

Retencijski bazen za oborinske vode u svjetlu klimatskih promjena

Škomrlj, Zvonimir

Undergraduate thesis / Završni rad

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:500709>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-16**



Repository / Repozitorij:

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I
GEODEZIJE

ZAVRŠNI RAD

Zvonimir Škomrlj

Split, 2020.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE
I GEODEZIJE

Retencijski bazen za oborinske vode u svjetlu
klimatskih promjena

Završni rad
mentor Jure Margeta

Split, 2020.

Retencijski bazen za oborinske vode u svjetlu klimatskih promjena

Sažetak: Na području grada Splita analizira se primjena sustava odvodnje oborinskih voda. Projektira se retencijski bazen za navedeno naselje.

Ključne riječi: Grad Split, odvodnja, retencijski bazen, klimatske promjene

Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Odvodnja oborinskih voda u urbanim sredinama	2
Osnovne karakteristike.....	2
Osnovne karakteristike površinskog otjecanja u urbanim sredinama.....	2
Osnovne karakteristike i proračun otjecanja oborinskih voda u urbanim sredinama	3
Podsustav površinskog otjecanja	4
Transportni podsustav	5
Podsustav prijamnika	6
Racionalnametoda.....	7
3. Retencijski bazen oborinskih voda.....	8
Retencijski bazeni	9
Bazeni za pročišćavanje oborinskih i mješovitih voda	9
Preljevni bazeni.....	9
Osnovne sheme retencijskih bazena	10
4. Osnove realizacije bazena	14
Dimenzioniranje retencijskog bazena	14
Metode	15
Dimenzioniranje u skladu s radom bazena	17
Konstrukcija retencijskog bazena.....	18
Problematika kakvoće vode i moguća rješenja.....	21
Konstrukcija i ugradnja.....	23
Problematika životnog vijeka konstrukcije.....	25
5. Primjer.....	26
Dimenzioniranje volumena retencijskog bazena (racionalnametoda)	28
Retencija	29
6. Zaključak.....	30
7. Grafički prilozi	31
Literatura:	32

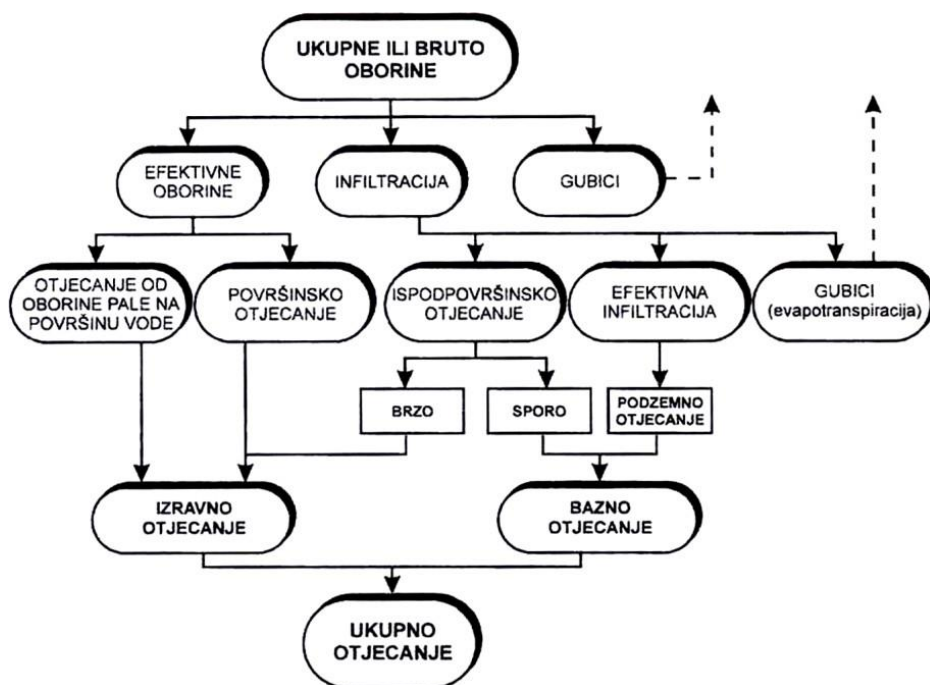
1. Uvod

Padavine ili oborine su svi oblici kondenzirane i sublimirane vodene pare koji se na površini zemlje pojave u tekućem ili čvrstom stanju. Za inženjersku praksu značajne su takozvane vertikalne oborine, kao što su kiša, snijeg, krupa i grad. Oborinske vode predstavljaju problem u gradovima i naseljima, zbog toga ih treba što prije maknuti s površina na kojima one nisu poželjne. Pritom treba paziti da iste ne onečiste okoliš. Oborinske vode su dio oborina koje nakon isparavanja i procjeđivanja otječu po površini naselja odnosno sustava javne odvodnje, kao i vode od pranja ulica. Problem određivanja hidroloških veličina potrebnih za dimenzioniranje i projektiranje objekata odvodnje oborinskih voda sastavni je dio rješavanja problema kanalizacije naseljenih područja. Hidrološka veličina koja se najčešće određuje je protok Q vrha hidrograma, a rjeđe cjelokupni hidrogram. Protok je potreban radi dimenzioniranja i projektiranja kanala, dok je cjelokupni hidrogram potreban za dimenzioniranja i projektiranje objekata, kao što su ovi: crpne stanice, bazeni za oborinske vode, preljevi, bazeni za izjednačavanje protoka, uređaji za pročišćavanje voda na okoliš. Na početku kiše, veći dio oborina zadržava se na lišću drveća, vegetaciji i predmetima na slijevu. Ova se voda većim dijelom vraća u atmosferu ispraivanjem. Prilikom pljuskova male jačine (naročito ljeti), samo mali dio oborina dopiše do zemljišta. Kada dopiše do zemljišta, najprije ispunjava depresije, a potom se infiltrira u tlo. Kad je riječ o klimi područja, grad Split pripada mediteranskom klimatskom pojasu Jadranskog tipa, kojeg karakteriziraju vruća i suha ljeta te blage i vlažne zime s velikim brojem sunčanih sati, oko 2700 sati godišnje. Prosječna temperatura zraka u srpnju je 22°C. Vjetrovi koji obično pušu su bura (sjeverac), maestral (zapadni vjetar) i jugo (južnivjetar). Vode su među najznačajnijim prirodnim resursima republike Hrvatske. Iako pripada zemljama gdje problem s vodom nisu ograničavajući factor razvitka, klimatske promjene uzrokovat će problem u vodoopskrbi i podmiranju rastućih potreba za pitkom vodom. Prema scenarijima koji predviđaju porast temperature zraka od 0,8 do 0,9°C doći će do smanjenja godišnjih količina padalina za 10%. Veliki dijelovi hrvatskog teritorija ugroženi su vodnom, a djelomično i eolskom erozijom. Eolska erozija najintenzivnija je u priobalju i na otocima, a djelomice i u sjevernoj Hrvatskoj. Pojave suše nisu sporadična pojava, već se u cijeloj Hrvatskoj dugoročno očekuje nedostatak vode u vegetacijskom razdoblju i tijekom turističke sezone, kada su potrebe najveće.

2. Odvodnja oborinskih voda u urbanim sredinama

Osnovne karakteristike

Proces transformacije kiše je složen, a njegove komponente prikazuje Slika 2.1. To je ciklus otjecanja, dio ukupnog hidrološkog ciklusa koji opisuje raspodjelu i dinamiku kretanja vode od trenutka kad je oborina pala na tlo do ulijevanja u površinske ili podzemne vode ili vraćanja u atmosferu. Veličina različitih komponenti na koje se dijeli ukupna količina kiše koja je pala ovisi o fizikalnim svojstvima slijeva, zemljišta i o tipu oborina.

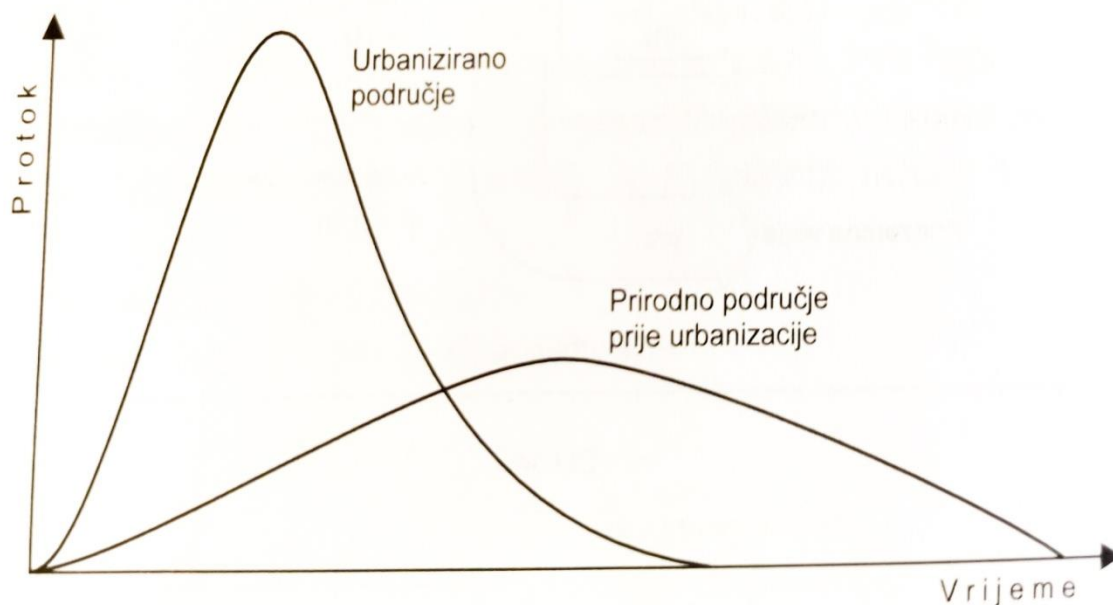


Slika.1. Shematski prikaz procesa transformacije bruto oborine u hidrogram otjecanja

Osnovne karakteristike površinskog otjecanja u urbanim sredinama

Otjecanje u urbanim ili izgrađenim sredinama različito je od otjecanja u prirodnim sredinama. urbanizacijom nekog područja mijenjaju se osnovne karakteristike prostora, odnosno slijevne površine. Prirodne površine i zelenilo zamjenjuju objekti, prometnice i drugi vodonepropusni elementi urbane sredine, zbog čega se mijenjaju osnovne komponente procesa otjecanja. U prirodnim sredinama najveći dio oborina se infiltrira u podzemlje iz kojeg dijelom isparava, a dijelom otječe u podzemne vodonosnike. Iz podzemlja vode sporo istječu u površinske tokove i tako formiraju njihovo otjecanje u sušnim razdobljima. U urbaniziranim i izgrađenim sredinama manje vode infiltrira u podzemlje, razina podzemnih

voda opada, pa opada i otjecanje površinskim vodama tijekom sušnog razdoblja, mijenja se oblik hidrograma, smanjuje se vrijeme koncentracije i povećava vrh hidrograma. Urbanizacijom se smanjuje i količina oborina koja isparava u atmosferu jer se smanjuju zelene površine, a time i procesi evapotranspiracije. Budući da se smanjuju dvije osnovne komponente otjecanja, u izgrađenim područjima povećava se treća komponenta - površinsko otjecanje, i to nekoliko puta ovisno o stupnju izgrađenosti prostora.



