Odvodnja prometnica u kršu

Čerčić, Petra

Undergraduate thesis / Završni rad

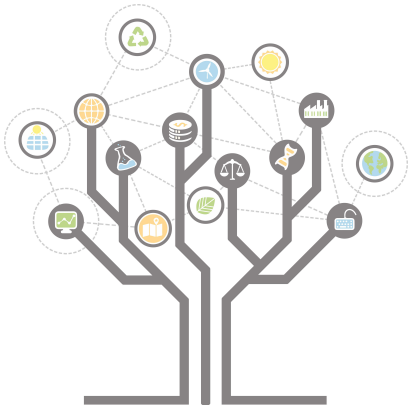
2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:077471

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering - Theses and Dissertations

zir.nsk.hr

DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

Odvodnja prometnica u kršu

Čerčić, Petra

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:130:077471

Rights / Prava: In copyright

Download date / Datum preuzimanja: **2020-10-27**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Geotechnical Engineering







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

PETRA ČERČIĆ

ODVODNJA PROMETNICA U KRŠU

ZAVRŠNI RAD

VARAŽDIN, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GEOTEHNIČKI FAKULTET

ZAVRŠNI RAD

ODVODNJA PROMETNICA U KRŠU

KANDIDAT:
PETRA ČERČIĆ

MENTOR:
prof.dr.sc. RANKO BIONDIĆ

VARAŽDIN, 2018.

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je završni rad pod naslovom

Odvodnja prometnica u kršu

(naziv završnog rada)

rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi te je izrađen pod mentorstvom **prof.dr.sc. Ranka Biondića**.

Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljeni način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Izjavljujem također, da ni jedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

U Varaždinu, 04.09.2018.

Petra Čerčić

(ime i prezime)

Petra Čerčić

(Vlastoručni potpis)

SAŽETAK:

Ime i prezime autora: Petra Čerčić
Naslov rada: Odvodnja prometnica u kršu

U ovom radu opisana su svojstva krša koja su važna kako bi se moglo pravilno pristupiti odvodnji površinskih i podzemnih voda. U prvom dijelu rada opisana je hidrografska mreža krškog područja koja je nastala kemijskim i fizičkim djelovanjem vode na pukotine i šupljine u slojevima topivih stijena. Drugi dio rada bavi se vrstama prometnica, kako onih od velikog značaja tako i onih od malog značaja. U trećem dijelu detaljno je obrađena ciljana tematika samog rada, tj. odvodnja prometnica. Postoje površinski i podzemni načini odvodnje. Odvodnja površinskih voda vrši se uz pomoć odvodnih i zaštitnih jaraka te rigola, dok su podzemni oblici za odvodnju drenaže, drenažne cijevi i ispune. Posebni oblik odvodnje čine propusti, cijevni, pločasti betonski te svođeni propusti.

Ključne riječi: odvodnja prometnica, površinska i podzemna odvodnja, propusti.

SADRŽAJ

1. UVOD **1**

2. VODA U KRŠKOM PODRUČJU **3**

3. VRSTE PROMETNICA **5**

4. ODVODNJA PROMETNICA **8**

4.1. POVRŠINSKA ODVODNJA 9

4.1.1. Odvodni jarci 10

4.1.2. Zaštitni jarci 12

4.1.3. Rigoli 13

4.2. PODZEMNA ODVODNJA 14

4.2.1. Drenaže 15

4.2.2. Drenažne cijevi i ispune 17

4.2.3. Projektiranje i izrada drenaža 18

4.2.4. Odvodnja posteljice i kolničke konstrukcije 18

4.3. KONTROLIRANA ODVODNJA AUTOCESTA I UPUŠTANJE OBORINSKIH VODA U OKOLIŠ 19

5. PROPUSTI **24**

5.1. Cijevni propusti 25

5.2. Pločasti betonski propusti i svođeni propusti 26

5.3. Projektiranje i gradnja propusta 27

6. ZAKLJUČAK **28**

7. LITERATURA **29**

8. POPIS SLIKA **30**

9. POPIS TABLICA **31**

1. UVOD

Pod pojmom prometnice smatraju se sve javne ceste, ulice u naselju te nerazvrstane ceste na kojima se odvija promet. Kao nekada tako i danas, one predstavljaju jedan od najvažnijih faktora u razvoju neke države. Postoje podaci o prvim cestama napravljenim prije gotovo 5000 godina. Osobito su ih u starom vijeku razvili Rimljani. Tada su se one izrađivale od kamenih podloga, a pojavom automobila u 19. st počela je izgradnja cesta od betona, asfalta i niza drugih materijala kako bi se promet učinio što udobnijim, a ceste što trajnije. Osim što povezuju različita mjesta i narod, izgradnja prometne infrastrukture uvelike utječe na razvoj urbanizacije.

Pojam krš predstavlja područje jedinstvenog krajolika i morfoloških oblika najčešće izgrađenih od karbonatnih stijena. On prekriva gotovo 50 % kopnenog dijela Hrvatske, a krški vodonosnici od velikog su značaja u razvoju države i turizma. Gotovo kompletna javna vodoopskrba u krškom području organizirana je zahvatima iz krških vodonosnika, a zbog izuzetno velikih količina visoko kvalitetne vode smatraju se i strateškim rezervama pitke vode za budući razvoj Republike Hrvatske.

Kako bi se osigurala daljnja zaštita i očuvala kvaliteta podzemne i površinske vode propisani su različiti pravilnici koji obrađuju potrebnu kvalitetu pročišćenih otpadnih voda koja se može upustiti u krški okoliš, kvalitetu vode za ljudsku potrošnju, ali i pasivnu zaštitu putem zona sanitarne zaštite te aktivnu zaštitu putem zaštitnih mjera i monitoringa kakvoće i kvalitete podzemne vode.

Za osiguranje stabilnosti prometnica potrebno je izvesti dobru odvodnju podzemnih i površinskih voda. Da bi odvodnja bila što kvalitetnija vrše se mnoga mjerenja i istraživanja na temelju kojih se određuje najprikladnija metoda izvođenja radova. Postoje površinski i podzemni načini odvodnje prometnica koji osiguravaju stabilnost i sigurnost cesta od razarajućeg djelovanja podzemnih i površinskih voda.

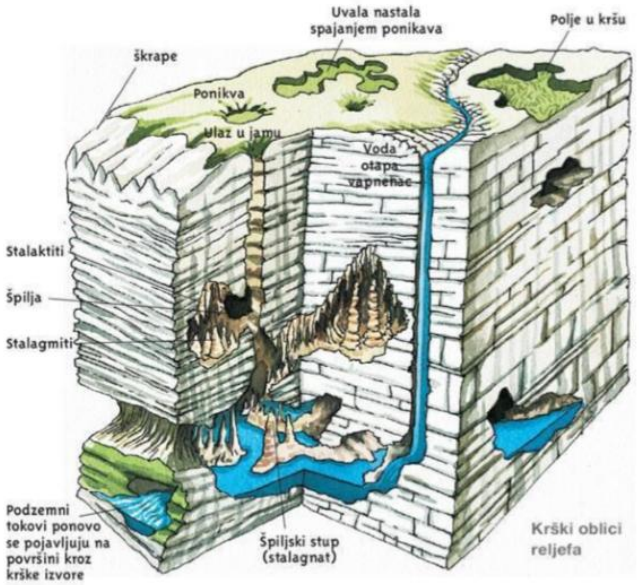
U krškim područjima potrebno je posebnu pažnju posvetiti odvodnji prometnica jer se unutar najstrožih zona sanitarne zaštite voda sa prometnica ne smije upuštati direktno u okoliš već se mora zatvorenim sustavom odvodnje odvoditi izvan područja pod zaštitom i tamo putem mastolova i laguna, djelomično pročišćenu upustiti u okoliš. To znatno poskupljuje i izgradnju samih prometnica.

