjecajem čovjeka, tj. kultiviranjem i smanjenjem propusnosti pojedinih površina, uz umjetno navodnjavanje i odvodnjavanje, dolazi do teškog narušavanja vodne bilance u odnosu na prirodno stanje.
 - U prirodnom prostoru pretežuje evaporacija. Udio otjecanja i njegovi vrhovi vrlo su mali. Na kultiviranom području samnjuje se evaporacija. Različito raslinje i monokulture povećavaju udio koji ponire i koji otječe. U vodnoj bilanci urbaniziranog područja dominira otjecanje s izraženim vrhovima. Smanjenje propusnosti velikih površina otežava poniranje i evaporaciju uslijed smanjene poroznosti u odnosu tla i biljaka.

In der Wasserbilanz des Naturraums
überwiegt die Verdunstung. [1]

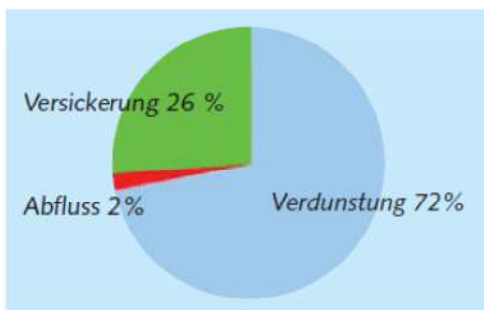


Abb. 1: Naturraum

Verdichteter Boden und Monokulturen
verstärken Verdunstung und Abfluss. [1]

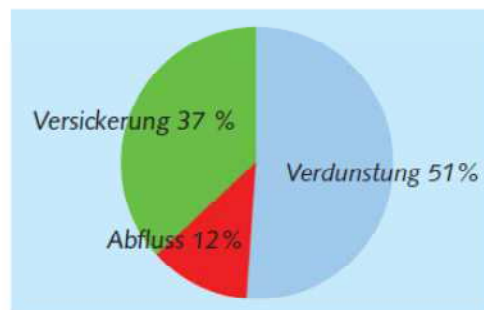


Abb. 2: Kulturlandschaft

Großflächige Versiegelungen behindern die
Versickerung und Verdunstung. [1]

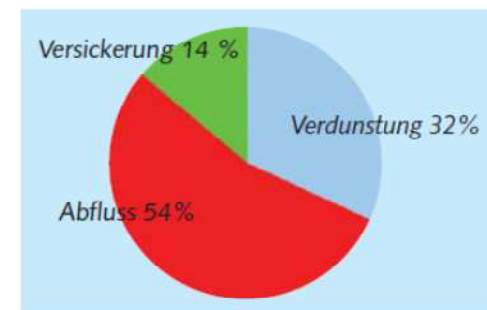
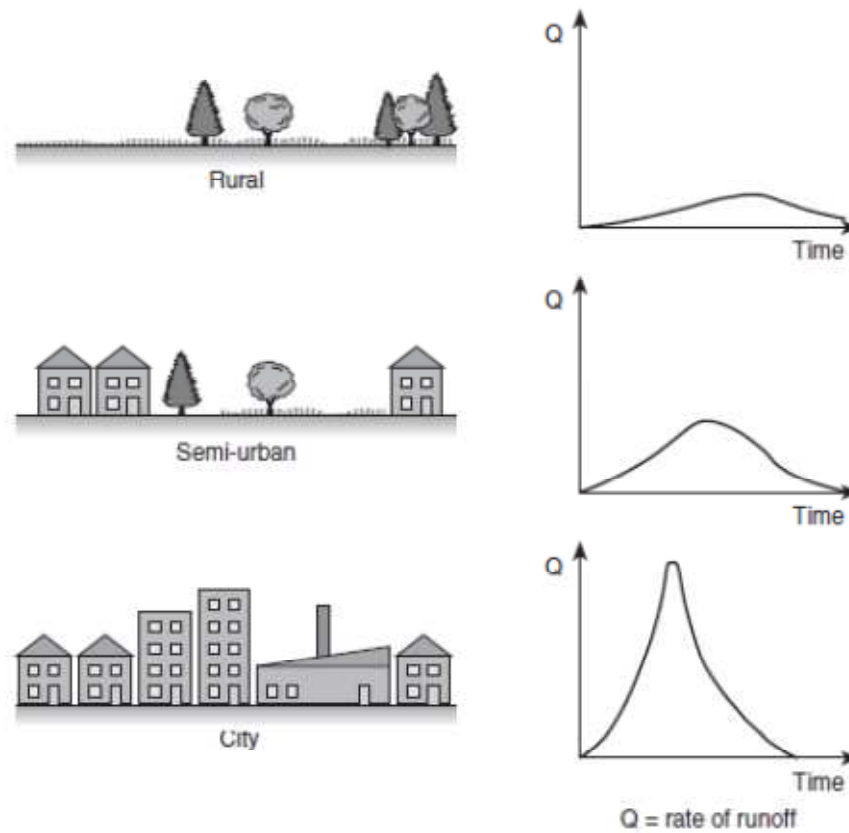


Abb. 3: Stadt

Slika 3: Utjecaj kultivizacije i urbanizacije na hidrološk ciklus




Slika 4: Utjecaj urbanizacije na vrhove otjecanja



2 URBANA ODVODNJA

- U urbanim područjima nužni su odvodni sustavi, zbog interakcije između ljudskih aktivnosti i prirodnog vodnog ciklusa. Ova interakcija pojavljuje se u dva glavna oblika: apstrakcije vode iz prirodnog ciklusa u svrhu vodoopskrbe, te pokrivanje tla nepropusnim površinama koje skreću oborinske vode od prirodnog načina odvodnje. Ova dva tipa interakcije upućuju na razlikovanje dvaju tipova vode koje potrebno odvoditi.
- Prvi tip, otpadna voda, je voda koja je dovedena u svrhu održavanja života, održavanja standarda življenja te zadovoljavanja potreba industrije. Nakon njezinog korištenja, ukoliko nije ispravno zbrinuta, ona može izazvati onečišćenja, te stvoriti rizike za zdravlje. Otpadna voda sadržava otopljene i neotopljene tvari različite vrste iz domaćinstava, industrije i drugih načina korištenja.
- Drugi tip vode koju je potrebno odvoditi, oborinske vode, je voda koja rezultira kišom (ili nekim drugim oblikom oborina) koja je pala na urbanizirano područje. U slučaju neadekvatne odvodnje, ona smanjuje komfor, te uzrokuje oštećenja, poplavlivanja i daljnje zdravstvene rizike. Oborinska voda sadržava različite tvari koje svoje porijeklo imaju u samoj kiši, zraku ili slivnom području.

- 
- Zadatak urbane odvodnje je zbrinjavanje ovih glavnih tipova ovda, s ciljem smanjenja problema vezanih uz ljudski život i okoliš.
 - Odvodnja se u mnogim urbanim područjima bazira na umjetnom sustavu kanala, cjevovoda i građevina koji prikupljaju, transportiraju i ispuštaju tu vodu. Nasuprot tome, u mnogim nerazvijenim zemljama urbanizirana područja ne posjeduju organiziranu odvodnju. Otpadne vode tretiraju se (ako uopće) lokalno, a oborinske vode se prirodno dreniraju u podzemlje.



Slika 5: Odvodnja otpadnih voda u jednom naselju u Africi



Slika 6: Odvodnja oborinskih voda u jednom naselju u Indiji



3 ODVODNI SUSTAVI UNUTAR ZGRADA

- Od davnina, kao sastavni dio vlastitog metabolizma, svaka zgrada ima potrebu zbrinjavanja svog tekućeg otpada. Odvodni sustavi unutar zgrada, zajedno sa sanitarnim uređajima i opremom, razvijali su se tijekom povijesti, od najjednostavnijih rješenja - noćne posude - sve do suvremenih rješenja

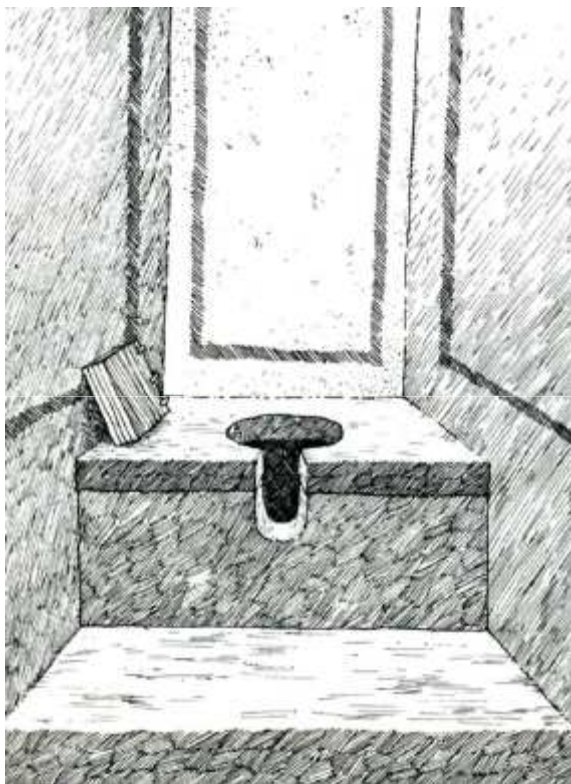
Pompeji; grafit iz I. stoljeća n. e.