Slika 1.2 promjena hidrograma otjecanja izgradnjom (urbanizacijom) nekog područja

Oborinski sustav kanalizacije se gradi da bi prikupio ovaj višak voda u urbanim sredinama i ispustio ga u lokalne prirodne tokove. Ispuštanjem ovih voda bitno se mijenja stanje u prirodnim tokovima, tako da dolazi do povećanja razine vode, brzine vode, vodene površine i drugih učinaka u skladu s povećanjem protoka. Ove promjene mogu biti štetne na nizvodnim područjima uz vodotoke. Drugi problem u urbanim sredinama jest erozija zemljišta koja nastaje kao posljedica uništenja prirodnog pokrova zemljišta i ono postaje izloženo povećanom djelovanju površinskog otjecanja. Rezultat erozije je gubitak površinskog sloja zemljišta, zamućenje prijamnika oborinskih voda, taloženje sedimenta u prijamnicima, kanalima i uređajima za pročišćavanje. Zbog povećanog protjecanja postoji opasnost od urušavanja obala i produbljenja dna.

Osnovne karakteristike i proračun otjecanja oborinskih voda u urbanim sredinama

Sustav oborinske kanalizacije karakteriziraju vodonepropusne građevine (elementi) koje

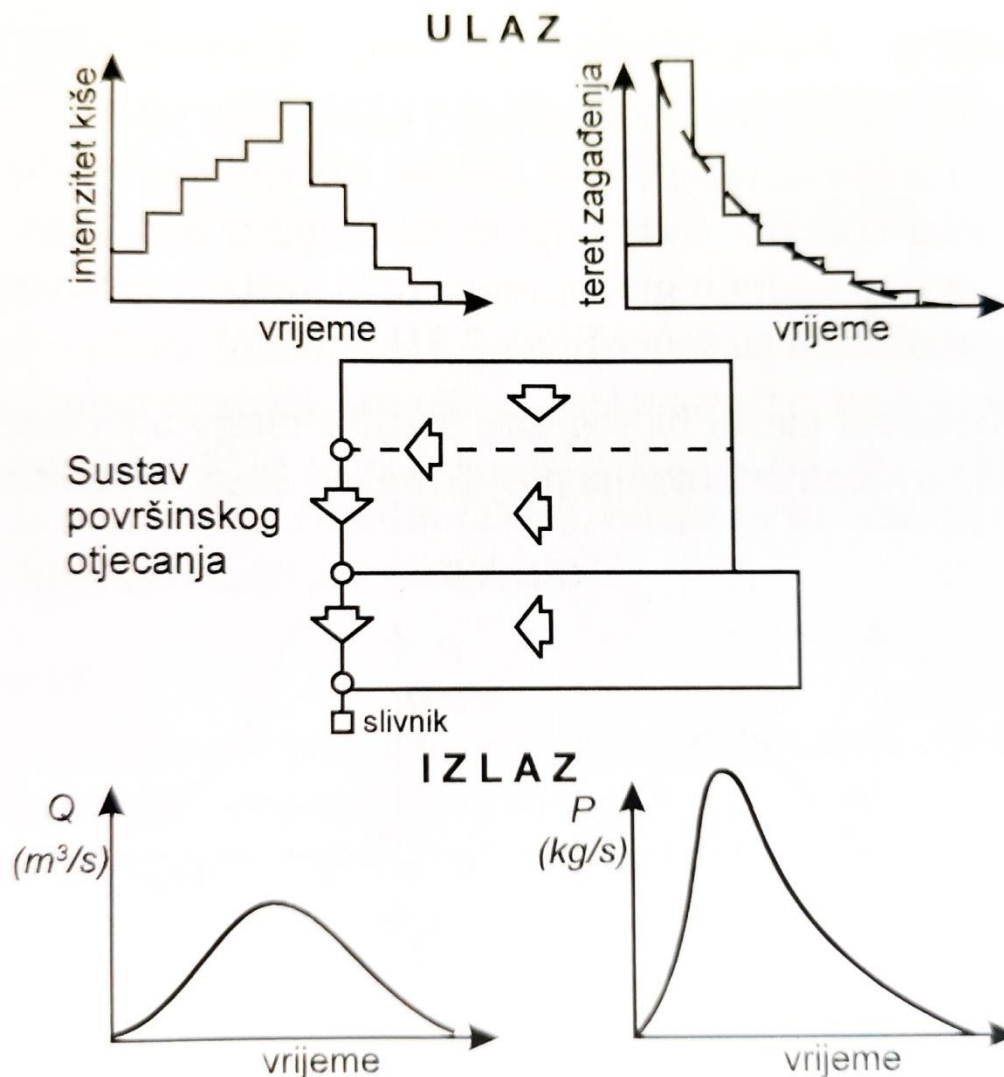
služe za usmjeravanje površinskog otjecanja preko urbanih površina (rigoli, obloženi otvoreni kanali, površine parkirališta, ulice i slično), podzemne i ukopane građevine (cjevodvodi, kanali) za odvođenje sakupljenih površinskih oborinskih voda do mjesta ispuštanja u vodne resurse. Ovaj sustav uključuje i sve prateće objekte i elemente koji služe za usmjeravanje, kontrolu ili modificiranje količina i kakvoće oborinskih voda (slivnici, kišni bazeni, hvatači pijeska, revizijska okna, ispusti, itd.). U skladu s ovim, sustav oborinske kanalizacije dijeli se na tri osnovna podsustava:

1. Podsustav površinskog otjecanja: transformacija bruto kiše u neto kišu oduzimanjem dijela voda koje se gube u zrak i teren infiltracijom, te transformacija neto kiše koja teče urbanim površinama u hidrograme koji se kroz slivnike ulijevaju u kanale.
2. Podsustav transporta površinski sakupljenih voda: transformacija ulaznog hidrograma u kanalima kanalizacijske mreže i drugim građevinama u lokalne i izlazne hidrograme.
3. Podsustav prijamnika

Tradicionalno, prvi podsustav se proračunava hidrološkim metodama, drugi hidrauličkim, a treći hidrološkim i hidrauličkim, ovisno o prijamniku. Međutim, danas se svi procesi modeliraju uglavnom hidrauličkim jednadžbama.

Podsustav površinskog otjecanja

Podsustav površinskog otjecanja obuhvaća pripadajuću slijevnu površinu pojedinih objekata za ispuštanje površinskih voda u cjevodode i kanale, a takvi objekti su slivnici. Sustav uključuje ne samo površine već i sve objekte površinskog transporta voda: otvorene zemljane kanale, rigole i slične objekte. svaka površina slijevnog područja karakterizirana je veličinom svoje površine, vodoodrživošću, koeficijentom hrapavosti, padom i izvorom zagađenja koje se skuplja površinskim otjecanjem. Razlika između površinskog transportnog dijela i transportnog podsustava oborinske kanalizacije je u načinu ulaska (sakupljanja) vode. Površinski transportni sustav u pravilu sakuplja vodu po cijeloj svojoj duljini otvorenim kanalima i rigolima, dok transportni podsustav sakuplja vodu koja točkasto, na pojedinim mjestima (kroz Slivnike), ulazi u kanale (podzemne ili ukopane). Ponekad se u površinsko otjecanje uključuju i manji početni cjevovodi ili kanali radi pojednostavljenja i skraćivanja proračuna odvodnog sustava oborinske kanalizacijske mreže. To se naročito radi u slučajevima opće analize oborinske kanalizacije, a takva je izrada studija ili idejnih rješenja, kada se dimenzioniraju uglavnom samo glavni odvodni kanali.

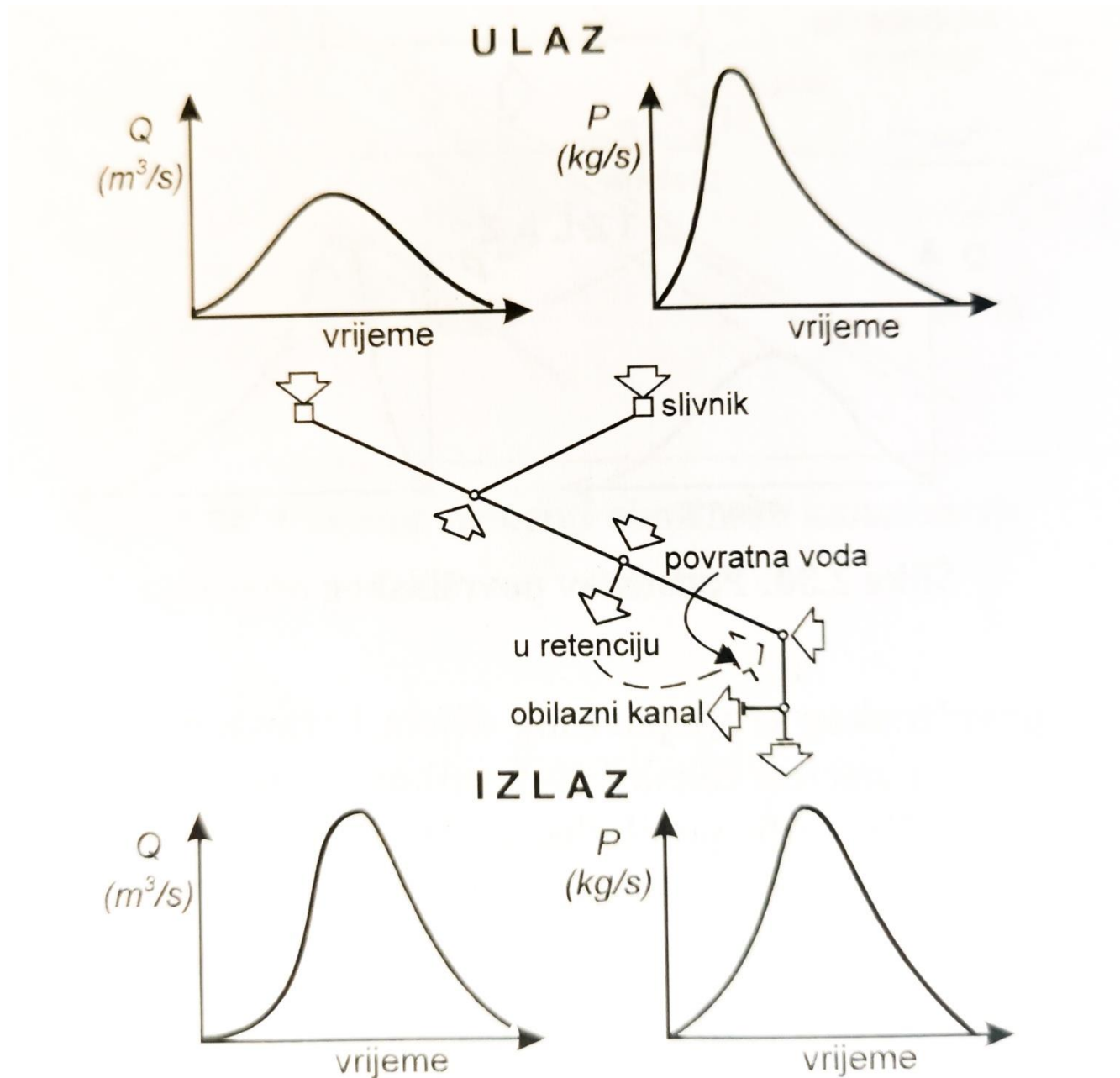


Slika 2. Podsustav površinskog otjecanja

Transportni podsustav

Transportni podsustav sastoji se od cjevovoda i kanala koji sakupljenu oborinsku vodu transportiraju do mjesta ispuštanja u vodne resurse. na veličinu i karakteristike protoka u ovim objektima utječu količine vode koje se ispuštaju u podsustav pomoću slivnika, količine koje dotječu iz pojedinih grana, retencije u sustavu odvonje i same karakteristike otjecanja u kanalskom sustavu.

To znači da se pojedinačni ulazni hidrografi transformiraju u jedinstveni izlazni hidrograf koji je u skladu s karakteristikama projektiranog sustava odvodnje. Za proračun tečenja koriste se simulacijske metode različite složenosti: od jednostavnih empirijskih metoda, preko metoda zasnovanih na kinematskim valovima, sve do složenih metoda zasnovanih na dinamičkim jednadžbama otjecanja.