Svaka zona sanitarne zaštite propisuje odgovarajuće mjere i zabrane koje prvenstveno služe za zaštitu voda uslijed izgradnje određenih građevina, uključujući i prometnice.

Odabrala sam temu „Odvodnja prometnica u kršu“ za temu završnog rada jer je zanimljiva te zbog opširnosti same teme. Ovaj završni rad obrađuje načine, metode i građevine koje osiguravaju sigurnost cesta i prometnica ali ne ugrožavaju i ne utječu na smanjenje kvalitete vode.

2. VODA U KRŠKOM PODRUČJU

Krš je područje sastavljeno od podzemnog i površinskog reljefa i podzemne i površinske hidrografske mreže koja je nastala kao rezultat kemijskog i fizičkog djelovanja vode na pukotine i šupljine u slojevima topivih stijena. Osnovne značajke krškog reljefa jesu upravo topljive stijene zbog kojih nastaje izrazito reljef s mnogo udubina i uzvisina. Čvrste stijene kalcijevog karbonata tj. vapnenca su česte na površini zbog čega nastaje kamenito tlo na kojem se javlja vegetacija. Krš se obično razvija u gorsko-planinskom reljefu. Udubine koje nastaju dijele se na podzemne i površinske. Površinske udubine su ponikve, škrape, doline, uvale i polja, a podzemne su špilje i jame (slika 1). Česta uzvišenja su kukovi (strme stijene koje strše).



Slika 1. Površinski i podzemni oblici u kršu (Penić, 2006)

Postoje dva režima tečenja vode u krškim područjima: podsustav površinskih voda i podsustav podzemnih voda. Podsustav površinskih tokova čine dvije vrlo važne komponente. Prvu komponentu čine vodotoci koji dolaze iz nekrškog okruženja, a ulijevaju se u krške vodonosnike te tamo završavaju svoj tok. Drugu komponentu predstavljaju oborine. Dio oborina se infiltrira u podzemlje dok drugi dio, koji se ne može procijediti kroz tlo, otječe površinski ili se utroši za evapotranspiraciju.

Podsustav podzemnih voda može se podijeliti na nezasićenu i zasićenu zonu. Nezasićena zona sastoji se od gornje epikrške i donje vadozne zone. Epikrš je dio krša koji karakteriziraju vrlo raspucane i glinovite taložine koje su djelomično ispunjene pukotinskim strukturama. Pukotinske strukture utječu na vertikalni tok podzemne vode usporavajući ih ali i mijenjajući njihov vodni režim. Donja vadozna zona predstavlja sloj stijena u kojima se voda ne zadržava već vertikalno teče do razine podzemne vode zbog čega tu zonu smatramo zasićenom i nazivamo je freatičkom zonom. Zasićenu zonu čini mreža krških kanala s vrlo velikom hidrauličkom provodljivošću. Snažno erozijsko i korozijsko djelovanje uzrokuje proces okršavanja odnosno širenja pukotina zbog čega se u freatičnoj zoni povećava hidraulička provodljivost podzemnih kanala, a razina podzemne vode se snižava. (Rubinić, 2014)

Krško područje je izuzetno važno za Republiku Hrvatsku. Osim što prekriva gotovo 50 % ukupnog kopnenog dijela Hrvatske, krški vodonosnici smatraju se glavnim resursom pitke vode. Jedna od uloga krških vodonosnika jest osiguravanje dovoljnih količina pitke vode za vodoopskrbne sustave u gotovo cijelom području Dinarida, uključujući cijelu jadransku obalu, ali i neke gradove u unutrašnjosti. Osim trenutnih zahvata za potrebe javne vodoopskrbe, bitno je naglasiti njihov značaj u osiguravanju dodatnih količina pitke vode za budući razvoj Republike Hrvatske zbog čega se smatraju strateškim rezervama pitke vode. Zdrava pitka voda mora zadovoljavati stroge standarde kvalitete pa zbog toga nije dovoljna samo količina već je potrebno preventivnim mjerama i sanacijskim zahvatima osigurati i odgovarajuću kvalitetu.

Osim značaja za javnu vodoopskrbu, podzemne i površinske vode u krški područjima od velikog su značaja i za razvoj turizma. Pojedini dijelovi su radom vode pretvoreni u atraktivno područje zbog čega su proglašeni nacionalnim parkovima koji danas privlače sve više turista. Svi nacionalni parkovi u Republici Hrvatskoj se nalaze na krškom području, a najveći dio njih je zaštićen upravo zbog vode (Biondić, B. i Biondić, R., 2014).

3. VRSTE PROMETNICA

Cestovni promet je najrazvijeniji i najvažniji oblik kopnenog prometa kojim se prevozi najviše putnika i robe. Prometnice su sve ceste, ulice i putevi kojima se odvija promet. U osnovi one se sastoje od kolnika, te rubnog traka, bankine, berme, biciklističke staze i nogostupa.

Kolnik je dio cestovne površine koji je namijenjen za promet vozila, sastoji se od jedne ili više prometnih traka te je površina najčešće izrađena od asfalta, a može biti betonska ili šljunčana. Rubni trak je učvršćeni dio ceste koji se nalazi između kolnika i bankine ili između kolnika i staze za bicikliste ili pješake. Oni se koriste kako bi se istaknula i što bolje iskoristila površina ceste te imaju sigurnosnu primjenu u odvodnji oborinskih voda. Pod bankinom se smatra zemljani pojas koji se nalazi uz kolnik ili rubni trak, a koristi se kao potpora za osiguranje ruba kolnika, za povećanje stabilnosti nasipa, za postavljanje prometnih znakova te za kretanje pješaka. Berma se koristi za povećanje horizontalne preglednosti u zavoju, za uklanjanje neugodnog dojma što ga na vozača ostavlja blizina kosine usjeka i za postavljanje prometnih ili drugih znakova. Biciklistička staza je izgrađena prometna površina namijenjena za promet biciklista, odvojena je od prometa i obilježena posebnim prometnim znakom. Može imati jednu ili više traka za vožnju u dva smjera. Nogostup je posebno uređena površina za kretanje pješaka koja nije u razini sa kolnikom ceste ili je od njega odvojen na drugi način (WIKIPEDIA, Cesta, 2016).