Miximus in lecto. Fateor, peccavimus hospes.

Si dices: Quare? Nulla fuit matella

Mokrili smo u naše krevete. Domaćine, priznajemo da to nismo smjeli

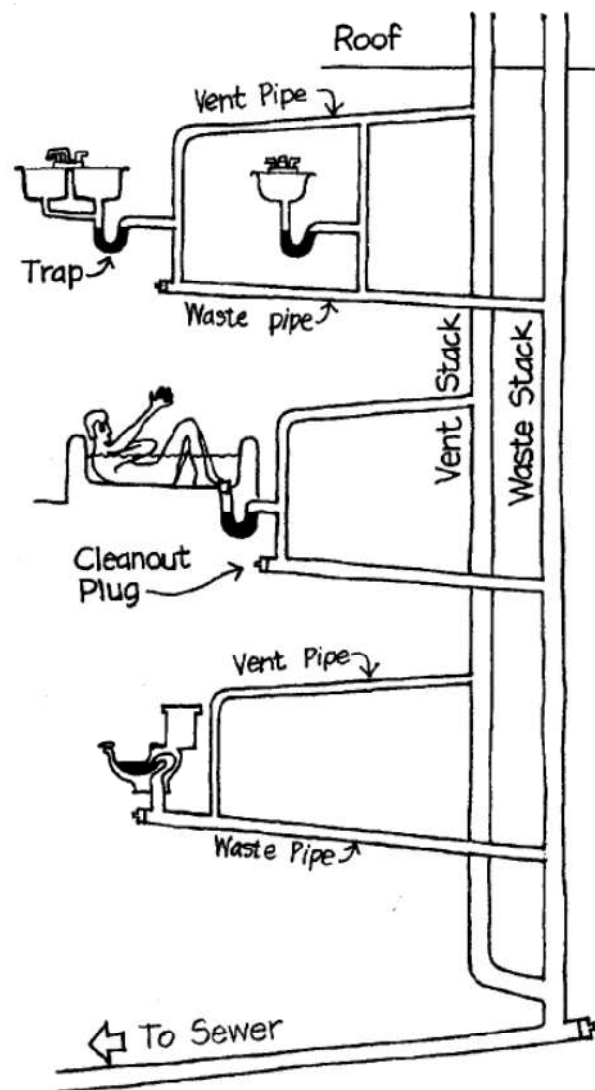
Ako pitaš: Zašto? Nije bilo noćne posude




Slika 7: Zahod u bogatoj rimskoj vili

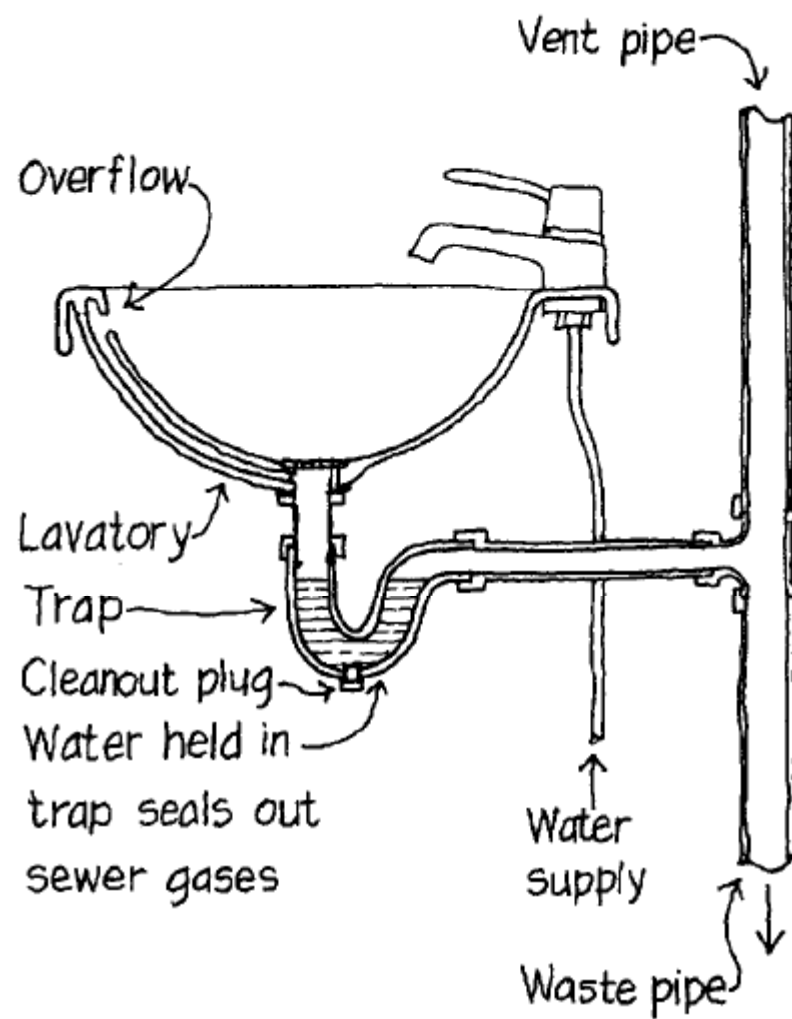


Slika 8: Minijatura iz 15. stoljeća koja prikazuje scenu iz Boccaccio-vog Decameron-a



Slika 9: Osnovni principi odvodnog sustava unutar zgrada

- 
- tekući otpad prikupljen u umivaonicima, zahodima, kadama, mokrionicima i sl. gravitacijski se odvodi mrežom cjevovoda otpadne vode,
 - u svrhu održavanja gravitacijske odvodnje, potrebno je primijeniti cijevi relativno velikog promjera (nego li je potrebno za tečenje pod tlakom),
 - svi cjevovodi otpadne vode moraju posjedovati pad,
 - u svim presjecima mreže potrebno je stalno održavati normalni atmosferski tlak kako bi se izbjeglo stvaranje viših tlakova u nekim dijelovima mreže, što bi moglo poremetiti tečenje,
 - kako se u otpadnoj vodi nalaze suspendirane čvrste tvari različite vrste, cjevovodi su podložni začepljenju; stoga je u pravilnim intervalima potrebno osigurati pristup cijevima u svrhu njihovog čišćenja,
 - sanitarni predmet, kao umivaonik, kada i sl. prazni se u mrežu otpadnih voda preko sifona, zacjevljenja u obliku slova U, koji sadrži dovoljno vode koja djeluje kao brtva, tj. sprječava prodiranje plinova, zadaha i insekata iz mreže otpadne vode u prostoriju,
 - kako postoji opasnost od razbijanja vodene brtve (čepa) u slučaju porasta tlaka plinova ili zraka unutar cjevovoda, to se na kratkoj udaljenosti izvodno od sifona priključuje ventilacijska cijev, sa zadatkom sprječavanja porasta tlaka i ispuštanja plinova kao što su metan ili vodikovog sulfida u atmosferu.



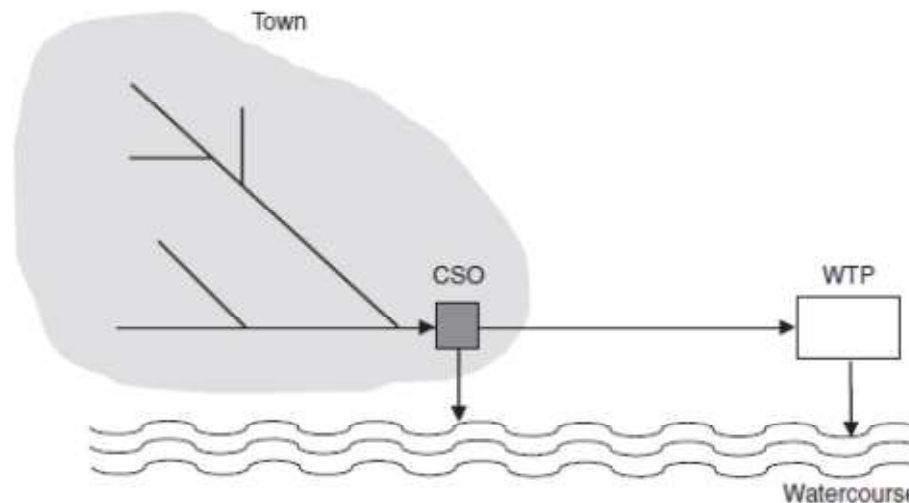
Slika 10: Funkcioniranje sanitarnog predmeta