Slika 2.1 Transportni podsustav

Podsustav prijamnika

Prijamnik oborinskih voda su vodni resursi, odnosno njihovi dijelovi (rijeke, jezera, priobalno more). ispuštanje oborinskih voda u ove prijamnbike regulirano je odgovarajućim propisima koje se kod projektiranja kanalizacijskog sustava moraju poštovati. propisi se odnose na količine i kakvoću oborinskih voda i režim njihova ispuštanja u skladu s karakteristikama prijamnika.

Prijamnici imaju karakteristike koje bitno utječu na projektiranje oborinske kanalizacije, a to su kapacitet, razina vode, oscilacije razine vode i slično. O svim ovim karakteristikama

treba voditi računa pri projektiranju oborinske kanalizacije.

Racionalna metoda

Proračun vršnog protoka s područja urbanih sredina najčešće se određuje primjenom racionalne jednadžbe:

$$Q_{\max} = C \cdot i \cdot A \text{ (l/s)}$$

gdje je:

$Q_{\max}$ vršni protok (l/s)

i intenzitet oborina (l/sec/ha)

A površina slivnog područja (ha)

c koeficijent otjecanja

Racionalna metoda se primjenjuje za male slivove (do 13,0 km²) kod kojih je zastupljenost izgrađenih površina velika. Prema EN 752-4 metoda se primjenjuje za urbane površine do veličine 200 ha ili vrijeme koncentracije do 15 minuta.

Pretpostavka je da se maksimalno otjecanje u kontrolnom profilu pojavljuje kada cjelokupno slivno područje sudjeluje u formiranju otjecanja (vrijeme trajanja oborine je jednako vremenu koncentracije).

Druga pretpostavka je da je intenzitet oborina jednak na čitavom slivu.

Proračun vršnog protoka prema racionalnoj metodi svodi se na određivanje mjeroдавnog intenziteta oborina (ITP-krivulje) i određivanje koeficijenta otjecanja.

Intenzitet oborina je u funkciji njihovog trajanja, odnosno vremena koncentracije t_c i perioda ponavljanja PR .

Međusobni odnos intenziteta, trajanja i ponavljanja prikazuje se ITP-krivuljama.

Vrijeme koncentracije predstavlja vrijeme potrebno da elementarni efektivni volumen pale oborine s najudaljenije točke sliva dospije do mjesta opažanja u cjevovodu.

izgradnje. Kod nas se najčešće koriste sljedeća vremena ponavljanja:

- sekundarna mreža PR = 1god
- glavna mreža PR = 2god
- glavni kanali PR = 5god
- važni dijelovi grada PR = 5-50god

Koeficijent otjecanja predstavlja odnos efektivne oborine i ukupne oborine pale na slivno područje. Ovisi o karakteristikama slivnog područja (hidrogeološkim, klimatskim, topografskim, evapotranspiraciji, tipu tla-vrsti površine).

KARAKTERISTIKE PODRUČJA	C * **
Područja ureda, trgovina i sl.: • stari dio grada • predgrađe	0,7-0,95 0,5-0,7
Područja stanovanja: • rijetka izgradnja obiteljskih kuća • gusta izgradnja obiteljskih kuća • gusta stambena izgradnja	0,3-0,5 0,4-0,6 0,6-0,8
Industrijska područja: • područja rjeđe izgradnje • područja guste izgradnje	0,3-0,7 0,6-0,9
Parkovi, groblja i slično	0,10-0,25
Igrališta i slično	0,20-0,35
Željeznički kolodvori	0,20-0,40
Neizgrađene površine	0,10-0,30

Tablica 3. Koeficijent otjecanja prema opisu područja

Kada su unutar slivno područja prisutne različite vrste površina, proračunava se srednji koeficijent otjecanja prema formuli:

$$Csre = \frac{C1xA1 + C2xA2 + \dots + CnxA_n}{A1 + A2 + \dots + A_n}$$

gdje su :

C1,C2,...,Cn - koeficijenti otjecanja različitih tipova ili vrsta površina;

A1,A2,...,An - pripadajuće površine

3. Retencijski bazen oborinskih voda

Bazeni za oborinsku vodu ili retencijski bazeni koriste se u mješovitoj i oborinskoj kanalizaciji za više namjena, prema kojima postoje tri osnovna tipa:

- retencijski bazeni ili bazeni za zadržavanje vode i smanjenje vršnog otjecanja
- bazeni za pročišćavanje vode prije ispuštanja u prijamnik
- preljevni bazeni za mješovite vode koji se grade uz preljeve u mješovitoj kanalizaciji

Retencijski bazeni

Kod jakih kiša zadržavaju dio voda smanjujući nizvodni protok. Sakupljene se vode po prestanku kiša iz bazena polako ispuštaju u kolektor ili nizvodne objekte (crpnu stanicu ili uređaj za pročišćavanje⁹, i tako znatno smanjuju kapacitete nizvodnih objekata. u načelu nemaju preljev (osim incidentnog preljeva), nego samo odvodni cjevovod spojen na kanalizacijsku mrežu. Količina otjecanja regulira se ovisno o vremenu. U slučaju katastrofalnih kiša aktivira se preljev za nuždu. Njihova uloga je prvenstveno hidraulička, jer smanjuju veličinu vršnog protoka oborinskih i mješovitih voda, a u određenim slučajevima i otpadnih voda.

Bazeni za pročišćavanje oborinskih i mješovitih voda

Služe za djelomično pročišćavanje, uglavnom procesima taloženja i isplivavanja, što za rezultat ima bistrenje voda prije njihova upuštanja u prijamnik. ovi bazeni imaju odgovarajuću opremu za odranjivanje izdvojenog otpada (taloga). na ispustima u prijamnik postavljaju se uronjene pregrade i mehanički uređaji za pročišćavanje (uglavnom rešetke s otvorom od 6 mm). Njihova glavna uloga je ekološka, jer smanjuju zagađenje vodnih resursa. Ovi se bazeni mogu odgovarajuće oblikovati tako da postaju biološki uređaji za pročišćavanje voda. Koriste se na kanalizaciji oborinskih voda i mješovitih voda.

Preljevni bazeni

Osim mogućnosti otjecanja u kanalsku mrežu, kao osnovni radni dio imaju i preljev za vode. Oborinske i mješovite vode, djelomično pročišćene u bazenu, prelijevaju se u prijamnik i tako se rasterećuje kanalska mreža. U početku pogona prelejni bazen ima funkciju

retencijskog bazena za oborinsku vodu (prikuplja prvu najzagađeniju vodu i ispušta je nizvodno u kanalizaciju), dok ne nastupi kritični intezitet oborina (oborine kod kojih je dopušteno prelijevanje u prijamnik), a tada počinje raditi prelejev. Pomoću njih se izbjegava dimenzioniranje uređaja za pročišćavanje kao i nizvodnih građevina na vršno otjecanje (kritični intezitet oborina). Oni su, dakle, kombinacija retencijskog bazena za oborinsku vodu i bazena na pročišćavanje oborinske i mješovite vode, odnosno njihova uloga je hidraulička i ekološka. Na ispustima u prijamnik postavljaju se uronjene pregrade koje sprječavaju istjecanje masnoća i plivajućih tvari, a mogu se postaviti i mehanički uređaji za pročišćavanje preljevnih voda (uglavnom rešetke s otvorom 6 mm). Najveći broj oborinskih bazena je ovoga tipa. Primjenjuju se na oborinskoj i mješovitoj kanalizaciji.

U sklopu rješenja na izloženo, primjenom oborinskih bazena postižu se dva glavna učinka: ekološki i ekonomski, a dijelom i drugi učinci (sigurnosti, tehnološki, itd.). Oborinski bazeni primjenjuju se u različitim situacijama i za različite namjene, kao što su:

- Uštede na investicijskim troškovima velikih i dugih kolektora
- Mogućnost priključka novih dijelova grada na postojeću kanalizaciju
- Saniranje preopterećenih kanala
- Zaštita prijamnika
- Rasterećenje uređaja za pročišćavanje
- Rasterećenje crpnih stanica
- Ujednačavanje dotjecanja na uređaj za pročišćavanje

osim ovih, postoji cijeli niz drugih primjera primjene retencijskih bazena koje uvijek treba razmotriti, pogotovo u slučajevima većih troškova prepumpavanja. Retencijski bazeni danas imaju sve veće značenje u zaštiti okoliša od zagađenih oborinskih i mješovitih voda, zadržavanjem i preusmjeravanjem na uređaj za pročišćavanje prvih najzagađenijih oborinskih voda ili njihovim djelomičnim pročišćavanjem i razrjeđenjem.

Osnovne sheme retencijskih bazena

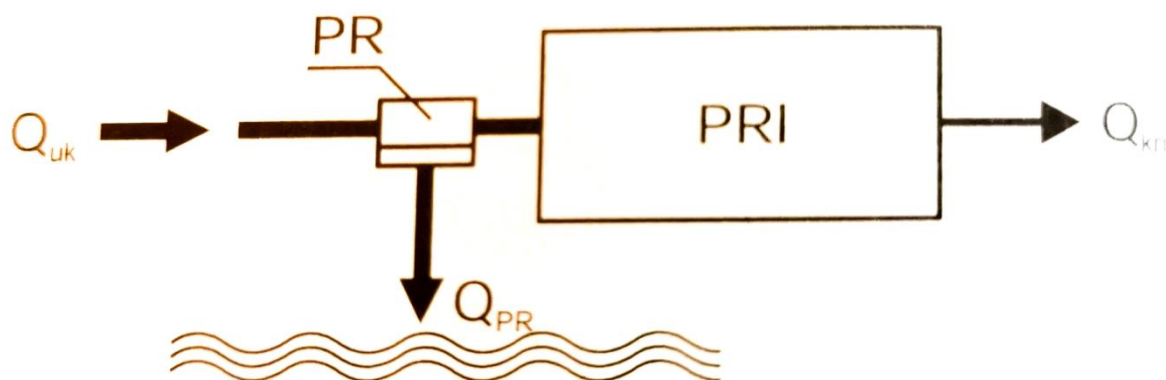
U praksi se koristi više tipova bazena za kišnu vodu i vodu iz mješovitog sustava kanalizacije. Dva su osnovna tipa bazena:

- bazeni za zadržavanje prvog pljuska oborinskih voda ili prihvatni bazeni
- bazeni za pročišćavanje/taloženje mješovitih voda

Bazeni za zadržavanje prvog pljuska trebaju spriječiti otjecanje najzagađenijih oborinskih

voda u prijamnik. To se postiže tako da se prvi pljusak zadržava u bazenu i postupno prazni u kanalizaciju u pravcu uređaja za pročišćavanje voda. Izlaz iz bazena regulira se prigušnicom. Sve veće vode od prvog pljuska skreću se u pravcu prijamnika. Volumen bazen treba biti projektiran tako da zadrži najzagađenije vode i spriječi njihovo ispuštanje u prijamnik.