Prometnice možemo podijeliti na više načina:

- prema Zakonu o sigurnosti prometa na cestama (NN 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15, 108/17):
    - prema društveno-gospodarskom značenju
    - prema vrsti prometa kojemu su namijenjene
- prema svojim osobinama:
    - prema svrsi i prometnom značenju
    - prema veličini motornog prometa
    - prema terenu kojim cesta prolazi

Prema društveno-gospodarskom značenju ceste dijelimo na magistralne, regionalne i lokalne (Prometna zona, Podjela cesta, 2018).

Magistralne, regionalne i lokalne ceste spadaju u skupinu javnih cesta. Magistralne ceste služe za povezivanje većih gradova i gospodarskih zona unutar države, dok regionalne ceste povezuju relativno bliska područja i gradove. Lokalne ceste povezuju manja naselja sa njihovim regionalnim sjedištem ili gradske četvrti u urbanom području (Prometna zona, Podjela cesta, 2018).

Podjela cesta po Zakonu o javnim cestama (NN 84/11, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14):

- Autocesta
- Državna cesta
- Županijska cesta
- Lokalna cesta

Autocesta predstavlja najvišu klasu javnih cesta koja se koristi za sigurno prometovanje pri većim brzinama. To je posebno izgrađena javna cesta namijenjena za promet samo motornih vozila i sastoji se od dvije kolničke trake odvojene ogradom i zaustavnom trakom. Autoceste povezuju cjelokupni prostor Republike Hrvatske i uključuju se u europski prometni sustav. Državne ceste su javne ceste koje, isto kao i autoceste, povezuju cjelokupni teritorij Republike Hrvatske te su najčešće izvedene za dvosmjerni promet u dvije trake, bez dodatne zaštite. Županijska cesta veoma je slična državnoj samo povezuje naselja i mjesta unutar županije i nadovezuje se na državne ceste. Lokalne ceste kao ceste od najmanje važnosti za međunarodni i državni promet najčešće su izvedene jednotračno sa prometovanjem u oba smjera zbog čega su smanjeni sigurnosni aspekti. Lokalne ceste osim sa asfaltiranom površinom mogu biti i šljunčane, kamenite ili zemljane te se kao takve uvrštavaju u nerazvrstane ceste – seoski, poljski ili šumski putevi (Prometna zona, Podjela cesta, 2018).

Prema veličini motornog prometa izraženog prosječnim godišnjim dnevnim prometom (PGDP), odnosno brojem motornih vozila koji se očekuje na cesti tijekom 24 sata, ceste se dijele u pet razreda (Tablica 1) (Prometna zona, Podjela cesta, 2018).

Tablica 1. Podjela ceste prema veličini motornog prometa (Prometna zona, Podjela cesta, 2018)

RAZRED CESTE	UKUPAN BROJ MOTORNIH VOZILA TIJEKOM 24 SATA U OBA SMJERA
AUTOCESTE-CESTE 1. RAZREDA	>12000
CESTE 2. RAZREDA	7000-12000
CESTE 3. RAZREDA	3000-7000
CESTE 4. RAZREDA	1000-3000
CESTE 5. RAZREDA	<1000

4. ODVODNJA PROMETNICA

Krški teren izložen je stalnom trošenju zbog atmosferskih procesa, ali i zbog antropogenih djelovanja. Posebno vrijedno područje krša čini epikrška zona, koja se proteže od površine terene do dubine od nekoliko desetaka centimetara do nekoliko metara. Osim karbonatnih stijena, sa određenom količinom zemljanog materijala, u epikrškoj zoni nalaze se određene količine vode i vlage koja se zadržava u tlu. Zbog toga je potrebno voditi računa pri projektiranju velikih prometnica. (Bonacci i Roje-Bonacci, 2005)

Krško se područje može podijeliti na dvije vrste: goli i pokriveni krš. Goli krš predstavlja područje čiju površinu karakteriziraju gole vapnenačke stijene koje su vrlo oštre, nepravilne i lomljive te na njima nije moguć rast vegetacije. Na trošenje površinskih slojeva golog krša najviše utječu oborine i promjene temperature zraka. Što su oborine obilnije, to se površinski sloj više troši. Prilikom gradnje prometnica u golom kršu potrebno je prvo ukloniti rastrošene dijelove i tek onda krenuti sa gradnjom temelja. Za razliku od golog krša, u pokrivenom kršu rast vegetacije je normalan i uobičajen. Zbog toga biljke predstavljaju glavni uzrok trošenja površinskog sloja karbonata jer razvijaju različite sustave korijena. Građenje i održavanje prometnica puno je jednostavnije na golom kršu jer je lakše uočiti opasna mjesta te zbog toga što je sloj pokrovnog tla vrlo tanak i potrebno ga je ukloniti kako bi se gradnja izvršila na zdravoj stijeni. (Bonacci i Roje-Bonacci, 2005)

Štetno djelovanje voda uzrokuju podzemne vode, vode tekućice i stajaćice te oborinske vode. Podzemne vode uzrokuju klizanje pokosa, usjeka i nasipa. Vode tekućice i stajaćice mogu ozbiljno naštetiti građevinama donjeg ustroja tj. njihovoj nosivosti što smanjuje njihov vijek trajanja. Sustav odvodnje i drenaže odvija se tako da se podzemne i površinske vode preusmjere najkraćim mogućim putem na mjesta gdje ne predstavljaju opasnost za promet. Ovisno o vrsti vode koju treba preusmjeriti tj. odvesti, postoje dva načina odvodnje:

- skupljanje i odvođenje površinskih voda te
- skupljanje i odvođenje podzemnih voda.

4.1. POVRŠINSKA ODVODNJA

Dobro koncipirana odvodnja ceste osigurava u znatnoj mjeri stabilnost trupa i kolničke konstrukcije. Zbog štetnog djelovanja vode u svim njenim oblicima, teži se osnovnom načelu da odvodnja mora biti kontrolirana i učinkovita. Prikupljena voda mora biti preusmjerena najkraćim putem do recipijenta ili otvorenog vodotoka. Prije odvodnje potrebno je provesti hidrološka mjerenja i istraživanja, a dobro poznavanje hidrologije i hidraulike uvelike pomaže pri pronalasku optimalnih i ekonomičnih rješenja. (Legac, 2006)

Najučestalija opasnost za stabilnost prometnica jest različito djelovanje vode koja može stvarati probleme tijekom građenja ili tijekom uporabe. Uslijed djelovanja vode dolazi do erozije, ugrožavanja stabilnosti nasipa i pokosa te gubitka nosivosti prometnice zbog čega dolazi do smanjenja predviđenog vremenskog razdoblja uporabe prometnice.

Ovisno o vrsti završne obrade, regulira se odvodnja vode najmanjim poprečnim nagibom kolnika: q= 2,5 %.
Na sektorima vitoperenja kolnika određeno je da uzdužni nagib mora biti: s= 0,5 %. (Legac, 2006)

Pravilna površinska odvodnja važan je čimbenik za trajnost i stabilnost svake građevine. Površinska odvodnja prihvaća oborinske vode u svim oblicima, kiša, otopljeni snijeg ili otopljeni led. Ta se voda odvodi s površine prometnica otvorenim jarcima, zaštitnim jarcima, rigolima različitih presjeka i propustima. Njihov oblik i dimenzije ovise o količini vode koju trebaju prihvatiti, vrsti materijala na kojem su izgrađeni, uzdužnom nagibu te njihovoj namjeni.