4 ODVODNI SUSTAVI IZVAN ZGRADA

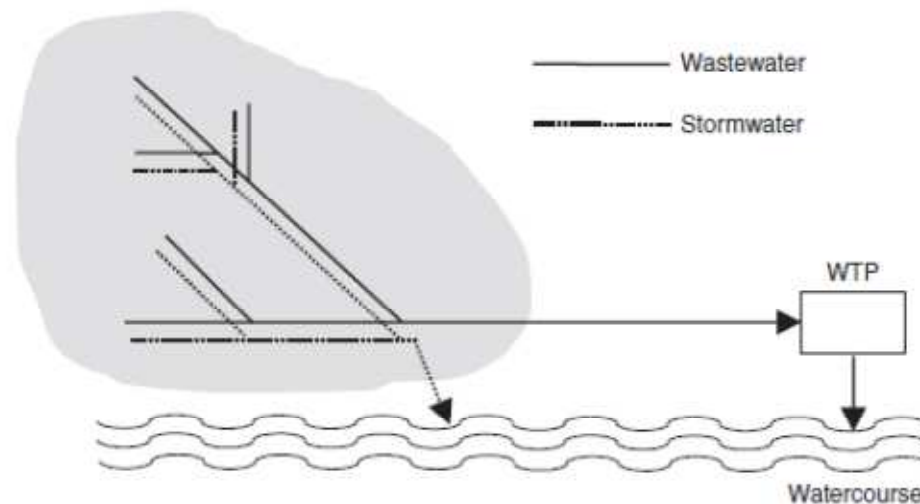
4.1 Otpadne vode

- Iako i danas mnoga područja ne posjeduju umjetne sustave odvodnje, u kontekstu urbane odvodnje tehnička rješenja se uglavnom zasnivaju na mreži cjevovoda.
- Urbani odvodni sustavi prikupljaju i transportiraju dva glavna tipa voda: otpadne vode i oborinske vode. Važna etapa u povijesti razvoja urbane odvodnje bilo je priključivanje otpadnih voda u jarke i prirodne vodotoke čija je prvotna funkcija bila transport oborinskih voda.
- Cijevni sustavi sastoje se od kućnih kolektora (priključaka) koji transportiraju protok pojedinih građevnih čestica, te sekundarnih i primarnih kolektora koji primaju protok niza građevnih čestica ili većih područja. Pod pojmom kanalizacija podrazumijevamo cjelokupni infrastrukturni sustav: cjevovodi, kontrolna okna, posebne građevine, crpne stanice itd.
- U osnovi postoje dva tipa konvencionalne kanalizacije: mješoviti sustav kojim se otpadne i oborinske vode prikupljaju i transportiraju istim cjevovodom, te razdjelni (separatni) sustav kojim se otpadne i oborinske vode prikupljaju i transportiraju odvojenim cjevovodima.
- U praksi su prisutni hibridni sustavi, npr. "djelomično razdjelni" sustav, u kojem dolazi do miješanja otpadnih voda s dijelom oborinskih voda, dok se većina oborinskih voda transportira posebnim cjevovodima.




Slika 11: Shema mješovitog sustava

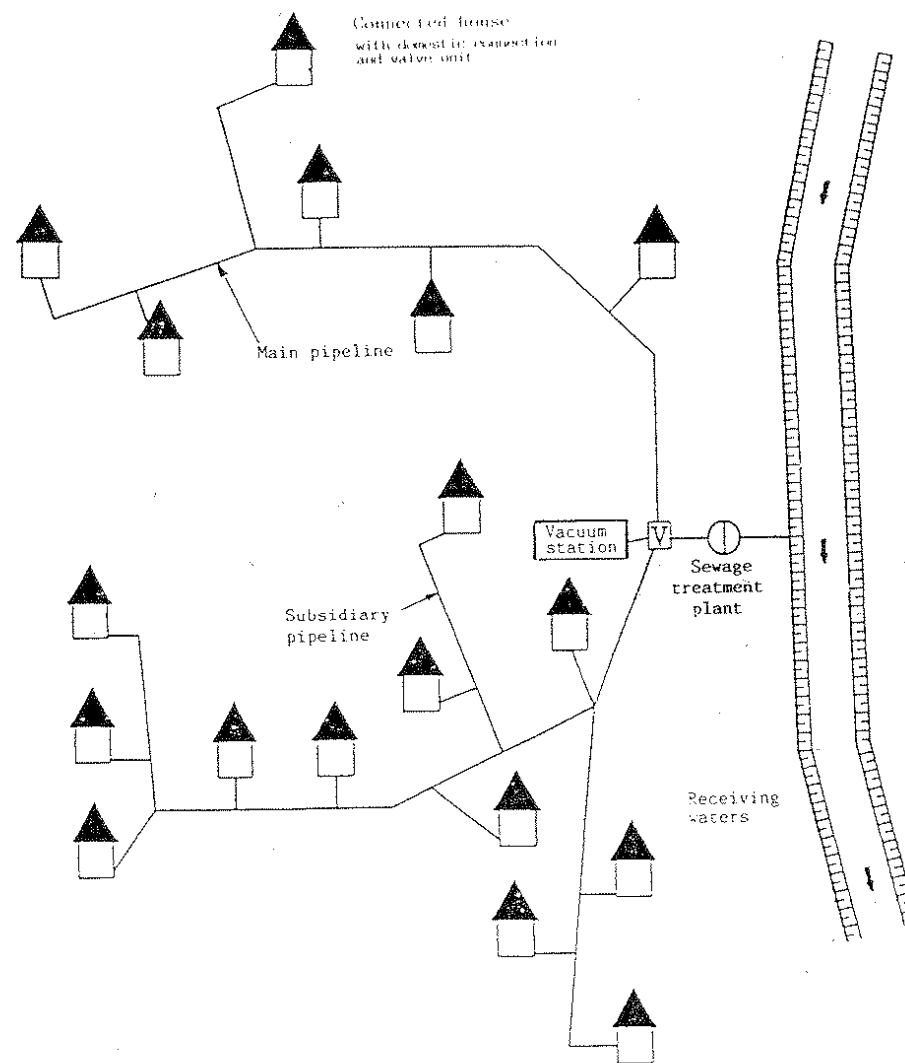
- U sušnom razdoblju, kroz sustav teče otpadna voda. Tijekom oborina, povećava se protok u kanalima. Čak i kod slabih kiša će dominirati oborinske vode. Kod jačih pljuskova, oborinske vode će za 50 ili čak 100 puta premašiti prosječni protok otpadnih voda.
- Ekonomski nije izvedivo osigurati kapacitet za tako veliki protok po cijeloj dužini kolektora. Također i na uređaju za pročišćavanje je nemoguće osigurati toliki kapacitet za obradu svih mješovitih voda. Stoga se kanalizacijski sustav oprema građevinama - preljevima - kojima se tijekom srednjih ili jačih oborina dio protoka skreće izvan sustava u prirodni vodotok.
- Veliki nedostatak mješovitih sustava upravo je postojanje kišnih preljeva. Kišni preljevi uzrokuju onečišćenje prijamnika.



