

Univerza  
v Ljubljani  
Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Rener, A., 2016. Presoja odvodnjavanja Luke Koper in predlogi izboljšav. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Steinman, F., somentor Krzyk, M.): 77 str.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/1081/>

Datum arhiviranja: 20-10-2016

University  
of Ljubljana  
Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Rener, A., 2016. Presoja odvodnjavanja Luke Koper in predlogi izboljšav. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Steinman, F., co-supervisor Krzyk, M.): 77 pp.

<http://drugg.fgg.uni-lj.si/1081/>

Archiving Date: 20-10-2016

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM VODARSTVO IN  
KOMUNALNO INŽENIRSTVO**

Kandidatka:

**ANDREJA RENER**

**PRESOJA ODVODNJAVANJA LUKE KOPER IN  
PREDLOGI IZBOLJŠAV**

Diplomska naloga št.: 313/VKI

**PRECIPITATION DRAINAGE SYSTEM OF PORT OF  
KOPER ASSESSMENT**

Graduation thesis No.: 313/VKI

**Mentor:**

prof. dr. Franc Steinman

**Somentor:**

doc. dr. Mario Krzyk

Ljubljana, 12. 09. 2016

## **STRAN ZA POPRAVKE**

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

**IZJAVE**

Spodaj podpisana študentka Andreja Rener, vpisna številka 26103658, avtorica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Presoja odvodnjavanja Luke Koper in predlogi izboljšav

**IZJAVLJAM**

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;

b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V/Na: Ljubljani

Datum: \_\_\_\_\_

Podpis študenta/-ke:

\_\_\_\_\_

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

<b>UDK:</b>	<b>628.2(497.4Koper)(043.2)</b>
<b>Avtor:</b>	<b>Andreja Renner</b>
<b>Mentor:</b>	<b>Prof. dr. Franc Steinman</b>
<b>Somentor:</b>	<b>Doc. dr. Mario Krzyk</b>
<b>Naslov:</b>	<b>Presoja odvodnjavanja Luke Koper in predlog izboljšav</b>
<b>Tip dokumenta:</b>	<b>Diplomsko delo - univerzitetni študij</b>
<b>Obseg in oprema:</b>	<b>77 str., 21 pregl., 42 sl., 29 pril.</b>
<b>Ključne besede:</b>	<b>odvodnjavanje, meteorna kanalizacija, zadrževalni bazen, lovilec maščob, Luka Koper</b>

### **Izveček**

V diplomski nalogi so v prvem delu zbrane informacije, pravilniki, predpisi in navodila, ki so potrebni za dimenzioniranje meteorne kanalizacije. V nadaljevanju se podrobneje usmerim na Luko Koper, na obstoječe stanje meteorne kanalizacije, ga analiziram in podam možno rešitev za izboljšanje funkcionalnosti in varnosti odvodnikov, v katere se iztekajo zbrane padavinske vode.

Meteorno odvodnjo sem ločila na čisto meteorno kanalizacijo, ki vodo s streh odvaja neposredno v odvodnik in na odpadno meteorno kanalizacijo, ki pokriva večja povozna območja in manipulativne površine. Potencialno onesnažena voda je speljana preko razbremenilnikov v usedalnik z lovilec olj, ki omogoča tudi zadrževanje onesnažene tekočine v primeru ekstremnega dogodka, kot je nesreča vlačilca s cisterno.

Določena so prispevna območja in potek cevovodov. Glede na teren in lokacijo cevi so določene kote iztokov podsistemov. Pri odpadni meteorni vodi so izrisani vzdolžni profili najdaljših vej. Dimenzionirani so zadrževalni bazeni, ki imajo tudi funkcijo lovilcev olj. V zaključku so podane ugotovitve oz. predlagani ukrepi za izboljšanje zaščite odvodnikov in Luke Koper.

**BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT**

**UDC:** 628.2(497.4Koper)(043.2)  
**Author:** Andreja Rener  
**Supervisor:** Prof. Dr. Franc Steinman  
Assist. Ph. Dr. Mario Krzyk  
**Title:** Precipitation drainage system of Port of Koper assesment  
**Document type:** Graduation Thesis - University studies  
**Notes:** 77 p., 21 tab., 42 fig., 29 ann.  
**Key words:** drainage system, precipitation drainage, retention basin, oil separator, Port of Koper

**Abstract**

The first part of the thesis contains information, policies, regulations and instructions, needed for the dimensioning of precipitation drainage. Following that I focus specifically on Port of Koper, the current state of its drainage systems, the analysis of it and I suggest a possible solution to improve the functionality and safety of the drains into which the gathered rainwater flows.

I divided the precipitation drainage into clean drainage systems, which channel the water from roofs directly into the sea or channel, and waste drainage systems, which cover larger paved surfaces and handling areas. Potentially polluted water is routed through overflow structures into retention basins equipped with oil separators, which also allow for the retention of polluted liquids in the case of an extreme occurrence, like an accident involving an oil truck.

The catchment areas and the course of the pipelines are defined. The heights of the outflows of the subsystems are defined according to the terrain and location of the pipes. In the case of precipitation drainage the longitudinal profiles of the longest branches are plotted. Retention basins which also function as oil catchers are dimensioned. In the conclusion I give my findings or rather suggest measures to improve the safety of drains in Port of Koper.

## **ZAHVALA**

Rada bi se zahvalila somentorju doc. dr. Mariu Krzyku in mentorju prof. dr. Francu Steinmanu, da sta mi omogočila zaključek študija in za pomoč pri izdelavi diplomske naloge.

Posebej bi se zahvalila svoji družini in kolegom za podporo, mnenja in potrpežljivost v času študija in v času izdelave naloge.

Zahvalila bi se tudi Luki Koper za pomoč pri pridobivanju podatkov za izdelavo te diplomske naloge.

**KAZALO VSEBINE**

IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
ZAHVALA	V
<b>1 UVOD</b>	<b>1</b>
<b>2 METEORNO ODVODNJAVANJE</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Urbana odvodnja in odvodnja javnih cest</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Površinski odtok</b>	<b>5</b>
<b>2.3 Odtok po ceveh</b>	<b>8</b>
<b>2.4 Objekti na meteorni kanalizaciji</b>	<b>11</b>
2.4.1 Jarki	11
2.4.2 Mulda – kadunjski jarek	12
2.4.3 Koritnica	13
2.4.4 Robniki	13
2.4.5 Požiralniki	13
2.4.6 Revizijski jaški	15
2.4.7 Drenaže	15
2.4.8 Lovilci maščob	16
2.4.9 Razbremenilnik	16
2.4.10 Zadrževalni ali zbirni bazen	17
2.4.11 Črpališča	17
<b>2.5 Prvi val onesnaženja</b>	<b>17</b>
<b>2.6 Zadrževanje onesnaženih padavinskih voda</b>	<b>18</b>
<b>2.7 Zakonska določila</b>	<b>19</b>
2.7.1 Zakon o vodah	19
2.7.2 Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje	20
2.7.3 Pravilnik o odvodnjavanju in čiščenju komunalne odpadne in padavinske vode	20
2.7.4 Pravilnik o obratovalnem monitoringu onesnaževanja podzemne vode	20
2.7.5 Pravilnik o zdravstveni ustreznosti pitne vode	20



2.7.6	Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz postaj za preskrbo motornih vozil z gorivi, objektov za vzdrževanje in popravila motornih vozil ter pralnic za motorna vozila	20
2.7.7	Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo	21
2.7.8	Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest	21
2.7.9	Pravilnik o ravnanju z odpadki	21
2.7.10	Pravilnik o smernicah za projektiranje in gradnjo kanalizacije na območju občine Koper	21
<b>2.8</b>	<b>Modeliranje padavinskega odtoka</b>	<b>21</b>
2.8.1	Razdelitev modelov	23
<b>2.9</b>	<b>AutoCAD Civil 3D 2013</b>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b>LUKA KOPER</b>	<b>25</b>
3.1	Obstoječe stanje	25
3.2	Vplivi Luke Koper na okolje	26
3.2.1	Škocjanski zatok	30
3.3	Obstoječa infrastruktura meteorne kanalizacije	31
3.4	Predvideno stanje	32
3.5	Že načrtovano zmanjšanje vplivov na okolje	33
3.6	Predlog izboljšanja razmer	34
<b>4</b>	<b>PREDLOG IZBOLJŠAV ODVODNJAVANJA LUKE KOPER</b>	<b>35</b>
4.1	Hidravlična presoja sistema meteorne odvodnje vode	35
4.1.1	Geografske in geodetske značilnosti	35
4.1.2	Klimatske značilnosti	36
4.2	Zasnova meteornega sistema	39
4.2.1	Določitev prispevnih površin	39
4.3	Modeliranje odtekanja padavinske vode	44
4.3.1	Odtok čiste meteorne vode s strešin	44
4.3.2	Analiza odtoka čiste meteorne vode	55
4.3.3	Odtok meteorne vode s povoznih odprtih skladiščnih površin	57
4.3.4	Analiza odtoka odpadne meteorne vode	67
4.3.5	Zadrževalni objekt	67
<b>5</b>	<b>ZAKLJUČEK</b>	<b>76</b>



## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Koeficient odtoka za razne vrste površin (Panjan, 2002).....	7
Preglednica 2: Naraščanje koeficienta odtoka zaradi nagnjenosti terena (Kolar, 1983).....	7
Preglednica 3: Koeficienti hrapavosti n (Kolar, 1983).....	10
Preglednica 4: Razdalje med jaški za neprehodne kanale.....	15
Preglednica 5: Rezultati laboratorijskih preiskav (Zavod za zdravstveno varstvo, 2005).....	29
Preglednica 6: Rezultati laboratorijskih preiskav (Zavod za zdravstveno varstvo, 2003).....	30
Preglednica 7: Izdatnost padavin v l/(s×ha) Portorož – Beli Križ (TSC 03.380, 2004).....	37
Preglednica 8: Nalivi s povratno dobo n = 1 leto (Pravilnik o smernicah ..., 1974).....	37
Preglednica 9: Odtok s strešin podsistema 1 - od jaška J1-1 do J1-3.....	45
Preglednica 10: Odtok s strešin podsistema 2.....	45
Preglednica 11: Odtok s strešin podsistema 3.....	46
Preglednica 12: Odtok s strešin od podsistema 4 do podsistema 22.....	47
Preglednica 13: Pretok, padeč, premer cevi in kota na iztoku čiste meteorne vode.....	55
Preglednica 14: Izračun pretokov onesnažene meteorne vode.....	64
Preglednica 15: Določitev padca in premer potrebnih cevi.....	65
Preglednica 16: Izračunani volumni zadrževalnih bazenov podsistemov.....	68
Preglednica 17: Efektivni volumni usedalnikov in njihove dimenzije.....	69
Preglednica 18: Izračun časa zadrževanja, hitrosti usedanja in minimalnega delca.....	70
Preglednica 19: Pretok prelite vode na razbremenilniku $Q_p = Q_5 - Q_{LO}$ .....	72
Preglednica 20: Razlika v višini začetka in konca cevovoda.....	72
Preglednica 21: Ocena potrebne moči črpalke.....	75

**KAZALO SLIK**

Slika 1: Spreminjanje hidrograma odtoka s spremembo urbanizacije povodja.....	5
Slika 2: Shematski prikaz zbiranja odtoka: (1) padavine, (2) izhlapevanje, (3) ponikanje, (4) prepustna površina, (5) utrjena površina, (6) akumulacija na terenu, (7) površinski odtok, (8) odtok s strešin (Panjan, 2002).....	6
Slika 3: Segmentni jarek (TSC 03.380, 2004) - med planumom in dnem jarka je min. 20 cm.....	12
Slika 4: Trapezni jarek (TSC 03.380, 2004) - med planumom in dnem jarka je min. 20 cm .....	12
Slika 5: Sheme deževnih bazenov (Kolar, 1983).....	17
Slika 6: Delovno okolje Civil 3D .....	24
Slika 7: Območje Luke Koper (Luka Koper, Okoljsko poročilo za leto 2013).....	25
Slika 8: Evropski energetski terminal (Ponting & Pipenbaher Consultnig Engineers, 2007) .....	27
Slika 9: Protiprašna stena in vodne prhe (Ponting, 2007) .....	28
Slika 10: Škocjanski zatok iz zraka (www.skocjanski-zatok.org, 2010).....	31
Slika 11: Stari del luke – prvi pomol.....	32
Slika 12: Prikaz zasipavanja lagune – posnetki so iz leta 2003 (levo), 2009 (sredina) in 2015 (desno).....	36
Slika 13: Sprememba morske gladine Tržaški zaliv 1900-2006 (Dvigovanje gladine ..., 2007) .....	38
Slika 14: Odvodnjavanje čiste meteorne vode s strešin.....	39
Slika 15: Podsystemi odvodnjavanja čiste meteorne vode.....	41
Slika 16: Podsystemi odvodnjavanja odpadne meteorne vode.....	42
Slika 17: Podsystem 1 čiste meteorne vode .....	44
Slika 18: Podsystema 2 in 3 čiste meteorne vode - od jaška J2-1 do J2-4 in od jaška J3-1 do J3-11 ....	45
Slika 19: Podsystem 4 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J4-1 do J4-83 .....	48
Slika 20: Podsystem 5 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J5-1 do J5-16.....	48
Slika 21: Podsystem 6 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J6-1 do J6-24.....	49
Slika 22: Podsystemi 7, 10 in 11 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J7-1 do J7-13, od jaška J10-1 do J10-4 in od jaška J11-1 do J11-15 .....	50
Slika 23: Podsystema 8 in 9 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J8-1 do J8-31 in od jaška J9-1 do J9-13 .....	50
Slika 24: Podsystema 12 in 14 odvodnjavanja čiste meteorne vode- od jaška J12-1 do J12-12 in od jaška J14-1 do J14-17 .....	51
Slika 25: Podsystema 13 in 17 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J13-1 do J13-13 in od jaška J7-1 do J17-14 .....	52
Slika 26: Podsystema 15 in 16 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J15-1 do J15-19 in od jaška J16-1 do J16-23 .....	52

Slika 27: Podsystem 18 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J18-1 do J18-13.....	53
Slika 28: Podsystem 19 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J19-1 do J19-34.....	53
Slika 29: Podsystema 20 in 21 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J20-1 do J20-61 in od jaška J12-1 do J21-6.....	54
Slika 30: Podsystem 22 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J22-1 do J22-61.....	54
Slika 31: Višinska razlika med koto dna najbolj oddaljenega jaška in izpusta podsystema 16.....	56
Slika 32: Loputa, ki preprečuje vdor morja v sistem na neutrjenem delu obale.....	57
Slika 33: Loputa, ki preprečuje vdor morja v sistem na izpostavljenem delu in utrjeni obali.....	57
Slika 34: Podsystem 1 odvodnjavanja onesnažene meteorne vode.....	58
Slika 35: Podsystem 2 odvodnjavanja onesnažene meteorne vode.....	59
Slika 36: Podsystem 3 odvodnjavanja onesnažene meteorne vode.....	60
Slika 37: Podsystem 4 odvodnjavanja onesnažene meteorne vode.....	61
Slika 38: Podsystem 5 odvodnjavanja onesnažene meteorne vode.....	61
Slika 39: Podsystem 5 odvodnjavanja onesnažene meteorne vode.....	62
Slika 40: Podsystem 9 odvodnjavanja onesnažene meteorne vode.....	63
Slika 41: Podsystemi 10, 11 in 12 odvodnjavanja onesnažene meteorne vode.....	63
Slika 42: Shema zadrževalnega objekta (usedalnik + lovilec mineralnih olj).....	71

**OKRAJŠAVE IN SIMBOLI**

C ... de Chezyjev koeficient [ $m^{1/2}/s$ ]

DPN ... državni prostorski načrt

EET ... evropski energetski terminal

i ... hidravlični padec izražen v absolutni vrednosti

J ... padec cevi

N ... moč črpalke

n ... verjetnost pojava naliva v enem letu

$n_G$  ... koeficient hrapavosti

Q ... pretok

R ... hidravlični radij

T ... povratna doba v letih

TSC ... tehnične specifikacije

V ... volumen

v ... hitrost vode

ZV ... zakon o vodah

## 1 UVOD

Zbiranje, odvajanje in čiščenje odpadnih voda je ena izmed oblik preprečevanja onesnaževanja okolja, predvsem vodotokov. V današnjem načinu življenja je vnos različnih polutantov v okolje velik problem, saj zmanjšujejo kakovost bivanja tako ljudi kot ostalih živih bitij. Glede na vnesene snovi in njihove koncentracije so vplivi različni, od vpliva na naravni življenjski cikel do toksičnosti in odmiranja organizmov. Snovi in stopnja koncentracije polutantov je odvisna od kraja nastanka in temu ustrezno se predvidi stopnja ter način čiščenja odpadnih voda.

Proces razvoja odvodnjavanja padavinske ali meteorne vode iz urbanih področij kot del urbane odvodnje poteka že vsaj od starega veka. Na Kreti so v času okoli 3500 let pred našim štetjem že izdelovali glinaste cevi, Grki in Rimljani so imeli celo stranišča na vodno izpiranje. Znamenit je kanal *Cloaca Maxima*, ki je odvajal odpadno in padavinsko vodo iz Rima v Tiberu. S kanalizacijo je bila opremljena tudi rimska Emona. Ponekod so odpadno vodo celo čistili (Kompare, 1991). V srednjem veku je skrb za primeren odvod odpadne vode povsem zamrla in se ponovno vzpostavila predvsem zaradi zdravstvenih razlogov v renesansi ter se razvijala vse do danes (Panjan, 2002).

Odpadno meteorno vodo zbiramo tako z odprtimi kot z zaprtimi kanali in jo usmerjamo v odvodnike – hudourniške grape, reke, jezera, morja ... Z urbanizacijo se večja odstotek utrjenih in zato manj prepustnih površin, padavinska voda v manjših količinah pronica v podtalje in posledično odteka v odvodnike vse več vode. Poleg siromašenja podtalnice predstavlja ta proces tudi povečano tveganje za poplave. Pri projektiranju meteorne odvodnje je zato potrebno vedno preveriti tudi možnost zadrževanja čistih meteornih padavin na kraju nastanka s pomočjo večjih zelenih površin, lokalnih depresij, ponikovalnic, itd. Na tak način se v čim večji meri poskusi ohraniti naravno kroženje vode.

Izgradnja ali rekonstrukcija učinkovitega odvodnega sistema je relativno draga investicija. Pri določanju sistema in umeščanja v prostor je potrebno upoštevati vse dejavnike odtoka – padavine, fizikalne zakonitosti, načrtovanje urbanizacije, naravne danosti. Ker 100 % varnosti ni mogoče zagotoviti, je že s pravilniki in navodili za načrtovanje sprejeta določena stopnja tveganja, ki je glede na okoliščine še sprejemljiva.

Moj namen je v diplomski nalogi najprej zbrati vse potrebne informacije, ki so v različnih pravilnikih, predpisih in navodilih, ki so potrebni za dimenzioniranje meteorne kanalizacije. V nadaljevanju se podrobneje usmerim na Luko Koper, na tam obstoječe stanje meteorne kanalizacije, ga analiziram in

podam možno rešitev za izboljšanje funkcionalnosti in varnosti odvodnikov, v katere se iztekajo zbrane padavinske vode.

Obstoječa kanalizacija je ločena na meteorno in fekalno. Fekalna kanalizacija je bodisi vezana na sistem, ki pelje na glavno čistilno napravo, bodisi priključena na malo čistilno napravo in speljana v odvodnik (morje ali odprt kanal). Fekalna kanalizacija v nalogi ni obravnavana. Obstoječa meteorna kanalizacija je zelo razvejana: s požiralniki z direktnim izpustom v odvodnik ali z več izpusti iz skupnega cevne sistema. V novejšem delu je bolj pregledna, na nekaterih mestih pa je sploh ni.



## 2 METEORNO ODVODNJAVANJE

### 2.1 Urbana odvodnja in odvodnja javnih cest

Urbana odvodnja pozna pet načinov odvajanja odpadnih vod, in sicer:

- naravna odvodnja → naravni kanali, vodotoki,
- delno kanaliziran sistem → jarki, odprti kanali,
- kombinirani ali mešani sistem,
- delno ločeni kanalizacijski sistem,
- separadni ali ločeni sistem.

V kombiniranem sistemu sta prisotna tako fekalna kot padavinska voda. Pri dimenzioniranju cevi je zato potrebno upoštevati oba pretoka.

Prednosti sistema so:

- preprosta izvedba,
- nižja cena izgradnje in
- lažje ter cenejše vzdrževanje.

Pomanjkljivosti:

- slabša zaščita odvodnikov,
- večja in dražja črpališča,
- manj zanesljive čistilne naprave,
- nevarnost preplavitve nižje ležečih etaž, ki so priključene na kanalizacijo.

Pri ločenem sistemu odpadno vodo odvajamo s t. i. fekalno kanalizacijo, deževno vodo pa z meteorno kanalizacijo.

Prednosti so:

- dobra zaščita odvodnika,
- manjša nevarnost preplavitve nižje ležečih etaž, ki so priključene na kanalizacijo,
- cenejše in zanesljivejše delovanje čistilnih naprav in manjše obremenjevanje črpališč,
- enostavno obratovanje in kontrola,
- možnost zadrževanja in ponikanja padavinske vode in s tem zmanjševanje volumnov in koničnih odtokov,
- padavinska voda gre po najkrajši poti v odvodnik.

#### Pomanjkljivosti:

- večja zapletenost sistema in manjša preglednost,
- dražja izgradnja in vzdrževanje zaradi dvojnega sistema,
- slabše samodejno izpiranje fekalne kanalizacije,
- prvi val deževne vode je močno onesnažen in potrebuje posebno obdelavo pred izpustom,
- v primeru zadrževanja in ponikanja padavinske vode, so potrebni objekti za delno čiščenje,
- onesnaženost same deževnice (kisli dež).

Delno ločeni sistem je vmesna stopnja med kombiniranim in ločenim sistemom. Relativno čisto deževnico se spelje v ločen sistem (infiltracija, direktni izpust v vodotok, depresija terena, ipd.), tisto, ki se je onesnažila, pa se vodi v mešani sistem. Možne so kombinacije.

Prednosti so enake kot pri ločenem sistemu, delno ločeni sistem pa ima še nekaj dodatnih:

- zanesljivejše delovanje kombinirane kanalizacije,
- boljša zaščita vodotokov v primerjavi z mešanim sistemom,
- obremenitev čistilnih naprav je enakomernejša v primerjavi z mešanim sistemom,
- možnost redukcije količin in maksimalnih pretokov deževnice.

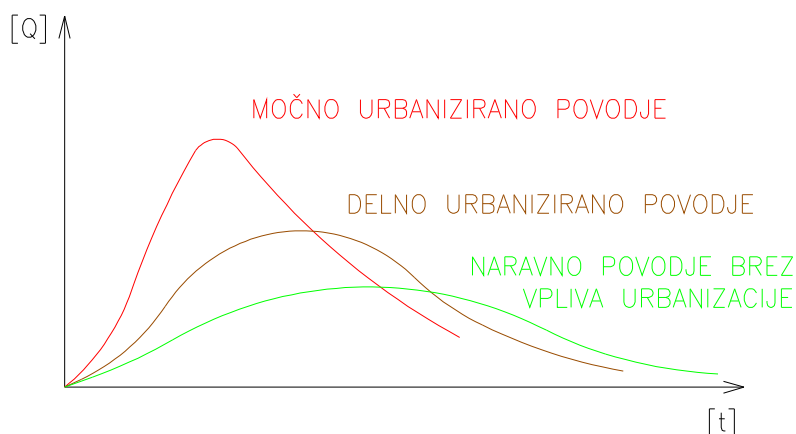
Pri odvodnjavanju ceste ločimo razpršeno in točkovno odvodnjavanje.