4.1.1. Odvodni jarci

Odvodni jarci najjednostavniji su način odvođenja vode sa kolnika. Primaju vodu sa kolnika i sa pokosa usjeka. Oni moraju zadovoljavati sljedeće uvjete:

- odvesti vodu sa površine što kraćim putem,
- u jarku ne smije biti taloženja,
- površina se ne smije erodirati,
- hrapavost obloga kanala mora biti što manja.

Poprečni presjek jarka (slika 2) mora odgovarati količini vode koju mora odvesti. Postoje tri oblika odvodnih jaraka:

a) trapezni jarak
b) segmentni jarak
c) trokutasti jarak.



Slika 2. Poprečni presjeci jarka (Dragčević i Rukavina, 2006)

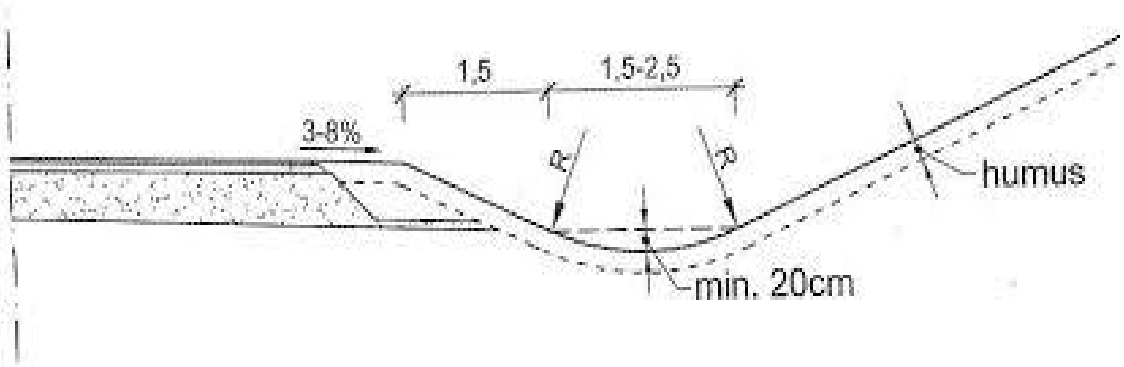
Kako bi odvodnja bila što djelotvornija, odvodni jarci moraju imati odgovarajući uzdužni nagib koji ovisi o vrsti tla i o tome je li jarak obložen ili ne.

Trapezni jarci (slika 3) koriste se za odvođenje većih količina vode, ako se radi o cestovnim jarcima oni se nalaze uz ceste manje važnosti. Minimalna širina trapeznoga jarka mora biti 40 cm. Nagib pokosa, ako se radi o neobloženom jarku, je 1:1.5, dok kod obloženih jaraka on može biti i veći što ovisi o tipu obloge.

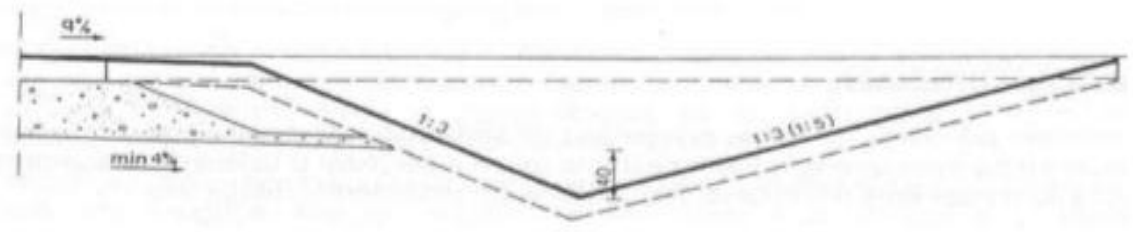


Slika 3. Odvodni jarak (trapeznog oblika) (https://www.zagorje-international.hr/index.php/2017/07/26/iskopan-odvodni-jarak-u-ulici-grofova-orsic-koji-ce-sprijeciti-daljnje-poplavljivanje-kuca-uslijed-vecih-oborina/)

Na važnijim cestovnim prometnicama najčešće se koriste segmentni jarci (slika 4). Dno segmentnog ili trokutastog jarka (slika 5) mora biti barem 20 cm niže od posteljice prometnice kako bi se oni mogli drenirati tj. kako bi se spriječilo da voda iz jarka dospije u kolničku konstrukciju.



Slika 4. Odvodni jarak (segmentnog oblika) (Dragčević i Rukavina, 2006)



Slika 5. Odvodni jarak (trokutastog oblika) (Dragčević i Rukavina, 2006)

Uzdužni nagib kanala prilagođava se uvjetima odvodnje, ako je nagib kanala mali dolazi do taloženja materijala, a ukoliko je preveliki dolazi do erozije dna i pokosa kanala zbog velike brzine vode. Zbog toga je potrebno oblagati kanale različitim materijalima, a izbor materijala ovisi o vrsti građevine, raspoloživom materijalu, cijeni izrade te lokalnim uvjetima. Najčešće se oblaganje vrši kamenom, betonom, betonskim elementima, asfaltnim mješavinama ali i obradom tla kemijskim proizvodima kao što su: cement, bitumen i sl. U novije se vrijeme za oblaganje kanala koriste montažni elementi.

Izgrađena obloga mora izdržati temperaturne razlike, štetno djelovanje smrzavice te ne smije ostaviti trajno oštećenje na jarku. Najmanji uzdužni nagib neobloženog jarka je 0,5 %. Ako je nagib jarka manji od 0,2 %, oblaganje je nužno kako bi voda mogla otjecati, a ukoliko je veći od 4% jarak se oblaže kako bi se spriječilo razorno djelovanje vode (erozija). Kod jako velikog nagiba terena jarci se izvode kaskadno odnosno stepenasto.

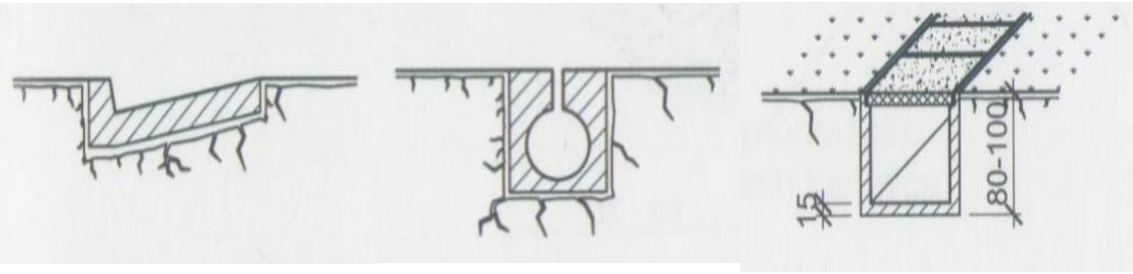
4.1.2. Zaštitni jarci

Zaštitni jarci su odvodni jarci koji se nalaze izvan područja usjeka i nasipa, a prihvaćaju površinske vode sa šireg slivnog područja i štite prometnice od razornog djelovanja površinskih voda. Grade se na padinama iznad usjeka paralelno sa

prometnicom pri čemu je potrebno izbjegavati gradnju uz rub usjeka kako ne bi došlo do klizanja pokosa. Ako se grade u blizini vrha usjeka, grade se tako da ne dođe do izlijevanja te ih je potrebno redovito održavati da bi se spriječilo začepljenje i taloženje materijala. U krškim predjelima nije potrebna njihova izgradnja.