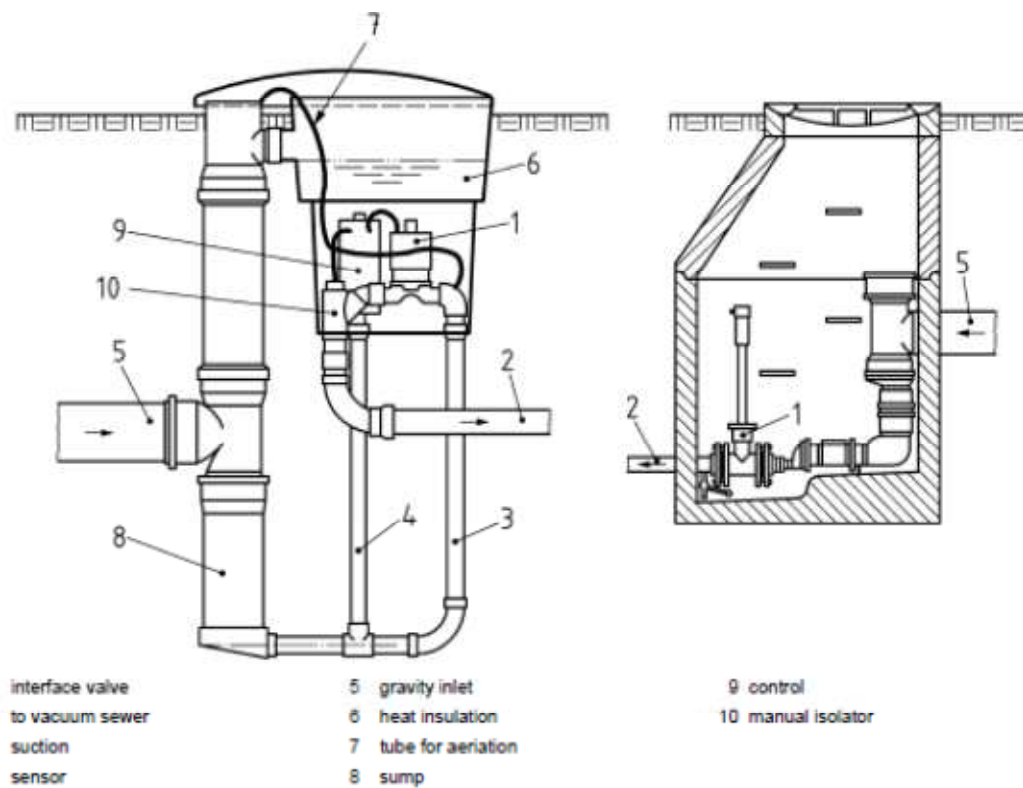
Slika 12: Shema razdjelnog sustava

- Većina novijih sustava odvodnje izgrađuju se kao razdjelni sustavi. Očita prednost razdjelnih sustava je izbjegavanje kišnih preljeva i s njima povezanih onečišćenja prijamnika.
- Očita mana razdjelnih sustava su troškov njihove izgradnje, obzirom na potrebu izgradnje dvaju cjevovoda umjesto jednog. Međutim, povećanje cijene izgradnje sastoji se obično u potrebi izvedbe nešto šireg rova (za smještaj dvaju cjevovoda) te potrebe ugradnje dodatnog cjevovoda (manjeg profila) za prihvrat otpadnih voda.

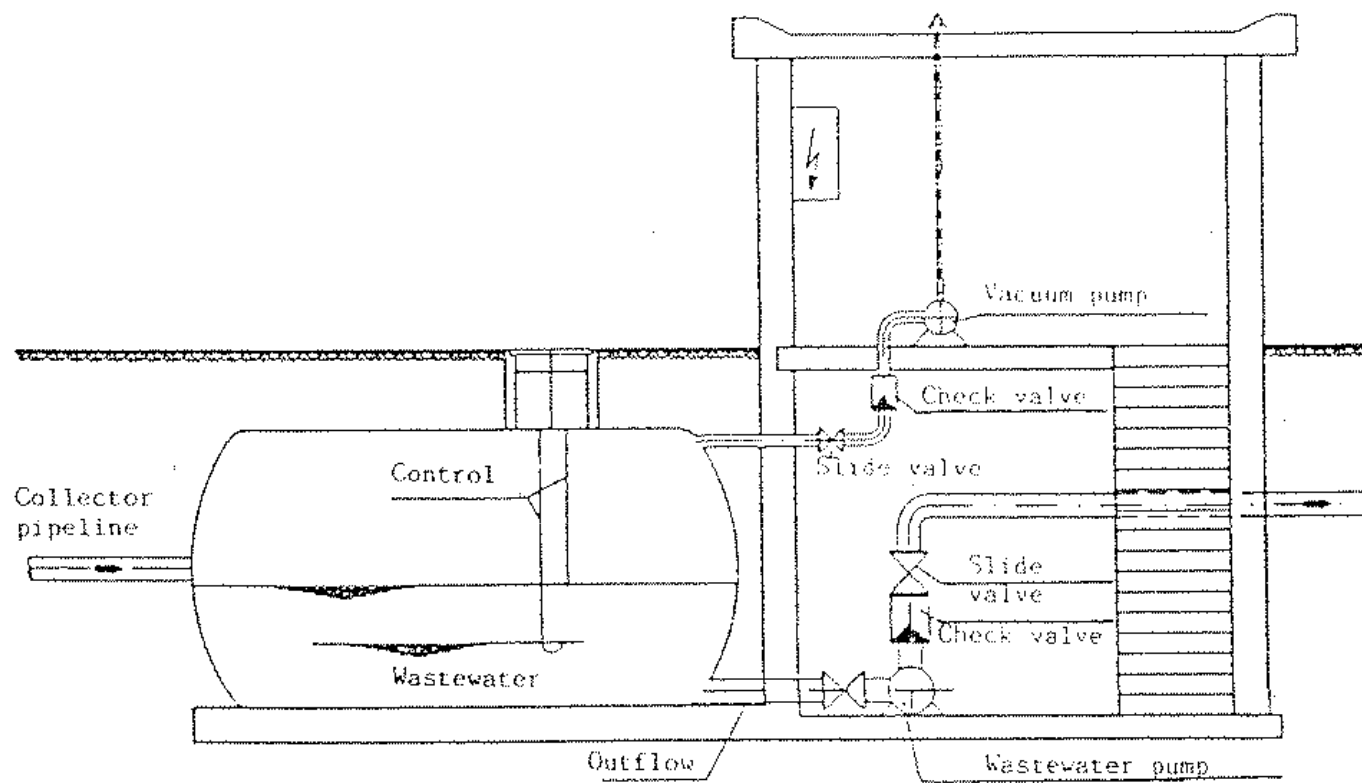
- 
- Glavni prigovori na razdjelne sustave vezani su uz praktičnu nemogućnost perfektnog razdvajanja vrsta voda. Teško je osigurati da onečišćena voda teče samo kroz cjevovod otpadnih voda. Oborinske vode također mogu biti onečišćene iz više razloga, uključujući ispiranje onečišćavajućih tvari sa slivnog područja. Nadalje, vrlo je teško osigurati da oborinske vode ne nađu svoj put u kanal otpadnih voda. Oborinske vode u kanal otpadnih voda uglavnom ulaze kroz dva mehanizma: infiltracije i izravnog ispuštanja.
 - Prethodni prikazi konvencionalnih kanalizacijskih sustava temelje se na, uglavnom, tečenju sa slobodnim vodnim licem unutar kanalizacijske mreže.
 - Iz razloga ekonomičnije izgradnje (manji profili, manje dubine ukapanja cjevovoda, rijetka izgradnja), u novije vrijeme sve više nalaze primjenu sustavi tzv. vakuumske, te tlačne kanalizacije. Ovi sustavi služe isključivo za transport otpadnih voda.