Razpršeno odvodnjavanje je odvajanje padavinskih voda z javnih cest, urejeno s prelivanjem preko bankine, s posamičnimi izpusti ali z napravami za odvodnjavanje javne ceste, ki zbirajo vodo do skupne točke izpusta iz območja javne ceste.

Točkovno odvodnjavanje je odvajanje padavinskih voda z javnih cest na lokacijo skupnega izpusta, na kateri morajo biti izvedeni ukrepi za zadrževanje voda, in dodatno čiščenje, ko so preseženi kriteriji iz Uredbe o odvajanju in čiščenju padavinske vode z javnih cest (TSC 03.380, 2004).

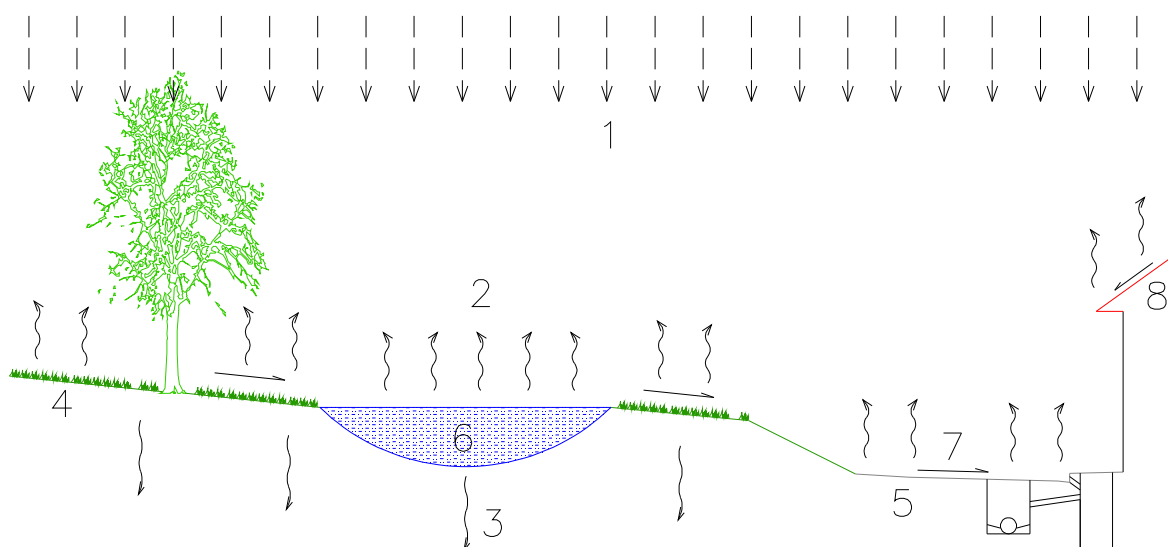
## 2.2 Površinski odtok

Z naraščajočo urbanizacijo površinski odtok narašča, saj se z izgradnjo cest, tlakovanih površin, objektov ali kako drugače utrjenih površin zmanjša zmožnost vpijanja tal. Poleg povečanega volumna površinskega odtoka padavin se poveča tudi hitrost in koncentracija vode v smeri padca. To pomeni, da je v primerjavi z naravnim povodjem pri urbaniziranem povodju čas koncentracije krajši in konični odtok dosti večji.



Slika 1: Spreminjanje hidrograma odtoka s spremembo urbanizacije povodja

Odtok padavin iz opazovanega območja pospeši tudi meteorna kanalizacija z določenimi padci in manjšim koeficientom hrapavosti.



**Slika 2: Shematski prikaz zbiranja odтока: (1) padavine, (2) izhlapevanje, (3) ponikanje, (4) prepustna površina, (5) utrjena površina, (6) akumulacija na terenu, (7) površinski odtok, (8) odtok s strešin (Panjan, 2002)**

Razliko med količino dežja in odpadno vodo, ki priteče do odvodnih kanalov na določenem prispevnem območju, izrazimo s koeficientom odтока ( $f$ ). Na odtočni koeficient vplivajo (Panjan, 2002):

- Akumulacija na terenu – padavinska voda najprej zapolni ves akumulacijski prostor preden začne odtekati.
- Izhlapevanje in ponikanje – del padavin takoj izhlapi, del ponikne v odvisnosti od prepustnosti tal. Nista konstantni.
- Čas koncentracije – da površinski tok doseže odtočni kanal, potrebuje čas, ki je odvisen od oddaljenosti kanala, hrapavosti površine, po kateri odteka, in intenzitete padavin.
- Oblika prispevne površine.
- Akumulacija v samem omrežju – kanali imajo v fazi polnitve svojo zadrževalno (retenzijsko) sposobnost.
- Koeficient posameznih tipov odтока in povprečni koeficient – prispevno območje ni enovito in je navadno različno utrjeno. Posamezne dele je potrebno upoštevati.

**Preglednica 1: Koeficient odtoka za razne vrste površin (Panjan, 2002)**

Vrsta površine	f [%]
Strehe s pločevinasto ali emajlirano kritino	95
Strehe z običajno kritino	85 - 90
Ceste in poti, utrjene z betonom ali asfaltom	85 - 90
Tlak iz naravnega ali umetnega kamna z zalitimi stiki	75 - 85
Tlak iz naravnega ali umetnega kamna z nezalitimimi stiki	50 - 70
Z bitumensko emulzijo obrizgana površina	25 - 60
Slabo utrjene poti brez površinske obdelave	15 - 30
Kolodvori in igrišča	10 - 30
Parki, vrtovi in travniki	5 - 25
Gozd	1 - 20

Koeficient odtoka je odvisen tudi od nagiba terena:

**Preglednica 2: Naraščanje koeficienta odtoka zaradi nagnjenosti terena (Kolar, 1983)**

Koeficient odtoka na horizontalnem terenu [%]	Zvečanje zaradi nagnjenosti terena na [%]		
	5 [%]	10 [%]	20 [%]
10			10
17		17	25
30		35	50
32	32	38	55
40	42	50	70
50	53	64	90

Minimalni nagibi, potrebni za učinkovito površinsko odvodnjavanje so (TSC 03.380, 2004):

- 0,2 % – cementnobetonske površine,
- 0,3 % – asfaltne površine,
- 0,5 % – zatravljene površine.

Določitev površinskega odtoka nam omogoča dimenzioniranje meteornega sistema z vsemi objekti, ki so za učinkovito odvodnjo potrebni, saj je to eden od ključnih dejavnikov pri določanju potrebnih parametrov. Vsako prispevno območje je zaradi velikega števila kombinacij parametrov primer zase in je zato določanje merodajnega pretoka zapleten postopek.

Za dimenzioniranje meteornege kanalizacijskega omrežja so najpomembnejša oblika padavin nalivi. To so padavine kratkega trajanja in velike jakosti. Potrebujemo nastop in potek posameznega naliva ter dolžino naliva dovolj velike jakosti, da lahko določimo odtok z izbrane površine.

### 2.3 Odtok po ceveh

Sposobnost meteornege sistema je odvisna od toka po ceveh. Tok je večinoma s prosto gladino. Kolikokrat je tok pod tlakom (ko je cev polna), je odvisno od tega, na kakšno povratno dobo in na koliko minutni naliv so dimenzionirane naprave za odvodnjo voda. Kakšne vhodne podatke določimo, je odvisno od kraja nastanka, od občutljivosti okolja ali pomembnosti območja.

Povratna doba definira pogostost določenega dogodka, v tem primeru naliva.

$$T = \frac{1}{n}$$

Kjer je: T ... povratna doba v letih

n ... verjetnost pojava naliva v enem letu

Lastne vode predstavljajo padavine, ki padejo direktno na utrjene površine javne ceste, zaledne vode pa padejo na druge površine javne ceste. Zunanje vode so stoječi in/ali tekoči vodotoki.

Osnovna enačba pretoka pri toku s prosto gladino je:

$$Q[m^3/s] = v[m/s] \times S[m^2]$$

Kjer je: Q ... pretok

v ... hitrost vode

S ... mokri prerez kanala

Hitrost določamo lahko na več načinov. Le-ti so poimenovani po svojih avtorjih de Chezy, Kutter, Colebrook in Manning.

Zelo pogosto sta uporabljeni dve enačbi. Prva je Chezyjeva enačba:

$$v = C \times (R \times i)^{\frac{1}{2}}$$

Kjer je: C ... de Chezyjev koeficient [ $m^{1/2}/s$ ]

v ... hitrost [m/s]

R ... hidravlični radij –  $R = A/O$  (S – površina prereza cevi ali jarka, O – omočeni obod cevi, za krožni prerez velja:  $R = d/4$ )

i ... hidravlični padeč izražen v absolutni vrednosti

$n_G$  ... koeficient hrapavosti

Pretok po cevi ali jarku:

$$Q = \frac{\sqrt{i}}{n_G} \times \frac{S^{\frac{5}{3}}}{O^{\frac{2}{3}}}$$

Hitrost:

$$v = \frac{\sqrt{i}}{n_G} \times \frac{S^{\frac{2}{3}}}{O^{\frac{2}{3}}}$$

Druga pa je enačba hitrosti po Manningu:  $v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times J^{\frac{1}{2}}$

Kjer je: n ... koeficient hrapavosti [ $m^{-1/3}/s$ ]

R ... hidravlični radij (pretočni profil/obseg profila) [m]

J ... hidravlični padeč izražen v absolutni vrednosti

Preglednica 3: Koeficienti hrupavosti  $n$  (Kolar, 1983)

Ostenje	Koeficient za kakovost ostenja			
	odlično	dobro	srednje	slabo
Steklo in emajl	-	0,009	-	-
Brušen beton	0,01	0,011	0,012	0,013
Omet iz fine cementne malte	0,011	0,012	0,013	0,015
Novo litoželezne cevi	-	0,011	-	-
Stene iz skobljanih desk	0,01	0,012	0,013	0,014
Stene iz naškrobljenih desk	0,011	0,013	0,014	0,015
Gladke betonske stene (neometane)	0,012	0,014	0,016	0,018
Normalne betonske cevi	-	0,013	-	-
Normalne vodovodne litoželezne cevi in zelo čiste odtočne cevi	-	0,012	-	-
Suhi kamniti zid	0,025	0,03	0,033	0,035
Rabljene litoželezne cevi (vodovodne in odtočne)	-	0,014	-	-
Gladki kovinski vodi polkrožnega profila	0,011	0,012	0,013	0,015
Prizmatični ravni jarki in kanali v zemlji	0,014	0,02	0,022	0,025
Zemeljski kanali z zavoji velikih radijev	0,022	0,025	0,027	0,03
Kanali s hrupavim skalnatim dnom in poraščenimi zemeljskimi bregovi	0,025	0,03	0,035	0,045
Kanali z zemeljskim dnom in kamnitimi bregovi	0,028	0,03	0,033	0,035

Pri dimenzioniranju kanalskega omrežja se izhaja iz predpostavke, da sta jakost naliva in koeficient odtoka med trajanjem naliva nespremenljiva, čas zbiranja pa se zanemari in predpostavi, da so prispevne površine pravilne oblike.

Pri hidravličnem preračunu kanalskega omrežja je več metod. Najpogostejše so:

- računsko metoda,
- iteracijska metoda,
- retenzijska metoda.



Računska metoda je metoda pretočnih časov, pri kateri je predpostavljena polna cev za izračunani padavinski odtok. Je najenostavnejša metoda dimenzioniranja kanalskega omrežja. Račun omrežja je tabelaričen.

Tudi iteracijsko metodo uvrščamo med metode pretočnih časov. Maksimalni pretok nastopi, ko je vsota časov enaka računskemu trajanju nalivov. Upošteva se še enak dotok, ki v omrežje priteka in odteka, ter dejansko polnitev kanalskih prerezov, kar pomeni, da računamo na delno polnitev kanalov (največkrat 70 %) ali na polni prerez. Zanemari se postopno polnitev in retenzijsko sposobnost. Vse potrebne količine za vse odseke izračunamo po računski metodi in jih vnesemo v tabelo, v kateri upoštevamo zaporedje odsekov, začevši v časovno najbolj oddaljeni točki.

Pri retenzijski metodi veljajo vse predpostavke iterativne metode, volumen vsake cevi pa se upošteva tako, da se cev razdeli na posamezne višine in volumne (Panjan, 2002).

## **2.4 Objekti na meteorni kanalizaciji**

Objekti meteorne kanalizacije so: cevi, ki sestavljajo omrežje, drenaže, peskolovi, požiralniki, jaški, jarki, mulde, koritnice, robniki, lovilci lahkih tekočin, lovilci maščob (olja), črpališča, razbremenilniki, zadrževalni bazeni, regulacijski objekti in telemetrijske postaje ...

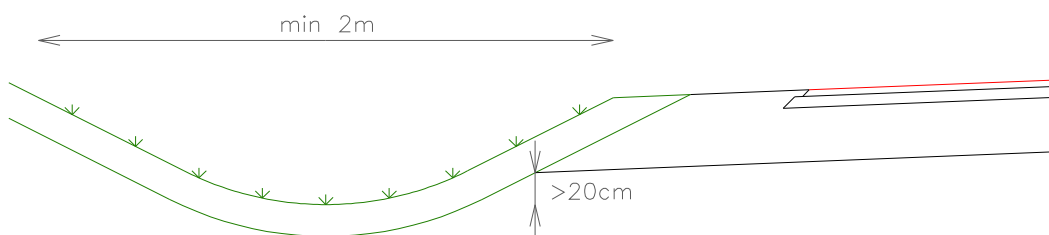
### **2.4.1 Jarki**

So najpreprostejša in učinkovita oblika sprejemanja vode, ki priteče iz cestišča, brežin ali se drenira preko spodnjega ustroja.

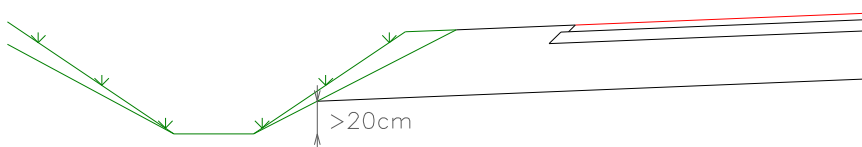
Oblike so:

- segmentni jarek,
- trapezni jarek,
- trikotni jarek,
- jarek z betonskimi kanaletami.

Trapezni in segmentni jarek sta najbolj v uporabi. Predvsem segmentni se je pokazal kot varnejši in vse pogostejši, ko poteka ob cestnem telesu; prednost trapeznega pa je, da potrebuje manj prostora.



Slika 3: Segmentni jarek (TSC 03.380, 2004) - med planumom in dnom jarka je min. 20 cm



Slika 4: Trapezni jarek (TSC 03.380, 2004) - med planumom in dnom jarka je min. 20 cm

Dno jarka je lahko različno utrjeno. Način utrditve je največkrat odvisen od vzdolžnega padca jarka.

Pri vzdolžnih padcih manjših od 1 % (0,3 % trapezni jarek) se na dnu jarka locira betonsko kanaletu na sloju peska. Ko je padec med 1 in 3 %, je dovolj zatravljenje. Pri padcih od 3 do 10 % mora dno zmanjšati hitrost toka. Pri manjših nagibih (do 5 %) je dovolj tolčenec na peščeni podlagi, pri padcih od 5 do 10 % pa lomljenec na betonski podlagi. Za utrditev jarkov s padci večjimi od 10 % so potrebni večji lomljenci, ki morajo biti sidrani na način, kot ga diktira teren. Lahko se uporabijo tudi kaskade.

Za izračun pretoka in hitrosti se uporabljajo predhodno navedene enačbe.

#### 2.4.2 Mulda – kadunjski jarek

Mulda je uporabna za odvodnjavanje cest v vkopu, parkirišč, pločnikov, brežin ... Lahko so asfaltni, betonski ali tlakovani.

Pretok se računa po enačbi:  $Q = k_{st} \times h^{8/3} \times J^{1/2} \times \frac{b}{2h}$   $[m^3/s]$

Kjer je:  $k_{st}$  ... koeficient hrapavosti po Stricklerju

$h$  ... največja globina vode v muldi

b ... širina mulde

J ... vzdolžni nagib mulde

### 2.4.3 Koritnica

Uporablja se jih pri avtocestah, cestah v vkopih, ob robnikih v in izven naselja ... Vedno so postavljene ob robniku in največkrat so speljane proti požiralnikom ali v obcestne jarke.

Pretok se računa po enačbi:  $Q = k_{St} \times h^{8/3} \times J^{1/2} \times \frac{0,315}{q}$  [m<sup>3</sup>/s]

Kjer je:  $k_{St}$  ... koeficient hrapavosti po Stricklerju

h ... največja globina vode v koritnici

J ... vzdolžni nagib koritnice

q ... prečni nagib koritnice

### 2.4.4 Robniki

Ob robnikih se glede na prečni in vzdolžni nagib zbira voda, ki nato potuje proti odvodniku. Navadno je v kombinaciji s koritnico, a deluje tudi brez nje. Za pretok lahko smiselno uporabimo formulo za pretok pri koritnici.

### 2.4.5 Požiralniki

Požiralniki so največkrat vstopna točka v kanalizacijski sistem. Količina vode, ki priteče v sistem, je odvisna od kapacitete požiralnika.

Vrste požiralnikov so:

- z vtokom pod robnikom,
- z vtokom skozi rešetko,
- linijski požiralnik,
- s čelnim vtokom,
- s stranskim vtokom.

Izbira požiralnika, položaj in oblika so odvisni od:

- količine vode,
- tipa elementa odvodnjavanja, po katerem priteče voda,
- vzdolžnega nagiba ceste,
- prečnega nagiba ceste,
- hrapavosti podlage.

Sprejemna kapaciteta in učinkovitost požiralnika je večja, ko je odprtina vzporedna z robnikom, in manjša, ko je pravokotna na potek robnika. Učinkovitost se lahko poveča z dodatnimi ukrepi kot so:

- formiranje depresije, ki dodatno usmerja vodo proti požiralniku,
- povečanje hrapavosti vozišča neposredno pred požiralnikom z namenom upočasnitve toka vode.

Požiralnike lociramo tako, da se nahajajo na najnižjih točkah (da preprečimo zadrževanje vode na vozišču), pred prevojnimi točkami (da voda ne teče čez vozišče) in na primerni medsebojni razdalji (da se s cestišča odvede čim več vode na racionalen način). Pri umestitvi požiralnikov v prostor si zato lahko pomagamo s preračuni odtoka s površin in sposobnosti meteornih objektov, ki to vodo pripeljejo do požiralnika.

Za zaščito meteorne kanalizacije pred abrazijo morajo biti vsi požiralniki opremljeni s peskolovi. Velikost peskolova je glede na velikost površine, ki jo pokriva požiralnik sledeča (Pravilnik o smernicah ..., 1977):

- do 50 m<sup>2</sup> naj bo premer peskolova Ø30 oz. Ø40 cm,
- od 50 do 200 m<sup>2</sup> naj bo premer peskolova Ø45 do Ø50 cm,
- od 200 do 400 m<sup>2</sup> naj bo premer peskolova Ø60 cm,
- preko 400 m<sup>2</sup> Ø70 do naj bo premer peskolova Ø80 cm.

#### 2.4.6 Revizijski jaški

Locirani so na mestih na vseh spremembah poteka kanalizacije tako na horizontalnih kot na vertikalnih lomih, na spremembah prečnega prereza cevi in na mestih združitve vsaj dveh cevi. Največje razdalje med jaški so tudi določene in so odvisne od debeline cevi, ki jih povezuje.

**Preglednica 4: Razdalje med jaški za neprehodne kanale**

Profil $\phi$ (cm)	Ločen sistem (m)	Mešan sistem (m)
30 - 35	55 - 70	65 - 80
40 - 45	60 - 70	70 - 80
50 - 60	65 - 80	75 - 90
60 <	70 - 90	80 - 100

Njihova svetla širina je minimalno 80 cm in je odvisna od globine jaška.

Jaške delimo na:

- kaskadne jaške,
- umirjevalne jaške,
- merilne jaške in
- jaške, ki služijo za vzdrževanje in čiščenje kanalizacije.

#### 2.4.7 Drenaže

Drenaže služijo za odvodnjo talne vode, saj le-ta zmanjšuje stabilnost cestne konstrukcije, prinaša nečistoče, ob nižjih temperaturah pa nastajajo poškodbe zaradi zmrzali.

Voda lahko prodre v cestno konstrukcijo (TSC 03.380, 2004):

- z infiltracijo skozi zgornji ustroj ceste,
- z bočnim precejanjem skozi berme, bankine, brežine,
- z infiltracijo podzemne vode zaradi precejanja po vodonosnih slojih,
- s kapilarnim dvigom podzemne vode.

Voda iz cestnega telesa se lahko izloča neposredno skozi brežino nasipa ali s plitko drenažo do predvidenega izpusta.

#### 2.4.8 Lovilci maščob

V lovilcih maščob se z enostavnimi metodami čiščenja od odpadne vode ločuje od vode lažje tekočine mineralnega izvora, preden se vodo izpusti v kanalizacijo ali v okolje. Vgrajujejo se povsod, kjer je možno priti do izlitja mineralnih olj ali goriv v skladu z zakonodajo (parkirišča, bencinske črpalke, ceste v odvisnosti od prometa in območja, katerega prečkajo ...). Neprečiščene vode lahko tudi poškodujejo naprave kanalizacije ter povzročijo motnje na čistilnih napravah.

Lovilci maščob delujejo na principu razlike gostot medijev. Olja so lažja od vode in se v njej ne topijo, zato so lovilci maščob neuspešni, če so v odpadni vodi emulgatorji.

Pri izbiri velikosti separatorja je potrebno upoštevati naslednje parametre:

- velikost prispevne površine,
- intenzivnost padavin,
- gostoto odtočnega medija.

Sestavna dela objekta sta usedalnik in lovilec olj.

Parametra, ki se ju največkrat spremlja oz. meri na lovilcu olj, sta:

- celotni ogljikovodiki (mineralna olja) – spojine ogljika in vodika, ki se pridobivajo s predelavo nafte; lažja so od vode, zato plavajo na njeni površini in preprečujejo izmenjavo kisika; razgrajujejo se zelo počasi in so določeni kot nevarna snov;
- usedljive snovi – so težje od vode in se v vodi ne topijo; usedajo se na dno v določenih pogojih in določenem času.

Vrednosti preostalih parametrov ne sme presegati dovoljenih po zakonodaji.

#### 2.4.9 Razbremenilnik

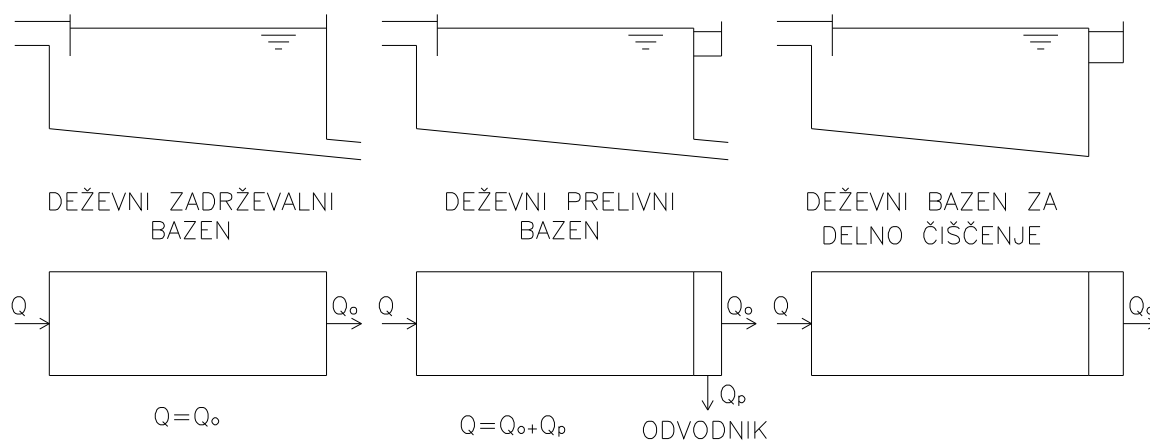
Navadno se uporabljajo pri mešanem kanalskem sistemu. Ob nalivu se večji del padavinskega odtoka prelije v odvodnik, preostali del pa odteka naprej po ceveh do čistilne naprave.