4.1.3. Rigoli

Odvodnja vode s kolnika ili usjeka, osim jarkovima, provodi se uz pomoć različito oblikovanih rigola: trokutastih, žljebastih ili segmentnih. Rigoli su manji odvodni uređaji koji mogu biti: otvoreni, podzemni te pokriveni (slika 6).



Slika 6. Tipovi rigola (trokutasti, podzemni i pokriveni) (Dragčević i Rukavina, 2006)

Rigoli (slika 7) se najčešće rade od betona i to kontinuirano na mjestu ugradnje. Uzdužni nagib mora biti minimalno 0,2 %, a njegova najmanja debljina je 15 cm. Najpogodnija podloga za rigole je mehanički zbijena podloga. Na visokim nasipima izgrađenima od nevezanih ili slabo vezanih sitnozrnatih materijala, rigoli se grade paralelno s rubom kolnika, posebno na mjestima sa većom količinom oborina, radi prikupljanja vode koja se ispušta niz pokose nasipa do prihvatnog kanala (slika 8).



Slika 7. Betonski rigol (https://www.pravimajstor.com/katalog/9470015/betonske-parkovne-kanalice-rigoli)



Slika 8. Otvoreni kanali niz pokos do prihvatnog kanala (HAC, 2018)

4.2. PODZEMNA ODVODNJA

Odvodnja podzemne vode koja je dospjela u trup prometnice ili u teren izvan nje vrlo je važna te se ona obavlja ponajviše kako bi se spriječilo štetno djelovanje podzemne vode na trup prometnice, kako bi se snizila razina podzemne vode te kako bi se poboljšala poremećena stabilnost građevine donjeg ustroja (klizišta). Podzemna

odvodnja obavlja se uz pomoć uređaja koji prihvaćaju i odvode podzemnu i procjednu vodu tj. vodu koja miruje ili teče ispod površine terena. Najvažniju ulogu imaju drenažni (filtracijski) materijali koji moraju zadovoljiti filtarsko pravilo. Uravnoteženi sustavi i količina pojedinih frakcija granulata omogućuju propuštanje nevezane vode, bez zamuljivanja drenažne cijevi i bez propuštanja krupnijih čestica u drenažnu cijev (Dragčević i Rukavina, 2006).

4.2.1. Drenaže

Postoje različite vrste drenaža za prihvat i odvodnju podzemne vode, a to su: uzdužne drenaže-paralelne s osi usjeka, kose, poprečne i drenažni sustavi. Drenaže se polažu ispod dna jarka ili rigola u usjeku te se za tu svrhu koriste uglavnom plitke drenaže različite građe. Drenažni sustavi osiguravaju stabilnost prometnice i služe za djelotvorno odvodnjavanje. Položaj, dubina i duljina drenaža određuje se terenskim istražnim radovima i laboratorijskim ispitivanjima. Kod projektiranja drenaža mora se paziti da dno drenaže bude niže od maksimalne dubine djelovanja smrzavice. Drenaže se mogu podijeliti na nekoliko vrsta ovisno o:

- načinu djelovanja,
- njihovom položaju u odnosu na os prometnice,
- namjeni drenaže te
- funkciji drenaže.

Prema načinu djelovanja drenaže mogu biti:

- pojedinačne,
- vezane u zajednički sustav.

Prema položaju drenaže u odnosu na os prometnice, mogu biti:

- uzdužne,
- poprečne.

Ovisno o položaju, dubini i namjeni, drenaže mogu biti:

- otvorene (površinske),
- zatvorene (vertikalne ili horizontalne).

Ovisno o funkciji, drenaže se projektiraju radi:

- odvodnje,
- osiguranja stabilnosti pokosa,
- višestruke uloge.

Sredinom 20. stoljeća filterska ispuna drenažnih rovova sadržavala je samo krupnozrnati kameni materijal bez pijeska i drenažne cijevi te je kao takva imala slabu djelotvornost i dugotrajnost, zbog čega je kasnije uveden šljunak koji je zadovoljavao filtarska pravila. Kako bi se spriječio ulazak sitnijih čestica u drenažnu cijev, oko nje se stavlja krupniji šljunak. Drenažna cijev ugrađuje se u betonsku ili glinenu podlogu, a drenažni rov se s gornje strane zatvara glinom kako ne bi došlo do procjeđivanja oborinske ili površinske vode. U novije vrijeme se umjesto filtarskog sloja upotrebljavaju različite odgovarajuće vrste geotekstila. Upotrebom geotekstila, sustav drenaže se sastoji od zrnatog materijala, omotača od geotekstila, drenažne cijevi i sloja gline za zatvaranje rova (slika 9).



Slika 9. Drenažni sustav (https://www.emajstor.hr/clanak/23/Drenaza_izvedba_cijena)

Geotekstili u drenažnom sustavu imaju ulogu filtriranja vode tako da sitne čestice ne ulaze u drenažnu cijev. Njihovom upotrebom omogućena je daljnja racionalizacija i poboljšanje sustava, a također predstavljaju i ekonomičniju metodu dreniranja. U nekim slučajevima omogućena je primjena drenaža bez drenažnih cijevi što se naziva francuski drenažni sustav.

4.2.2. Drenažne cijevi i ispune

Drenažne cijevi mogu biti izrađene od različitih materijala kao što je: pečena glina, beton, azbest-cement i plastika, a promjer im iznosi 10, 15 ili 20 cm. Sa gornje strane imaju rupe promjera 10 mm i najčešće se upotrebljavaju plastične drenažne cijevi koje su se u mnogočemu pokazale bolje od ostalih vrsta cijevi. Lake su za prijevoz i rad, pri ugradnji se mogu spajati, postojane su i dobro propusne (slika 10).



Slika 10. Drenažna cijev (plastična) (http://www.vodoskok.hr/prodajni-program/sustavi-drenaze/)

Kod izrade drenaža najčešća greška je upotreba materijala kao što su: lomljeni kamen, krupni odsijani šljunak i sl. za ispunu. Takvi materijali ne mogu obavljati funkciju filtra jer se brzo ispune česticama tla. Drenažna ispuna je dobra ukoliko njezin sastav odgovara sastavu terena koji se drenira.

Filtarski slojevi imaju ulogu da omoguće dobro filtriranje podzemne vode te da spriječe ispiranje čestica prirodnog tla koji se drenira, odnosno zamuljivanje procjednog tijela. Materijal za filtarsku ispunu mora biti jednoličnog granulometrijskog sastava, čist, otporan na smrzavanje te sa ograničenim udjelom organskih sastojaka, sitnih

frakcija i trošnih stijena. Ukoliko nisu zadovoljeni navedeni zahtjevi drenaža neće biti dovoljno propusna i doći će do brzog zamuljivanja.