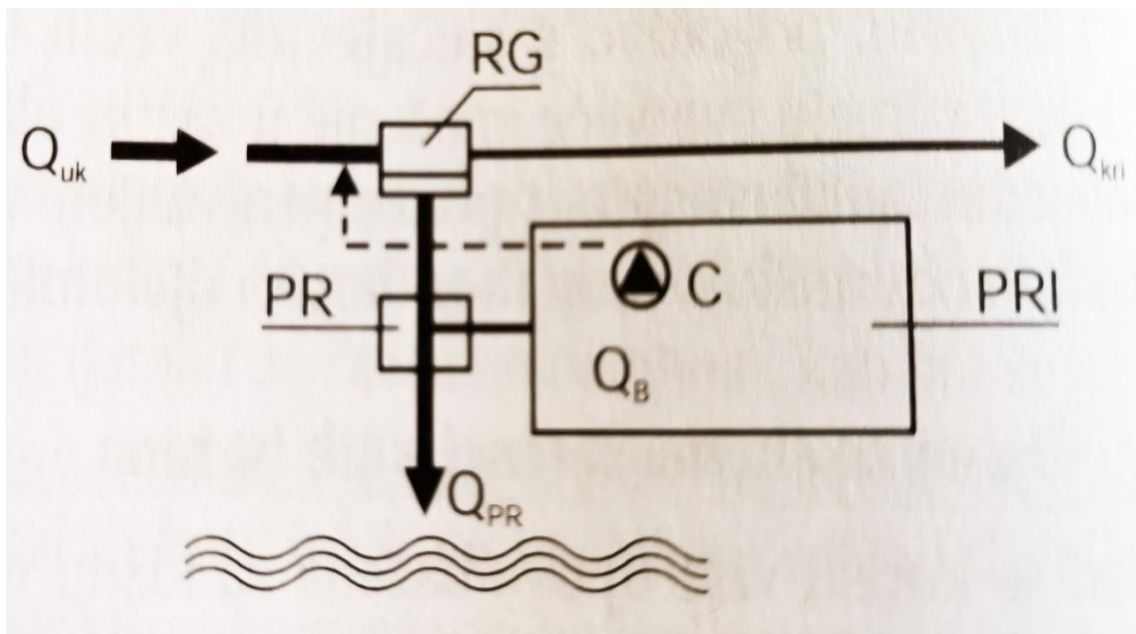
Dva su tipa ovog bazena: protočni i paralelni. Protočni bazen smješten je na samome kolektoru, a ispred njega se nalazi preljev bazena koji, kada se bazen napuni, usmjerava sve veće vode u prijamnik. Prihvatni kišni bazen na glavnom kanalu funkcionira na sljedeći način: u početku kiše sva voda do razine kritičnog protoka Q_{kri} otječe kroz bazen izravno u pravcu uređaja. Višak voda zadržava se u bazenu uz istovremeno otjecanje u pravcu uređaja u skladu s projektiranom veličinom vršnog otjecanja. Otjecanje se obično regulira veličinom otvora cjevovoda-prigušnice. Kada se bazen napuni, višak voda se ispušta u prijamnik preljevom ispred bazena (PR). Na ovaj se način prve najzagađenije vode hvataju i izravno odvođe na uređaj za pročišćavanje. Zadržane vode u bazenu prazne se gravitacijski u glavni kanal kada se dotok smanji.



Slika 3. Kišni bazen za prihvat prvog pljuska na glavnom kanalu

Paralelni bazen smješten sa strane, izvan kanala na nižim kotama od nivelete kanala. voda se u bazen usmjerava raspodjelnom građevinom (RG). Voda/prvi pljusak se akumulira u bazenu. kada se bazen napuni, veće vode se prelijevaju u prijamnik. Zadržana se voda prazni u kanalizaciju u pravcu uređaja za pročišćavanje voda. Izlaz iz bazena najčešće se regulira crpnom stanicom, jer je bazen obično na nižim kotama od nivelete kanala.

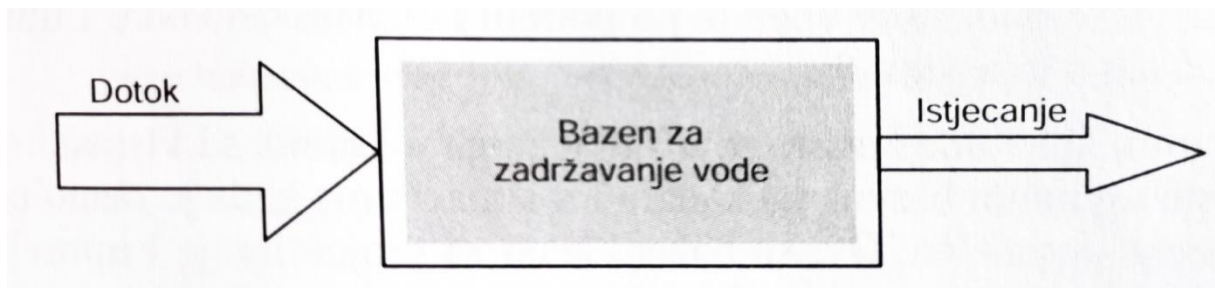
Na ovaj se način prve (najzagađenije) vode hvataju i naknadno odvođe na uređaj za pročišćavanje, čime se postiže znatna zaštita prijamnika. zadržane vode u bazenu se prazne u glavni kanal kada se dotok smanji, odnosno kada je manji od kritičnog.



Slika 3.1 Kišni bazen za prihvat prvog pljuska na rasteretnom kanalu

- RG- regulacijska građevina
- PR-preljev
- Q_{kri} - radni kišni protok
- Q_{PR} - protok preljeva
- Q_B - istjecanje iz retencije
- Q_c -protok crpke

Za razliku od ovih bazena, bazeni na mješovitoj kanalizaciji imaju i dodatnu namjenu, a to je djelomično pročišćavanje voda procesima taloženja i isplivavanja, te razrjeđenje otpadnih voda miješanjem sa (relativno čistijim) oborinskim vodama. Taloženje se ostvaruje sporim protjecanjem vode od ulaza do izlaza, a zadržavanjem plivajućih tvari uronjenim pregradama. osim toga, volumen bazena zadržava najzagađenije vode koje se usmjeravaju u pravcu uređaja umjesto prijamnika. Volumen bazena treba biti projektiran tako da zadrži najzagađenije vode i spriječi njihovo ispuštanje u prijamnik, a oblik bazena i duljina preljevnih pregrada, kao i protočna brzina, moraju osigurati potrebno taloženje i isplivavanje tvari iz vode. prije prelijevanja, voda i tvari u njoj se razrijede do razine dopuštene koncentracije.



Slika 3.2 Shema osnovne funkcije bazena za zadržavanje vode

Koji će se tip primjeniti ovisi o lokalnim uvjetima i ciljevima koji se primjenom bazena žele postići. Prihvatni bazeni (bazeni bez preljeva) služe za hvatanje prvog pljuska, dok protočni bazeni služe za pročišćavanje (taloženje) mješovitih voda, odnosno mješavine oborinske i kućanske oborinske vode (a po potrebi i oborinskih voda) i njihovo razrjeđenje prije ispuštanja u prijamnik.

Bazeni na glavnim kanalima koriste se u situacijama u kojima su visinski odnosi takvi da omogućavaju ugradnju bazena na kanalu i u situacijama kada je raspoloživi prostor za gradnju bazena ograničen. Ovi su bazeni lakši za projektiranje i upravljanje. Paralelni bazeni na rasteretnim kanalima koriste se u situacijama kada su visinski odnosi na kanalu ograničeni i kada uz rasteretni kanal postoji dovoljno velik raspoloživi prostor za gradnju bazena i pratećih objekata. Oni su složeniji, jer zahtijevaju više spojnih kanala i regulacijskih građevina te crpnu stanicu.

Da bi se racionalizirala izgradnja bazena, bazeni se projektiraju u kanalizacijskoj mreži, odnosno kao kanali. kanali se prodube i povećaju koliko je potrebno da mogu primiti određene količine oborinskih voda. na kraju kanala je prigušni kanal kojim se ograničava količina vode u pravcu uređaja. na donjem ili gornjem dijelu grade se preljevi kojima se višak voda ispušta u prijamnik.

Sukladno lokalnim uvjetima izvedbe, moguće su različite izvadbe. Svaka kombinacija rješenja je dobra ukoliko je racionalna i zadovoljava zakonska ograničenja.

4. Osnove realizacije bazena

Dimenzioniranje retencijskog bazena

Dimenzioniranje bazena za zadržavanje vode podrazumijeva određivanje volumena, vremena punjenja i vremena pražnjenja, odnosno dimenzija i karakteristika ulaznih i izlaznih elemenata. Dimenzioniranje se obavlja u dva koraka:

- određivanje veličina potrebnih za dimenzioniranje bazena (potrebni volumen, ulazni i izlazni protok)
- određivanje dimenzija bazena i pratećih elemenata

U prvom se koraku na temelju nekoloških i/ili ekonomskih i /ili tehnoloških zahtjeva određuju uvjeti koje bazen treba ispunjavati, kao i potreban volumen, dimenzije i karakteristike bazena. Ulazni podaci za dimenzioniranje izračunaju se na temelju karakteristika kanalizacijskog sustava. u drugom se koraku bazen dimenzionira kako bi zadovoljio tražene uvjete.

Da bi se rješio ovaj problem, potrebno je prije svega razumjeti rad bazena. promjena volumena u bazenu se opisuje na sljedeći način:

$$\frac{dV}{dt} = Q_{ul} - Q_{iz}$$

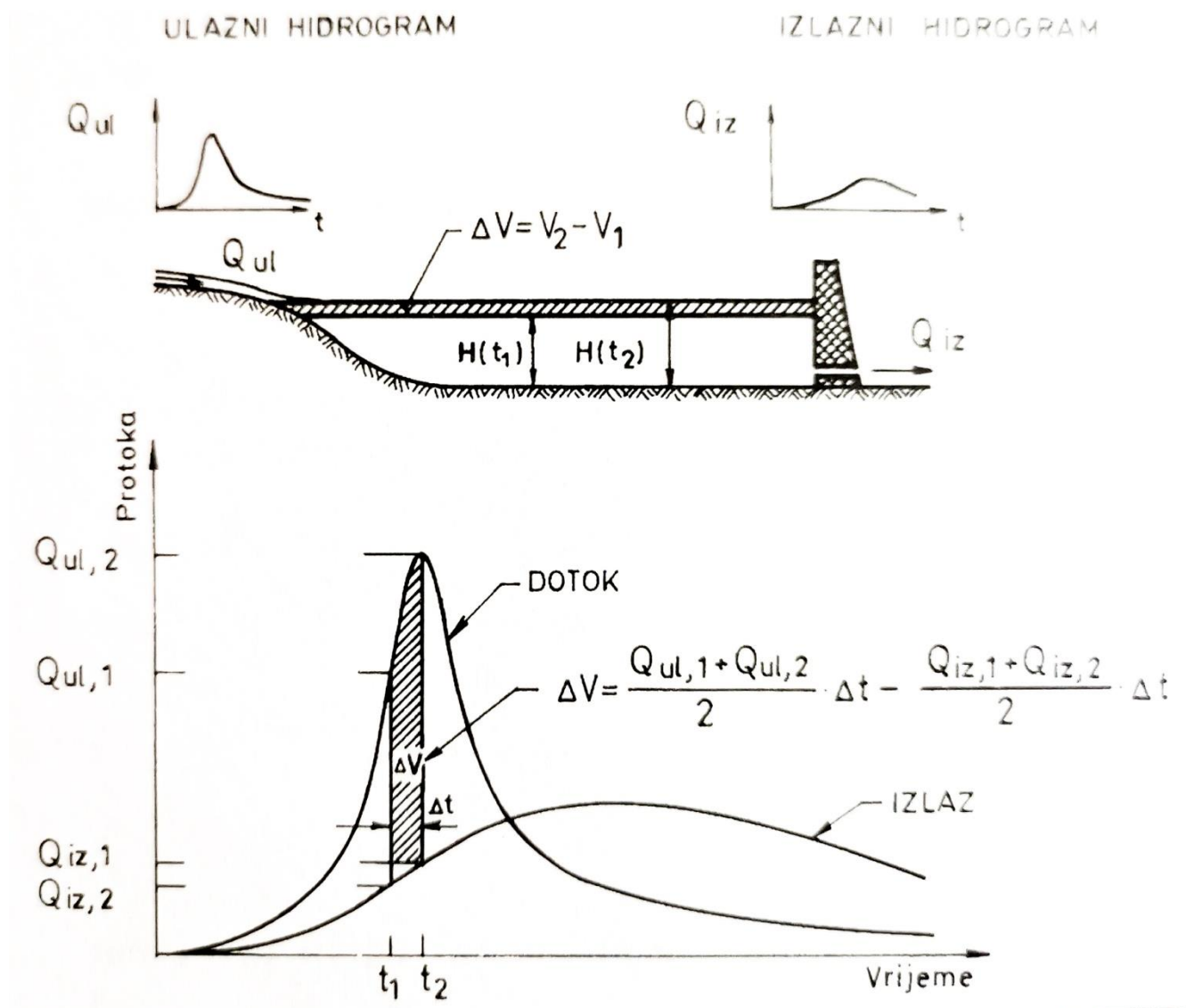
gdje je:

V-volumen (m³)

t-vrijeme (s)

Q_{ul}-ulazni protok(m³/s)

Q_{iz}- izlazni protok(m³/s)



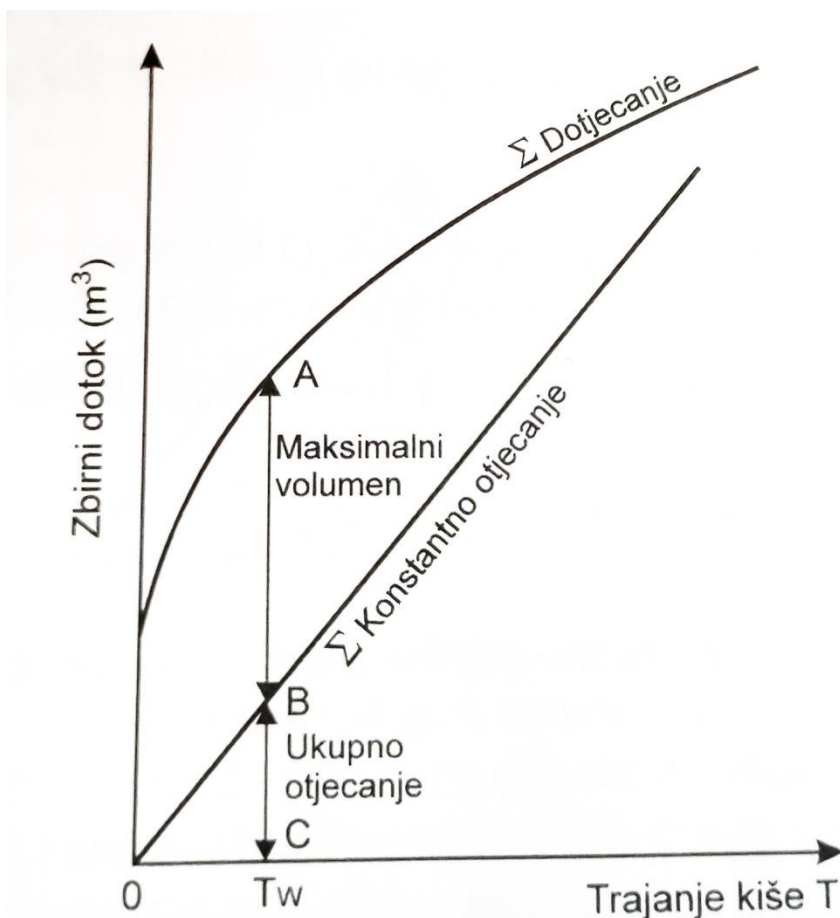
Slika 4. Protok vode kroz bazen

Metode

Dimenzioniranje se obično obavlja grafički ili numerički odgovarajućim postupkom u skladu s potrebama, odnosno traženom preciznošću proračuna i kakvoćom ulaznih podataka. U slučaju kad je poznata krivulja dotjecanja i istjecanja u grafičkom ili numeričkom obliku, potrebni volumen bazena može se izračunati metodom integralne krivulje. To je dobro poznata metoda koju je još 1883. predložio Rippl. Metoda se sastoji u proračunu maksimalnog odstupanja između uzastopnih ispuštanja iz bazena i dotjecanja u bazen. Crtajući ili računajući zbirne veličine ulaza i izlaza, može se izračunati maksimalna veličina volumena. U grafičkom računu to je maksimalna razlika između ordinata zbirne krivulje istjecanja i dotjecanja.

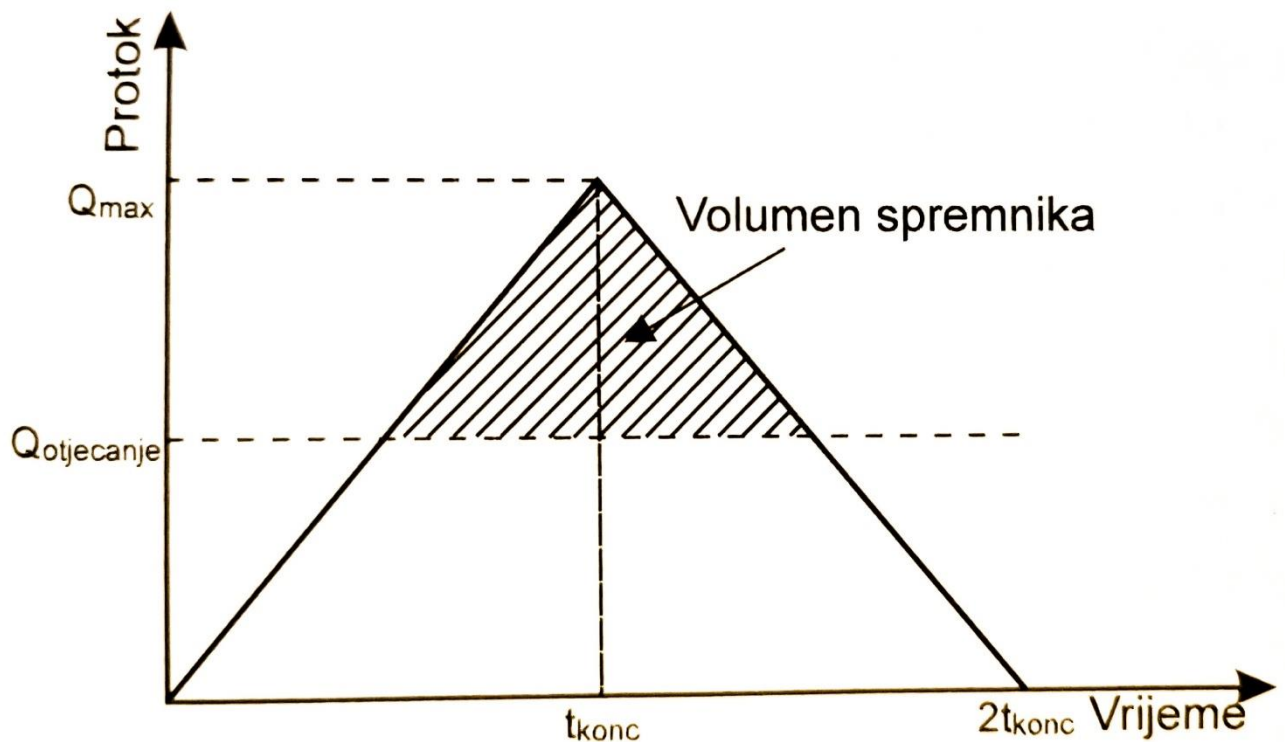
Grafički postupak može se koristiti i za proračun volumena bazena u različitim situacijama,

odnosno za slučaj potpunog ili djelomičnog akumuliranja voda bez računanja zbirnih veličina ulaza i izlaza. Crtajući veličine ulaza i izlaza može se izračunati maksimalna veličina volumen



Slika 4.1 Grafičko određivanje volumena

Kod dimenzioniranja bazena najveći je problem spoznavanje ulaznog hidrograma, odnosno dotjecanja u vremenu. Dotjecanje je funkcijska vrijednost oborina i tečenja u kanalizacijskom sustavu i teško ga je valjano predvidjeti. U pravilu, dotjecanje se opisuje u skladu s metodama proračuna koje se koriste za proračun oborinskih voda u kanalizacijskom sustavu. Ako se koristi racionalna metoda, tada se hidrogram dotjecanja prikazuje u obliku trokuta, tako da je vrh trokuta jednak maksimalnom protoku, a osnovica trokuta odgovara dvostrukom vremenu koncentracije, ili se kontruiira složeniji hidrogram otjecanja u skladu s objašnjenjem u poglavlju 2.



Slika 4.2 Proračun volumena primjenom racionalne metode

Uz poznavanje karakteristika istjecanja, na osnovi ovakvoga hidrograma dotjecanja može se procijeniti veličina potrebne retencije.

Dimenzioniranje u skladu s radom bazena

Dimenzioniranje bazena za kišnu vodu provodi se u skladu s njegovom namjenom - ulogom. Uloga retencijskog bazena je višeznačna: od zadržavanja vode do zadržavanja zagađenja. Zbog toga je za proračun bazena prvi i najvažniji korak određivanje uvjeta za rad bazena, kao i svih potrebnih ulaznih podataka i ograničenja.

Dvije osnovne funkcije bazena su:

- hidraulička
- ekološka

U slučaju kada je funkcija hidraulička, odnosno zadržavanje vode u skladu s nizvodnim ograničenjima otjecanja, bazen se dimenzionira u skladu s hidrogramom dotjecanja i maksimalno dopuštenim ispuštanjem (otjecanjem) iz bazena. U slučaju kada je uloga bazena ekološka, proračun bazena zasniva se na proračunu količine otpadne tvari koju bazen zadržava ili koncentraciji otpadne tvari koja se iz bazena smije prelijevati.

Konstrukcija retencijskog bazena

Konstrukcija bazena prije svega ovisi o njegovoj namjeni, a zatim o ulaznim i izlaznim uvjetima-rješenjima, raspoloživom prostoru i njegovim karakteristikama, te visinskim odnosima u kanalizaciji i između kolektora i prijamnika. Stoga ne postoje tipska rješenja koja se mogu jednostavno primjenjivati.

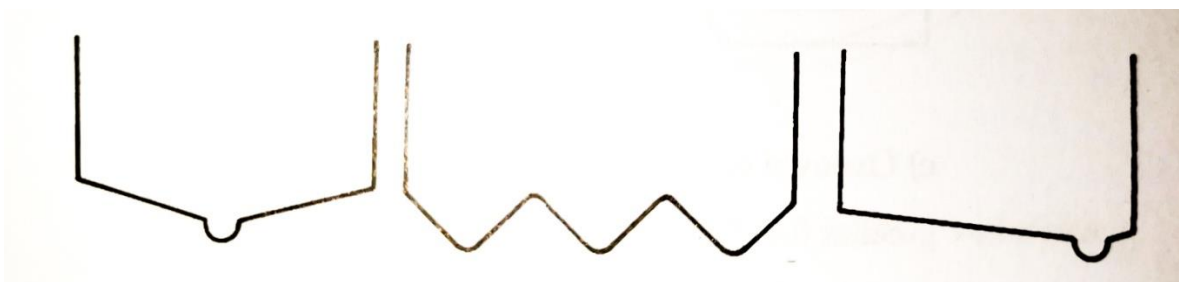
Osnovni uobičajeni elementi kišnog bazena su: ulazni elementi, izlazni elementi, preljev, incidentni preljev, usmjerivač toka, ozračivač, revizijsko okno, pregrade za zadržavanje plivajućih tvari, rešetke

Kao i svaka konstrukcija u kanalizaciji, konstrukcija bazena mora biti takva da jamči vodonepropusnost, zadovoljava postavljene ciljeve, da se lako održava, ne uzrokuje sanitarne i druge negativn eutjecaje.

Ulazni elementi su uglavnom kanali ili cjevovodi. Budući da su bazeni razmjerno duboki, u početku punjenja stvara se veliki vodni skok koji odgovarajućom konstrukcijom treba prigušiti i usmjeriti. Na ulazu se ponekad gradi i raspodjeljivač protoka koji ukupni protok dijeli po cijeloj širini bazena.

Izlazni dijelovi iz bazena su: prigušnica ili ispusni cjevovod, preljev, ispust taloga i crpna stanica. Izlazni cjevovod je u funkciji pražnjenja bazena, ali i regulacije istjecanja. Stoga se on mora projektirati u skladu s ciljevima projekta.