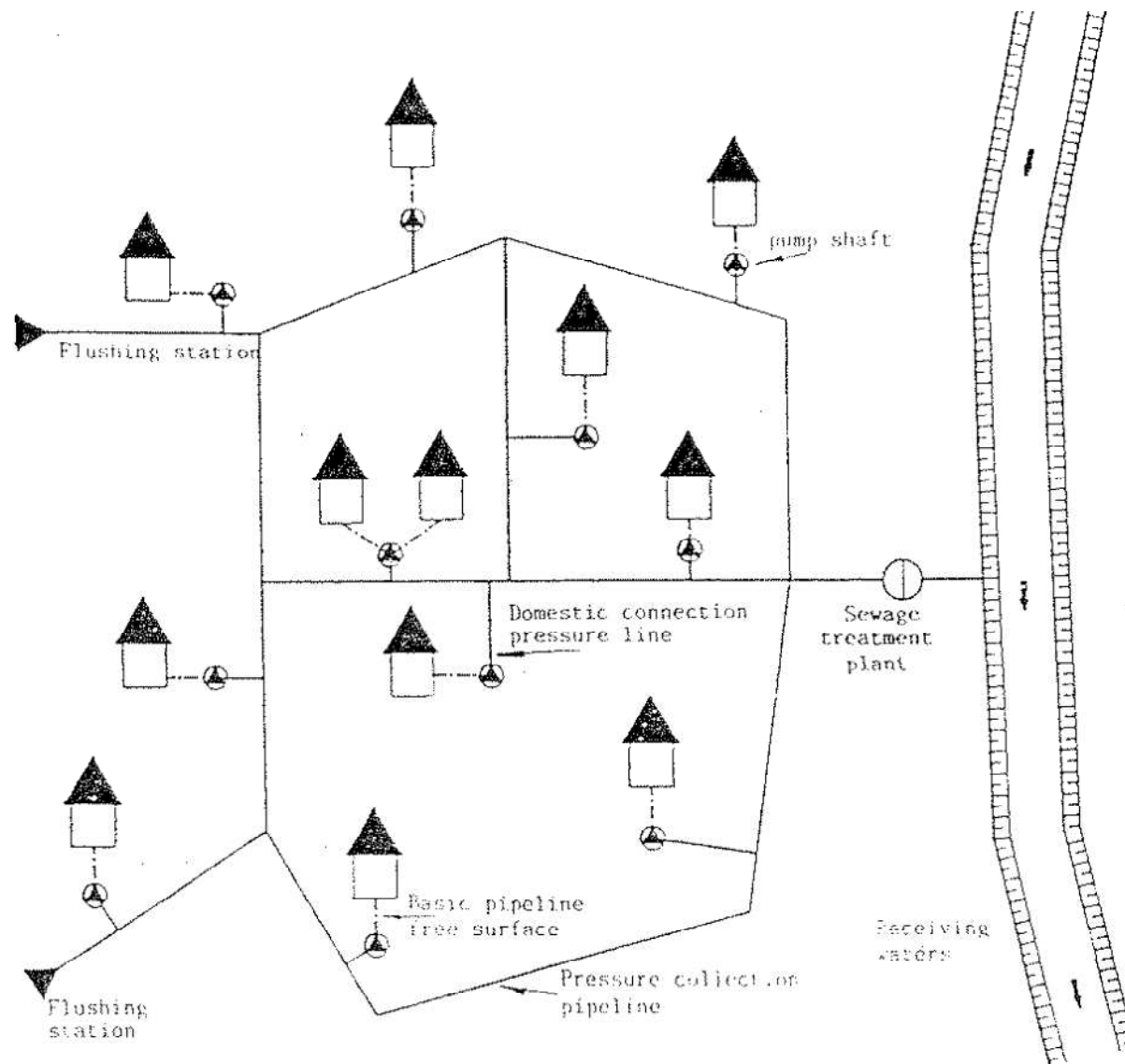
Slika 13: Shema vakuumske kanalizacije



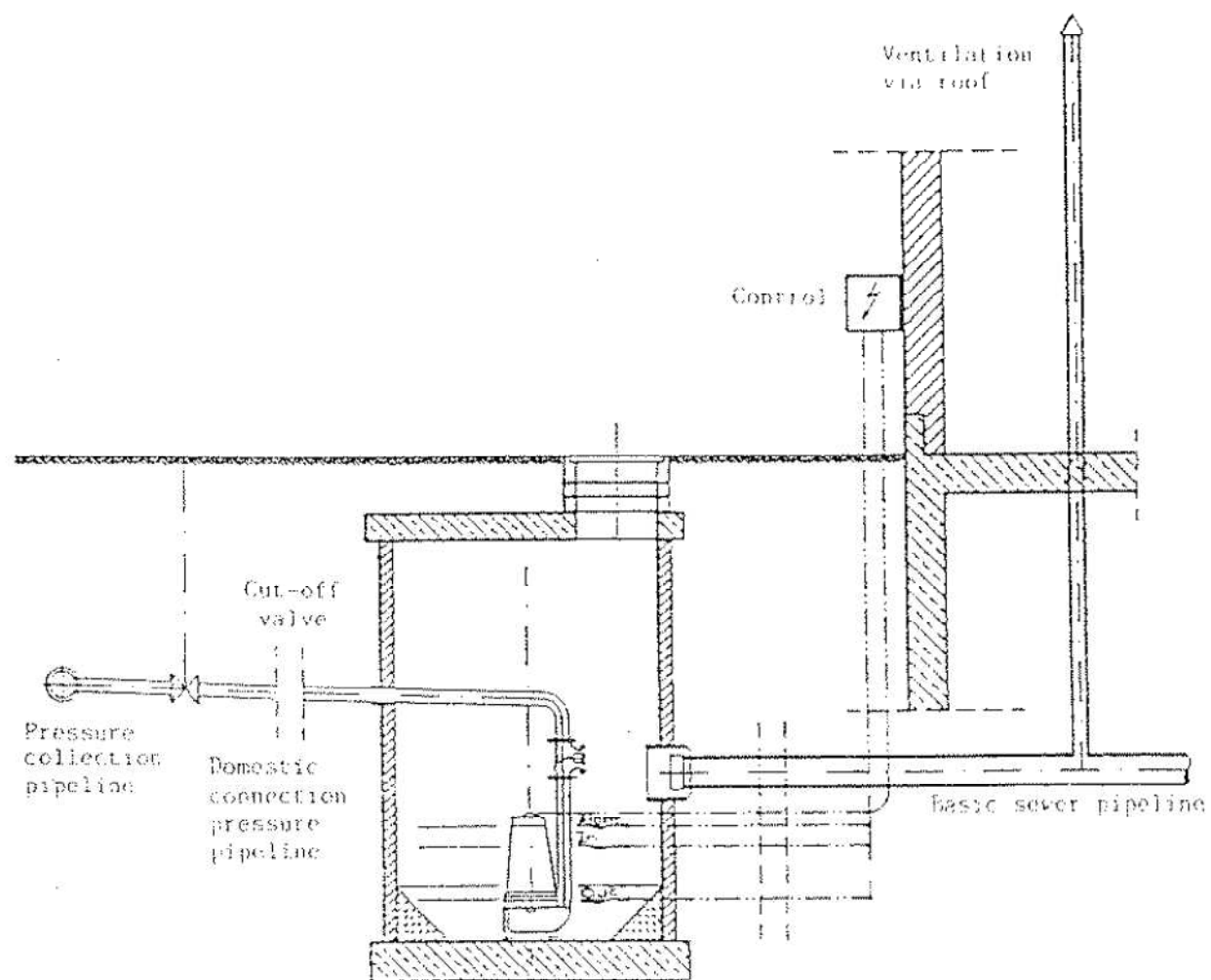
Slika 14: Okno kućnog priključka s vakuumskim ventilom