4.2.3. Projektiranje i izrada drenaža

Drenažni sustav odvodnje potrebno je dobro projektirati i posebno obratiti pažnju na iskop drenažnih rovova. Iskop drenažnog rova obavlja se na cijeloj dužini kako bi se dobio dobar pregled terena. Najmanja dubina drenažnog jarka mora biti veća od maksimalne dubine smrzavanja tj. 0,8 do 1 m, a zbog stabilnosti najmanje 60 cm ispod klizne površine odnosno vodonosnog sloja. Širina drenažnog rova ovisi o vrsti drenaže, vrsti tla i bočnim pritiscima.

Izrada drenaža odvija se u nekoliko faza:

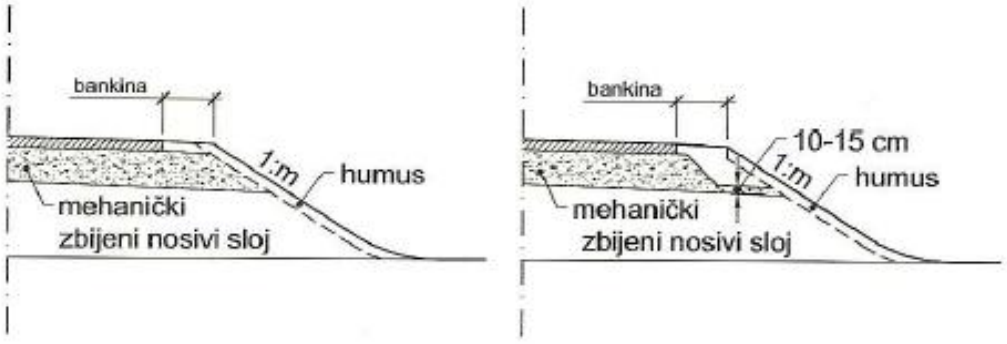
- iskop drenažnog rova,
- uređivanje dna drenaže, izrada vodonepropusnog sloja ili temelja od betona,
- postavljanje drenažne cijevi,
- ugrađivanje procjednog tijela sa pješčanim filtrom ili geotekstilom,
- ugradnja vodonepropusnog sloja (glineni čep).

4.2.4. Odvodnja posteljice i kolničke konstrukcije

Kako bi se voda odvela iz zbijenog nosivog sloja prometnice, projektira se posteljica sa poprečnim nagibom najmanje 4 % kod koherentnih tla te 2,5 % kod nekoherentnih vrsta tla. Ukoliko se cesta nalazi u većem uzdužnom nagibu može doći do nastanka uzdužnog podzemnog toka vode kroz zbijeni nosivi sloj i pojave ispiranja sitnih čestica. Na takvim je mjestima poželjno da poprečni nagib posteljice bude i veći. Isto tako je važno da na posteljici ne bude lokalnih neravnina u kojima se može sakupljati voda.

Ako je cesta u nasipu, vrlo je važno kako su izvedene bankine. Pogrešno je graditi bankine od nabijenog glinovitog materijala jer se tako stvaraju korita koja ne propuštaju vodu što može dovesti do problema ukoliko prilikom gradnje padne kiša. Zato se izvode drenažni prosjeci kroz bankinu na 10 m udaljenosti koji se ispunjava granuliranim materijalom, no njihova učinkovitost nije velika jer se brzo zamuljuju.

Najpovoljnije je da se mehanički zbijeni nosivi sloj izvede preko cijelog donjeg ustroja. Tada se bankine samo dopunjuju zemljanim materijalom ili kamenom sitneži u debljini nosivih slojeva. Kako bi se uštedjelo na materijalu, debljina mehanički zbijenog nosivog sloja smanjuje se na 10-15 cm na dijelu ispod bankine. Ukoliko mu cijena nije visoka, smanjenje se ne izvodi (slika 11) (Božičević i Legac, 2001).



Slika 11. Odvodnja mehanički zbijenog nosivog tla (Božičević i Legac, 2001)

4.3. KONTROLIRANA ODVODNJA AUTOCESTA I UPUŠTANJE OBORINSKIH VODA U OKOLIŠ

Na području Republike Hrvatske je u zadnjih dvadesetak godina izgrađena mreža autocesta koje velikim dijelom prolaze kroz krška područja. Pri tome je posvećena posebna pažnja odvodnji samih prometnica kako bi se osigurala odgovarajuća razina zaštite okoliša, pa tako i podzemnih voda. Bez kontroliranih sustava odvodnje i

pročišćavanja oborinskih voda prije upuštanja u okoliš eksploatacija autoceste predstavljaju veliki potencijalni izvor onečišćenja vode na područjima kroz koje prolaze.

Onečišćenja sa autocesta koja mogu ugroziti okoliš mogu biti uzrokovana samim prometom, trošenjem kolničke konstrukcije, guma, vozila, od održavanja prometnica, soljenjem prometnica zimi, ali i prometnim nesrećama i akcidentnim situacijama kod izlijevanja autocisterni i sl.

Uz navedene sustave odvodnje samih kolničkih konstrukcija za kvalitetnu odvodnju prometnica koriste se sljedeći objekti:

- Preljevne građevine
- Separatori
- Lagune
- Upojni zdenci

Preljevne građevine su armirano-betonske građevine kojima se omogućava koncentrirano prelijevanje relativno čistih voda te ujedno sprječavaju izlijevanje onečišćenih voda uslijed akcidentnih situacija direktno u okoliš.

Separatori ili mastolovi su građevine koje imaju funkciju zadržavanja većih količina onečišćujućih tvari i tekućina koje su se uslijed akcidentnih situacija izlile na kolničku konstrukciju autocesta. Time se omogućuje kvalitetna zaštita, ali i mogućnost pravovremenih intervencija kako ne bi došlo do onečišćenja okoliša pa tako i podzemnih voda. Tijekom normalnog rada, kada nema akcidentnih situacija, separatori služe za prikupljanje taloga.

Lagune su građevine koje služe za povremeno prihvaćanje oborinskih dotoka i smanjenje vršnih protoka na razinu prije izgradnje prometnice. Njima je moguće ukloniti do 90 % suspenzija, ako je zadržavanje vode više od jednog dana.

Upojni zdenci služe za upuštanje voda iz preljevnih građevina u podzemlje.

Lociranje objekata sustava odvodnje i upuštanja u okoliš na području krša je vrlo kompleksan zadatak. Osim što se objekti obično moraju nalaziti unutar eksproprijacijskog pojasa autoceste potrebno je voditi računa i o zaštiti krških vodonosnika, odnosno izvora kroz čije slivove autoceste prolaze.

Za izvore koji se koriste za javnu vodoopskrbu ili su potencijalni za buduće korištenje za vodoopskrbu donose se zone sanitarne zaštite. One se utvrđuju samo ako su provedeni vodoistražni radovi i ako je izrađen elaborat zona sanitarne zaštite. Pod vodoistražnim radovima smatraju se geološki, hidrogeološki, hidrološki, hidrogeokemijski i kemijski radovi i ispitivanja kojima se može odrediti veličina, granice i tip vodonosnika, način napajanja, kakvoća vode te druge važne značajke. Nakon što su izvršeni radovi i dobiveni odgovarajući podaci, izrađuje se nacrt elaborata zona sanitarne zaštite (NN 66/11, 47/13).