Dno bazena se posebno oblikuje. Na dnu retencijskog bazena rade se usmjerivači toka, odnosno duboke kinete koje služe za djelotvorno ocjeđivanje bazena. Projektiraju se tako da protok kroz njih jamči samoočišćenje, čime se sprječava zadržavanje nečistoća u bazenu u sušnom razdoblju. Dno se oblikuje i u skladu s planiranim načinom pražnjenja bazena i prikupljanja taloga.



Slika 4.3 Mogući oblici dna bazena

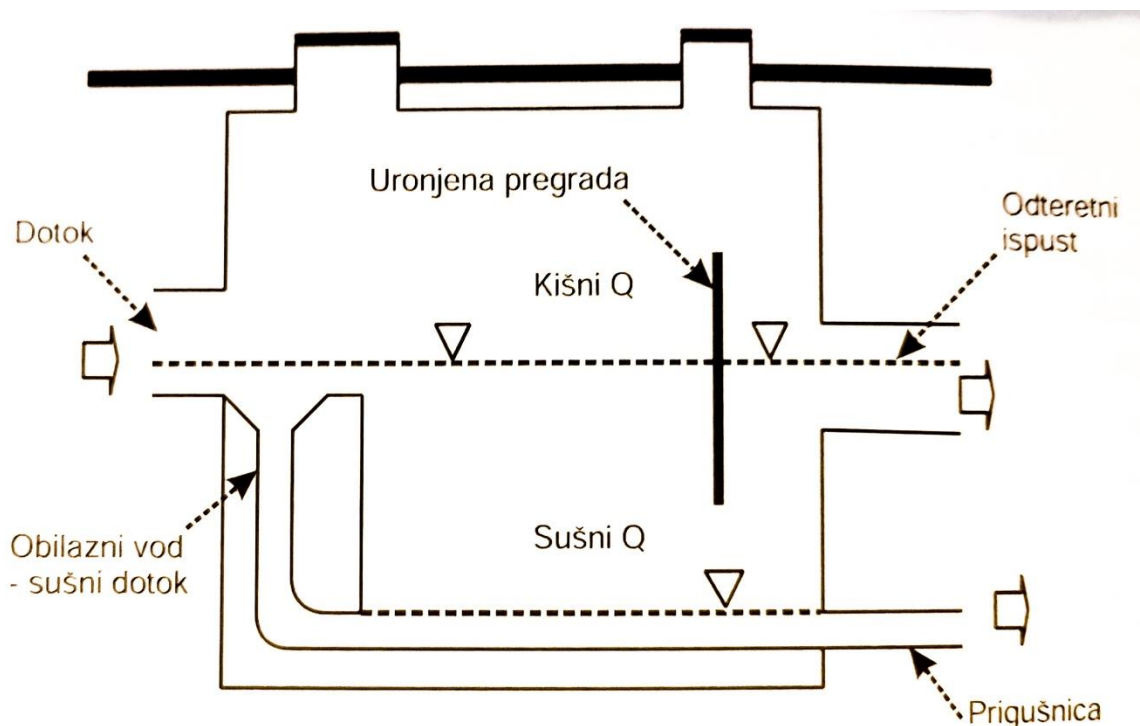
Svaki bazen mora imati i odgovarajuću ventilaciju, naročito u mješovitom sustavu kanalizacije. Ventilacija mora biti kvalitetno izvedena, naročito kod bazena mješovite vode. Ventilirani zrak treba ispuštati u atmosferu tako da se smrad i drugi utjecaji ne osjete u bližoj okolini ispusta. Također se mora osigurati mogućnost inspekcije bazena u radu i u sušnom razdoblju. To se postiže izgradnjom revizijski okana i elemenata za silazak u bazen (ljestve, penjalice). Poželjno je locirati okno blizu ulaza i izlaza. radi boljeg uvida u stanje bazena. u bazenu se ugrađuje i rasvjeta. Osim toga tu se nalaze i druge električne instalacije potrebne za rad crpnih stanica, zapornica, mjernih instrumenata i drugog.

Bazeni za pročišćavanje ili djelomično pročišćavanje imaju i temeljne ispuste za evakuaciju nakupljenih nečistoća, a eventualno i sustav za sakupljanje nečistoća (zgratač). Osim toga, u bazenu se može ugraditi sustav za ispiranje taloga i bočnih zidova.

U skladu s uvjetima i karakteristikama lokacije, bazeni se rade:

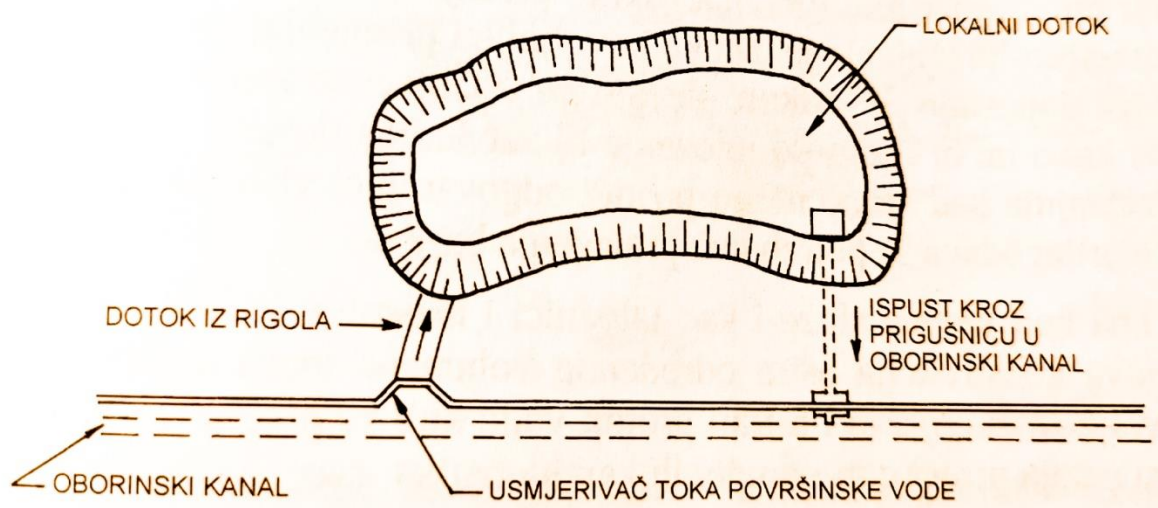
- otvoreni ili zatvoreni
- površinski ili podzemni

Bazeni su velike i skupe građevine, stoga se izboru rješenja i dimenzioniranja mora prići vrlo studiozno i racionalno.



Slika 4.4 Osnovni elemnti retencijskog bazena

Otvoreni bazeni su najjeftinije rješenje koje, na žalost, nije prihvatljivo u mnogim urbanim sredinama. u mogućem korištenju vode jezera treba biti oprezan, jer oborinska voda nije čista. Ukoliko su slijevne površine razmjerno čiste a promet vrlo slab, tada su oborinske vode pogodne i za cijeli niz namjena, a naročito za navodnjavanje zelenih površina i za gašenje požara. U pravilu se koriste za oborinsku vodu, pod uvjetom da to dopuštaju sanitarni uvjeti. Moguće su različite izvedbe: kao betonske konstrukcije ili kao zemljani bazeni. Zemljani bazeni ili jezera su daleko najjeftinije rješenje.

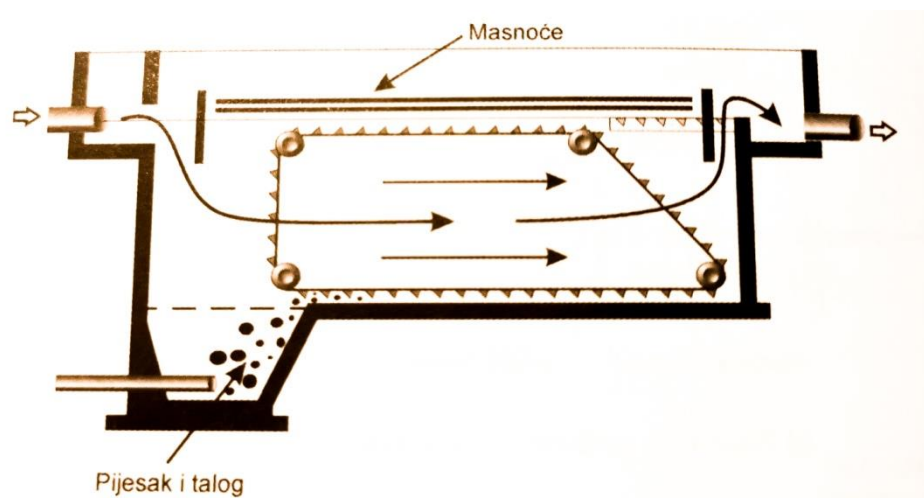


Slika 4.5 Otvoreni kišni bazen

Primjenom ovakvih retencija se mogu postići velike uštede, naročito ukoliko je prijamnik daleko od naselja i kada treba graditi duge odvodne kanale većih dimenzija.

Bazeni mogu biti s prirodnim (gravitacijskim) pražnjenjem, ili s pražnjenjem pomoću crpki. Gravitacijsko pražnjenje je daleko povoljnije i primjenjuje se ukoliko to lokalni visinski odnosi dopuštaju. U svakom slučaju treba izbjeći stvaranje uspora u kanalizacijskoj mreži kako ne bi došlo do taloženja ili zatvaranja dotoka. Pražnjenje pomoću crpki se primjenjuje kad se ne mogu postići odgovarajući visinski odnosi. Izgradnja crpne stanice prilagođava se potrebama pražnjenja bazena.

Izvedba bazena koji ujedno služe i kao taložnici i mastolov je nešto drugačija. Njihova konstrukcija osim određenog volumena mora imati i karakteristike koje osiguravaju ravnomjeran i miran protok vode koji za posljedicu ima djelotvorno taloženje suspenzija projektom određenih karakteristika, kao i isplivavanje tvari lakših od vode.



Slika 4.6 Bazen- taložnik i mastolov

Problematika kakvoće vode i moguća rješenja

Zadnjih godinu su problemi s urbanim otjecanjem vode zadobili više pažnje. Dok su se vodnogospodarski sustavi nekada fokusirali na kvantitativne probleme kao što je smanjivanje vršnog otjecanja vode kao rezultat razvoja, od vlasnika privatnih zemljišta sada se često zahtjeva da se sami pobrinu za otjecanje. To zahtjeva upotrebu BMPa koja reducira zagađenja. Podpovršinski sustavi odvodnje izgrađeni od valovitog čelika može uključivati filtraciju ili infiltraciju kako bi se postigla relativno visoka učinkovitost otklanjanja zagađenja i onečišćujućih tvari. Sustavi za filtraciju koji za filtriranje koriste pijesak su nedavno razvijeni u Sjevernoj Americi. Valovita komora u čeličnoj cijevi sadrži filtrirajući pijesak debljine od 450-600 mm te ujedno sadrži sustav podzemnih kanala koji skupljaju otjecanje. Otjecanje biva filtrirano kroz pijesak prije nego nastavi svoj put kanalom. Sustavi za infiltraciju su izrađeni od performiranih valovitih čeličnih cijevi koje su okružene kamenim nasipom. Otjecanje se privremeno pohranjuje u cijevima i između kamenja prije nego se infiltriraju u okolna tla.