Slika 15: Shema vakuumske stanice

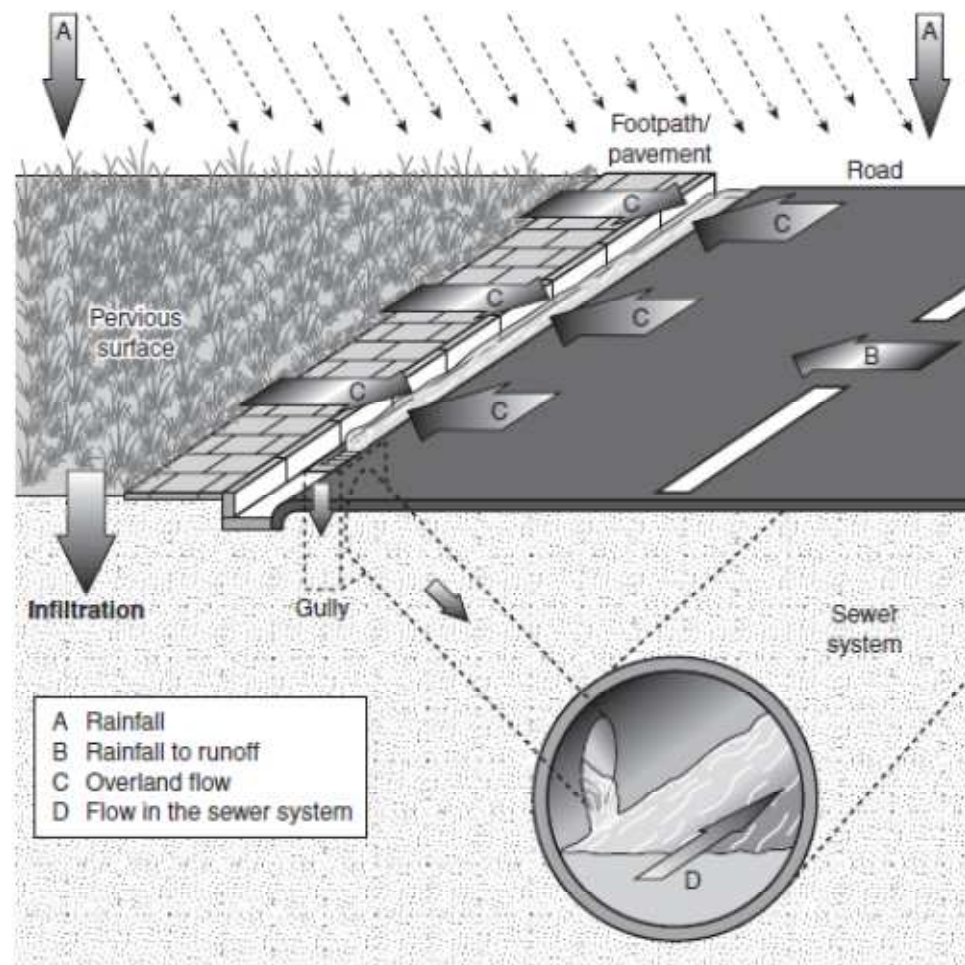


Slika 16: Shema tlačne kanalizacije




Slika 17: Shema kućne (priključne) crpne stanice

4.2 Oborinske vode



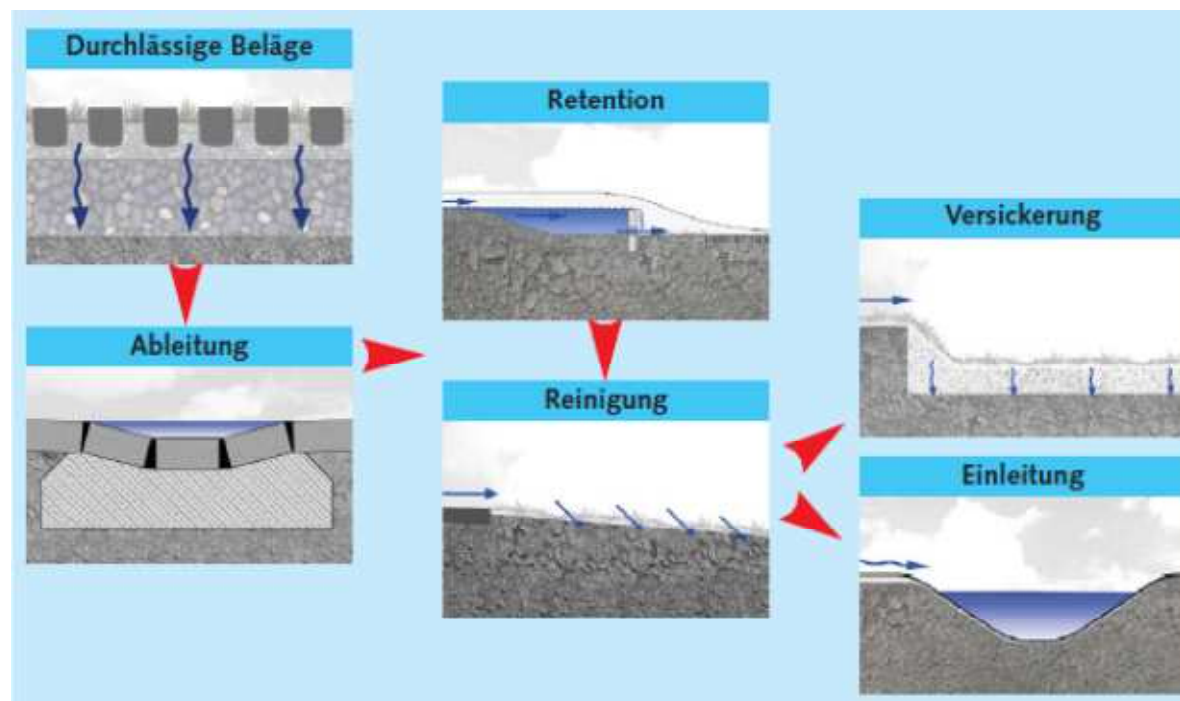
Slika 18: Proces otjecanja oborinskih voda

- 
- Najjednostavnije rješenje bilo bi poniranje oborinskih voda u podzemlje. Međutim, u urbanim područjima površine su pretežno učvršćene.
 - Mnoge studije u proteklim desetljećima su pokazale da urbane oborinske vode mogu biti jako onečišćene sa širokim dijapazonom tvari. U određenim uvjetima, oborinska voda može biti štetna koliko i otpadna voda. Sastav oborinske vode varira više od otpadne vode, kako od jednog mjesta do drugog, tako i s vremenom.
 - Na sastav oborinske vode, pored same kiše, bitno utječu određene karakteristike slivnog područja, i to: atmosfersko onečišćenje, vozila, zgrade i prometnice, životinje, otpad i dr.
 - Sa stanovišta poniranja oborinskih voda u podzemlje i njihovog utjecaja na podzemne vode, to poniranje može biti bezopasno, dopustivo i dedopustivo.

	Surface	Content of pollutants	Qualitative assessment	Above ground percolation facilities			Underground percolation facilities	
				$A_w: A_w \leq 5$ As a rule broad area percolation	$5 < A_w: A_w \leq 15$ As a rule decentralised surface and swale percolation, swale-infiltration trench elements	$A_w: A_w > 15$ As a rule centralised swale percolation	Infiltration trench and pipe-infiltration trench elements	Filtration shaft
1		2	3	4	5	6	7	8
1	Green (planted) roofs, meadows and arable land with possible stormwater runoff into the drainage system		Harmless	+	+	+	+	+
2	Roof surfaces without use of uncoated metal (copper, zinc and lead); terrace surfaces in residential and comparable commercial areas			+	+	+	+	(+)
3	Roof surfaces with normal shares of uncoated metals (copper, zinc and lead)			+	+	+	(+)	(+)
4	Cycle- and footpaths in residential areas, cycle- and footpaths outside the splash and spray spindrift range of roads, traffic calmed areas		Tolerable	+	+	(+)	(-)	(-)
5	Courtyard surfaces and passenger vehicle parking spaces without frequent change of vehicle as well as infrequently used traffic areas (up to ADTF 300 veh.) in residential and comparable commercial areas			+	+	(+)	(-)	-
6	Roads with ADTF 300 - 5000 veh., e. g. service, development and district roads			+	+	(+)	(-)	-
7	Take-off/landing runways and taxiways of airfields, taxiways of airports ¹⁾			+	+	(+)	(-)	-
8	Roof surfaces in commercial and industrial areas with significant air pollution			+	+	(+)	(-)	-
9	Roads with ADTF 5000 - 15000 veh, e. g. trunk roads; take-off and landing runways or airports ¹⁾			+	+	(+)	-	-
10	Passenger vehicle parking areas with frequent change of vehicles, e.g. of shopping centres			+	(+)	(+)	-	-
11	Roof surfaces with uncoated roofing made from copper, zinc and lead; roads and squares with heavy pollution, e.g. through agriculture, carriers, riding schools, markets			+	(+)	(+)	-	-
12	Roads with ADTF over 15000 veh., e.g. trunk roads of inter-regional significance, motorways			+	(+)	(+)	-	-
13	Courtyards and roads in commercial and industrial areas with significant air pollution		Intolerable	(-)	(-)	(-)	-	-
14	Special areas, e.g. HGV parking areas and spaces; Aircraft positioning areas in airports			-	-	-	-	-

+ As a rule permitted
 (+) As a rule permitted, after removal of substances using pre-treatment measures, for example in accordance with ATV-DVWK-M 153
 (-) Permitted in exceptional cases only
 - Not permitted
¹⁾ Individual case consideration required for winter service

Slika 19: Mogućnosti poniranja oborinskih voda izvan vodozaštitnih područja (DWA-A 138 E)