Ločimo:

- razbremenilnike s pravokotnim prelivom,
- razbremenilnike z bočnim prelivom,
- razbremenilnike z delilno ploščo.

#### 2.4.10 Zadrževalni ali zbirni bazen

Z zadrževalnimi bazeni se zmanjša maksimalni dotok do raznih objektov čiščenja, ob tem se padavinska odpadna voda tudi delno očisti. Zadrževalni bazeni zadržijo onesnaženo vodo in s tem ščitijo odvodnik. Pri dimenzioniranju sta pomembna količina ter časovni potek dotoka in odtoka.



Slika 5: Sheme deževnih bazenov (Kolar, 1983)

#### 2.4.11 Črpališča

Črpališča služijo za višinski dvig vode povsod tam, kjer odpadne vode ne moremo gravitacijsko speljati v odvodnik. Pri postavitvi je potrebno paziti, da ne pride do zamašitev, in smotno izbrati primerno črpalko. Poznamo več vrst črpalk: centrifugalne, polžaste, izrivne črpalke, črpalke na stisnjen zrak, črpališča s tlačnim kotlom, batne in membranske črpalke (Kolar, 1983).

### 2.5 Prvi val onesnaženja

Meteorna ali padavinska voda velja za relativno čisto, kar pa ne velja vedno in povsod. Ta se namreč lahko onesnaži že v ozračju. V dežne kaplje se vpijejo razni plini (poznamo pojav kot je kisli dež) in prašni delci predvsem nad industrijskimi conami in podobnimi področji (lokalno) ter celo saharški pesek (globalno), ki ga vetrovi prinesejo vse do Evrope. Ob stiku s podlago pride do naslednjega onesnaževanja, saj padavine spirajo različne snovi z rastlin, njiv, streh, cest, parkirišč ... in nenazadnje

v sami kanalizaciji, kjer se je lahko v sušnem območju nabralo marsikaj. Ta pojav se imenuje »prvi val onesnaženja«. V vodo pridejo lahko najrazličnejše organske in mineralne snovi, ki so lahko raztopljene, delno raztopljene ali pa se v vodi ne topijo. Razlikujejo se po kraju nastanka, kjer pridejo padavine v prvič v stik s podlago – ločimo urbanizirane površine in površine izven naselij. V vodi je tako možno najti od organskih primesi do večjih odpadkov ter tudi povečane koncentracije težkih kovin (svinec, krom, cink). Možna je celo bakterijska oporečnost padavinske vode.

Zaradi naštetega se mora načeloma čista padavinska voda obravnavati kot odpadna, kadar se ugotovijo prekomerne koncentracije onesnažil. To pomeni, da jo je potrebno zajeti in pred izpustom v naravni vodonosnik očistiti do predpisanih mejnih vrednosti.

Koncentracija in vsebnost onesnažil v odpadni padavinski vodi zelo nihata in sta odvisna predvsem od kraja nastanka in od dolžine sušnega obdobja.

Dolžina sušnega obdobja vpliva predvsem na koncentracijo snovi. Daljše kot je obdobje brez dežja, več snovi se nabere na površini, če se le-te ne čisti.

Glede na onesnaženost in kraj nastanka je smiselno ločiti odvodnjavanje s cest, parkirišč, streh, zelenih površin ...

Ravnanje z odpadno padavinsko vodo določajo zakoni, uredbe, pravilniki itd. s tega področja glede na različne podane kriterije. Krovna zakona sta Zakon o varstvu okolja in Zakon o vodah.

## **2.6 Zadrževanje onesnaženih padavinskih voda**

Da bi onesnaženo odpadno meteorno vodo zadržali na mestu nastanka, oz. da bi preprečili onesnaževanje naravnih odvodnikov z njo, pri reševanju tega problema uporabljamo izgradnjo zadrževalnih bazenov s prelivnim robom ali brez, kamor vodimo vso onesnaženo vodo.

Uporablja se jih za zadrževanje prvega vala onesnaženosti in v primerih izlitja nevarnih snovi, sploh tam kjer obstaja za takšne dogodke večja možnost: na industrijskih območjih, na območjih, kjer shranjujejo in raztovarjajo nevarne snovi za okolje, itd.

Sestavni del zadrževalnega bazena je velikokrat umirjevalni bazen, kjer se voda upočasni, ob tem pa deluje kot lovilec olj in usedalnik. Pred izpustom v odvodnik je potrebno opraviti meritve kvalitete vode kot so pH vrednost, temperatura, motnost ...



Kot je že navedeno, se v zadrževalnih bazenih odpadna padavinska voda lahko delno prečisti in če izpolnjuje zakonske predpise in določila, izpusti v odvodnik ali pa odvede naprej na čistilno napravo.

## 2.7 Zakonska določila

Zakoni in uredbe, ki urejajo področje ravnanja z odpadno vodo, so:

- Zakon o vodah (Uradni list RS, št. 67/02, 57/08, 57/12, 100/13, 40/14 in 56/15); kot krovni in prvi zakon, ki obravnava posebej vode,
- Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih voda (Ur. l. RS, št. 94/2014, 98/2015),
- Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode (Ur. l. RS, št. 98/07, 30/10, 98/15),
- Pravilnik o obratovalnem monitoringu stanja podzemne vode (Ur. l. RS, št. 53/15),
- Pravilnik o obratovalnem monitoringu stanja površinskih voda (Ur. l. RS, št. 91/13),
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz postaj za preskrbo motornih vozil z gorivi, objektov za vzdrževanje in popravila motornih vozil ter pralnic za motorna vozila (Ur. l. RS, št. 10/99, 40/04, 41/04-ZVO-1),
- Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo (Ur. l. RS, št. 47/05, 45/07, 79/09, 64/12) in
- Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest (Ur. l. št. 47/05).

V Mestni občini Koper veljajo navodila oz. pravilnik Komunale Koper iz leta 1977, ki se glasi *Pravilnik o smernicah za projektiranje in gradnjo kanalizacije na območju občine Koper*.

### 2.7.1 Zakon o vodah

Zakon zajema upravljanje z vodami (morje, sladke površinske in podzemne vode) in vodnimi ter priobalnimi zemljišči, kar pomeni varstvo, urejanje voda in določanje rabe ter prenos v pravni red RS direktiv Sveta in Evropskega parlamenta. Pokriva javno dobro in javne službe na področju voda, vodne objekte, naprave in drugo. Temelji na varstvu voda, ohranjanju ali celo izboljšanju stanja voda in pripadajočega terena ter trajnostni rabi voda. Pri vsem tem se morajo upoštevati vplivi podnebnih sprememb (ZV-1, 2002 in ZV-1A, 2008).

### **2.7.2 Pravilnik o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje**

Določa vrste parametrov prvih meritev in obratovalnega monitoringa odpadnih vod, metodologijo vzorčenja in merjenja parametrov in količin odpadnih vod, vsebino poročila o prvih meritvah in emisijskem monitoringu, ter način in obliko sporočanja podatkov ministrstvu, pristojnem za okolje. Določa tudi pogoje, ki jih mora izpolnjevati oseba, ki izvaja prve meritve ali emisijski monitoring (Pravilnik o prvih meritvah ..., 2007).

### **2.7.3 Pravilnik o odvodnjavanju in čiščenju komunalne odpadne in padavinske vode**

Po zadnji spremembi se pravilnik glasi Pravilnik o nalogah, ki se izvajajo v okviru obvezne občinske javne službe odvodnjavanja in čiščenja komunalne in padavinske odpadne vode. Pravilnik določa naloge obvezne občinske javne službe pri odvajanju in čiščenju komunalne in padavinske odpadne vode ter standarde komunalne opremljenosti, vsebino evidenc in katastra kanalizacije in vodenje ter vsebino registra izvajalcev javnih služb (Pravilnik o nalogah ..., 2007).

### **2.7.4 Pravilnik o obratovalnem monitoringu onesnaževanja podzemne vode**

Pravilnik določa parametre podzemnih voda, ki so predmet obratovalnega monitoringa onesnaževanja podzemne vode, metodologijo njegovega izvajanja in način ter obliko sporočanja podatkov ministrstvu. Določa tudi pogoje, ki jih mora izpolnjevati izvajalec obratovalnega monitoringa za pridobitev pooblastila in razloge za njegov odvzem (Pravilnik o obratovalnem ..., 2006).

### **2.7.5 Pravilnik o zdravstveni ustreznosti pitne vode**

Določa zahteve, ki jih mora izpolnjevati pitna voda, z namenom varovanja zdravja ljudi pred škodljivimi učinki zaradi kakršnegakoli onesnaženja pitne vode (Pravilnik o zdravstveni ..., 2004).

### **2.7.6 Uredba o emisiji snovi pri odvajanju odpadnih vod iz postaj za preskrbo motornih vozil z gorivi, objektov za vzdrževanje in popravila motornih vozil ter pralnic za motorna vozila**

Uredba določa mejne vrednosti parametrov odpadne vode in posebne ukrepe v zvezi z zmanjševanjem emisije snovi pri odvajanju tehnološke odpadne vode iz postaj za preskrbo motornih vozil z gorivi, objektov za vzdrževanje in popravila motornih vozil, lokomotiv, vagonov in mobilnih strojev ali naprav ter pralnic za motorna vozila, lokomotive, vagone in mobilne stroje ali naprave (Uredba o emisiji snovi pri odvajanju ..., 2004).

### **2.7.7 Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod v vode in javno kanalizacijo**

Uredba določa mejne vrednosti emisije snovi v vode in v javno kanalizacijo, mejne vrednosti emisije toplote v vode, vrednotenje emisije snovi in toplote, določa prepovedi, omejitve in druge ukrepe zmanjševanja emisije snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda in vsebino okoljevarstvenega dovoljenja in primere naprav, za katere okoljevarstvenega dovoljenja ni treba pridobiti (Uredba o emisiji snovi ..., 2005).

### **2.7.8 Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest**

Uredba določa ukrepe zmanjševanja emisije snovi z odvajanjem padavinske odpadne vode, mejne vrednosti emisije snovi v vode in v javno kanalizacijo za padavinsko odpadno vodo, ki se odvaja s cestišča javne ceste in vrednotenje ter merjenje emisije snovi (Uredba o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest, 2005).

### **2.7.9 Pravilnik o ravnanju z odpadki**

Pravilnik, ki se je v letu 2008 preimenoval v Uredbo o ravnanju z odpadki, določa obveznosti pri ravnanju z odpadki, pogoje za izvajanje zbiranja, prevažanja, posredovanja, trgovanja, predelave in odstranjevanja odpadkov, klasifikacijski seznam odpadkov in obveznost poročanja Evropski Komisiji. Ne omenja padavinske odpadne vode, ampak odpadno vodo kot posrednik emisij in energije (Pravilnik o ravnanju z odpadki, 2008).

### **2.7.10 Pravilnik o smernicah za projektiranje in gradnjo kanalizacije na območju občine Koper**

S pravilnikom upravljalec javne kanalizacije predpisuje gradbeno-tehnične predpise in smernice za projektiranje in gradnjo kanalizacijskih naprav ter objektov na območju občine Koper (Pravilnik o smernicah ..., 1977).

Pri modeliranju padavinskega odtoka gre večinoma za modeliranje urbane padavinske odvodnje in s tem dimenzioniranje meteorne kanalizacije, ki odvaja površinsko vodo v za to primerne odvodnike. Za dimenzioniranje meteorne kanalizacije moramo namreč poznati količino padavinske vode, ki se koncentrira in zbira v smeri padca terena.

## **2.8 Modeliranje padavinskega odtoka**

Pri modeliranju gre v praksi za poenostavitev realnosti do take stopnje, da je rezultat oz. točnost tega sorazmerna s stroški meritev, pridobivanja rezultatov in stroški izgradnje, v našem primeru, meteorne kanalizacije. S pomočjo modeliranja se torej dimenzionira, simulira, ali upravlja obstoječe

kanalizacijsko omrežje; določa površinski odtok, pretoke v različnih objektih, višino vode, hitrosti odtoka, onesnaženost vode ...

Glavni koraki pri postopku modeliranja so (Kompore, 1991, str. 147):

- določitev namena in ciljev, ki določajo naravo modela,
- shematizacija fizikalne realnosti (tridimenzionalnega prostora in časa ter naravnih procesov),
- izbor in postavitve teoretičnega (matematičnega) modela – izberemo model, ki določa način shematizacije in izbiro ključnih parametrov,
- postavitve numeričnega modela – poenostavitve v navadne linearne diferencialne enačbe,
- analiza numerične stabilnosti – analiza napak,
- preverba modela (verifikacija) – pokazati pravilnost delovanja modela, najlažje z analitično metodo,
- analiza občutljivosti – pokaže nam pravilnost izbire parametrov za določitev sistema in pokaže, kako točne meritve potrebujemo, da bo model relevanten,
- umerjanje (kalibracija) modela in navadno tudi preverjanje – parametre modela prilagajamo tako, da so modelirani rezultati čim bolj podobni izmerjenim,
- potrditev (validacija) – če se model pri simulaciji odziva v skladu z meritvami (z upoštevanjem napak), je model potrjen.

Posamezni procesi pri padavinskem odtoku se vršijo v odvisnosti drug od drugega in se jih običajno preračunava ločeno po sklopih in v določenem vrstnem redu. Te sklope posameznih procesov se lahko prav tako označi kot modele, ki se nato združijo v celoto:

- padavinski model,
- transportni količinski model,
- transportni kakovostni model,
- model čistilne naprave,
- kakovostni model sprejemnika,

- stroškovni model,
- optimizacija.

### 2.8.1 Razdelitev modelov

Modeli so se razvijali skozi čas, vse pa lahko razdelimo v določene skupine (Kompore, 1991, str. 156):

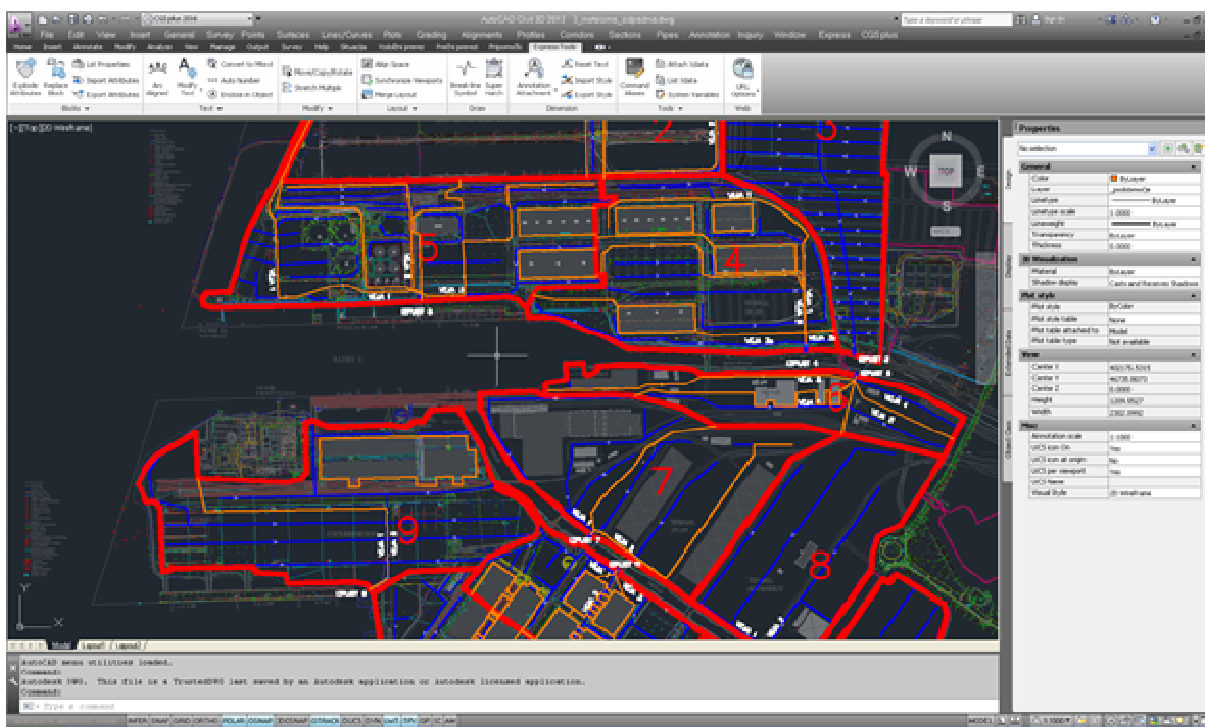
- a) Glede na filozofijo modeliranja:  
empirični, konceptualni, fizikalno bazirani.
- b) Glede na mehanizem modela:  
deterministični, stohastični.
- c) Glede na globino poseganja v mehanizem dogajanja:  
statistični, mehanistični.
- d) Glede na polje in sredstva reševanja:  
fizikalni, matematični (analitični, numerični), analogni.
- e) Glede na časovno komponento:  
stacionarni, dinamični.
- f) Glede na končni namen:  
raziskovalni, operativni.
- g) Glede na način shematizacije:  
porazdeljeni ali modularni, zaokroženi ali enoviti.
- h) Glede na medsebojno odvisnost parametrov:  
linearni, nelinearni

Izbiro metode vodi dejstvo, kako natančne rezultate potrebujemo. Natančnost samih rezultatov je odvisna predvsem od natančnosti vhodnih podatkov. Podatke lahko pridobimo iz različnih baz in s predhodnimi raziskavami kot so geološko geomehansko poročilo oz. elaborat.

## 2.9 AutoCAD Civil 3D 2013

To je program, s katerim je mogoče izdelati model reliefa, nad njim izvesti razne analize, izrisati ali projektirati vzdolžne in prečne profile cest, nasipov, vodotokov, izdelati omrežje komunalnih vodov, izračunati količine vgrajenih ali izkopanih mas oziroma materialov in projekt tudi vizualizirati. Z njegovo pomočjo je zelo olajšano določevanje prispevnih površin in pridobivanje ostalih podatkov, če imamo dovolj podrobno in natančno izdelan geodetski načrt.

Za izris vzdolžnih profilov meteornege odtoka s povoznih površin sem uporabila programsko opremo Urbano.

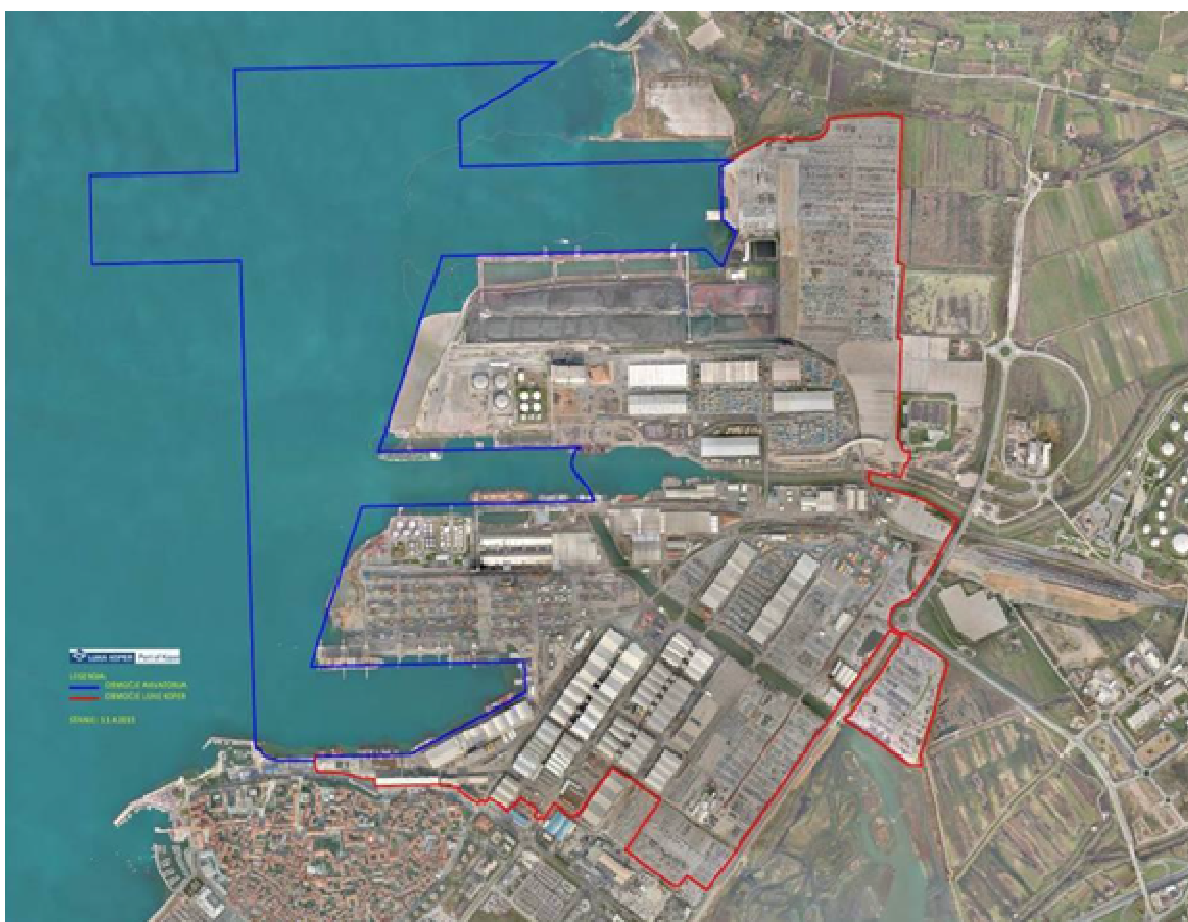


Slika 6: Delovno okolje Civil 3D

### 3 LUKA KOPER

#### 3.1 Obstoječe stanje

Luka Koper pokriva skoraj 267 ha veliko površino. Omejena je z mestom Koper na jugozahodu, na zahodu z morjem, na severu z desnim razbremenilnikom reke Rižane, na vzhodu s kmetijskimi površinami in z odlagališčem gradbenih odpadkov, na jugovzhodu pa s Škocjanskim zatokom. Na spodnji sliki je območje kopenskega dela označeno z rdečo linijo. Z modro je označen luški akvatorij.



Slika 7: Območje Luke Koper (Luka Koper, Okoljsko poročilo za leto 2013)

Od leta 1957 dalje, ko je bilo pristanišče ustanovljeno, se je počasi širilo in sprti dograjevalo potrebno infrastrukturo, tako objekte kot komunalne vode. Dolžina operativne obale je zdaj 3134 m in osnovne dejavnosti se izvajajo na terminalih, ki so specializirani za posamezne vrste tovorov in blaga.

Kontejnerji so na kontejnerskem terminalu na prvem pomolu, avtomobili so na avtomobilskem terminalu. Avtomobilom je namenjenih več kot 550000 m<sup>2</sup> odprtih večinoma asfaltiranih površin in

petetažna garažna hiša. Terminal za lahko pokvarljivo blago je južno od prvega pomola in je v celoti skladiščeno v pokritih skladiščih. Les na terminalu za les skladiščijo pod nadstrešnicami ter na odprtih skladiščnih površinah.

Razsuti tovari so na terminalu za glinico, premog in železova ruda pa sta na drugem pomolu, na evropskem energetske terminalu (EET). Na drugem pomolu je za potrebe EET operativna obala dolžine 630 m z zaprtim sistemom tračnih transporterjev povezana s skladiščnimi deponijami skupne površine 108500 m<sup>2</sup> in vagonsko nakladalno postajo. Pretovor žit in drugih agroživilskih proizvodov se izvaja preko silosa in trikotnih skladišč, preostalemu razsutemu tovoru pa so namenjena ostala zaprta in nadkrita skladišča ter odprte površine.