Zone sanitarne zaštite mogu se podijeliti prema tipu vodonosnika na:

1. izvorišta sa zahvaćanjem podzemne vode
   - iz vodonosnika s međuzrnskom poroznosti
   - iz vodonosnika s pukotinskom i pukotinsko – kavernoznom poroznosti
2. izvorišta sa zahvaćanjem površinskih voda
   - iz akumulacija i jezera
   - iz otvorenih vodotoka.

Kako je skoro 50 % kopnenog dijela Hrvatske prekriven kršom, najviše nas zanimaju zone sanitarne zaštite izvorišta sa zahvaćanjem podzemne vode iz vodonosnika s pukotinskom i pukotinsko – kavernoznom poroznosti. Postoje četiri zone i to su (NN 66/11, 47/13):

- zona ograničenja - IV. zona sanitarne zaštite
- zona ograničenja i nadzora - III. zona sanitarne zaštite
- zona strogog ograničenja i nadzora – II. zona sanitarne zaštite
- zona strogog režima zaštite i nadzora – I. zona sanitarne zaštite

Svaka zona ima određene mjere zaštite i zabrane koje se moraju strogo poštovati. Sa gledišta odvodnje prometnica u kršu, zona ograničenja (IV. zona) zabranjuje građenje prometnica, parkirališta i aerodroma bez građevina za odvodnju vode, uređaja za prikupljanje masti i ulja te sustava za pročišćavanje oborinskih voda.

Zona ograničenja i nadzora (III. zona) nadovezuje se na IV. zonu te zabranjuje građenje cjevovoda za transport tekućina koje mogu izazvati onečišćenje vode.

Zona strogog ograničenja i nadzora (II. zona) obuhvaća sve važne podzemne drenažne smjerove u blizini izvorišta te se zabranjuje ispuštanje pročišćenih i nepročišćenih otpadnih voda s prometnica i građenje bilo kojih drugih građevina koje bi mogle ugroziti kakvoću vode.

Zona strogog režima zaštite i nadzora (I. zona) prvenstveno se utvrđuje kako bi se zaštitile građevine za zahvat voda i uređaji za pročišćavanje voda. Ova zona zabranjuje bilo kakve aktivnosti, osim onih vezanih za vodoopskrbu (NN 66/11, 47/13).

S obzirom da je veliki dio krškog područja obuhvaćen zonama sanitarne zaštite, a već u IV. zoni sanitarne zaštite se zabranjuje izgradnja prometnica bez sustava kontrolirane odvodnje i pročišćavanja oborinskih voda prije upuštanja u okoliš može se

zaključiti da je gotovo kompletan sustav autocesta na krškom području izgrađen sa zatvorenim sustavom odvodnje i pročišćavanja oborinskih voda prije upuštanja u okoliš što je znatno poskupilo njihovu izgradnju.

Upojne građevine, preljevi, separatori i lagune moraju se locirati izvan granica I. i II. zone sanitarne zaštite.

5. PROPUSTI

Propusti su objekti koji služe za propuštanje vode ili manjih prometnica kroz trup prometnice. Pod propustom se smatra otvor do 5 m raspona, sve veći rasponi objekta tretiraju se kao mostovi, vijadukti i slično. Njihovom izgradnjom omogućuje se kontrolirani prolazak vode kroz trup prometnice te se sprječava sakupljanje vode pri nožici nasipa čime bi bila narušena stabilnost donjeg ustroja prometnice. Prilikom projektiranja propusta treba odrediti:

- veličinu otvora prema količini vode koja se očekuje,
- položaj propusta u odnosu na os prometnice,
- kote ulaza i izlaza s obzirom na mogućnost uvođenja vode iz vodotoka, kanala, rigola,
- način temeljenja propusta s obzirom na svojstva temeljnog tla.

Propusti mogu biti izgrađeni od različitih materijala kao što su: beton, armirani beton, propusti od prednapregnutog betona, čelik, kamen, opeka te kombinirano. Oni se dijele na više vrsta ovisno o svojim osobinama i svojstvima.

Ovisno o načinu gradnje i statičkom sustavu, propusti mogu biti:

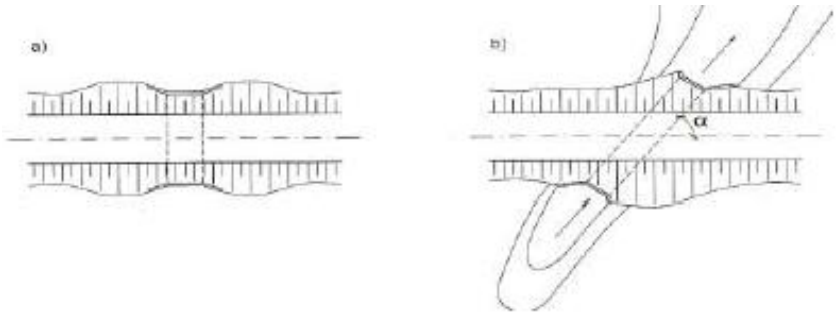
- cijevni,
- svođeni,
- okvirni,
- pločasti.

Prema obliku poprečnog presjeka, propusti mogu biti:

- kružni,
- ovalni,
- trapezni,
- pravokutni.

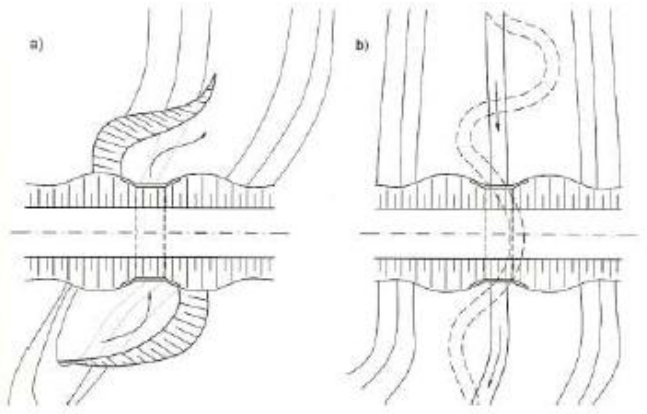
Prema položaju u odnosu na os-prometnice (slika 12), propusti mogu biti:

- okomiti,
- kosi.



Slika 12. Vrste propusta s obzirom na os prometnice: a) okomiti, b) kosi (Dragčević i Rukavina, 2006)

Najčešće se izvode okomiti propusti, bez obzira na položaj vodotoka prema osi ceste, tako što se vodotok rekonstruira ili se regulira neposredno uz cestu (slika 13).



Slika 13. Regulacija vodotoka na dva načina (Dragčević i Rukavina, 2006)

Prema položaju u trupu, propusti mogu biti:

- niski,
- visoki.

5.1. Cijevni propusti

Cijevni propusti (slika 14) su najčešće korištena vrsta propusta posebno pri gradnji cesta i željeznica radi jednostavnijeg građenja i temeljenja te niže cijene. Poprečni presjek propusta može imati više oblika: krug, elipsa, parabola te kombinacija različitih

krivulja. Uglavnom se primjenjuju u slučajevima dovoljne visine nasipa i kada nije potreban veliki otvor propusta. Smješteni su u najnižim mjestima u uzdužnom profilu jer se upotrebljavaju za odvodnju površinske oborinske vode od slivnog područja koja se sakuplja na tim mjestima.