Slika 20: Elementi prirodi bliske odvodnje oborinskih voda



Slika 21: Propusni pokrovi



Slika 22: Otvoreni odvodni jarci



Slika 23: Površine za retenciju oborina



Slika 24: Poniranje oborina




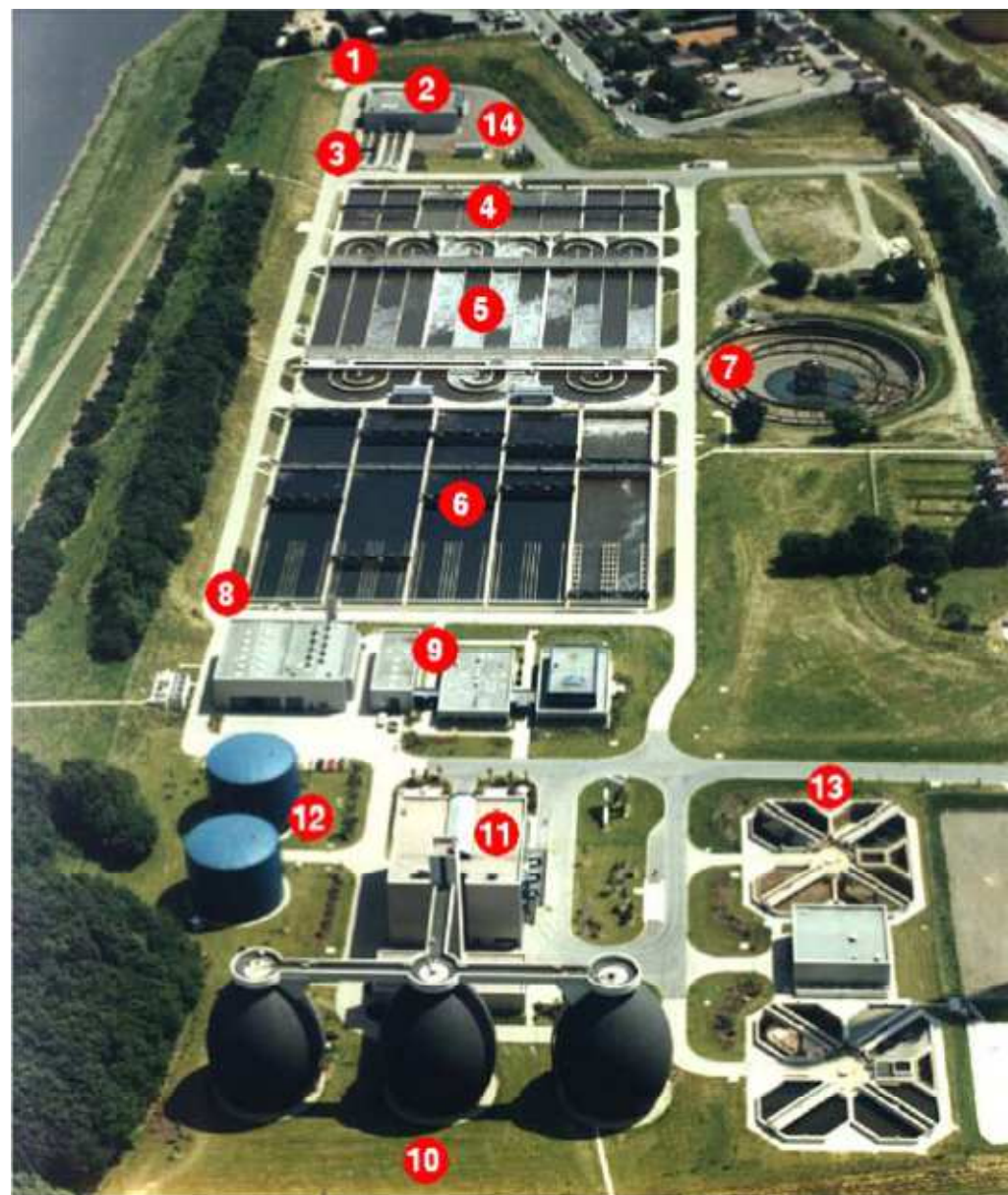
Slika 25: Decentralizirano ispuštanje



5 Pročišćavanje otpadnih voda

- Pročišćavanje otpadnih voda danas je postalo vrlo zahtjevno. Međutim, zadaci pročišćavanja otpadnih voda nisu apsolutno čvrsti, već su stvar političke odluke: koliko je društvo spremno potrošiti za zaštitu voda.
- Zadatak pročišćavanja otpadnih voda je pouzdano i ekonomično uklanjanje nepoželjnih tvari iz otpadnih voda i njihova daljnja obrada do tog stupnja da se mogu uputiti na konačno zbrinjavanje ili nekoj uporabi.
- Uređaji za pročišćavanje moraju biti pouzdani, tj. moraju biti u pogonu i tijekom vikenda, praznika, po noći, tijekom nevremena, tijekom radova održavanja, rekonstrukcija itd. U svakom trenutku mora biti osiguran - sa stanovišta prijamnika - odgovarajući učinak pročišćavanja.
- Pročišćavanje mora biti ekonomično, tj. u odnosu na godišnje troškove (pogon, održavanje, amortizacija i kamate na investiciju) treba rezultirati što je moguće bolja situacija.
- Nepoželjne tvari su one koje se, prema trenutnom shvaćanju i u ovisnosti o prijamniku, u koje se pročišćena voda ispušta, moraju ukloniti iz otpadnih voda. Kroz povijest uklanjale su se ponajprije tvari koje su dovodile do zamuljenja voda (sedimenti, suspendirane tvari), potom biološki razgradljive tvari (BPK5), potom amonij (NH_4^+), fosfor (P), nitrat (NO_3^-) itd.

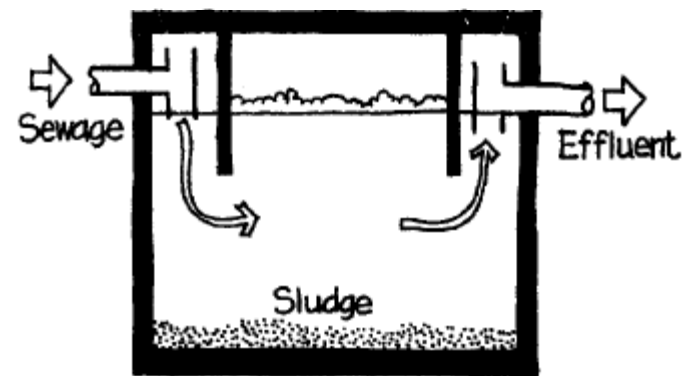
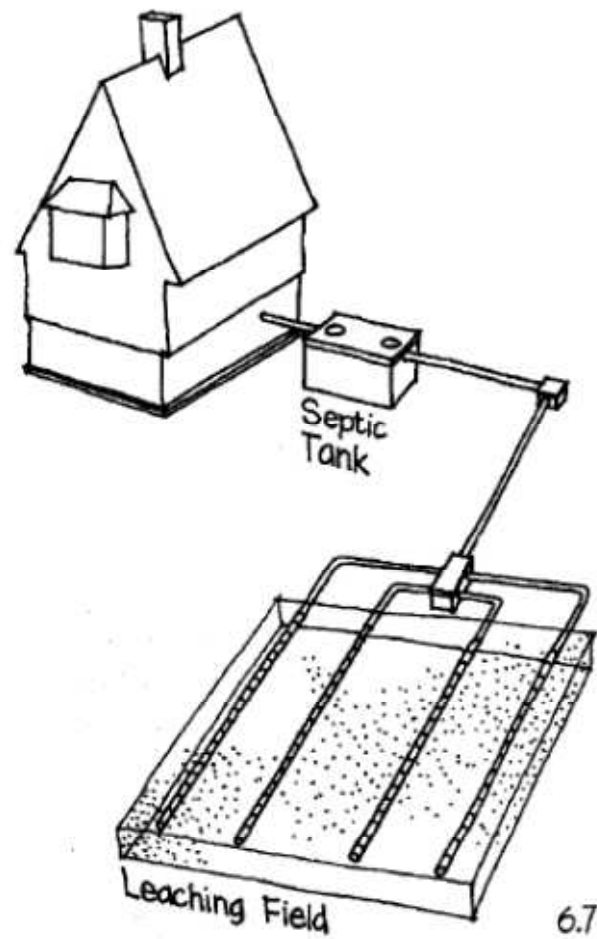
- 
- Obrada eliminiranih tvari provodi se u okviru obrade mulja. Proizvedeni muljevi trebaju biti bezopasni (higijena, akumulacija štetnih tvari, ispiranje u površinske vode i poniranje u podzemne vode) i bez mirisa kako bi se mogli koristiti u poljoprivredi; ili biti u nekom podobnom obliku kako bi se mogli odlagati (danas najčešće kao pepeo nakon nekog procesa izgaranja).
 - Zadatak pročišćavanja otpadnih voda je s protekom vremena znatno proširen, posebno jer je u industrijskim zemljama s rastućim blagostanjem poraslo i opterećenje voda (prije svega s izgradnjom konvencionalne kanalizacije). Istovremeno su postavljani viši i zahtjevniji standardi u pogledu stanja i korištenja voda.




Slika 26: Uređaj za pročišćavanje otpadnih voda (Duisburg - Kasslerferld)

- 
- | | | | |
|---|----------------------|----|---|
| 1 | Dovodni kanal | 8 | Odvodni kanal |
| 2 | Zgrada s rešetkama | 9 | Pogonska zgrada |
| 3 | Pjeskolov | 10 | Digestor za mulj |
| 4 | Prethodni taložnici | 11 | Zgrada za dehidraciju mulja |
| 5 | Aeracijski spremnici | 12 | Plinski spremnik |
| 6 | Naknadni taložnici | 13 | Ugušćivač mulja |
| 7 | Kišni spremnik | 14 | Stanica za kemikalije za obaranje mulja |

- Domaćinstva, koja su smještena izvan dosega gradskih kanalizacijskih sustava, trebaju sami zbrinuti svoje otpadne vode.
- Zbrinjavanje "crnim jamama", tj. propusnim podzemnim spremnicima koji su dopuštali poniranje otpadne vode u okolno tlo, predstavlja nezadovoljavajuće rješenje, posebno jer se njime ne uklanjaju štetne tvari niti patogeni organizmi. Pored toga često se i u kratkom vremenu pojavljuje začepljenje okolnog tla s čvrstim tvarima iz otpadne vode, te izljevanja otpadnih voda na površinu ili povrat u odvodni sustav unutar zgrade.
- Mnogo povoljnije rješenje je nepropusna septička jama, u kojoj se otpadna voda zadržava nekoliko dana, omogućavajući anaerobnu razgradnju i razdvajanje u relativno bezopasni tekući efluent i malu količinu čvrste mineralne tvari, koja se taloži na dnu. Efluent se preljeva izvan spremnika te se kontrolirano ponire u tlo. Mulj sa dna jame potrebno je u određenim vremenskim razmacima iscrpljivati i odvoziti na uređaj za pročišćavanje otpadnih voda na daljnu obradu.