Za tekoče tovore sta namenjena dva terminala za skladiščenje tekočin. Prvi je terminal za kemikalije, pri katerem vse odpadne padavinske vode ostanejo na lokaciji, kjer imajo sklenjen zaprt tokokrog. Drugi je terminal za rastlinska olja, ki je preurejen tako, da lahko skladišči tudi vnetljive tekočine. Kot zadnji je naveden terminal za živino, kjer so pokriti hlevi.

Grafični prikaz pregledne situacije luke je v prilogi 1.

### **3.2 Vplivi Luke Koper na okolje**

Luka s svojim delovanjem vpliva na svojo okolico, zato opravljajo redne meritve kakovosti zraka in vode. Na meritve same pa ne vpliva zgolj Luka Koper, saj se njeno vplivno območje prekriva z območji drugih industrijskih objektov in različnimi dejavnostmi, kot je recimo gradnja večjih objektov v luki in okolici, intenzivni promet v turistični sezoni, številna individualna kurišča in obrti. Poleg tega imajo izdaten vpliv na kakovost zraka tudi industrijski obrati iz sosednje Italije in Hrvaške: železarna, koksarna, kemična industrija in drugi tržaški industrijski obrati, toplarna in industrija v Tržiču v Italiji ter termoelektrarna v Plominu na Hrvaškem.

Meritve vode, oz. morja, potekajo v luškem akvatoriju. Pri nas je morje pod vplivom severnojadranskih krožnih tokov ter jakosti in smeri vetra. Pri ocenjevanju kakovosti pa moramo upoštevati tudi zunanje vplive za onesnaževalce iz izliva reke Pad, Trsta in drugih italijanskih mest ter reke Rižane z drugimi manjšimi vodotoki koprške obale in izpust iz centralne čistilne naprave z delno prečiščenimi komunalnimi odplakami.

Sonda za spremljanje splošnih parametrov kvalitete morja je locirana na zeleni signalni boji pred vhomom v tretji bazen. Za odkrivanje razlitij v morje so v luki postavili tri detektorje za identifikacijo



razlitij, ki so nameščeni ob potniškem terminalu, na koncu prvega pomola in na terminalu tekočih tovorov v drugem bazenu (<http://www.luka-kp.si/slo/medijski-koticek/arhiv-novic/3011>, 8. 9. 2014).

Velik vpliv luke na okolico predstavlja tudi hrup pri pretovarjanju ladij, kar pa v nalogi ni obravnavano.

Okoljsko najbolj sporen projekt Luke Koper je pretovarjanje premoga na Evropskem energetske terminalu (EET). Zaradi obsežnosti, pomena in teže, ki ga ima EET za območje v luki in v širši okolici, je potrebno, da se o njem napiše malo več.



**Slika 8: Evropski energetske terminal (Ponting & Pipenbaher Consultnig Engineers, 2007)**

Evropski energetske terminal je specializiran za pretovor in skladiščenje železove rude in premoga. Nahaja se v bližini urbanih naselij, zato je posebna pozornost posvečena okoljskim vidikom delovanja terminala in skrbi za okolje. Kot je razvidno z zgornje slike, je namreč celotno območje nepokrito in izpostavljeno zunanjim vremenskim in drugim vplivom.

Da bi omejili negativne vplive delovanja terminala, so bile do sedaj vpeljane naslednje rešitve (Ponting & Pipenbaher Consultnig Engineers, 2007):

- zgrajena je bila protiprašna in protihrupna stena višine 11 m, ki preprečuje direktne vplive zračnih tokov na raznašanje premoga v okolico,

- zgrajena je bila laguna s črpališčem, vodovodnim sistemom in 72 računalniško vodenih prhalnih stolpov na skladišču,
- vzpostavljen je bil prhalni sistem na transportnih sistemih, presipnikih, deponijskih strojih in dvigalih,
- urejeno je bilo odvodnjavanje meteornih vod,
- zasajena so bila zaščitna drevesa ob obali,
- izvedena je bila zasaditev nefunkcionalnih površin z drevesi.



Slika 9: Protiprašna stena in vodne prhe (Ponting, 2007)

Vodne prhe ne zmanjšujejo zgolj emisij prahu, ampak tudi samovžige premoga. Učinkovitost tovrstnega sistema potrjuje PINT (Primorski inštitut za naravoslovne vede), ki od leta 2001 redno opravlja neprekinjene meritve emisij inhalabilnih prašnih delcev (PM10), ki ne presegajo velikosti 10  $\mu\text{m}$ . Rezultati meritev so redno dostopni na spletni strani trajnostnega portala Luke Koper – Živeti s pristaniščem (<http://sl.wikipedia.org>, 2009).

Mejne vrednosti:

- PM10 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  je povprečna dnevna mejna koncentracija, ki je lahko presežena največ 35-krat v koledarskem letu,

- PM10 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  je povprečna letna mejna koncentracija in ne sme biti presežena (Agencija RS za okolje, 2009).

Meritve se izvajajo tudi na lovilcih olj, ki so razporejeni po pristanišču. Meritve opravlja Zavod za zdravstveno varstvo Koper. Pogostost izvajanja meritev in čas vzorčenja reprezentativnega vzorca padavinske odpadne vode sta bila določena in izvedena glede na določila 8. člena Pravilnika o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu odpadnih vod ter o pogojih za njegovo izvajanje (Ur. l. RS št. 35/96, 29/00, 106/01).

Meritve obsegajo:

- osnovne parametre tehnološke odpadne vode: temperatura, pH vrednost, neraztopljene snovi, usedljive snovi, KPK in BPK5, strupenostni test,
- dodatne parametre tehnološke odpadne vode: celotni ogljikovodiki (mineralna olja).

Terenske meritve in vzorčenje je izvedeno na iztoku iz sistema meteorne kanalizacije, po čiščenju padavinske odpadne vode v peskolovu in lovilcu olj ter tik pred iztokom.

Primer številka 1:

**Preglednica 5: Rezultati laboratorijskih preiskav (Zavod za zdravstveno varstvo, 2005)**

Zaporedna št. parametra	Naziv parametra	Izražen kot	Enota	Mejne vrednosti za iztok vode	Rezultat
1	Temperatura		°C	30	12,4
2	pH - vrednost			6,5 - 9	7,6
3	Neraztopljene snovi		mg/l		7
4	Usedljive snovi		ml/l		< 0,1
7	Strupenost - bolhe		SD		ni izvedljivo <sup>1</sup>
38	Kemijska potreba po kisiku - KPK		mg/l		47
39	Biokemijska potreba po kisiku - BPK <sub>5</sub>	O <sub>2</sub>	mg/l		< 10
41	Celotni ogljikovodiki (mineralna olja)	O <sub>2</sub>	mg/l	5	< 0,1

<sup>1</sup> Preiskava ni opravljena, ker je vsebnost kloridov previsoka – 5,9 g/l

Primer številka 2:

**Preglednica 6: Rezultati laboratorijskih preiskav (Zavod za zdravstveno varstvo, 2003)**

Zaporedna št. parametra	Naziv parametra	Izražen kot	Enota	Mejne vrednosti za iztok vode	Rezultat
1	Temperatura		°C	30	17,3 - 18,8
2	pH - vrednost			6,5 - 9,5	7,1 - 7,5
3	Neraztopljene snovi		mg/l		2,2 - 9
4	Usedljive snovi		ml/l		0,1
6	Strupenost - bolhe		SD		1 - 1,2
38	Kemijska potreba po kisiku - KPK		mg/l		78 - 81
39	Biokemijska potreba po kisiku - BPK <sub>5</sub>	O <sub>2</sub>	mg/l		23 - 30
41	Celotni ogljikovodiki (mineralna olja)	O <sub>2</sub>	mg/l	5	0,1

Vrednotenje emisij za vir onesnaževanja za oba primera je bilo, da vir ne obremenjuje okolja čezmerno, ker nobena od izmerjenih vrednosti ne presega predpisanih vrednosti odpadnih vod, z ozirom na določbe 11. in 12. člena Uredbe o emisiji snovi in toplote pri odvodnjavanju odpadnih voda iz virov onesnaženja (Ur. l. RS št. 35/96 in 21/03).

### 3.2.1 Škocjanski zatok

Zanimivo je, da je dograjevanje in širjenje luke, poleg večanja svojega vpliva, Škocjanski zaliv sčasoma izoblikovalo v zanimiv naravni ekosistem – zatok, katerega so leta 1998 razglasili za naravni park in s tem ustavili nadaljnje zasipavanje, ki je takrat potekalo.

Vpliv luke je neposreden, saj se dva izpusta vod izlivata preko lovilcev olj direktno v Škocjanski zatok, večji del južnega in srednjega dela luke pa se izliva v preliv – kanal, ki povezuje morje z brakičnim delom zatoka.

Plima in oseka določata, v katero smer odteka voda. V preliv se meteorna voda spušča tudi brez predhodnega čiščenja.



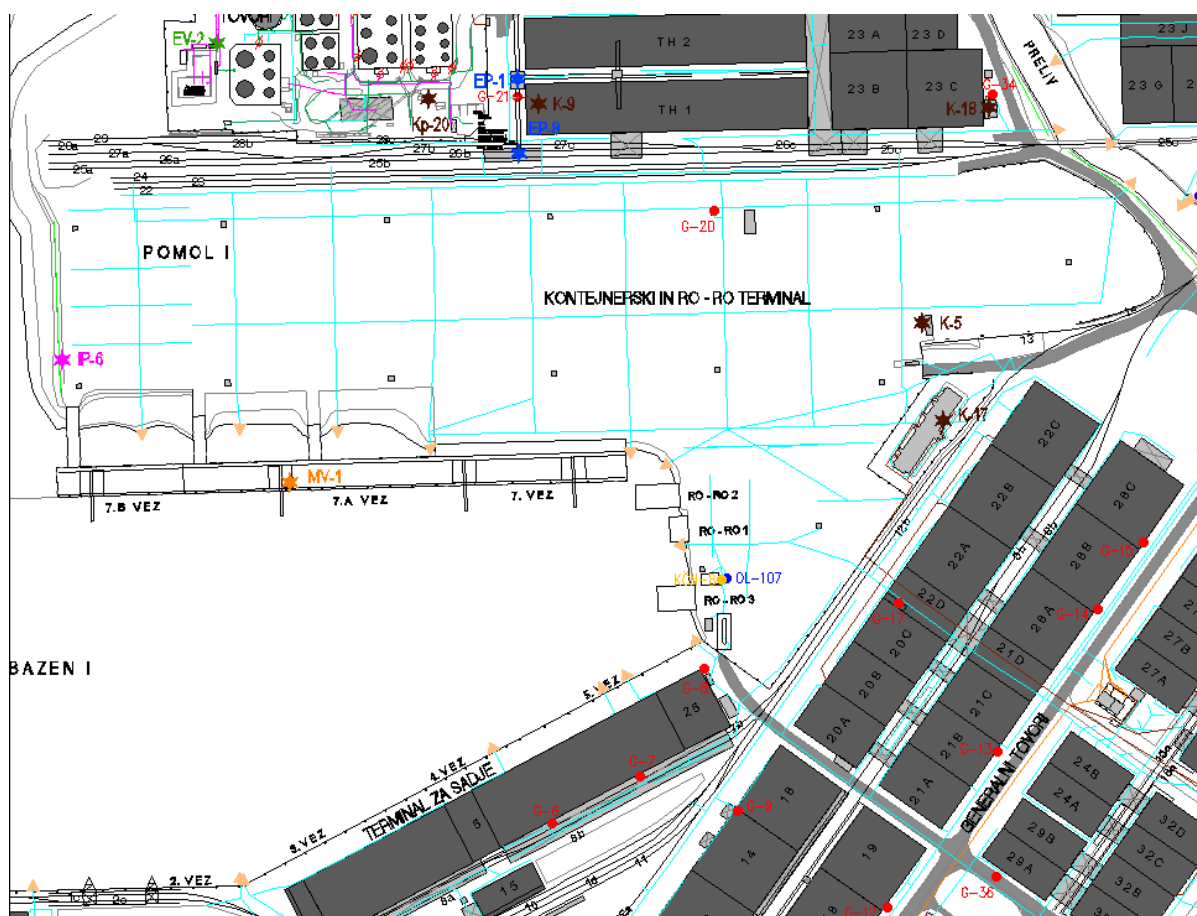
Slika 10: Škocjanski zatok iz zraka ([www.skocjanski-zatok.org](http://www.skocjanski-zatok.org), 2010)

### 3.3 Obstoječa infrastruktura meteorne kanalizacije

Meteorna kanalizacija je bila tako kot pristanišče zgrajena po etapah in se je večinoma navezovala na že obstoječo kanalizacijo. Sproti so jo večali in širili po potrebi in dograjevali izlive. Rezultat je zelo razvejan in neurejen sistem. Ker kote kanalizacije niso posnete oz. niso posnete kote dna jaškov in cevi, se ne ve, kam in v kakšnih količinah odteka meteorna odpadna voda. En cevni sistem ima lahko tudi več izpustov, ponekod pa je posamezen požiralnik neposredno povezan z iztokom v vodotok. Odtekanje odpadne meteorne vode je nepregledno.

Takšen sistem je značilen predvsem za starejši del luke. V novejših delih so bili sistemi bolje načrtovani in so zato bolj pregledni in manj razvejani z vidno smerjo odtekanja vode v ceveh.

V luki je bilo v letu 2008 delujočih 33 lovilcev olj, ki opravljajo mehansko čiščenje dela meteornih vod predvsem iz asfaltiranih površin, ki so namenjene za skladiščenje avtomobilov.



Slika 11: Stari del luke – prvi pomol

Obstoječa meteorna kanalizacija je v večjem obsegu in merilu prikazana v grafični prilogi.

Večinoma se meteorna odpadna voda izliva v okoliške jarke, reko Rižano ali morje, razen v okolici EET, kjer je kanalizacijski sistem za zajem padavinske odpadne vode iz cest na severni strani deponije speljan do lagune, ki se nahaja severovzhodno od terminala. Tako postane deževnica del tehnološke vode za EET in se uporablja:

- za prhanje deponije razsutih tovorov in območij, kjer se izvaja nakladanje oz. razkladanje razsutih tovorov,
- kot voda za gašenje, nanjo so vezani zunanji hidranti na obalah in cestah okoli deponije.

### 3.4 Predvideno stanje

Luka Koper se zelo hitro spreminja in širi ter prilagaja novim zahtevam trga. Plan širitve in sprememb je zapisan v državnem prostorskem načrtu za ureditev pristanišča (DPN), ki je v pripravi.

Načrtovano je podaljšanje prvega pomola za približno 100 m, ki bo pretežno namenjen kontejnerskemu pretovoru. Del bo namenjen terminalu za sadje, v zalednem delu pa ostaja terminal za generalne tovore in terminal za les.

Drugi pomol bo podaljšán za približno 370 m. Pretakalna ploščad bo zaradi varnosti zgrajena v podaljškú na čelu pomola. Na drugem pomolu je načrtovano pokritje in zaprtje terminala za razsute tovore.

Na območju širitve kopenskega dela pristanišča na ankaranski bonifiki sta predvidena večja skladiščna objekta. Oblikovana sta tako, da se terasasto spuščata proti severu in vzhodu. Objekta bosta pokrita s plastjo zemlje in ozelenjena.

Novi vhod za tovorni promet je načrtovan na območju Sermina. Dostopen je z že zgrajenega cestnega omrežja. Ob vhodu sta predvidena zunanji in notranji kamionski terminal. Na območju vhoda je načrtovan bencinski servis za tovorna vozila. S premikom vhoda je predviden umik pristanišča z območja ob severni koprski obvoznici. Na tem območju je načrtovana gradnja mestne garažne hiše, poslovnih objektov, ureditev pinijevega trga in avtobusne postaje. Načrtovan je tudi objekt potniškega pristanišča s privezom za potniške ladje in pripadajočimi parkirnimi površinami (Živeti s pristaniščem, 2009).

### **3.5 Že načrtovano zmanjšanje vplivov na okolje**

Velik vpliv na okolico bo imelo pokritje Evropskega energetskega terminala, ki v grobem obsega:

- povečanje skladiščnih površin s povečanjem nosilnosti tal,
- postavitvev skladiščne tehnologije tako, da bo celotni skladiščni prostor pokrit z deponijskimi stroji, kar pomeni, da za odiranje in dorivanje tovora ni potrebna težka mehanizacija, posledica česar so manjši ekološki učinki (hrup, emisije),
- postavitvev tretjega transportnega traku iz obale na skladišče,
- nadkritje deponije terminala, ki popolnoma prepreči nadaljnje emisije prahu premoga in železove rude v ozračje ob močnejših vetrovih (Nadkritje deponije ..., 2008).

Poleg nadgradnje EET, so v teku tudi številni okoljski projekti za proizvodnjo energije za lastne potrebe iz alternativnih virov, sončne energije in energije iz predelave odpadkov, s ciljem, da bi bila

luka samozadostna. Olja oz. zaoljene vode, ki jih predajo ladje, se bo namesto odvoza na uničenje v prihodnje predelovalo v kurilno olje.

### **3.6 Predlog izboljšanja razmer**

Luka s svojo velikostjo zavzema veliko površino ob naši obali in meji izključno na odvodnike prvega reda. V velikem delu je obstoječa odvodnja izrazito razvejana in z več neposrednimi izpusti, kar zmanjšuje možnost kontrole in omejevanje onesnažene meteorne vode. Približno 10 % površin predstavljajo strehe hal in objektov, s katerih odteka čista meteorna voda, 90 % pa manipulativne površine, dostopne ceste, parkirne hiše, s katerih odteka potencialno onesnažena meteorna voda. Padavine, ki padejo na povozne površine, se med odtekanjem onesnažijo s snovmi, ki jih izločajo vozila in tovor, ki se nahajajo na njej. Dodatno vedno obstaja nevarnost različnih razlitij. Poleg tega so manipulativne površine v Luki Koper »žive«. Njihov namen se sčasoma spreminja glede na potrebe. Način in vsebina tovara se prilagaja trgu oz. poslovnim odločitvam.



## **4 PREDLOG IZBOLJŠAV ODVODNJAVANJA LUKE KOPER**

Predlagam naslednjo ureditev odvodnjavanja: sistem naj se loči na čisto meteorno kanalizacijo, ki bo odvajala meteorne vode s streh objektov neposredno v vodonosnik, in odpadno meteorno kanalizacijo, ki bo odvajala vodo z manipulativnih površin, vozišč, skladiščnih prostorov in parkirišč.

Za izboljšanje varnosti pred izlitji oz. onesnaženjem odvodnikov so pred izpustom predvideni zadrževalni objekti, ki bodo omogočili zadrževanje prekomerno onesnažene odpadne vode in bodo delovali tudi kot usedalniki in lovilci olj.

### **4.1 Hidravlična presoja sistema meteorne odvodnje vode**

#### **4.1.1 Geografske in geodetske značilnosti**

Celotna luka se nahaja na nasipnem materialu, s katerim so zasipavali obstoječe plitko muljasto morsko dno. Med flišno osnovo in površino so locirani naslednji sloji (Geotehnični projekt: Temeljenje objekta..., 2008):

- Zgornji metri terminala so zgrajeni iz umetnih nasutij flišnega in kamnitega materiala. Sloj umetnih nasutij je debel od 1,0 do 4,0 m.
- Sledi različno debel meljno-peščeni sloj s spremenljivim deležem gline, ki le redko seže do globine preko 10 m.
- Pod njim se nahaja najbolj značilen sloj visokoplastične morske gline.
- Sledi sloj mehkih morskih glin, odložen na prodno peščenem sloju ali je pod glinenim slojem neposredno sloj preperelega fliša.

Območje je ravninsko z najnižjo koto 1,5 m n. v. in najvišjo koto 3,0 m n. v. Padci so majhni, zaradi posevkov niso konstantni. Površine so večinoma utrjene, asfaltirane in pozidane z redkimi zelenimi površinami.

Poleg že opisane lagune (v poglavju 3.3) se je na območju desno od te nahajala še ena, ki je bila površinsko večja in ki so jo zasuli. Bila je brez iztoka v vodonosnik, zato so jo praznili s pomočjo črpališča, ki je locirano na skrajnem severu ob robu območja luke.



Slika 12: Prikaz zasipavanja lagune – posnetki so iz leta 2003 (levo), 2009 (sredina) in 2015 (desno)

#### 4.1.2 Klimatske značilnosti

Mesto Koper se nahaja na severu Jadrana in spada pod submediteransko klimo. Vroča poletja in blage zime so značilne za sredozemsko podnebje, razporeditev padavin pa se od slednjega razlikuje. Za sredozemsko podnebje je značilen višek padavin pozimi, na koprskem primorju pa je največ padavin v zahodnem delu pokrajine oktobra, v vzhodnem delu gričevja in na stiku s podgorskim krasom novembra. Drugi višek nastopi junija. Srednja letna raven padavin je približno 1000 mm v obalnem območju, v višjih legah reke Rižane pa je letna količina padavin povprečno 1150 mm.

Letna porazdelitev padavin je neenakomerna, kar pomeni, da je poleti veliko neviht, ko voda hitro odteka in izpareva. Kljub precejšnji količini padavin se poleti pojavlja fiziološka sušnost. Koprška brda imajo najmanj dni s snežno odejo in sneženjem v Sloveniji, povprečno le pet dni.

Podatki o padavinah – nalivih:

**Preglednica 7: Izdatnost padavin v l/(s×ha) Portorož – Beli Križ (TSC 03.380, 2004)**

trajanje padavin	povratna doba					
	1 leto	2 leti	5 let	10 let	25 let	50 let
5 min	209	289	399	471	563	631
10 min	170	228	307	359	426	475
15 min	145	193	259	303	358	399
20 min	127	171	232	272	323	360
30 min	98	133	182	215	256	286
45 min	70	101	145	174	210	237
60 min	55	83	121	146	178	201

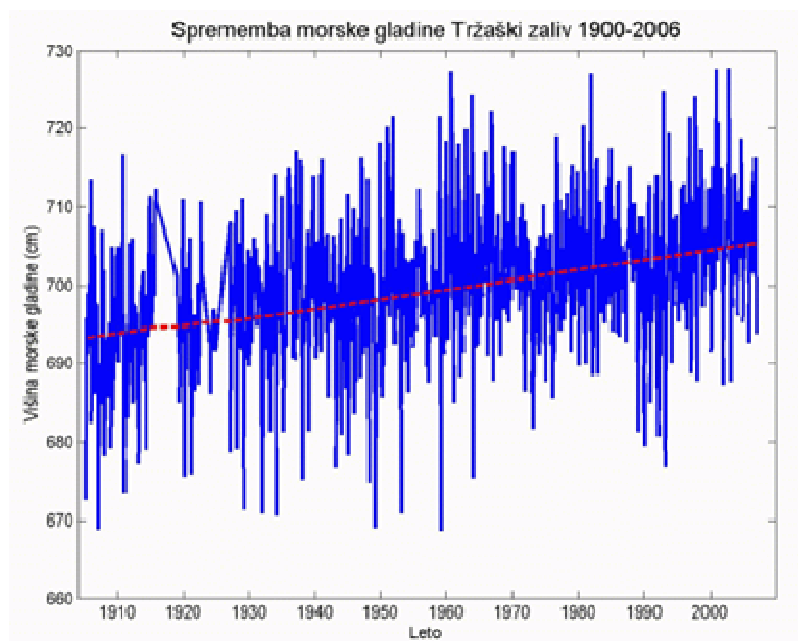
V Pravilniku o smernicah za projektiranje in gradnjo kanalizacije na območju občine Koper iz leta 1974, ki je še v veljavi, so za projektiranje javne meteorne kanalizacije predpisani nalivi s povratno dobo enega leta.

Ker območje luke ni vključeno v mrežo javne kanalizacije, pravilnika ni potrebno upoštevati. Poleg tega so podatki o nalivih zastareli.