Slika 14. Cijevni propusti (Bogdan, 2009)

Razmak između propusta ovisi najviše o veličini slivnog područja. Ukoliko se prema uzdužnom profilu dva susjedna najniža mjesta mogu odvoditi jarkom uz nožicu nasipa, onda se izvodi samo jedan propust. Cijevni se propusti ne koriste ako je visina nasipa manja od 0,8 m, mjereno od gornje površine cijevi do površine planuma na najnižem mjestu. Veličina otvora propusta mogu biti različite, ovisno o količini vode. Propusti se izvode prije izrade nasipa.

5.2. Pločasti betonski propusti i svođeni propusti

Pločasti betonski propusti se izrađuju u usjecima i nasipima manjih visina, a konstrukcijski su slični manjim mostovima. Nosači za neposredno ili posredno prenošenje opterećenja jesu armiranobetonske ploče ili grede s betonskim pločama

preko kojih se polaže kolnička konstrukcija. Duljina pločastoga propusta jednaka je širini planuma prometnice (slika 15).



Slika 15. Pločasti betonski propust
(https://www.034portal.hr/clanak.php?z=3619&c=1&r=1&width=1366&Height=768)

Svođeni propusti se izgrađuju u segmentnom ili polukružnom obliku te se izgrađuju u dijelovima duljine 4 do 8 m kako zbog nosivosti tla ili opterećenja ne bi došlo do pukotina. Primjenjuju se u nasipima većih visina. Najmanja visina između površine planuma donjeg ustroja i gornjeg ruba svoda mora biti 0,8 m. Izrađuje se u cijelosti od betona, obrađenog kamena ili kombinirano.

5.3. Projektiranje i gradnja propusta

Kod projektiranja propusta vrlo je važno odrediti oblik otvora propusta kako bi voda mogla što brže otjecati. Osim oblika otvora potrebno je odrediti položaj propusta s obzirom na os prometnice, način temeljenja te kote ulaza i izlaza vode. Svaki propust se sastoji od tri glavna dijela: glavnog provodnog dijela, cijevi propusta i izlazni i ulaznih dijelova. Ukoliko je uzdužni nagib velik, propust se izvodi kaskadno kako bi se svladala visinska razlika u terenu te kako bi se ublažilo štetno djelovanje vode.

6. ZAKLJUČAK

Krš je područje u kojem prevladavaju vapnenačke stijene, a isto tako ima bogatu podzemnu i površinsku hidrografsku mrežu. Zbog tih svojstva te veće količine oborinskih voda potrebno je osigurati dobru odvodnju prometnica kako bi se spriječilo, ali i učinkovita zaštita površinskih i podzemnih voda od utjecaja prometnica.

Danas postoje dobra i učinkovita projektna rješenja koja uvelike pomažu u tome i osiguravaju sigurnost prometa i ljudi. Vrlo je bitno svaku prometnicu kvalitetno izraditi kako bi ona, u dužem vremenskom periodu, mogla izdržati nalete vode i oborina koje mogu izazvati potpuni gubitak nosivosti prometnice.

Isto tako, prilikom svake gradnje potrebno je pridržavati se propisanih mjera i zabrana koje su donesene kako bi se očuvala kvaliteta i kakvoća vode u krškim područjima. Krški vodonosnici predstavljaju glavni izvor pitke vode i služe za vodoopskrbu većeg broja gradova. Važno je napomenuti brojne nacionalne parkove koji su nastali djelovanjem vode, a danas privlače veliki broj turista. Iz toga možemo zaključiti kako je krško područje izuzetno bogato i važno te svako djelovanje mora biti u skladu sa propisima kako ne bi došlo do zagađenja ili onečišćenja vode, zraka i okoliša.

7. LITERATURA

Biondić, B. i Biondić, R. (2014): Hidrogeologija Dinarskog krša u Hrvatskoj. Sveučilišni udžbenik, Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Varaždin.

Bogdan, M. (2009): Zamjena dotrajalog mosta Požeška koprivnica 4 novim mostom. Građevinar 61, 3.

Bonacci, O. i Roje-Bonacci, T. (2005): Inženjerska rješenja osiguranja stabilnosti prometnica u kršu. Prometnice u kršu. 51(4-6). str. 32-43

Božičević, J. i Legac, I. (2001): Cestovne prometnice. Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Dragčević, V. i Rukavina, T. (2006): Donji ustroj prometnica. Građevinski Fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

HAC – Hrvatske autoceste (2018): Sanacija pokosa i dijela sustava odvodnje ispod vijadukta Belobrajdići. Tehnički opis i nacrti. [Online]. Dostupno na: http://hac.hr/sites/default/files/2018-06/Knjiga%203%20-%20Tehni%C4%8Dki%20opis%20i%20nacrti.pdf [14.7.2018.]

Legac, I. (2006): Cestovne prometnice I. Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.

Narodne novine 66/11 (2011): Pravilnik o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta.

Narodne novine 47/13 (2013): Pravilnik o izmjenama Pravilnika o uvjetima za utvrđivanje zona sanitarne zaštite izvorišta.

Narodne novine 67/08, 48/10, 74/11, 80/13, 158/13, 92/14, 64/15, 108/17: Zakon o sigurnosti prometa na cestama.

Narodne novine 84/11, 22/13, 54/13, 148/13, 92/14: Zakon o cestama.

Penić, H. (2016): Integralni koncept odvodnje urbanih oborinskih voda u krškim područjima. Diplomski rad. Sveučilište u Splitu. Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije.

Prometna zona. (2018). Podjela cesta. [Online]. Dostupno na: https://www.prometna-zona.com/podjela-cesta/ [8.7.2018.]

Rubinić, J. (2014): Vodni režim Vranskog jezera u Dalmaciji i klimatski utjecaji. Doktorski rad. Sveučilište u Rijeci. Građevinski fakultet. Rijeka.

WIKIPEDIA. (30.11.2016). Cesta. [Online]. Dostupno na: https://hr.wikipedia.org/wiki/Cesta [8.7.2018.]

8. POPIS SLIKA

Slika 1. Površinski i podzemni oblici u kršu

Slika 2. Poprečni presjeci jarka

Slika 3. Odvodni jarak (trapeznog oblika)

Slika 4. Odvodni jarak (segmentnog oblika)

Slika 5. Odvodni jarak (trokutastog oblika)

Slika 6. Tipovi rigola (trokutasti, podzemni i pokriveni)

Slika 7. Betonski rigol

Slika 8. Otvoreni kanali niz pokos do prihvatnog kanala

Slika 9. Drenažni sustav

Slika 10. Drenažna cijev (plastična)

Slika 11. Odvodnja mehanički zbijenog nosivog tla

Slika 12. Vrste propusta s obzirom na os prometnice: a) okomiti, b) kosi

Slika 13. Regulacija vodotoka na dva načina

Slika 14. Cijevni propusti

Slika 15. Pločasti betonski propust

9. POPIS TABLICA

Tablica 1. Podjela ceste prema veličini motornog prometa