Slika 27: Septička jama s poljem za poniranje

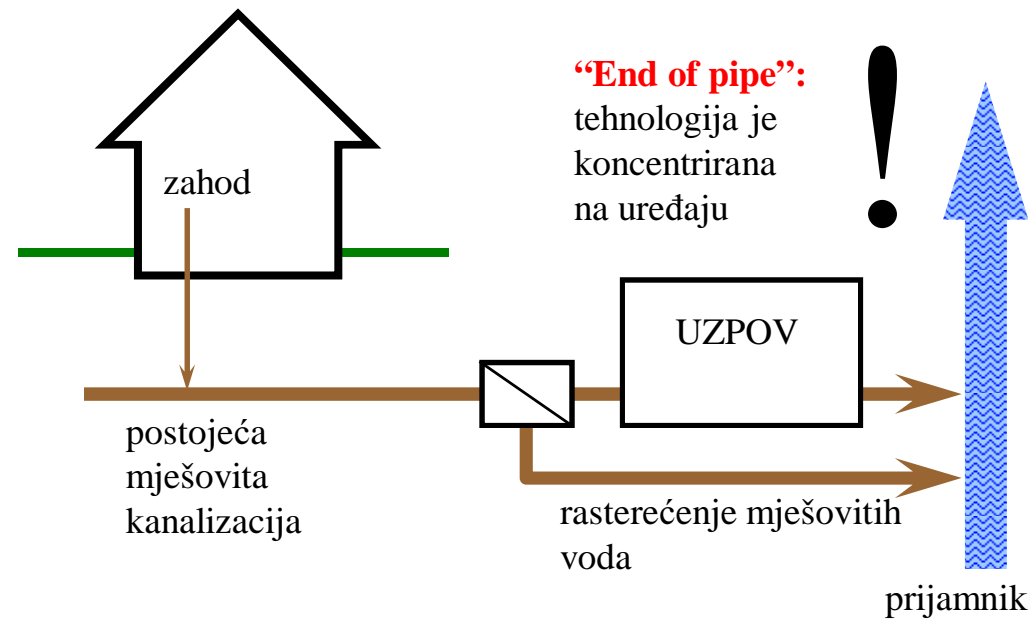
- 
- Danas se za male sustave pročišćavanja otpadnih voda razvijaju i uvode na tržište novi i sofisticiraniji uređaji, koji se svojim učinkom pročišćavanja približavaju ili praktički poistovjećuju s učincima komunalnih uređaja za pročišćavanje.



6 Koncepti za održivo korištenje voda

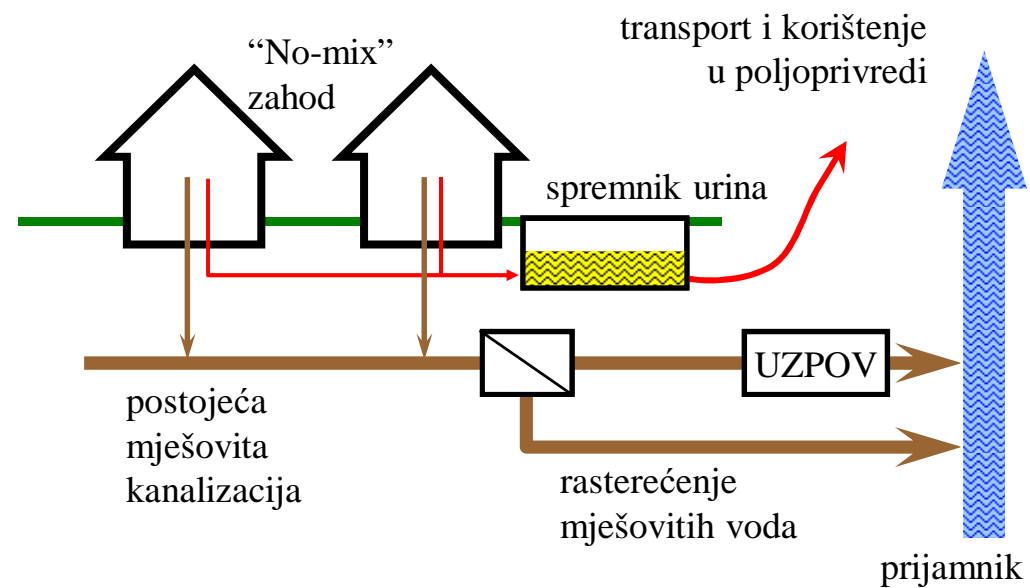
- Osnovni ciljevi budućeg korištenja voda mogu se sažeti na:
 - ponovnu uspostavu "malog" hidrološkog sustava
 - održivog korištenja i gospodarenja pojedinim resursima
- Ovi ciljevi mogu se postići slijedećim mjerama:
 - smanjenjem potrošnje vode
 - recirkulacijom vode i tvari, kao i izbjegavanjem teško ili nerazgradivih i za okoliš opasnih tvari
 - retencijom (zadržavanjem) vode u krajobrazu i
 - prema okolišu orijentiranom potrošačkom sviješću

Sadašnje stanje



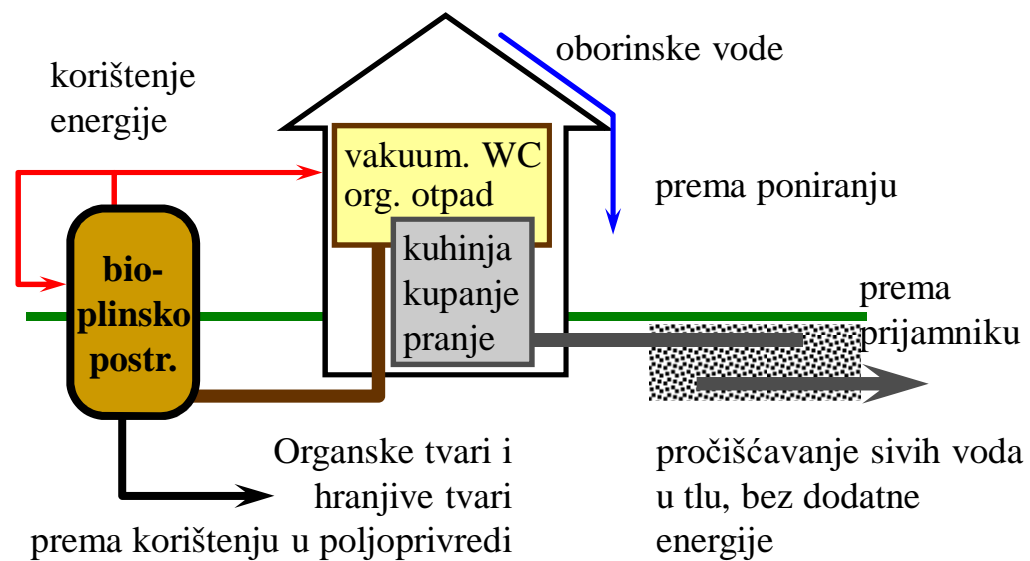
Slika 28: Uporaba korisnih tvari u otpadnim vodama - sadašnje stanje

Centralni spremnik urina



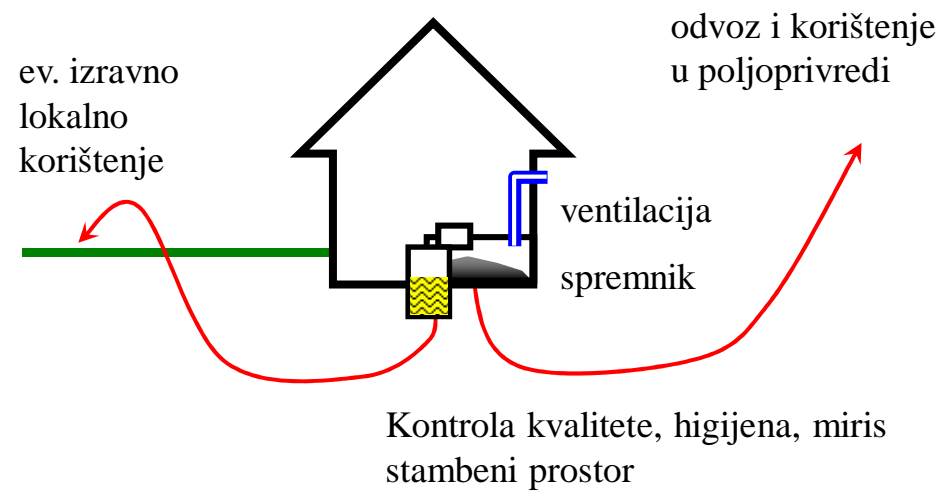
Slika 29: Uporaba korisnih tvari u otpadnim vodama - centralni spremnik urina

Vakuumski WC



Slika 30: Uporaba korisnih tvari u otpadnim vodama - vakuumski WC

Kompostni zahodi s odvajanjem urina



Slika 31: Uporaba korisnih stvari stvari u odpadnim vodama - kompostni zahodi s odvajanjem urina



7 Literatura

- Willi Gujer: **Siedlungswasserwirtschaft**
(1999)
- Edward Allen: **How Buildings Work; The Natural Order of Architecture**
(2005)
- Detlef Glücklich et al: **Grundlagen des Ökologischen Bauens**
(2001)
- David Butler, John W. Davies: **Urban Drainage**
(2011)
- Chiara Frugoni: **A Day in a Medieval City**
(2005)
- David Macaulay: **Eine Stadt wie Rom**
(2001)