**Preglednica 8: Nalivi s povratno dobo n = 1 leto (Pravilnik o smernicah ..., 1974)**

trajanje padavin	odtok l/sek
5 min	299
10 min	257
15 min	224
20 min	197
25 min	175
30 min	160
40 min	136
50 min	116
60 min	102

Vsakih 24 ur in 50 minut nastopita dvakrat plima in dvakrat oseka, ki je v povprečju visoka 60 cm, povprečna višina morske gladine pa se povečuje.



Slika 13: Sprememba morske gladine Tržaški zaliv 1900-2006 (Dvigovanje gladine ..., 2007)

V zadnjem času so v luki zabeležili več izrednih pojavov plimovanja in s tem poplav predvsem nižje ležečih delov luke.

Za določitev odtoka sem glede na podatke, ki sem jih dobila, izbrala padavine s povratno dobo enega leta in s trajanjem 5 minut Portorož – Beli Križ (TSC 03.380, 2004):  $209 \text{ l}/(\text{s} \times \text{ha})$

Za povratno dobo enega leta sem se odločila, ker bi daljša povratna doba pomenila upoštevanje večjega naliva in večje premere cevi ter posledično večje stroške izgradnje sistema. Izgradnja takega sistema bi bila nesmotna v primerjavi s stroški preplavitve oz. počasnejšega odtekanja vode z območja, ki je zaradi svoje nadmorske višine in v zadnjem času večkrat zabeleženih izjemnih dogodkov, prilagojena občasnim poplavam. Najvišja kota območja se nahaja okoli 3,0 m nadmorske višine, povprečna višina pa je približno 2,5 m.

Kota stoletne gladine morja s prišteto višino povprečnega vala je 2,76 m, kota desetletne višine gladine morja je 2,55 m (GLG projektiranje, 2010).

Ob primerjavi podanih višin je razvidno, da je luka poplavno ogrožena in da mora biti rešitev kanalizacijskega sistema v skladu z dejstvom, da bo večkrat preplavljena z morsko (slano) vodo.

## 4.2 Zasnova meteorne sistema

Odvodnjavanje meteorne vode bo potekalo po dveh sistemih. Prvi sistem bo odvajal čiste meteorne vode s streh objektov neposredno v vodonosnik. Drugi sistem bo zbiral odpadno meteorno vodo iz vozišč, skladiščnih prostorov in parkirišč ter jih pred izpustom v vodonosnik vodil v zbirne bazene onesnaženih padavinskih voda, kjer potekajo tudi procesi čiščenja in meritve parametrov vode pred izpustom v okolje. Cilj je povečanje preglednosti sistema – zmanjšanje števila izpustov in preprečevanje izlivanja onesnažene vode v vodonosnike brez predhodnega čiščenja.



Slika 14: Odvodnjavanje čiste meteorne vode s strešin

Za dvojni sistem odvodnje sem se odločila, ker so objekti razporejeni strnjeno, so večjih dimenzij in blizu možnim odvodnikom. Obenem so večje površine, predvsem v novejših, zalednih delih luke, brez pokritih površin in so v celoti povozne ter jih je treba upoštevati podobno kot cestne površine.

### 4.2.1 Določitev prispevnih površin

Prispevne površine sem določila s pomočjo geodetskega posnetka območja Luke Koper, na katerega sem predhodno vrisala približen potek meteorne kanalizacije.

Za odvodnjavanje s strešin je več podsistemov in izpustov – 21. Celoten prikaz je v grafičnih prilogah. Odvodnjavanje s cestišč in skladiščnih območij je razdeljeno na 12 podsistemov, ki so si med seboj po velikosti površine precej različni.

Površine strešin za posamezen podsistem čiste meteorne vode:

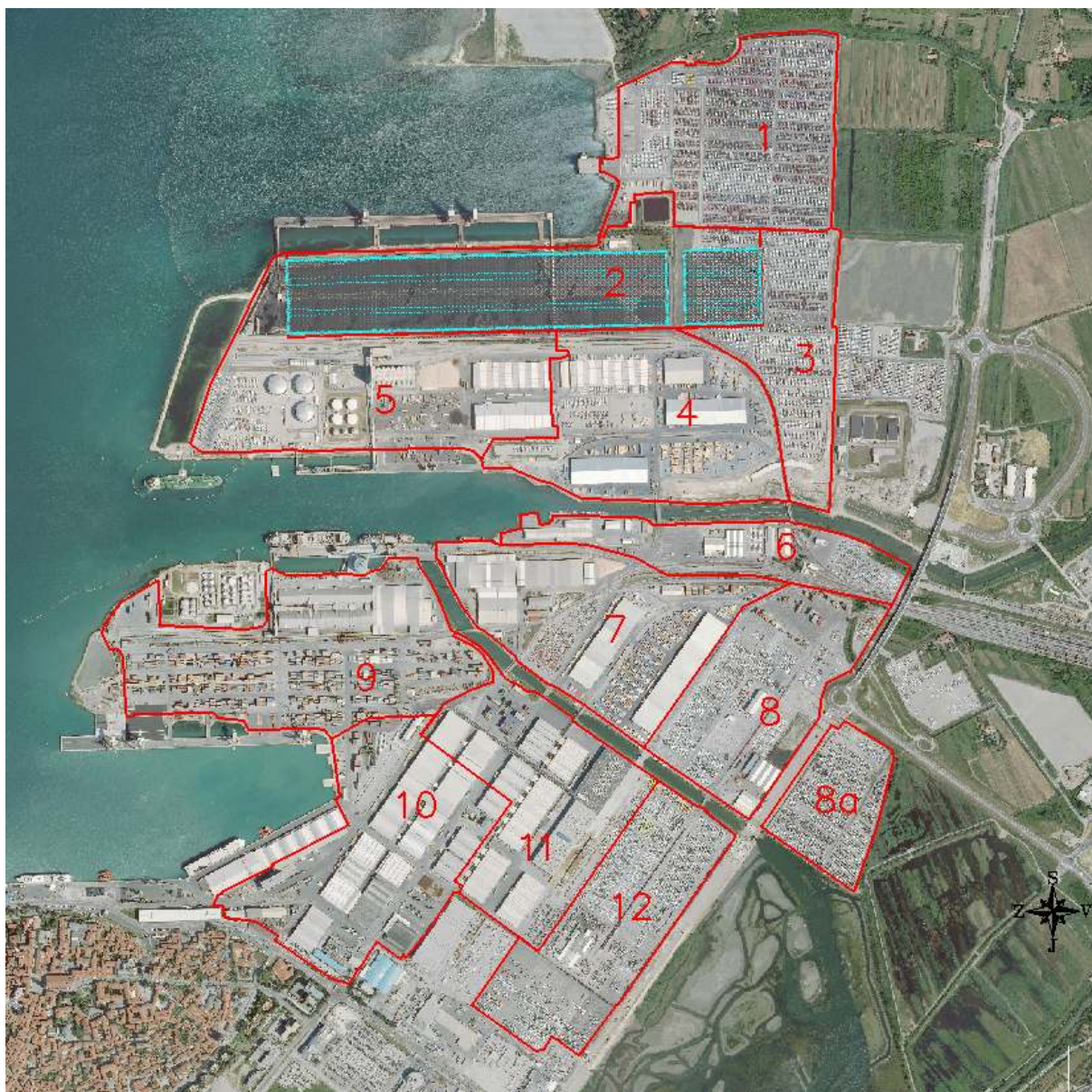
- PODSISTEM 1 = 939 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 2 = 2668 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 3 = 4859 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 4 = 38396 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 5 = 6646 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 6 = 21720 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 7 = 12754 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 8 = 25588 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 9 = 9490 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 10 = 6330 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 11 = 13205 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 12 = 14510 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 13 = 14840 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 14 = 16040 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 15 = 18500 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 16 = 13960 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 17 = 18970 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 18 = 7585 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 19 = 32136 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 20 = 34568 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 21 = 7780 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 22 = 25690 m<sup>2</sup>.

Na sliki 15 je prikazanih 22 podsistemov čiste meteorne vode s potekom cevi. Z rdečo črto so obrobene prispevne površine. Preglednejši prikaz je podan v grafičnih prilogah.



**Slika 15: Pod sistemi odvodnjavanja čiste meteorne vode**

Površine pod sistemov potencialno onesažene meteorne kanalizacije so določene na podlagi razmejitev terminalov, velikosti površine in oddaljenosti od odvodnika. Nisem želela, da bi bile potrebne cevi večjih dimenzij od 1,2 m in da ne bi bilo potrebno pri gradnji posegati globlje, kot bi bilo nujno potrebno. Razlog so nizke višine terena in visoka podtalnica.



**Slika 16: Pod sistemi odvodnjavanja odpadne meteorne vode**

Na sliki 16 so prikazana podobmočja odpadne meteorne vode, ki so obrobljena z rdečo črto. Podrobnejši prikaz je v grafičnih prilogah.

Pod sistemi so razvejani in so lahko sestavljeni iz več zbirnih vodov, ki se vežejo na glavni vod, sploh v primerih, kjer se odvodnjava večje nepozidane površine. Vodi so na medsebojni razdalji približno 35 m in nanje se vežejo požiralniki. Mreža je zasnovana na predpostavki, da padci ustrezajo postavitvi požiralnikov in so konstantni. Posamezni požiralnik pokriva od 250 do 600 m<sup>2</sup> pravokotne površine. Jaški so na medsebojni razdalji od 10 do 40 metrov, večinoma na približno 15 – 20 m, da omogočijo priključevanje požiralnikom.



V grobem so površine podsistemov velike:

- PODSISTEM 1 = 210116 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 2 = 210401 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 3 = 161305 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 4 = 176040 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 5 = 213572 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 6 = 88738 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 7 = 171072 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 8 = 121995 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 8a = 70864 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 9 = 212383 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 10 = 128918 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 11 = 127630 m<sup>2</sup>,
- PODSISTEM 12 = 164438 m<sup>2</sup>.

### 4.3 Modeliranje odtekanja padavinske vode

Modeliranje odtekanja padavinske vode s površin sem izvedla z računsko metodo opisano v poglavju 2.3. Zanj sem se odločila, ker so prispevne površine večinoma pravokotne oblike, nagib prispevnega območja v smeri toka je enakomeren in tudi hrapavost površine je konstantna.

Izbrani odtočni koeficienti:

- s strešin 95 %,
- z asfaltiranih površin 85 %,
- z makadamskih površin 30 %,
- z zelenih površin ni predvidenega odtoka, ker so večinoma na bregovih kanalov, reke in morja; voda odteka direktno v vodno telo (morje, vodotok...)
- na večjih območjih, kjer je trenutno makadam, sem predpostavila, da je podlaga asfaltirana, ker je makadam le začasna oblika utrditve tal.

#### 4.3.1 Odtok čiste meteorne vode s strešin

Izbrani naliv, kot je že bilo navedeno, je petminutni naliv s povratno dobo enega leta – 209 l/(s×ha), odtočni koeficient je 0,9 (strešine).

Za določitev podatkov kanalskega omrežja sem zaradi majhnih nagibov površine, za vse cevi predpostavila 0,3 % do 1 % padec.

Prikaz celotnega območja je v grafičnih prilogah.

- Podsystem 1:



Slika 17: Podsystem 1 čiste meteorne vode

**Preglednica 9: Odtok s strešin podsistema 1 - od jaška J1-1 do J1-3**

Jašek	Prispevna površina na jašek F [ha]	Padavinski odtok $Q = F \times j \times q'$ [m/s]	SQ
J1-1	0,0139	2,61459	
J1-2	0,04	7,524	10,13859
J1-3	0,04	7,524	17,66259
<b>IZPUST = 17,663 l/s</b>			

- Podsistema 2 in 3:



**Slika 18: Podsistema 2 in 3 čiste meteorne vode - od jaška J2-1 do J2-4 in od jaška J3-1 do J3-11**

**Preglednica 10: Odtok s strešin podsistema 2**

Jašek	Prispevna površina na jašek F [ha]	Padavinski odtok $Q = F \times j \times q'$ [m/s]	SQ
J2-1	0,0785	14,76585	
J2-2	0,0777	14,61537	29,38122
J2-3	0,0454	8,53974	37,92096
J2-4	0,06385	12,010185	49,931145
<b>IZPUST = 49,93 l/s</b>			

Preglednica 11: Odtok s strešin podsistema 3

Jašek	Prispevna površina na jašek F [ha]	Padavinski odtok $Q = F \times j$ $\times q'$ [m/s]	SQ
J3-1	0,079	14,8599	
J3-2	0,0514	9,66834	24,52824
J3-3	0,0324	6,09444	30,62268
J3-4	0,0307	5,77467	36,39735
J3-5	0,0532	10,00692	46,40427
J3-6	0,0541	10,17621	56,58048
J3-7	0,0607	11,41767	
J3-8	0,04	7,524	18,94167
J3-9	0,0393	7,39233	26,334
J3-10	0,0193	3,63033	29,96433
J3-11	0,0263	4,94703	91,49184
<b>IZPUST = 91,49 l/s</b>			

Glede na to, da je pri določanju odtoka čiste meteorne vode upoštevana le računsko metoda površinskega odtoka in je pri vseh 22 podsistemih enak postopek, bom za naslednja ločena območja navedla le količino vode na izpustu.

V grafičnih prilogah so pregledneje prikazani vsi podsistemi čiste meteorne vode s potekom vodov in lokacijami jaškov.

**Preglednica 12: Odtok s strešin od podsistema 4 do podsistema 22**

Številka podsistema	površinski odtok [l/s]
4	722,23
5	125,01
6	408,55
7	239,90
8	481,31
9	178,51
10	119,07
11	248,39
12	272,93
13	279,14
14	301,71
15	347,99
16	262,59
17	356,83
18	142,67
19	604,48
20	650,22
21	146,34
22	465,47

- Podsystem 4:



Slika 19: Podsystem 4 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J4-1 do J4-83

- Podsystem 5:



Slika 20: Podsystem 5 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J5-1 do J5-16

- Podsystem 6:



Slika 21: Podsystem 6 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J6-1 do J6-24

- Podsystemi 7, 10 in 11:



Slika 22: Podsystemi 7, 10 in 11 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J7-1 do J7-13, od jaška J10-1 do J10-4 in od jaška J11-1 do J11-15

- Podsystema 8 in 9:



Slika 23: Podsystema 8 in 9 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J8-1 do J8-31 in od jaška J9-1 do J9-13



- Podсистема 12 in 14:



Slika 24: Podсистема 12 in 14 odvodnjavanja čiste meteorne vode- od jaška J12-1 do J12-12 in od jaška J14-1 do J14-17

- Podсистема 13 in 17:



Slika 25: Podсистема 13 in 17 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J13-1 do J13-13 in od jaška J7-1 do J17-14

- Podсистема 15 in 16:



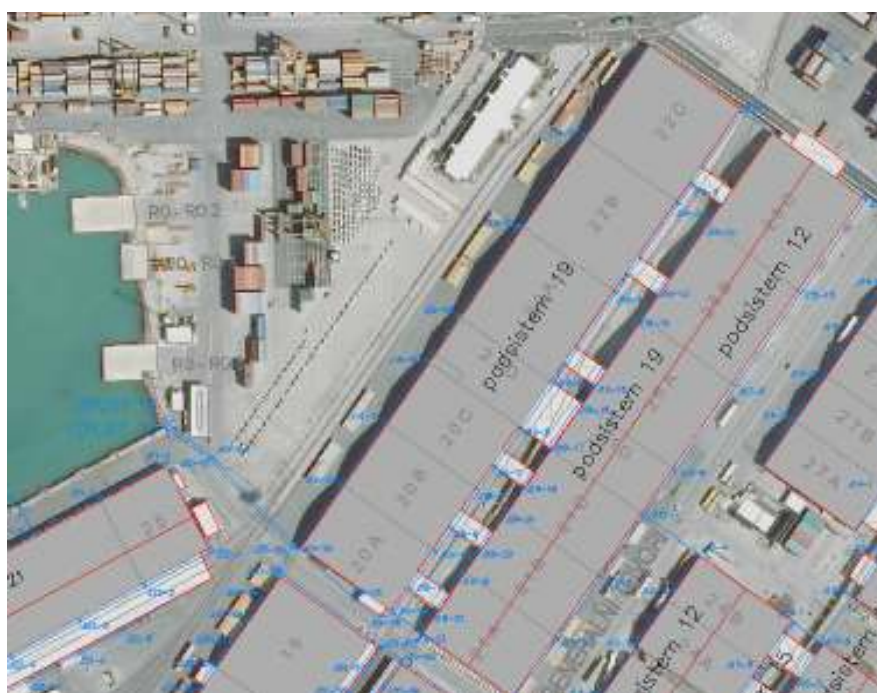
Slika 26: Podсистема 15 in 16 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J15-1 do J15-19 in od jaška J16-1 do J16-23

- Podsystem 18:



Slika 27: Podsystem 18 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J18-1 do J18-13

- Podsystem 19:



Slika 28: Podsystem 19 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J19-1 do J19-34

- Podсистема 20 in 21:



Slika 29: Podсистема 20 in 21 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J20-1 do J20-61 in od jaška J12-1 do J21-6

- Podsystem 22:



Slika 30: Podsystem 22 odvodnjavanja čiste meteorne vode - od jaška J22-1 do J22-61

#### 4.3.2 Analiza odtoka čiste meteorne vode

Premere in padce sem določila s pomočjo spletne kalkulacije, ki temelji na Colebrook-Whitovi formuli na spletni strani <http://calculation.pipelife-documents.com/colebrookpf/>.

Preglednica 13: Pretok, padec, premer cevi in kota na iztoku čiste meteorne vode

Številka podsistema	Padavinski odtok $Q = F \times j \times q'$ [ l / s ]	Padec cevi I [ % ]	Premer cevi $\emptyset$ [ m ]	Kota na iztoku [ m.n.v. ]
1	17,66	0,2	0,25	1,53
2	49,93	0,35	0,25	1,40
3	91,49	0,2	0,4	1,18
4	722,23	0,2	0,8	0,80
5	125,01	0,2	0,4	1,25
6	408,55	0,3	0,6	0,92
7	239,9	0,3	0,5	0,33
8	481,31	0,1	0,8	0,08
9	178,51	0,1	0,6	0,23
10	119,07	0,2	0,4	1,33
11	248,39	0,3	0,5	0,51
12	272,93	0,3	0,5	0,09
13	279,14	0,3	0,5	0,18
14	301,71	0,2	0,6	0,55
15	347,99	0,2	0,6	0,55
16	262,59	0,3	0,5	0,00
17	356,83	0,2	0,6	0,63
18	142,67	0,3	0,4	0,60
19	604,48	0,1	0,8	0,05
20	650,22	0,2	0,8	0,05
21	146,34	0,3	0,4	1,12
22	483,23	0,1	0,8	0,27

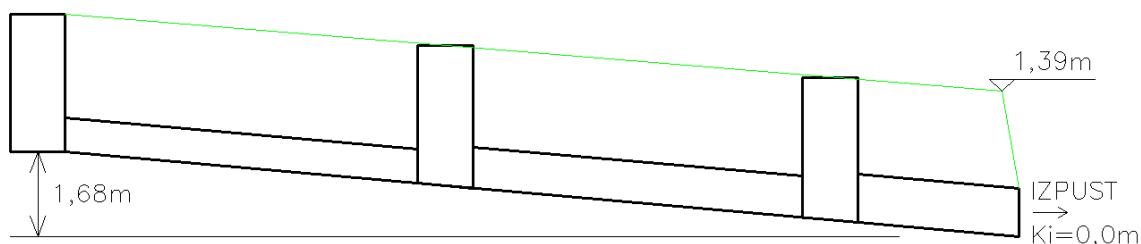
Največji odtok se pojavi pri podsistemu 4 in sicer 722,23 l/s in je dolžine 510 m. Podsistem z najdaljšim cevni sistemom je podsistem 16, z odtokom 262,59 l/s in je dolg 560 metrov. Pri

podsystemu 4 je cev na iztoku premera 80 cm, pri številki 16 pa 50 cm. Globina vrha cevi je minimalno 0,55 m (debelina cestnega ustroja) pod koto terena.

Pri takšnih pretokih – premerih cevi in dolžini se pojavi problem na točki iztoka v vodonosnik. Zaradi potrebnega minimalnega padca in premera cevi, obenem pa skoraj ničnega padca terena, je kota iztoka relativno nizko in je izpostavljena povratnemu toku z vdorom morske vode.

Glede na podatke dveh skrajnih primerov je največja višinska razlika med terenom in koto iztoka pri določenem vzdolžnem padcu cevi 0,2 % pri podsystemu 4. A ker je višina terena na območju, s katerega se odvaja voda, večinoma nad 2,8 m (najnižja točka je 2,3 m, najvišja pa 3,25 m), je kota iztoka lahko največ +0,8 m nad srednjim nivojem morja.

Drugače je na podsystemu 16, kjer je kota terena na robu asfaltiranega platoja pri izpustu 1,39 m. Teren proti notranjosti narašča do cca. 2,5 m n. v. Glede na višine v pridobljenih geodetskih posnetkih je to najnižja točka tudi v primerjavi z ostalimi podsystemi. Kota na iztoku št. 16 je  $\pm 0,0$  m.

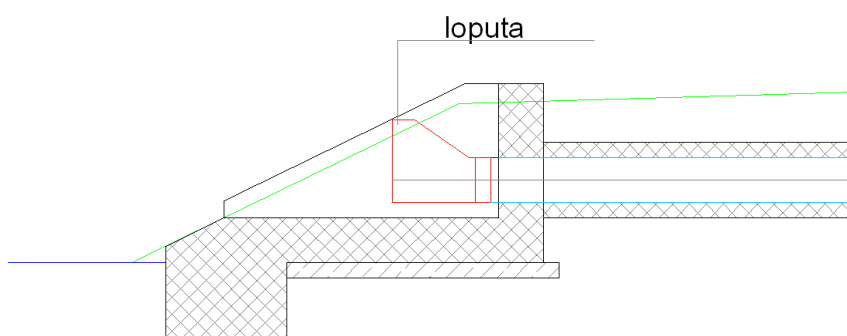


**Slika 31: Višinska razlika med koto dna najbolj oddaljenega jaška in izpusta podsystema 16**

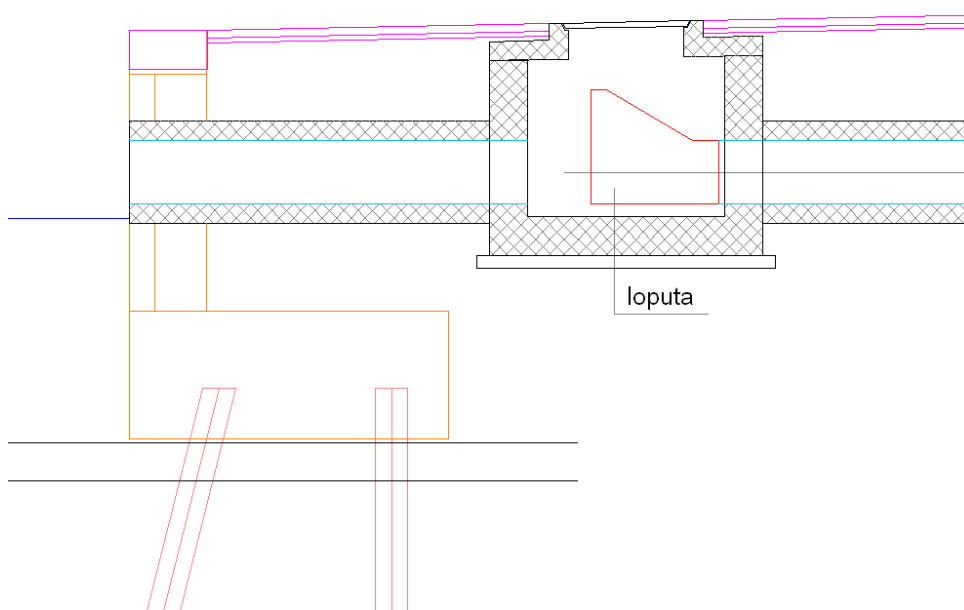
Obstoječa kota iztoka, ki se nahaja na istem mestu kot izpust podsystema 16, je  $-0,13$  m n. v. Projektirana višina iztoka je ugodnejša od obstoječe.