Najprihvaćenija teorija zagađenja jest ta da atmosfersko taloženje je najveći i primarni izvor zagađenja. Štetne tvari iz atmosfere se talože kao suhe tvari na tlu ili kao mokre tvari na mjestima gdje je nemoguće otjecanje i na mjestima koja su vodonepropusna. Većina štetnih tvari se tako ispire s tla i s nakupina tokom kiše koja ih ispire. Početno otjecanje to jest prva kiša ima najveću koncentraciju zagađenja zbog toga što se vjeruje da ona sadrži najveću

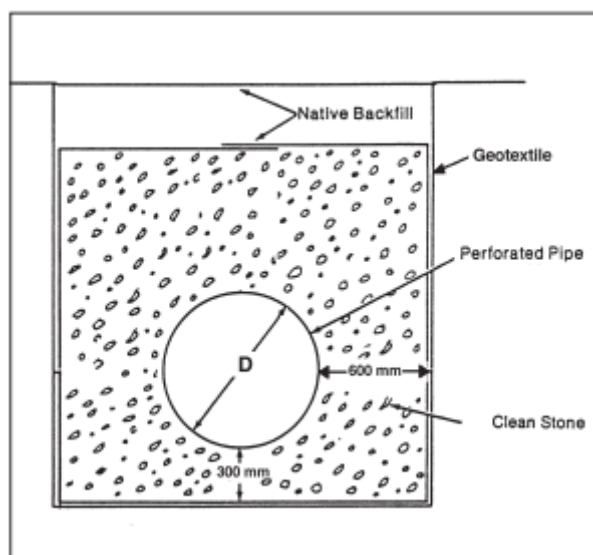
dozu štetnih tvari ispranih sa tla. To odgovara rastućem hidrogramu i zove se prvo ispiranje. Učinkovit pristup kvalitativnim oborinskim vodama je rješavanje problematike prvih ispiranja i zbrinjavanje istih. Ostatak otjecanja tojest kišnog vremena možemo rješavati kvantitativnom kontrolom i zbrinjavati.

Vrste infiltracijskih sistema:

- Bazeni za infiltraciju
- Rovovi za infiltraciju

Bazeni za infiltraciju su udubljenja, različitih su veličina i oblika, mogu biti prirodna ili iskopana. U bazen se prenosi oborinska voda i poslije se pažljivo propušta kako bi se voda nastavila infiltrirati u okolna tla. Takvi bazeni mogu imati dvoju funkciju kao skladišni prostori vodnih zaliha ako je skladište osigurano valovitim čelikom ili kao svojstvo infiltracije. Takvi bazeni se mogu izgraditi i smjestiti na otvorene parkove, na otvorene prostore u urbanim sredinama. U dizajnu autoceste mogu biti smješteni na putu prolaza ili unutar autoceste.

Rovovi za infiltraciju mogu biti: otvoreni sa stabilnim bočnim kosinama, vertikalni zidni rovovi s pokrovnom betonskom pločom, rovovi zatrpani poroznim agregatom sa cijevnim sustavom.



Slika 4.7 Infiltracijski rov sa poroznim agregatom

Cijev u rovu omogućuje ravnomjernu raspodjelu oborinske vode po čitavom kanalu, tako omogućuje brži i ujednačeniji pristup oborinskoj vodi. Također služi za sakupljanje sedimenta prije nego on uđe u daljni protok. Budući da se rovovi mogu postaviti u uske

pojaseve pogodni su za izradu i upotrebu u cestovnim prijelazima, parkiralištima ili bilo kojem području gdje je prostor ograničen. Glavni problem u projektiranju i izgradnji je mulj koji može začepiti poroznost agregata oko cijevi. Kako bi reducirali stvaranje mulja i potpuno ga izbjegli koristimo slivne bazene s dubokim jamama, šahte za filtriranje, posebne sintetičke krpe kojima oblažemo vanjski dio cijevi te unutarnja filtarska vrećica.

Sustavi sprječavaju sitnim i topivim česticama da prodru te ih uklanja iz vode, ponovnim filtriranjem voda se vraća u tlo.



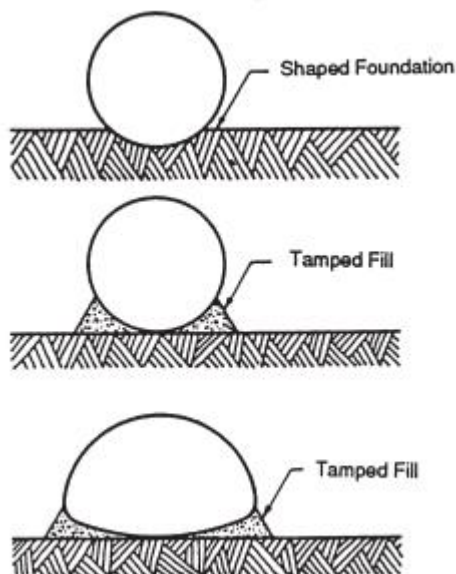
Slika 4.8 Prikaz valovitih čeličnih cijevi i sustava

Konstrukcija i ugradnja

Vrlo važno je znati karakteristike tla na kojem ćemo graditi ovakav sustav. Informacije i tehnički podaci tla su često uključeni u građevinske planove. Često se vrše i druga ispitivanja koje izvođe geotehnički inženjeri kako bi dodatno ispitali svojstva tla.

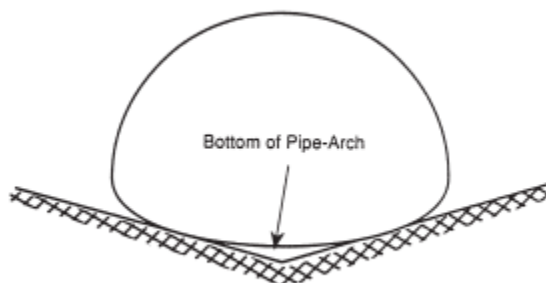
Svrha zemljanih ispitivanja je utvrditi: vrste tla, prisutnost kamena, debljinu raznih slojeva, ponašanje tla tijekom i nakon iskopa, prisutnost podzemne vode te kota podzemne vode.

Izgradnja temelja je jako važna stavka. Valovite čelične cijevi se postavljaju izravno na plohu temelja. Zatim se pažljivo nabija zasun ispod lukova cijevi. Pravilna gustoća zbijanja se može postići pneumatskim nabijačem te tako osigurati da nema praznina ispod konstrukcije.



Slika 4.9 Prikaz valovitih čeličnih cijevi i temelja

Ova tehnika ravnog temelja odlično funkcionira za male presjeke cijevi. Za cijevi sa većim radijusom ili elipsastim zakrivljenjem se rade malo prilagođeniji temelji.



Slika 5 Prikaz velikih valovitih čeličnih cijevi i temelja

Tijekom izgradnje ovih sustava posebna pažnja se mora obratiti na izvedbu zglobova cijevi, kako bi se kontrolirao zabranjen ulazak čestica tla u sustav cijevi. Po potrebi se na zglobove stavlja brtva ili geotekstil pogotovo na mjestima gdje nam je vrsta tla sitna čestica koja lako može prodrijeti u cijev. Nakon što se cijev ugradi slijedi završna radnja a to je zbijanje materijala oko cijevi. Materijal je potrebno dobro ugraditi i zbiti kako nebi došlo do okolnog slijeganja. Materijal zasipa i stupanj zbijanja je pažljivo uzet i proračunat kako nebi došlo do slijeganja i oštećenja okolnih konstrukcija ili građevina. Na kraju cijelog rada vrlo važan dio je zaštititi cijeli sustav kako bi što duži vijek trajao.

Često građevinska opterećenja premašuju gotova projektna opterećenja koja su proračunata za strukturu. Tijekom različitih faza gradnje struktura je osjetljiva na zasipanje, razna opterećenja i hidrauličke sile. Zbog tog se konstrukcija mora pravilno zaštititi.

Problematika životnog vijeka konstrukcije

Problem čeličnih cijevi je u koroziji i abraziji te njihovoj kombinaciji. Dok se s unutrašnje strane cijevi može pojaviti korozija ali bez abrazije. Nakon mnogo istraživanja i opsežnog proučavanja došlo se do rezultata i zaključka da valovita čelična cijev pruža odličnu trajnost s obzirom na mnoge nus pojave u tlu. Dug vijek trajanja se može postići odgovarajućim premazima i zaštitama. Naravno da tokom dužeg vremenskog vijeka se na cijevima pokazuju oštećenja i pogoršanja ali takvi učinci ovise o vremenskim i lokalnim uvjetima gdje se cijev nalazi. Pri proračunu inženjeri paze na glavne čimbenike koji oštećuju strukturu.

Trajnost metalne konstrukcije u tlu ovisi o par parametara:

- otpornost tla
- kiselost (Ph vrijednost)
- prisutnost vlage i podzemnih voda
- topive soli
- sadržaj kisika (prozračivanje)

Kako bi se svi ti parametri umanjili ili potpuno izbjegli potreban je pažljiv i poseban odabir vrste tla kojim se zasipaju cijevi, ujedno je i jako važan izbor granulacije materijala nasipa. S toga se abrazivna tla zamjenjuju neutralnim tlima visoke otpornosti. Vlaga također može sadržavati štetne otopljene tvari iz tla. To može pridonijeti koroziji i smanjenjem otpornosti strukture. Problem u tlu su visoke razine klorida i sulfata koje tlo čine agresivnijim na konstrukciju strukture. Povećane količine otopljenog kisika i ugljikovog dioksida mogu ubrzati koroziju.

Aluminizirani čelik je razvijen kao proizvod te je namijenjen pružanju visoke otpornosti na koroziju. Koristi se u područjima gdje pocinčani čelik nije dao dobre rezultate. Aluminijski sloj stvara aluminijev oksid koji se ponaša kao premaz koji ima vrlo dobru otpornost na koroziju.

Aluminijski čelik može pružiti do 1,3 puta dulji životni vijek od pocinčanog. Pretpostavlja se da može trajati oko 75 godina, to ipak ovisi o uvjetima u kojima se nalazi.

5. Primjer

Podsliv	Veličina (ha)	Vrijeme tečenja u kanalu (min)	Koeficijent otjecanja
(1)	10	6	0,4
(2)	5	4	0,5
(3)	4	5	0,45
(4)	25	16	0,35
(5)	15	6	0,55