Višine iztokov vseh ostalih podsystemov so nad koto  $\pm 0,0$  m n. v. Ne glede na to, jih ob plimi poplavi, zato so na iztoku predvidene protipovratne lopute. Lopute preprečujejo tudi vdor plavajočih nečistoč v sistem, ki bi lahko povzročili zmanjšanje pretočnosti ali s časoma celo zamašili cev.

Na izpostavljenih mestih, kjer na izpust neposredno vpliva valovanje in kjer bi posegel izven linije obale, se protipovratno loputo izvede v dodatnem jašku tik pred samim izpustom v vodonosnik.



Slika 32: Loputa, ki preprečuje vdor morja v sistem na neutrjenem delu obale



Slika 33: Loputa, ki preprečuje vdor morja v sistem na izpostavljenem delu in utrjeni obali

Ob visoki gladini morja (plima 1 m) meteorna voda odteka pri polnem kanalu. Ob istočasnem dogodku visokih vod in ekstremnih padavinah, bi padavinska voda lahko poplavila skozi pokrove jaškov, saj sistem nima veliko retenzijske sposobnosti. Dvig pokrovov se lahko prepreči z vodotesnimi pokrovi jaškov z zaklepom. Tako bi voda s strešin, tudi ob visokih vodah, nemoteno odtekala zaradi večjega potenciala.

#### 4.3.3 Odtok meteorne vode s povoznih odprtih skladiščnih površin

Podatki za izračun odtoka in toka po ceveh so enaki kot pri sistemu odvodnje čiste meteorne vode in sicer:

- petminutni naliv s povratno dobo enega leta –  $209 \text{ l}/(\text{s} \times \text{ha})$ ,
- odtočni koeficient je 0,85 (asfaltne površine).

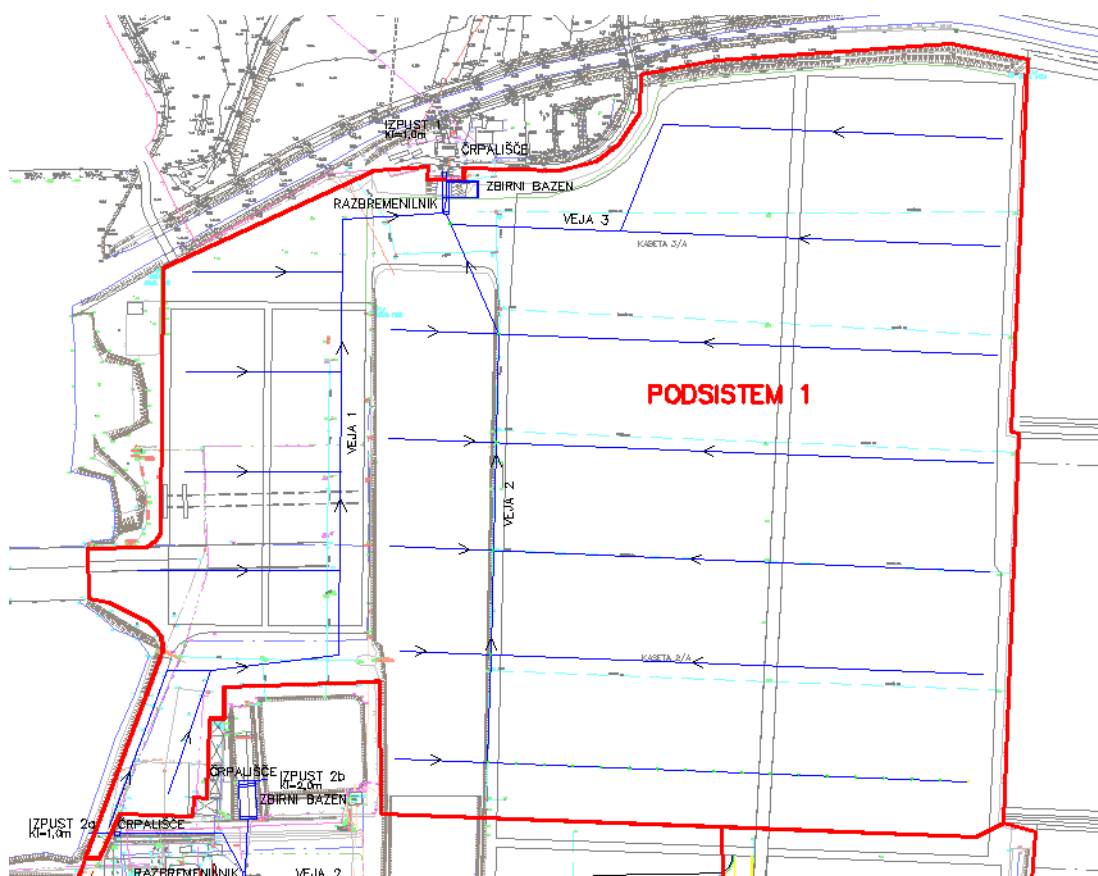
Padavine, ki padejo na povozne površine, se med odtekanjem onesnažijo s snovmi, ki jih izločajo vozila in tovor, ki se nahajajo na njih. Dodatno vedno obstaja nevarnost različnih razlitij. Poleg tega so manipulativne površine v Luki Koper »žive«. Njihov namen se s časoma spreminja glede na potrebe. Način in vsebina tovara se prilagaja trgu oz. poslovnim odločitvam.

Uporabljeni odtočni koeficient je predviden za odtok z asfaltiranih površin za celotno območje tudi na mestih, kjer je trenutna utrditev makadam, saj je asfaltiranje predvideno za celotno območje. Asfaltna površina je neprepustna in posledično poveča odtok in s tem tudi preprečuje oz. zmanjšuje možnost onesnaženja tal.

Preglednejše situacije odpadne meteorne vode so prikazane v grafičnih prilogah.

- Podsystem 1:

Na območju podsistema 1 je obstoječa površina terminala za avtomobile, po kateri odteka voda, delno makadam, delno asfalt. Obstoječega sistema za odvodnjavanje ni. Glede na pridobljene podatke je na območju prisotna le drenaža.



Slika 34: Podsystem 1 odvodnjavanja onesnažene meteorne vode



Z ureditvijo območja bo voda odtekala s pomočjo prečnega in vzdolžnega nagiba (strešni način). Najprej se bo zbirala v muldi ali ob robniku, ki poteka po zunanjem robu, v kanalizacijski sistem pa bo pritekala skozi požiralnike preko vtoka skozi rešetko ali pod robnikom.

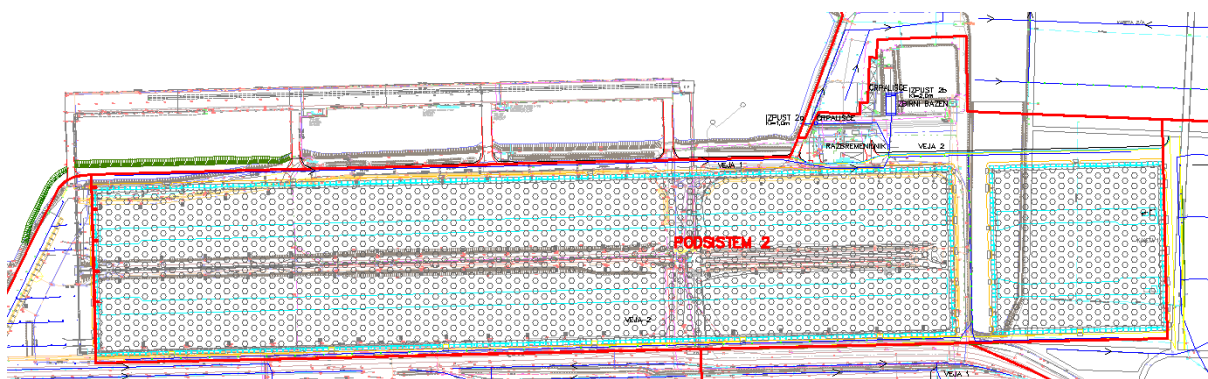
Predvideni kanalizacijski sistem je speljan proti severu območja, kjer se nahaja že obstoječe črpališče, s katerim so pred zasutjem prečrpavali odvečno vodo iz osrednjega kanala.

#### - Podsystem 2:

V obravnavanem območju se nahaja terminal za razsuti tovor, ki predstavlja enega glavnih onesnaževalcev na celotnem območju Luke Koper in za katerega je predvidena preureditev, ki bo zmanjšala vplive na okolje. Že sedaj se voda z območja delno zbira in odvaja preko razbremenilnika in usedalnika površine približno 700 m<sup>2</sup> (globina ni izmerjena) s pomočjo črpalke v odprti bazen na severovzhodni strani glede na terminal s površino približno 3200 m<sup>2</sup>.

Z novo kanalizacijo ukinemo vse neposredne izpuste v morje in preusmerimo celotno odpadno meteorno vodo v zbirni bazen.

Pri določitvi odtoka se upošteva, da je iz območja, kjer se nahajata železova ruda in premog ter je predvideno nadkritje, odtok manjši – koeficient odtoka 0,5. Nadkritje namreč ni standardno, ampak z odprtinami tako v strehi kot stenah, ki omogoča naravno ventiliranje, istočasno pa dopušča vtok meteorne vode.

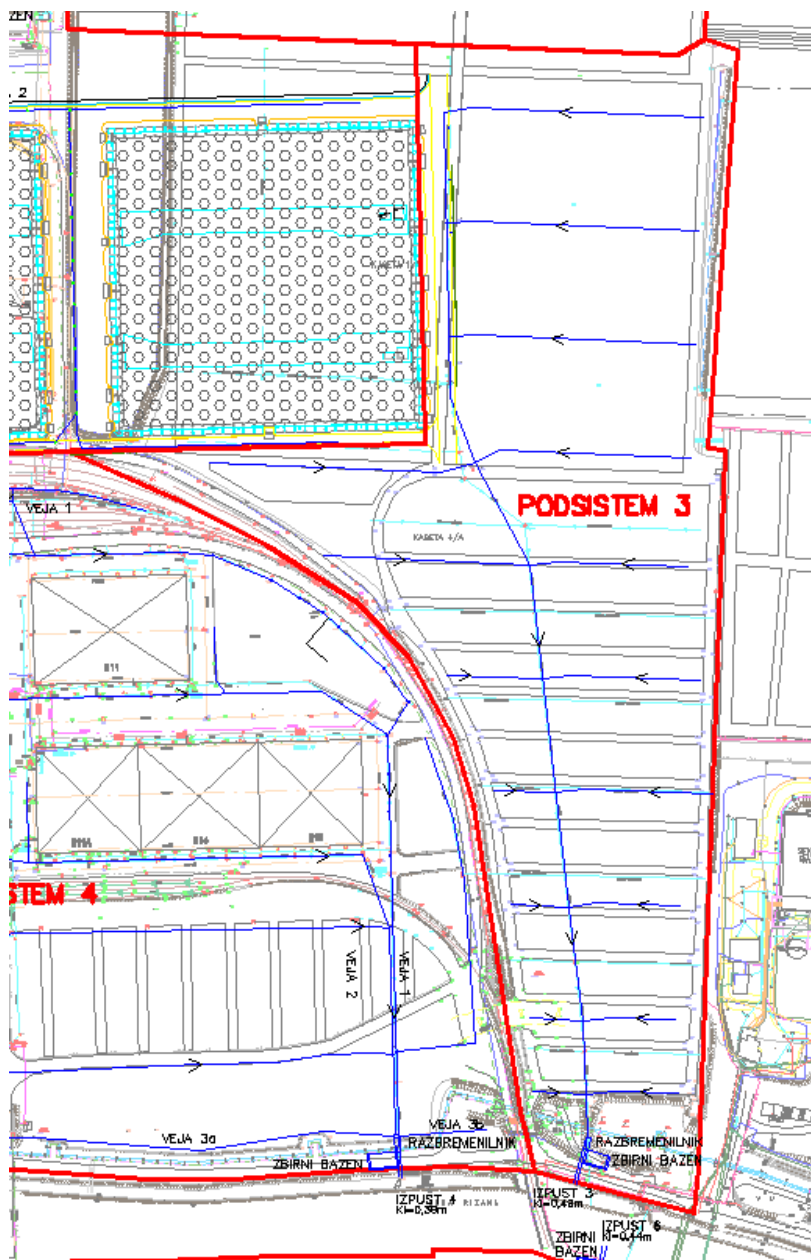


Slika 35: Podsystem 2 odvodnjavanja onesnažene meteorne vode

#### - Podsystem 3:

Območje je delno asfaltirano, delno pa ga prekriva makadam. Za odvodnjo vode je urejena le drenaža. Kakor pri podsistemu 1, je tudi pri podsistemu 3 pri določitvi odtoka predpostavljeno, da je površina v

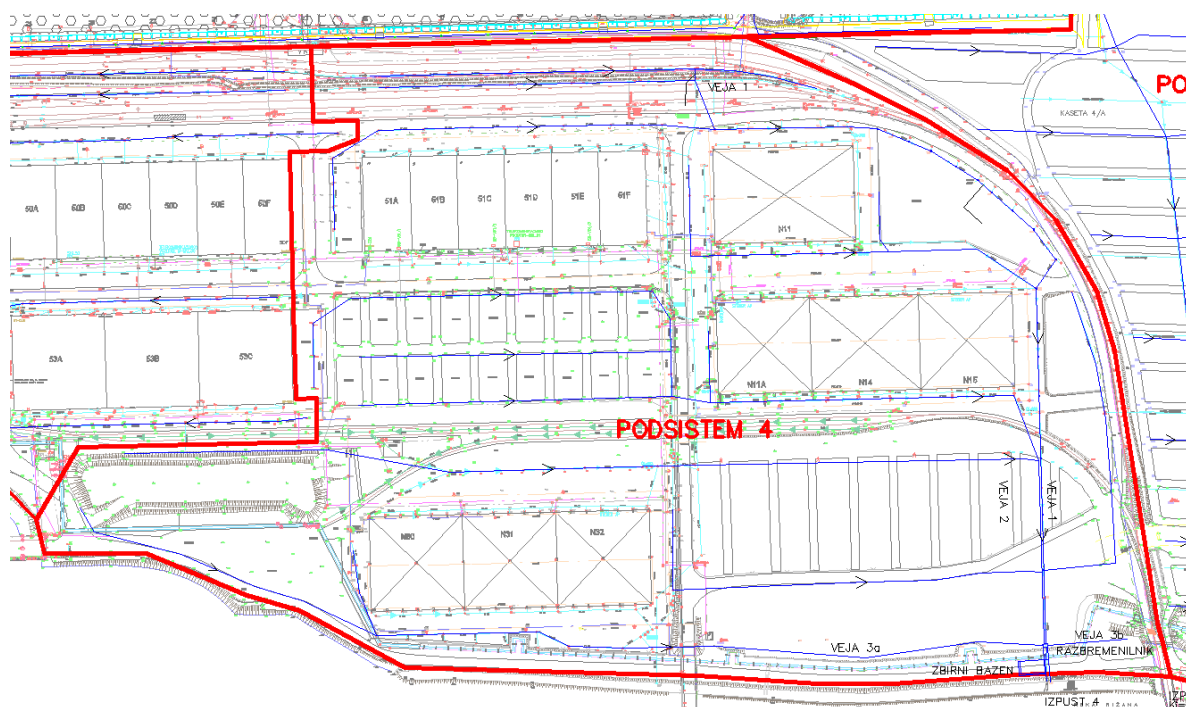
celoti asfaltirana. Sistem pada proti jugu in se izliva v reko Rižano. Obsega avtomobilski in kamionski terminal.



Slika 36: Podsistem 3 odvodnjavanja onesažene meteorne vode

- Podsistem 4:

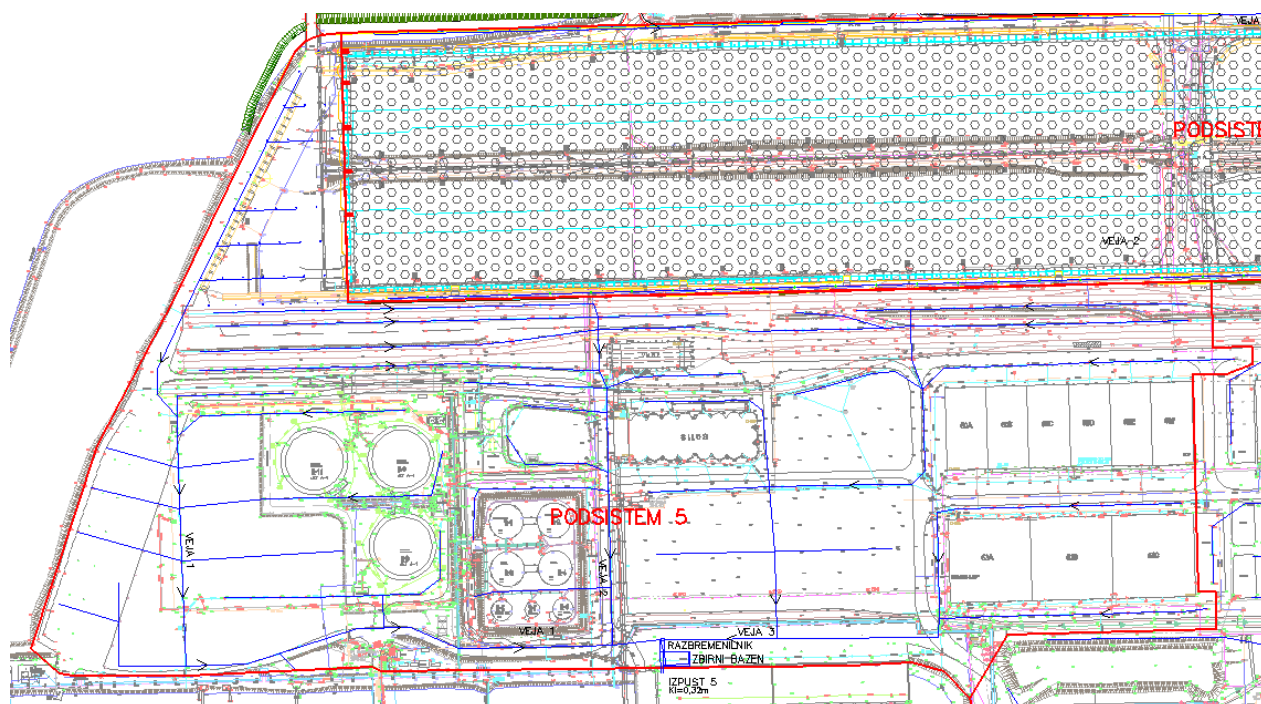
V podsistemu 4 se nahajajo večje hale, terminal za les, manipulative površine in dostopne ceste. V okolici objektov je že urejeno odvodnjavanje, delno tudi na dostopnih cestah, drugje še ni. Projektirani sistem se izteka v reko Rižano. Zaradi bližine izpusta podsistema 3, je možno postaviti tako en skupen kot dva ločena zadrževalnika.



Slika 37: Podsystem 4 odvodnjavanja onesnažene meteorne vode

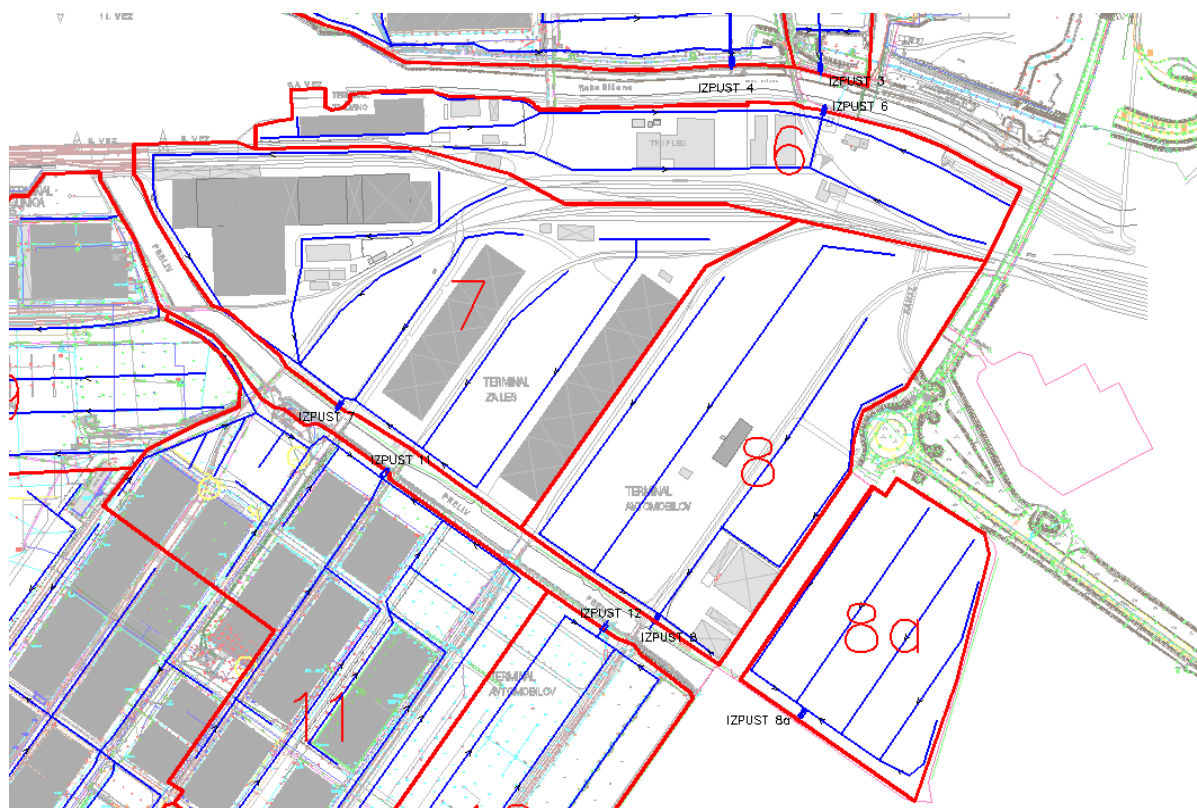
- Podsystem 5:

Odvodnjavanje je delno urejeno s kanalizacijo in z več izpusti neposredno speljano v morje. V celoti zbrane vode v podsistemu 5 se stekajo proti jugu proti bazenu II – morju.



Slika 38. Podsystem 5 odvodnjavanja onesnažene meteorne vode

- Podsystemi 6, 7, 8 in 8a:



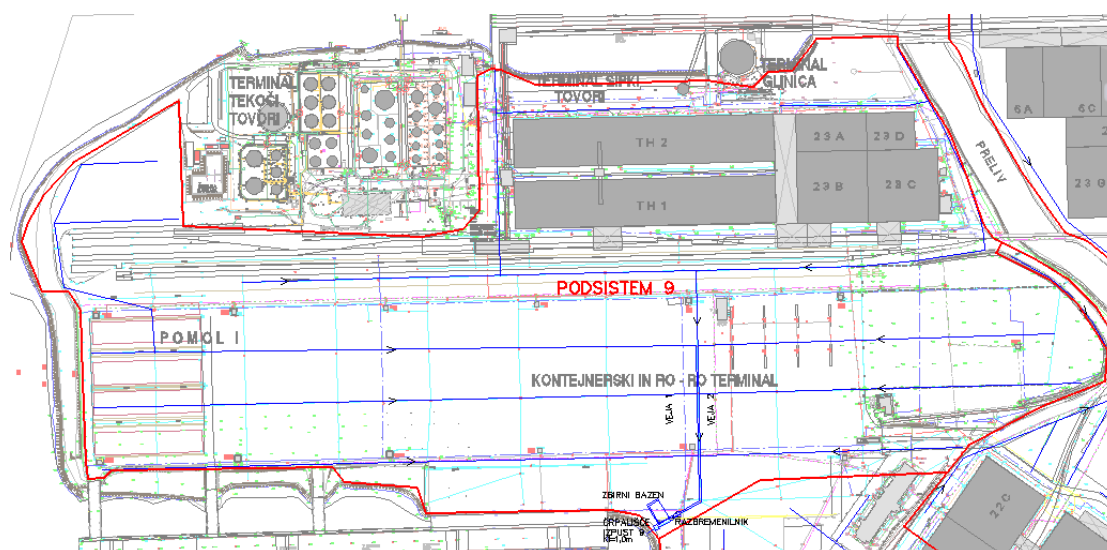
Slika 39: Podsystem 5 odvodnjavanja onesnažene meteorne vode

Območje med reko Rižano in prelivom, ki povezuje Škocjanski zatok z morjem, se deli na tri oz. štiri dele. Podsystem 6 je severno od železniških tirov in se izteka v reko Rižano; sistemi 7, 8 in 8a so južno in se iztekajo v preliv. Celotno območje je asfaltirano.

V severnem delu je manj manipulativnih površin, v južnem delu pa prevladujejo. Uporabljene so predvsem kot parkirne površine. Od pridobitve geodetskih podatkov je bila zgrajena koprška vpadnica, ki poteka od krožišča proti jugozahodu. Cestna povezava je razdelila podsistema 8 in 8a.

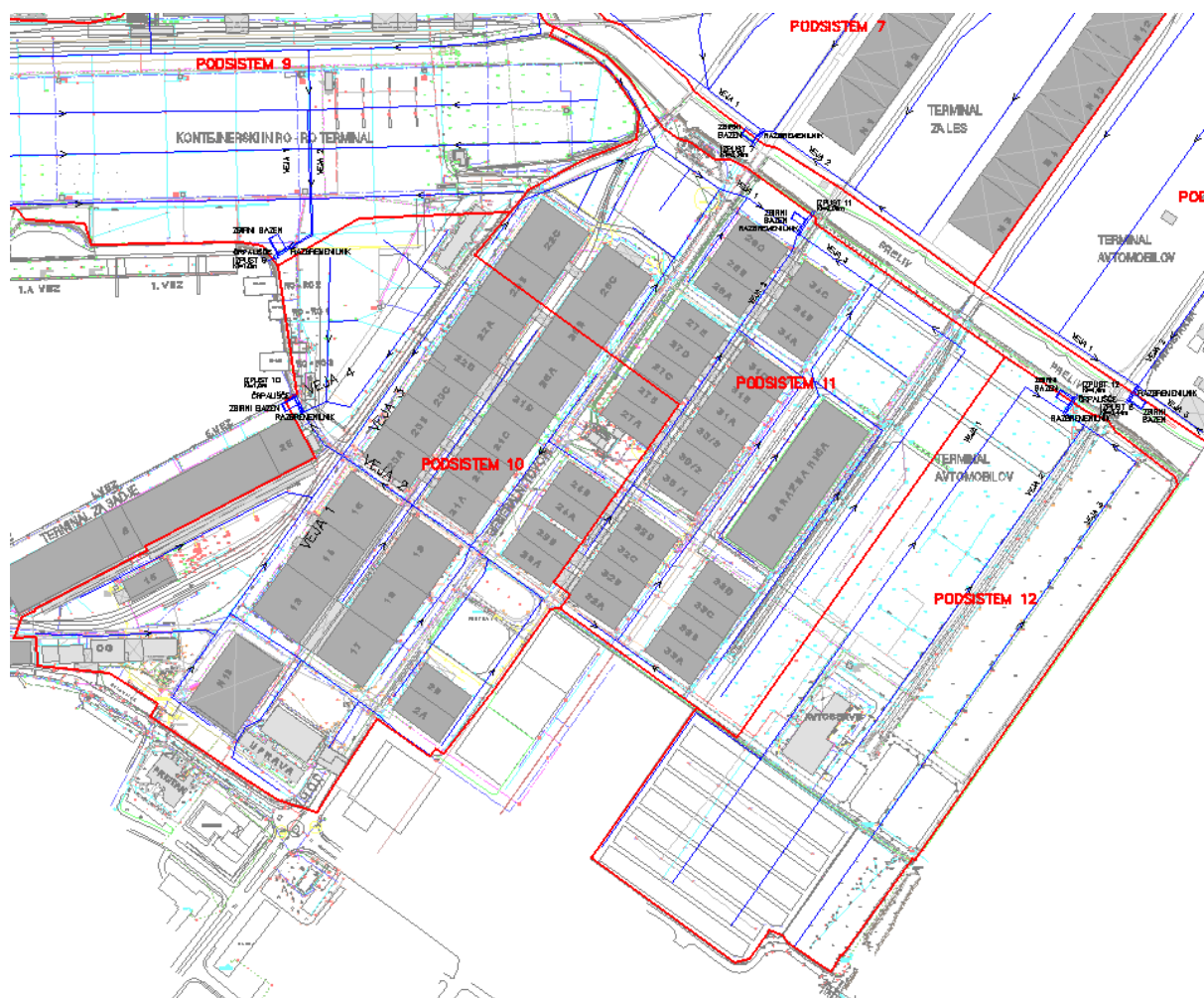
- Podsystem 9:

V podsistem 9 je zajeta meteorna voda s prvega pomola, z izjemo območja terminala za tekoči tovor. Največji delež odvodnih površin predstavlja kontejnerski in RO-RO terminal. Voda je speljana proti jugu oz. se izteka v bazen I. Podlaga je asfalt.



Slika 40: Podsystem 9 odvodnjavanja onesnažene meteorne vode

- Podsystemi 10, 11 in 12:



Slika 41: Podsystemi 10, 11 in 12 odvodnjavanja onesnažene meteorne vode

Voda odteka z dostopnih cest in parkirnih površin. Izpusta za podsistema 11 in 12 sta na bregu prekopa, ki povezuje Škocjanski zatok z morjem, voda iz podsistema 10 pa se izliva v morje v bazenu I. Površine so v celoti asfaltirane.

#### IZRAČUNI:

Pri določanju cevi in padcev sem upoštevala koeficient hrapavosti za plastične cevi 0,01 mm do velikosti premera 1,0 m. V primerih, ko so zaradi večjih količin vode predvidene cevi premera 1,2 m, so cevi betonske – koeficient hrapavosti 1 mm. Podatek za vrednost koeficienta sem vzela iz priporočila na spletni strani *Colebrook-White calculation for partially filled pipes* (<http://calculation.pipelife-documents.com/colebrookpf/>). Koeficient sem uporabila pri določanju padca in premera.

**Preglednica 14: Izračun pretokov onesnažene meteorne vode**

<b>Prispevna površina</b>	<b>Površina F [ ha ]</b>	<b>Odtočni koeficient j</b>	<b>q's [ l / s / ha ]</b>	<b>Padavinski odtok Q = F × j × q' [ l / s ]</b>
Podsistem 1	20,94	0,85	209	3719,48
veja 1	4,39	0,85	209	779,95
veja 2	13,45	0,85	209	2389,82
veja 3	3,09	0,85	209	549,70
Podsistem 2	4,72	0,85	209	838,49
	18,31	0,45	209	1721,95
veja 1	9,09	0,50	209	958,98
veja 2	13,96	0,55	209	1601,46
Podsistem 3	11,25	0,85	209	1998,95
Podsistem 4	16,48	0,85	209	2926,79
veja 1	6,06	0,85	209	1075,92
veja 2	6,89	0,85	209	1224,42
veja 3a	3,18	0,85	209	564,96
veja 3b	0,35	0,85	209	61,48
Podsistem 5	21,85	0,85	209	3881,08
veja 1	8,09	0,85	209	1437,63
veja 2	5,12	0,85	209	908,79
veja 3	8,64	0,85	209	1534,67
Podsistem 6	8,85	0,85	209	1572,58
veja 1	3,06	0,85	209	543,61

veja 2	1,86	0,85	209	330,29
veja 3	2,47	0,85	209	438,48
veja 4	1,46	0,85	209	259,87
Podsistem 7	14,09	0,85	209	2503,75
veja 1	5,68	0,85	209	1008,57
veja 2	8,42	0,85	209	1495,17
Podsistem 8	15,23	0,85	209	2704,97
veja 1	8,47	0,85	209	1505,03
veja 2	6,55	0,85	209	1162,72
veja 3	0,21	0,85	209	37,22
Podsistem 8a	7,09	0,85	209	1258,92
veja 1	3,40	0,85	209	604,70
veja 2	3,68	0,85	209	654,21
Podsistem 9	21,25	0,85	209	3774,62
veja 1	9,83	0,85	209	1746,57
veja 2	11,42	0,85	209	2028,05
Podsistem 10	13,20	0,85	209	2344,14
veja 1	5,08	0,85	209	902,07
veja 2	4,11	0,85	209	730,92
veja 3	0,82	0,85	209	145,99
veja 4	3,18	0,85	209	565,16
Podsistem 11	11,51	0,85	209	2044,73
veja 1	3,49	0,85	209	620,34
veja 2	1,16	0,85	209	206,32
veja 3	6,86	0,85	209	1218,08
Podsistem 12	16,44	0,85	209	2921,24
veja 1	6,18	0,85	209	1098,02
veja 2	4,91	0,85	209	872,56
veja 3	5,35	0,85	209	950,66

Preglednica 15: Določitev padca in premer potrebnih cevi

Prispevna površina	Padavinski odtok $Q = F \times j \times q'$ [ l / s ]	Padavinski odtok $Q = F \times j \times q'$ [ m <sup>3</sup> / s ]	Padec cevi I [ % ]	Premer cevi Ø [ m ]
Podsistem 1	3719,48	3,72	0,30%	1,4
veja 1	779,95	0,78	0,30%	0,80
veja 2	2389,82	2,39	0,30%	1,20

veja 3	549,70	0,55	0,30%	0,70
Podsistem 2	838,49	$\Sigma=2,56$	0,50%	1,00
	1721,95			
veja 1	958,98	0,96	0,20%	1,00
veja 2	1601,46	1,60	0,21%	1,00
Podsistem 3	1998,95	2,00	0,20%	1,4
Podsistem 4	2926,79	2,93	0,30%	2×1,0
veja 1	1075,92	1,08	0,20%	1,00
veja 2	1224,42	1,22	0,25%	1,00
veja 3a	564,96	0,56	0,20%	0,80
veja 3b	61,48	0,06	0,50%	0,25
Podsistem 5	3881,08	3,88	0,30%	1,4
veja 1	1437,63	1,44	0,20%	1,00
veja 2	908,79	0,91	0,30%	0,80
veja 3	1534,67	1,53	0,20%	1,00
Podsistem 6	1572,24	1,57	0,30%	1,00
veja 1	543,61	0,49	0,10%	0,80
veja 2	330,29	0,33	0,30%	0,60
veja 3	438,48	0,44	0,10%	0,80
veja 4	259,87	0,26	0,30%	0,60
Podsistem 7	2503,75	2,50	0,50%	1,00
veja 1	1008,57	1,01	0,20%	1,00
veja 2	1495,17	1,50	0,20%	1,00
Podsistem 8	2704,97	2,70	0,55%	1,0
veja 1	1505,03	1,51	0,20%	1,00
veja 2	1162,72	1,16	0,30%	1,00
veja 3	37,22	0,04	0,50%	0,25
Podsistem 8a	1258,92	1,26	0,20%	1,00
veja 1	604,70	0,60	0,20%	0,80
veja 2	654,21	0,65	0,20%	0,80
Podsistem 9	3774,62	3,77	2,00%	1,0
veja 1	1746,57	1,75	0,20%	1,20
veja 2	2028,05	2,03	0,30%	1,20
Podsistem 10	2344,14	2,34	0,45%	1,0
veja 1	902,07	0,90	0,40%	0,80
veja 2	730,92	0,73	0,30%	0,80
veja 3	145,99	0,15	0,30%	0,40
veja 4	565,16	0,57	0,10%	0,80
Podsistem 11	2044,73	2,04	0,35%	1,00



veja 1	620,34	0,62	0,20%	0,80
veja 2	206,31	0,21	0,20%	0,50
veja 3	1218,08	1,22	0,15%	1,00
Podsistem 12	2921,24	2,92	0,65%	1,00
veja 1	1098,02	1,10	0,20%	1,00
veja 2	872,56	0,87	0,20%	0,80
veja 3	950,66	0,95	0,20%	1,00

Podrobnejši grafični prikazi, ki prikazujejo potek vodov oz. vej podsistemov odvodnjavanja onesnažene meteorne vode (na katere se nanašajo vhodni podatki izračunov), so v prilogah.

#### 4.3.4 Analiza odtoka odpadne meteorne vode

Največji podsistem, s katerega se odvodnjava odpadno meteorno vodo, je podsistem številka 2 in obsega 23,05 ha veliko površino. Je tudi najdaljši z 1164,2 m dolgo vejo. Največji pretok je pri podsistemu 5 in sicer 3,88 m<sup>3</sup>/s. Dolžina najdaljše veje podsistema 5 je približno 821 m. Najmanjša količina odvedene vode je predvidena pri podsistemu 8a.

Globina vrha cevi je minimalno 0,55 m (debelina cestnega ustroja) pod koto terena. Izbrani material cevi pri premerih do 0,8 m je PVC, pri premerih 1,0 m PP, pri premerih nad 1,2 m pa so predvidene betonske cevi.

Zaradi višinske razlike in zaradi čiščenja vode v zadrževalnem/čistilnem objektu bo potrebno za vsak podsistem posebej ugotoviti, ali je mogoče izvesti direkten (gravitacijski) izpust v odvodnik, ali bo potrebno predvideti tudi črpališče.

Za vsak podsistem je izrisan vzdolžni prerez veje, ki je najbolj kritičen, kar pomeni, da je padec cevovoda največji oz. da je kota iztoka najnižja.

#### 4.3.5 Zadrževalni objekt

Zadrževalni objekt bo služil kot lovilec olj in usedalnik, v primeru razlitij pa bo zadržal onesnaženje preden bi le-to doseglo vodne površine v neposredni bližini. Kot je že navedeno, obkrožajo luko s treh strani Jadransko morje, reka Rižana in Škocjanski zatok, kar spada pod vode prvega reda. Velikost zadrževalnega objekta mora biti najmanj taka, da v primeru razlitja cisterne v celoti zadrži njeno vsebino. Cisterne so različnih velikosti, dosegajo pa do 36 m<sup>3</sup> prostornine (večinoma okoli 20 m<sup>3</sup>). Minimalna priporočena efektivna prostornina zadrževalnih bazenov je 50 m<sup>3</sup>.

Za določitev zadostnega volumna zadrževalnika sem upoštevala čas trajanja padavin 15 minut in intenziteto 15 l/s×ha, kot je navedeno v Uredbi o emisiji snovi pri odvajanju padavinske vode z javnih cest, 4. člen, 2. odstavek.

**Preglednica 16: Izračunani volumni zadrževalnih bazenov podsistemov**

Prispevna površina	Površina F [ ha ]	Odočni koeficient j	Padavinski odtok q [ l / s / ha ]	Padavinski odtok Q = F × j × q' [ l / s ]	Padavinski odtok Q = F × j × q' [ m <sup>3</sup> / s ]	Velikost zadrževalnika V = Q × 15 × 60 [ m <sup>3</sup> ]
Podsistem 1	20,94	1	15	314,06	0,31	282,65
Podsistem 2	4,72	1	15	70,80	Σ=0,35	310,91
	18,31	1	15	274,65		
Podsistem 3	11,25	1	15	168,78	0,17	151,90
Podsistem 4	16,48	1	15	247,13	0,25	222,41
Podsistem 5	21,85	1	15	327,70	0,33	294,93
Podsistem 6	8,85	1	15	132,78	0,13	119,50
Podsistem 7	14,09	1	15	211,41	0,21	190,26
Podsistem 8	15,23	1	15	228,40	0,23	205,56
Podsistem 8a	7,09	1	15	106,30	0,11	95,67
Podsistem 9	21,25	1	15	318,71	0,32	286,84
Podsistem 10	13,20	1	15	198,00	0,20	178,20
Podsistem 11	11,51	1	15	172,65	0,17	155,38
Podsistem 12	16,44	1	15	246,66	0,25	221,99

Glede na velike asfaltirane površine in posledično odtok so izračunane vrednosti volumnov večje od priporočenega minimalnega. Pri določitvi volumnov zadrževalnih objektov sem pri vseh objektih upoštevala izračune prikazane v Tabeli 18, razen pri podsistemu 2, ki odvaja vodo z območja energetskega terminala. Pri omenjenemu podsistemu sem za določitev dimenzij bazena dodatno upoštevala, da se mora zagotoviti usedanje premogovega delca velikosti 0,01 cm. Takšno velikost delca sem izbrala, ker se vode po obdelavi na objektu prečrpavajo v laguno s kapaciteto 2000 m<sup>3</sup>, kar je v primerjavi z ostalimi odvodniki manjše in ker se voda iz lagune ponovno uporabi za škropljenje premoga in železove rude.

Pri določanju velikosti stranic bazenov sem upoštevala priporočeno razmerje med širino in dolžino, ki je 1 : 1,8.

Preglednica 17: Efektivni volumni usedalnikov in njihove dimenzije

Podsistem	Predvidena efektivna prostornina [ m <sup>3</sup> ]	Velikost stranic			Velikost zadrževalnega bazena [ m <sup>3</sup> ]
		H [ m ]	B [ m ]	L [ m ]	
1	282,65	1,8	9,5	17,1	292,41
2	310,91	1,8	10	18	324,00
3	151,90	1,8	7	12,6	158,76
4	222,41	1,8	8,5	15,3	234,09
5	294,93	1,8	9,6	17,28	298,60
6	119,50	1,8	6,2	11,16	124,55
7	190,26	1,8	7,8	14,04	197,12
8	205,56	1,8	8	14,4	207,36
8a	95,67	1,8	5,6	10,08	101,61
9	286,84	1,8	9,5	17,1	292,41
10	178,20	1,8	7,5	13,5	182,25
11	155,38	1,8	7	12,6	158,76
12	221,99	1,8	8,5	15,3	234,09

Potrebno je preveriti katerim delcem določene dimenzije bazenov omogočajo usedanje. Za vse podsisteme sem kot začetek upoštevala usedanje premogovega delca velikosti 0,01 cm pri temperaturi vode 10° C in  $qt/Q = 1,5$ . Iz razpredelnice Slika 11.11 Hitrost usedanja v odvisnosti od razmerja  $qt/Q$  in velikosti zrn (Kolar, 1983) sem odčitala  $v_s = 0,2111 \text{ cm/s} = 7,6 \text{ m/h}$ .

Dobljene vrednosti morajo izpolnjevati naslednje pogoje:

$$t_z \geq t_s$$

$$v_0 \leq v_s$$

$t_z$  = čas zadrževanja

$t_s$  = čas usedanja

$v_0$  = površinska obremenitev

$v_s$  = hitrost usedanja

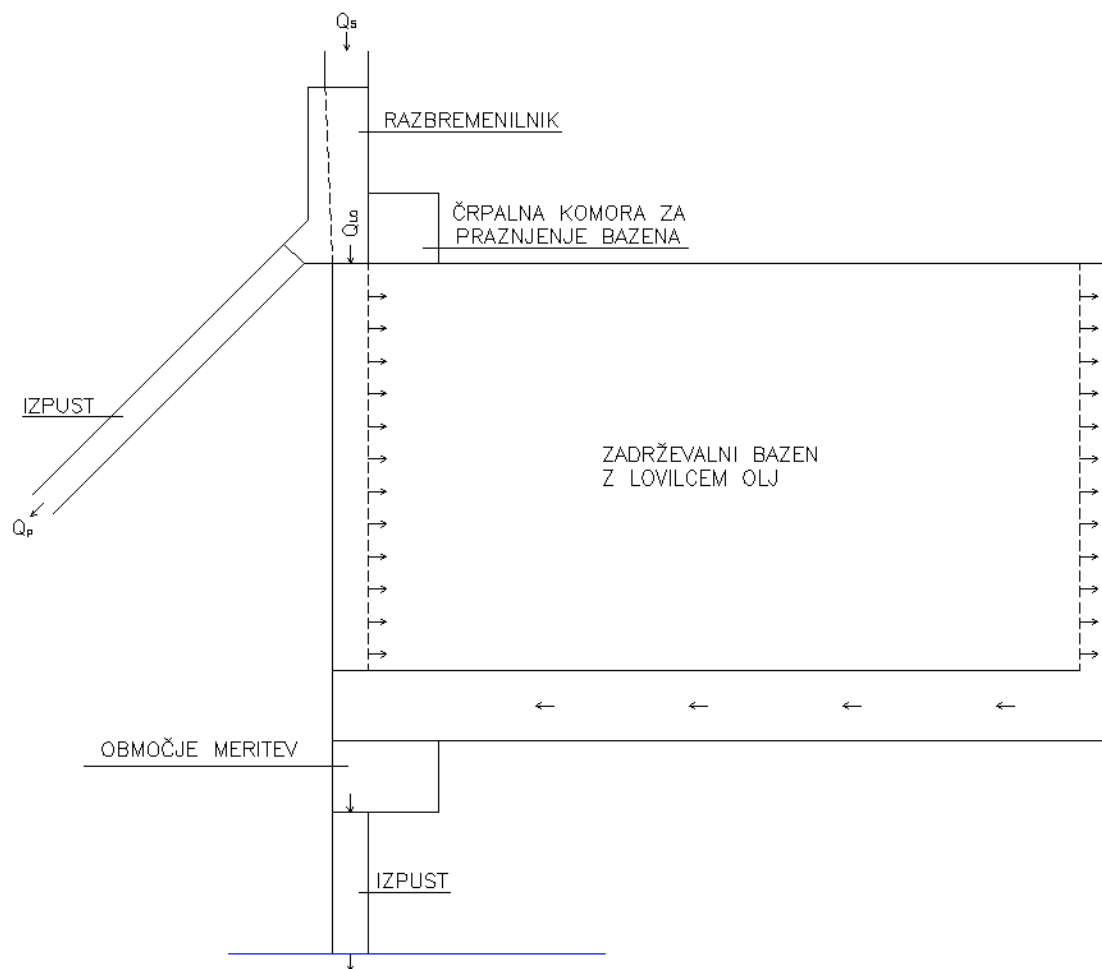
Preglednica 18: Izračun časa zadrževanja, hitrosti usedanja in minimalnega delca

Podsistem	H [m]	B [m]	L [m]	$t_s$ [h]	V [m <sup>3</sup> ]	O [m <sup>2</sup> ]	F [m <sup>2</sup> ]	Q [m <sup>3</sup> /h]	$t_z$ [h]	$v_0$ [m/h]	$d_{min}$ [cm]
1	1,8	9,5	17,1	0,24	292,41	162,45	17,10	1130,60	0,26	6,96	0,009
2	1,8	10	18	0,24	324,00	180,00	18,00	1244,59	0,26	6,91	0,009
3	1,8	7	12,6	0,24	158,76	88,20	12,60	607,62	0,26	6,89	0,009
4	1,8	8,5	15,3	0,24	234,09	130,05	15,30	889,65	0,26	6,84	0,009
5	1,8	9,6	17,28	0,24	298,60	165,89	17,28	1179,73	0,25	7,11	0,009
6	1,8	6,2	11,16	0,24	124,55	69,19	11,16	478,01	0,26	6,91	0,009
7	1,8	7,8	14,04	0,24	197,12	109,51	14,04	761,06	0,26	6,95	0,009
8	1,8	8	14,4	0,24	207,36	115,20	14,40	822,23	0,25	7,14	0,009
8a	1,8	5,6	10,08	0,24	101,61	56,45	10,08	382,67	0,27	6,78	0,009
9	1,8	9,5	17,1	0,24	292,41	162,45	17,10	1147,37	0,25	7,06	0,009
10	1,8	7,5	13,5	0,24	182,25	101,25	13,50	711,43	0,26	7,03	0,009
11	1,8	7	12,6	0,24	158,76	88,20	12,60	621,53	0,26	7,05	0,009
12	1,8	8,5	15,3	0,24	234,09	130,05	15,30	887,97	0,26	6,83	0,009

Iz dobljenih vrednosti lahko zaključim, da se pri določenih dimenzijah usedalnikov, v vseh primerih premogov delec velikosti 0,01 cm usede na dno. Ob 100% učinku usedalnika se usedejo tudi delci velikosti 0,009 cm. Odčitano iz razpredelnice Slika 11.11 Hitrost usedanja v odvisnosti od razmerja  $q_t/q$  in velikosti zrn (Kolar, 1983).