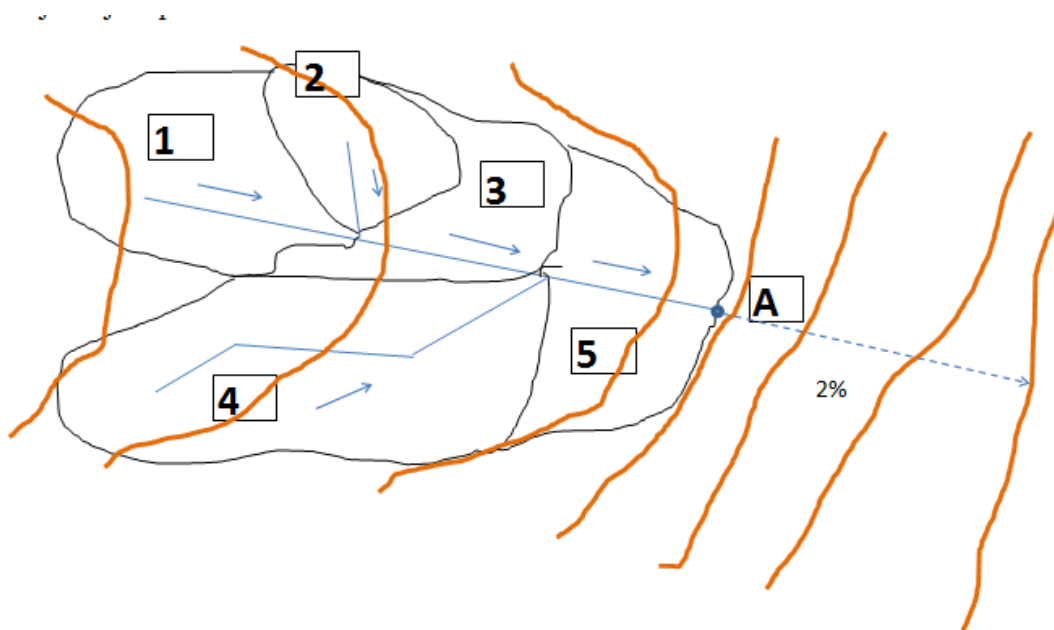
Tablica 4 Prikaz vrijednosti

Ukupna površina $A = 59$ ha

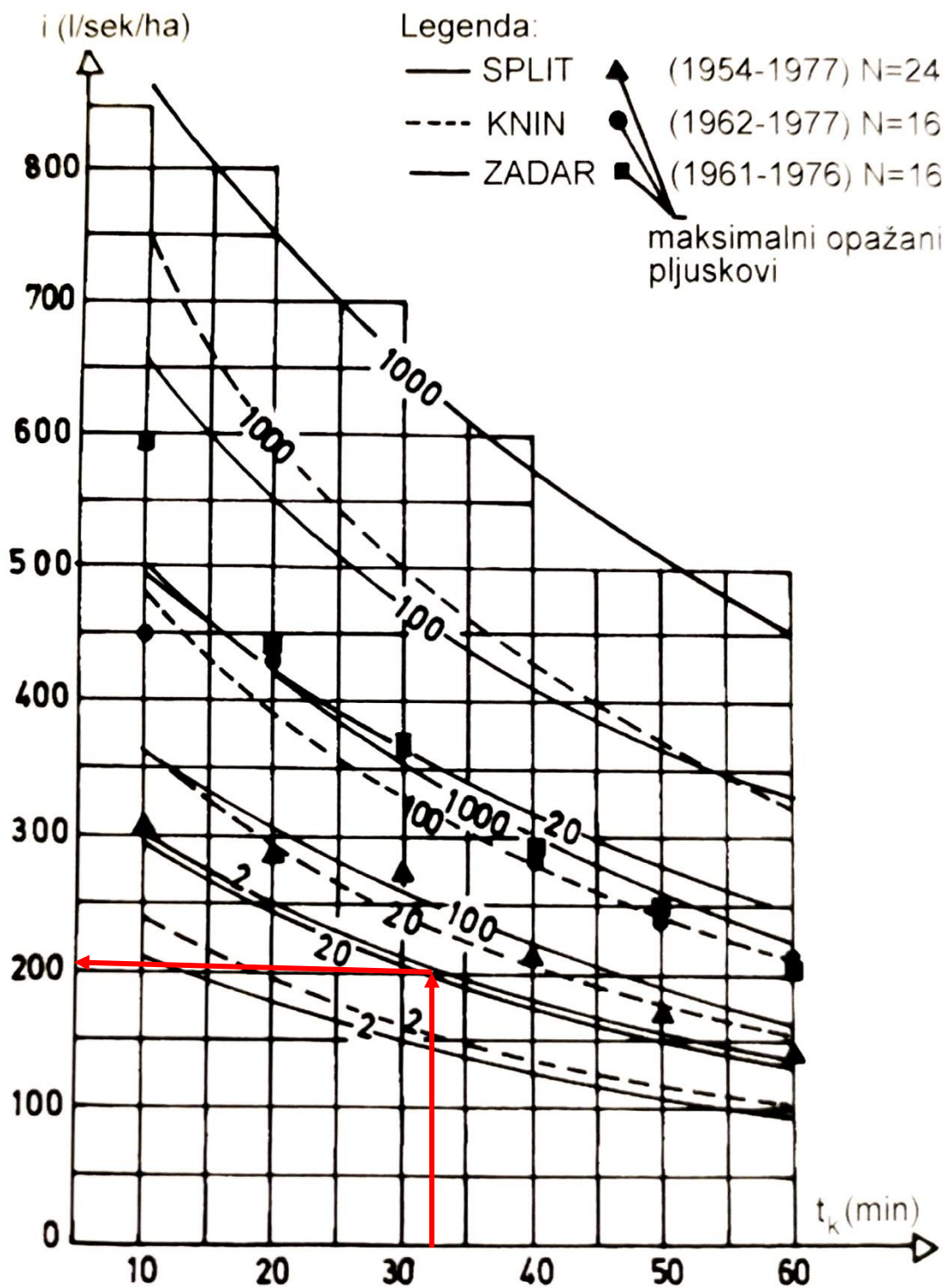
Srednje koeficijent otjecanja $c = \sum c_n \cdot \frac{A_n}{A} = 0,428$

Intezitet kiše očitao iz tablice slika 5.2 za vrijeme 32 minute kao rezultat tečenja:

- do ulaska u sustav odvodnje $t_1 = 10$ min, te
- kroz sustav odvodnje $t_2 = (t_4 + t_5) = 22$ minute
- 200 l/s/ha



Slika 5.1 Podloga terena



Slika 5.2 Porodica ITP-krivulja za meteorološke postaje Split-Marjan, Knin i Zadar za trajanje kiše $t_k=10-60$ minuta

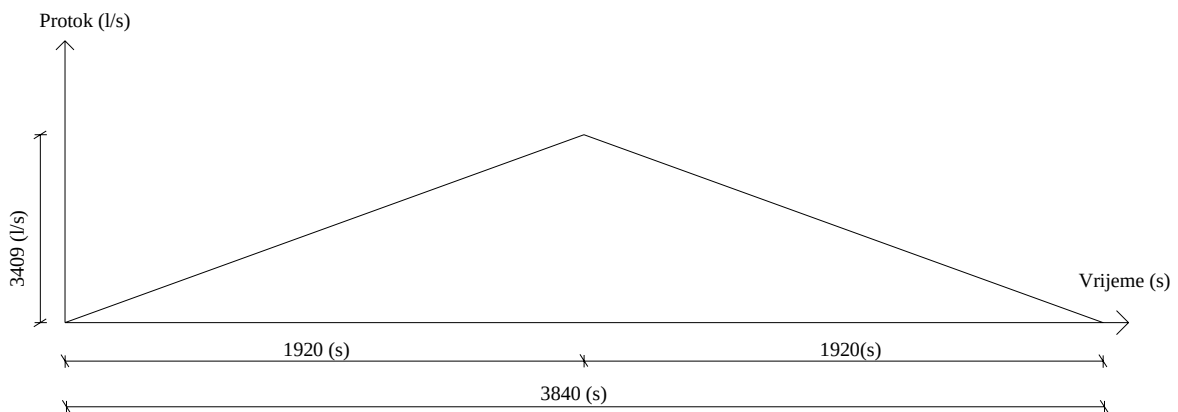
Dimenzioniranje volumena retencijskog bazena (racionalnametoda)

Vršni protok:

$$Q_{\max} = i \cdot A \cdot c = 200 \cdot 59 \cdot 0,428 = 5050,4 \text{ l/s}$$

Vrijeme otjecanja oborine najdužom dionicom kanala (4-5):

$$t_s = 32(\text{min}) = 1920 \text{ (s)}$$



Slika 5.3 Hidrogram otjecanja oborinske vode

Ukupni volumen pljuska:

$$V = Q \cdot t = 5050,4 \cdot \frac{3840}{2} = 9696768 \text{ (l)} = 9696,768 \text{ m}^3$$

Volumen retencije:

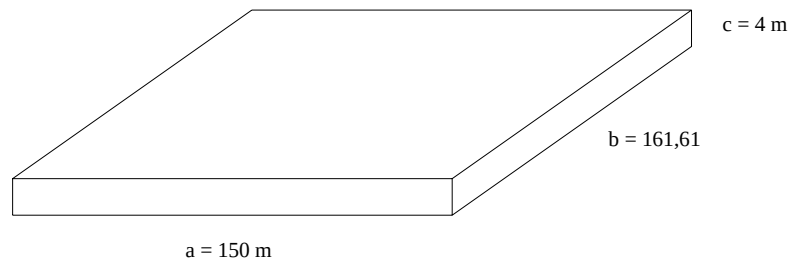
$$V = a \cdot b \cdot c \quad \text{odabrano: } c = 4\text{m}$$

$$\frac{V}{2,5} = a \cdot b \quad \text{odabrano: } a = 150\text{m}$$

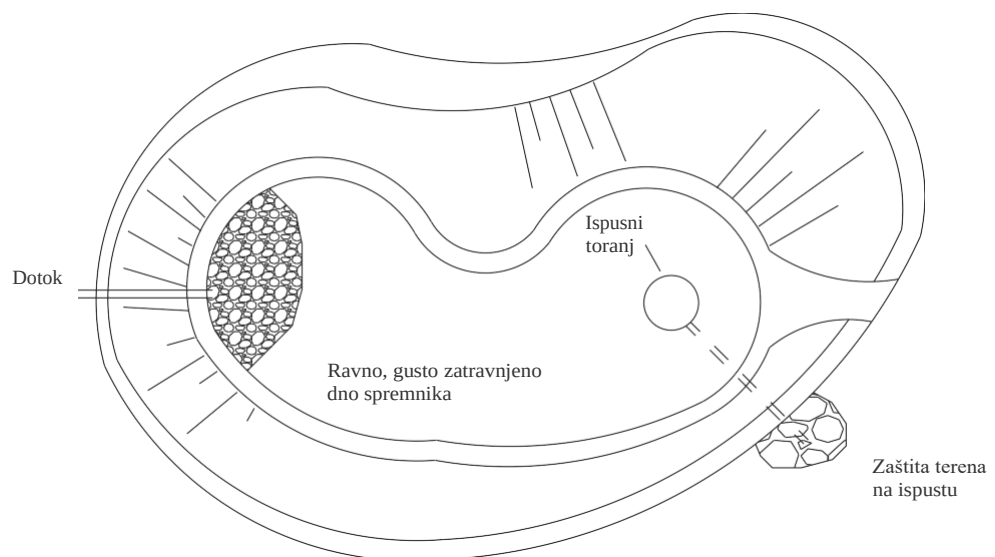
$$b = 161,61\text{m}$$

Retencija

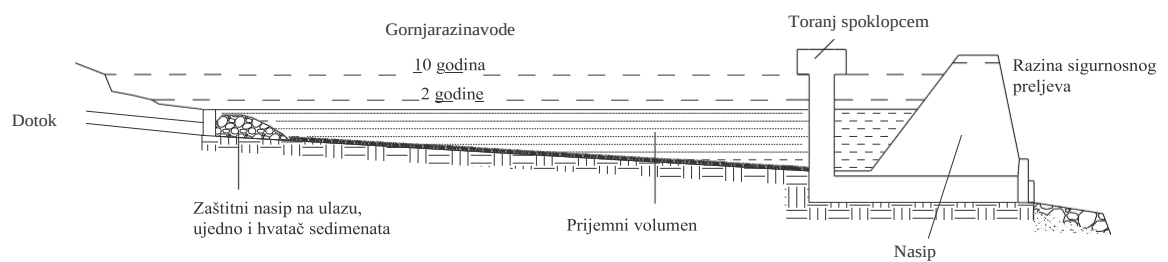
Odabrane dimenzije retencije:



TLOCRT



PRESJEK



6. Zaključak

S naglaskom na klimatske promjene i sve veća sušnja razdoblja te sve intezivnije i kraće pljuskove dolazimo do zaključka kako je potrebno pomno i precizno proračunavati bazene za prihvrat oborinske vode i otjecanja. U skorijoj budućnosti stari sustavi neće biti dostatni zbog zastarjelih podataka prema kojima su proračunati.

Shodno tome biti ćemo svjedoci sve većem broju i količini poplavljenih ulica i naselja tokom veliki kišnih oborina, te obrnuto tome sa sušnih razdobljima u kojima ćemo morati paziti na kanalizacijske ispuste i održavati ih funkcionalnima.

Svijet se mijenja i sve oko nas tako bi i vodni te kanalizacijski sustavi trebali biti u koraku s tim.

7. Grafički prilozi

Literatura:

Design of Underground detention system for stormwater menagement

PDF

[2013/19. sjednica GV/Sustavodvodnje oborinskih voda.pdf](#)

http://klima.hr/klima_arhiva.php

Jure Margeta, Kanalizacija naselja, 2009