Ker v zadrževalni bazen ne priteče celotna zbrana voda, ampak 15 l/s×ha, je potrebno ostalo vodo preko razbremenilnika usmeriti na lastni izpust neposredno v vodno telo. V primeru, da je potrebno vodo prečrpati, se prelita in prečiščena voda prečrpa na istem črpališču. V tabeli 19 so prikazane količine pretokov pred razbremenilnikom ( $Q_5$ ), kolikšen pretok je usmerjen na lovilec olj oz. zadrževalni bazen ( $Q_{LO}$ ) in koliko vode se prelije in spelje na lastni izpust ( $Q_p$ ).

Objekt je predviden kot vkopana armiranobetonska konstrukcija in deluje kot lovilec mineralnih olj, usedalnik ter kot zadrževalni objekt. Višina vtoka je enaka višini iztoka. Opremljen je z merilci kvalitete onesnažene padavinske vode: meritve pretoka, pH vrednosti, motnosti, temperature, vsebnosti olja in obarvanosti.



Slika 42: Shema zadrževalnega objekta (usedalnik + lovilec mineralnih olj)

V primeru prekomerne onesnaženosti bo avtomatsko ustavilo dovod odpadne vode v objekt, da ne bi prišlo do izpusta nevarnih snovi v odvodnik. Odpadno vodo bo potrebno prečrpati v cisterne in odpeljati na ustrezno čiščenje. Takšen postopek je predviden predvsem pri izrednih dogodkih, pri katerih bi brez možnosti zadrževanja izlita tekočina odtekla neposredno v morje ali kanale.

Dovod vode v objekt in odvod iz objekta se onemogoči tudi v primeru izredno visokih voda, ko lahko morje poplavi nižje ležeče predele.

Preglednica 19: Pretok prelite vode na razbremenilniku  $Q_p = Q_5 - Q_{LO}$ 

Podsistem	$Q_5$ [l/s]	$Q_{LO}$ [l/s]	$Q_p$ [l/s]
1	3719,48	314,06	3405,42
2	2560,44	345,45	2214,99
3	1998,95	168,78	1830,17
4	2926,79	247,13	2679,66
5	3881,08	327,70	3553,38
6	1572,24	132,78	1439,80
7	2503,75	211,41	2292,34
8	2704,97	228,40	2476,57
8a	1258,92	106,30	1152,62
9	3774,62	318,71	3455,91
10	2344,14	198,00	2146,14
11	2044,73	172,65	1872,08
12	2921,24	246,66	2674,58

V primeru, da je zaradi prenizke višine cevovoda pri podsistemih pred izpustom potrebno namestiti črpalke, morajo prečrpavati vodo na koto višine 1,0 m n. v. Predvideni sta dve, zaradi zmanjšanja možnosti nedelovanja sistema, če se ena od črpalk pokvari.

Preglednica 20: Razlika v višini začetka in konca cevovoda

Podsistem	max. L [m]	Padec	$\Delta H$ [m]
1	625	0,30%	1,88
2	1164,2	0,1%-0,5%	2,01
3	753,6	0,1%-0,2%	1,31
4	753,1	0,1%-0,6%	1,42
5	820,9	0,15%-0,2%	1,62
6	696	0,1%-0,2%	1,23
7	719,6	0,1%-0,2%	1,25
8	702	0,1%-0,2%	1,20
8a	352,4	0,1%-0,2%	0,60
9	905,1	0,1%-0,3%	1,68
10	548,6	0,2%-0,7%	1,80
11	665,9	0,1%-0,5%	1,48
12	794,7	0,20%	1,99

- Podsistem 1:

Razdalja od najbolj oddaljene točke podsistema do razbremenilnika je 625 m. Ob padcu 0,3 % je višinska razlika 1,88 m. Na točki vtoka v razbremenilnik je višina 0,07 m. Podsistem se izliva v plitek kanal, ki poteka ob severnem robu območja luke. Zaradi navedenega se na že obstoječe črpališče usmeri vodo iz zadrževalnika in vodo, ki se v razbremenilniku prelije. Višina iztoka v odvodnik je na koti 1,0 m n. v. Količina prečrpane vode je  $3,72 \text{ m}^3/\text{s}$  in višinska razlika je 1,1 m.

- Podsistem 2:

Glede na višinski potek asfaltirane poti (najnižja predvidena točka 2,7 m) in predvidenega padca cevne sistema (od 0,1 % do 0,5 % v dolžini 1164 m) je vstopna kota razbremenilnika  $-0,06 \text{ m}$ .  $Q_p$  je speljan po cevi premera 1,0 m s padcem 0,5 % do črpališča. Višinska razlika, s katero zagotovimo koto iztoka na 1,0 m n. v., je 1,62 m.

$Q_{LO}$  se usmeri na lokacijo prenovljenega usedalnika. Na koncu se voda prečrpa na koto iztoka 2,0 m, kot je obstoječa. Višinska razlika je 2,07 m.

Da se prepreči nevarnost poplavljanja morja je potrebno povišati višino nasipa, ki obkroža laguno vsaj na višino 2,8 m (GLG, 2010).

- Podsistem 3:

Podsistem pada od 0,1 % do 0,2 %. Kota na vtoku v razbremenilnik je 0,55 m. Prelito vodo in vodo iz lovilca olj se odvaja gravitacijsko. Kota na iztoku je 0,49 m.

- Podsistem 4:

Padec najdaljše veje dolžine 753 m je med 0,1 % in 0,6 %. Višji padec na krajšem odseku je posledica nizke višine terena in zagotavljanja potrebnega nadvišanja nad cevjo. Višina na začetku razbremenilnika je določena na 0,48 m. Prelita in prečiščena voda se odvaja gravitacijsko. Kota na iztoku je 0,32 m.

- Podsistem 5:

Najdaljša je veja 1 z dolžino 821 m in padcem od 0,15 % do 0,2 %. Voda doteka v razbremenilnik na višini 0,38 m. Prelita in prečiščena voda se odvaja gravitacijsko. Kota na iztoku je 0,32 m.

- Podsistemi 6, 7, 8 in 8a:

Na območju navedenih podsistemov nimam geodetskih podatkov o višini terena, zato sem za okvirno višino terena upoštevala LIDAR podatke s spletne strani Agencije RS za okolje ([http://gis.arso.gov.si/evode/profile.aspx?id=atlas\\_voda\\_Lidar@Arso](http://gis.arso.gov.si/evode/profile.aspx?id=atlas_voda_Lidar@Arso)). Kot povprečno višino sem določila 2,5 m.

Pri podsistemu 6 je vhodna kota dna razbremenilnika 0,47 m, pri podsistemu 7 je 0,45 m, pri podsistemu 8 je 0,50 m in pri podsistemu 8a je 1,10 m, kar vse omogoča gravitacijsko odvajanje vode. Kote iztokov so 0,44 m pri podsistemu 6, 0,39 m pri podsistemu 7, 0,44 m pri podsistemu 8 in 1,05 m pri podsistemu 8a.

- Podsystem 9:

Pri podsistemu 9 je najnižja višina pri veji 1 ( $L = 905$  m), saj je višina terena na najbolj oddaljenem območju cca. 1,3 m in s padcem cevovoda od 0,1 % do 0,3 %. Kota vtoka v razbremenilnik je posledično  $-1,10$  m, kar pomeni, da bo potrebno vodo pred izpustom prečrpavati. Razlika v višini je 2,46 m.

- Podsystem 10:

Najdaljša veja je veja 1 s 548,6 m in nagibom od 0,2 % do 0,7 %. Dno cevi pred vtokom v razbremenilnik je  $-0,10$  m. Višinska razlika na katero je potrebno prečrpavati vso vodo pred izpustom je 1,15 m n. v.

- Podsystem 11:

Največja višinska razlika v cevovodu je pri veji tri. Gravitacijski iztok v kanal je mogoč, saj je kota na vtoku v razbremenilnik 0,12 m, na iztoku pa 0,05 m.

- Podsystem 12:

Najmanj ugodna in najdaljša je veja 1. V dolžino meri 794,7 m in ima padeč 0,2 %. Kota na vtoku v razbremenilnik je  $-0,29$  m kar pomeni, da bo vodo potrebno prečrpavati na koto iztoka 1,0 m n. v. Višinska razlika je 1,37 m.

Vsi izpusti imajo na mestu izpusta predvidene proti povratne lopute, kot pri čisti meteorni vodi.



Približna ocena moči agregata je (Kolar, 1983):

$$N[\text{kW}] = \frac{9,81 \times H [\text{m}] \times Q [\text{m}^3/\text{s}]}{0,5}$$

**Preglednica 21: Ocena potrebne moči črpalke**

<b>Podsistem</b>	<b>Pretok [ m<sup>3</sup> / s ]</b>	<b>H [m]</b>	<b>N [kW]</b>
1	3,72	1,1	80,27
2 - izpust v morje	2,21	1,62	70,40
2 - izpust v laguno	0,35	2,07	14,03
9	3,77	2,46	182,18
10	2,34	1,15	52,89
12	2,92	1,37	78,52

## 5 ZAKLJUČEK

Delujoč in pregleden kanalizacijski sistem lahko močno pripomore k izboljšanju kakovosti odvodnikov, v katere se sistem izteka. Odvodnjavanje z obrtnih ali industrijskih območij, kamor bi lahko uvrstili tudi Luko Koper, lahko predstavlja še dodatno tveganje.

V medijih in na spletni strani Luke koper oz. njihovem trajnostnem portalu "Živeti s pristaniščem" (<http://www.zivetispristaniscem.si/>) lahko preberemo, da daje luka poudarek na trajnostno ravnanje z okoljem, izvaja redne meritve različnih emisij in je prejemnica več certifikatov in nagrad s področja ravnanja z okoljem. Ne glede na to, sem se odločila, da jo vzamem pod drobnogled in preverim, če je možno še kaj dodati z vidika varnosti pred onesnaženjem voda 1. reda, v katere se iztekajo odpadne meteorne vode s celotnega območja.

Problemi, ki sem jih zaznala glede na pridobljene podatke so:

- obstoječa odvodnja je izrazito razvejana in ponekod z več izpusti, kar zmanjšuje možnost kontrole in omejevanja onesnažene meteorne vode,
- v primeru neposrednih izpustov je povečan vnos snovi, ki jih izločajo vozila in tovor, z odpadno deževnico v odvodnike, še posebej pri izrednih dogodkih različnih razlitij,
- izpostavljenost poplavam in vdorom morske vode.

V nalogi sem podala možno rešitev oz. izboljšanje razmer. Meteorno odvodnjo sem ločila na čisto meteorno kanalizacijo, ki vodo s streh odvaja neposredno v odvodnik, in na odpadno meteorno kanalizacijo, ki pokriva večja povozna območja in manipulativne površine. Podsystemov, ki odvajajo padavine s strešin, je 22, potencialno onesnažena voda pa odteka iz 12-ih podsystemov, ki so speljani preko razbremenilnika v usedalnik z lovilcem olj, ki omogoča tudi zadrževanje onesnažene tekočine v primeru ekstremnega dogodka, kot je nesreča vlačilca s cisterno.

Zaradi večinoma neznanih globin obstoječe meteorne kanalizacije, višinskega poteka obstoječe kanalizacije pri določanju padcev nisem upoštevala. Križanja z obstoječimi ostalimi vodi prav tako niso upoštevana pri določanju vzdolžnega poteka cevovodov, sem pa situacijsko sledila obstoječim vodom povsod, kjer je bilo mogoče.

Izbrane cevi so premera od 0,25 m do 1,4 m. Do premera 0,8 m je material PVC (polivinil klorid), s premerom 1,0 m je material PP (polipropilen). Cevi se pri vgradnji obetonira, da se jih zaščitimo pred

večjimi pritiski in zaradi možnega vzgona. Cevi premera 1,2 in 1,4 m so betonske. Dolžina vseh cevi brez povezav do požiralnikov je za sistem odvodnje čiste vode s strešin 13700 m, pri sistemu odvodnje potencialno onesnažene vode pa je skupna dolžina vseh vodov približno 42500 m. Uporabljenih bi bilo 6 parov črpalk za prečrpavanje v odvodnik. Predvidene moči črpalk so od 14,03 kW do 182,18 kW.

Da bi zmanjšala problem z vdori morske vode v sistem, sem predvidela vse višine iztoka nad koto  $\pm 0,0$  m n. v. Na vseh iztokih morajo biti nameščene proti povratne lopute. V primeru, ko bi kota iztoka bila pod  $\pm 0,0$  m n. v., je pred iztokom predviden par črpalk. Kota iztoka je v tem primeru 1,0 m.

Problem v sistemu je tudi nizka nadmorska višina in posledično preplavitev kanalizacije z morsko vodo. Da bi se temu izognili oz. zmanjšali število poplav, bi bilo potrebno celotno območje dvigniti vsaj na koto 2,76 m (2,8 m) (GLG, 2010). Ker to praktično ni izvedljivo, se je luka v svojem dolgoletnem delovanju prilagodila občasnim poplavam tako, da te ne morejo biti vzrok večje materialne škode na objektih. Možno pa bi bilo postopno dvigniti pas vzdolž celotne obale in nova območja brez grajenih objektov nasipati do navedene višine, ki je poplavno varna.

Za natančnejšo določitev sistema bi bilo potrebno izdelati podrobnejši geodetski posnetek območja in podrobneje razdeliti podsisteme v skladu z navodili Luke Koper in uporabiti natančnejše metode hidravličnega dimenzioniranja. Glede na rabo določenega območja bi lahko povečali, zmanjšali ali preoblikovali zadrževalnike v skladu z dodatnimi zahtevami.

## VIRI

DARS (Družba za avtoceste v Republiki Sloveniji), 1995. I. Smernice za vsebino projekta vodnogospodarskih ureditev za AC – za pridobitev vodnogospodarskega soglasja, II. Navodila projektantom za izdelavo tehnične dokumentacije – odvodnjavanje meteornih voda iz avtocestnih površin: 31 str.

Društvo Mozaik, 2007. Dvigovanje gladine morja na slovenski obali kot posledica globalnega segrevanja. <http://www.drustvo-mozaik.org/vpliv.php> (pridobljeno 19. 8. 2009).

GLG projektiranje, 2010. PUP »Mestno jedro Koper z vplivnim območjem«: Presoja poplave nevarnosti območja zaradi morja: hidrotehnični elaborat: 25 str.

Klimatske značilnosti Koprškega primorja

[http://www.sbaza.net/clanek\\_html.php?url\\_clanka=clanki\\_sb1/pef/klimatske\\_znacilnosti\\_koprskega\\_p\\_rimorja.sb&vsebina\\_replace=pef](http://www.sbaza.net/clanek_html.php?url_clanka=clanki_sb1/pef/klimatske_znacilnosti_koprskega_p_rimorja.sb&vsebina_replace=pef) (pridobljeno 30. 8. 2009).

Kolar, J., 1983. Odvod odpadne vode iz naselij in zaščita voda. Ljubljana, Državna založba Slovenije: 523 str.

Kompare, B., 1991. Modeliranje deževnega odtoka iz urbaniziranih povodij. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko: 509 str.

Kovačič, L., 2014. Dimenzioniranje in izvedba lovilcev lahkih tekočin. Diplomski naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo: 48 str.

Kralj, P., 2006. Čiščenje padavinske odpadne vode in meritve ogljikovodikov na primeru lovilca olj = Rain water treatment and measurements of hydrocarbons in the case of an oil separator. Ekolist revija o okolju 2: 32-36. <http://www.ekolist.si/documents/ekolist02.pdf> (pridobljeno 15. 8. 2008)

Panjan, J., 2002. Odvodnjavanje onesnaženih voda: Študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za zdravstveno hidrotehniko: 91 str.

Pipelife Slovenija d.o.o., 2016. Za projektante. [http://www.pipelife.si/si/calculation\\_tools.php](http://www.pipelife.si/si/calculation_tools.php) (pridobljeno 1. 5. 2016).

Ponting & Pipenbaber Consultnih Engineers, 2007. Nadkritje deponije na Evropskem energetske terminalu. Projektna naloga za izdelavo projektne in tehnične dokumentacije: 41 str.

Rutar, A., 2008. Analiza vpliva parametrov na kakovost prelite vode in volumne zadrževalnih bazenov po standardu ATV-A 128E. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Univ. program Gradbeništvo, Komunalna smer: 86 str.

Smolar-Žvanut, N., Krušnik, C., Kosi, G., Vrhovšek, D., 2003. Uporaba perifitona in večjih vodnih nevretenčarjev pri določanju ekološko spremljivega pretoka na reki Rižani, Slovenija = The use of periphyton and macrozoobentos in determination of ecologically acceptable flow for the Rižana river, Slovenia: 16 str. [ftp://ksh.fgg.uni-lj.si/acta/a35ns.pdf](http://ksh.fgg.uni-lj.si/acta/a35ns.pdf) (pridobljeno 30. 8. 2009).

Sodelavci Wikipedije, Luka Koper, *Wikipedija, Prosta enciklopedija*,  
[http://sl.wikipedia.org/w/index.php?title=Luka\\_Koper&oldid=1941502](http://sl.wikipedia.org/w/index.php?title=Luka_Koper&oldid=1941502) (pridobljeno 25. 8. 2009).

Umek, T., 2006. Gradnja novega objekta za preprečevanje onesnaževanja = Construction of a new structure for prevention of water pollution in the Thermal power plant Šoštanj. *Ekolist revija o okolju* 3: 23-25.  
[http://www.ekolist.si/documents/s022\\_Gradnja\\_novega\\_objekta\\_za\\_preprecevanje\\_onesnazevanja.pdf](http://www.ekolist.si/documents/s022_Gradnja_novega_objekta_za_preprecevanje_onesnazevanja.pdf) (pridobljeno 15. 10. 2009).

Zavod za varstvo pri delu d.d., 2008. Poročilo o meritvah in strokovna ugotovitev: 9 str.

Zavod za zdravstveno varstvo Koper, Oddelek za higieno in zdravstveno ekologijo – enota za varstvo okolja, 2003. Luka Koper d.d. Poročilo o prvih meritvah odpadnih vod (parkirišče novih avtomobilov): 11 str.

Zavod za zdravstveno varstvo Koper, Oddelek za sanitarno kemijo, 2005. Poročilo o prvih meritvah odpadnih vod. Luka Koper d.d., Lovilci olj: 14 str.

Žitnik, J., Žitnik, D., Berdajs, A., Gruden, T., Jurček, R. Slokan, I., Petek, I., mag. Jereb, S., Smolej, B., Štembal Capuder, M., Galonja, S., 2008. Gradbeniški priročnik. Ljubljana, Tehniška založba Slovenije, d. d.: 693 str.

Živeti s pristaniščem. <http://www.zivetispristaniscem.si> (pridobljeno 26. 8. 2009)

**SEZNAM PRILOG**

<b>Priloga A: Pregledna situacija Luke Koper</b>	<b>M 1 : 5000</b>
<b>Priloga B.1: Geodetski posnetek - LIST 1</b>	<b>M 1 : 2000</b>
<b>Priloga B.2: Geodetski posnetek - LIST 2</b>	<b>M 1 : 2000</b>
<b>Priloga B.3: Geodetski posnetek - LIST 3</b>	<b>M 1 : 2000</b>
<b>Priloga B.4: Geodetski posnetek - LIST 4</b>	<b>M 1 : 2000</b>
<b>Priloga C.1: Situacija kanalizacije meteorne vode s strešin - podsistemi 1,4 in 6</b>	<b>M 1 : 2000</b>
<b>Priloga C.2: Situacija kanalizacije meteorne vode s strešin - podsistemi 2, 3, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 17 in 18</b>	<b>M 1 : 2000</b>
<b>Priloga C.3: Situacija kanalizacije meteorne vode s strešin - podsistemi 12, 14, 15, 16, 19, 20, 21 in 22</b>	<b>M 1 : 2000</b>
<b>Priloga D.1: Situacija kanalizacije meteorne vode s povoznih površin - podsistem 1</b>	<b>M 1 : 2000</b>
<b>Priloga D.2: Situacija kanalizacije meteorne vode s povoznih površin - podsistemi 2, 3, 4 in 5</b>	<b>M 1 : 2000</b>
<b>Priloga D.3: Situacija kanalizacije meteorne vode s povoznih površin - podsistemi 6, 7, 8 in 8a</b>	<b>M 1 : 2000</b>
<b>Priloga D.4: Situacija kanalizacije meteorne vode s povoznih površin - podsistemi 9, 10, 11 in 12</b>	<b>M 1 : 2000</b>
<b>Priloga E.1: Vzdolžni profil veje 2 podsistema 1</b>	<b>M 1 : 1000/100</b>
<b>Priloga E.2.1: Vzdolžni profil veje 2 podsistema 2; od jaška J2-1 do J2-35</b>	<b>M 1 : 1000/100</b>
<b>Priloga E.2.2: Vzdolžni profil veje 2 podsistema 2; od jaška J2-32 do J2-49</b>	<b>M 1 : 1000/100</b>
<b>Priloga E.3: Vzdolžni profil podsistema 3</b>	<b>M 1 : 1000/100</b>
<b>Priloga E.4: Vzdolžni profil veje 1 podsistema 4</b>	<b>M 1 : 1000/100</b>
<b>Priloga E.5.1: Vzdolžni profil veje 1 podsistema 5; od jaška J5-1 do J5-32</b>	<b>M 1 : 1000/100</b>
<b>Priloga E.5.2: Vzdolžni profil veje 1 podsistema 5; od jaška J5-13 do J5-34</b>	<b>M 1 : 1000/100</b>
<b>Priloga E.6: Vzdolžni profil veje 3 podsistema 6</b>	<b>M 1 : 1000/100</b>

<b>Priloga E.7: Vzdolžni profil veje 1 podsistema 7</b>	<b>M 1 : 1000/100</b>
<b>Priloga E.8: Vzdolžni profil veje 1 podsistema 8</b>	<b>M 1 : 1000/100</b>
<b>Priloga E.9: Vzdolžni profil veje 2 podsistema 8a</b>	<b>M 1 : 1000/100</b>
<b>Priloga E.10.1: Vzdolžni profil veje 1 podsistema 9; od jaška J9-1 do J9-25</b>	<b>M 1 : 1000/100</b>
<b>Priloga E.10.2: Vzdolžni profil veje 1 podsistema 9; od jaška J9-17 do J9-35</b>	<b>M 1 : 1000/100</b>
<b>Priloga E.11: Vzdolžni profil veje 1 podsistema 10</b>	<b>M 1 : 1000/100</b>
<b>Priloga E.12: Vzdolžni profil veje 3 podsistema 11</b>	<b>M 1 : 1000/100</b>
<b>Priloga E.13.1: Vzdolžni profil veje 1 podsistema 12; od jaška J12-1 do J12-31</b>	<b>M 1 : 1000/100</b>
<b>Priloga E.13.2: Vzdolžni profil veje 1 podsistema 12; od jaška J12-12 do J12-34</b>	<b>M 1 : 1000/10</b>

