



Naručitelj: **ALBANEŽ d.o.o.**
Pomer 1
52 100 PULA

**TEHNIČKA I EKONOMSKA ANALIZA
CIJEVNOG MATERIJALA
ZA SUSTAV PRIKUPLJANJA I ODVODNJE
OTPADNIH VODA
NA PODRUČJU AGLOMERACIJE
MEDULIN, PREMANTURA I BANJOLE**

Projektant:

Direktor:

Davor Stanković, dipl. ing. građ.

Luka Jelić, dipl. ing. građ.

Zagreb, 29. siječanj 2020.

Naručitelj: **ALBANEŽ d.o.o. Pula**

Projekt: **IZRADA PROJEKTNE I NATJEČAJNE DOKUMENTACIJE S APLIKACIJSKIM PAKETOM SUSTAVA PRIKUPLJANJA, ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA TE VODOOPSKRBE AGLOMERACIJE MEDULIN, PREMANTURA I BANJOLE**

Vrsta projekta: **Tehnička i ekonomska analiza izbora cijevnog materijala za sustav prikupljanja i odvodnje otpadnih voda**

A OPĆI DIO

A.1 Naslovna stranica

A.2 Sadržaj

A.3 Popis suradnika

A.4 Projektni zadatak

B TEHNIČKI DIO - TEKSTUALNI DIO

B.1 UVOD

B.2 OPIS ZAHVATA U PROSTORU/GRAĐEVINE

B.2.1 Općenito

B.2.2 Hidrološke i inženjersko geološke karakteristike terena

B.3 UVJETI UGRADNJE CIJEVI

B.4 CIJEVNI MATERIJALI

B.5 TEHNIČKA I EKONOMSKA ANALIZA

B.5.1 Općenito

B.5.2 Kriteriji za izbor cijevnog materijala prema DWA-M 159

B.5.2.1 Opći rubni uvjeti vezani za ugradnju cjevovoda i kanala otpadnih voda

B.5.2.2 Uvjeti ugradnje

B.5.2.3 Postupci ugradnje

B.5.2.4 Zahtjevi operatera i uvjeti pogona

B.5.2.5 Zahtjevi kvalitete

B.5.2.6 Ekonomsko ispitivanje varijanti

B.5.3 Elementi odabira prema dokumentu Hrvatskih voda

B.5.4 Primjenljivi profili cijevi



- B.5.5 Mehanička otpornost cijevi
- B.5.6 Uzdužna krutost cijevi
- B.5.7 Otpornost na habanje
- B.5.8 Troškovi nabave i spajanja cijevi
- B.5.9 Generalne prednosti i mane pojedinih cijevnih materijala
- B.5.10 Trajnost cjevovoda
- B.5.11 Osvrt na profilirane cijevi od plastičnih materijala
- B.5.12 Osvrt na kanale na obalnim dionicama
- B.5.13 Osvrt na revizijska okna

B.6 PRIJEDLOG IZBORA CIJEVNOG MATERIJALA/PROIZVODA

B.7 ZAKLJUČAK I PREPORUKE

"HIDROPROJEKT-ING" d.o.o. Zagreb
D i r e k t o r :

Luka Jelić, dipl. ing. građ.

Zagreb, siječanj 2020.

Naručitelj: **ALBANEŽ d.o.o. Pula**

Projekt: **IZRADA PROJEKTNE I NATJEČAJNE DOKUMENTACIJE S APLIKACIJSKIM PAKETOM SUSTAVA PRIKUPLJANJA, ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA TE VODOOPSKRBE AGLOMERACIJE MEDULIN, PREMANTURA I BANJOLE**

Vrsta projekta: **Tehnička i ekonomska analiza izbora cijevnog materijala za sustav prikupljanja i odvodnje otpadnih voda**

U izradi ove tehničke i ekonomske analize sudjelovali su:

Voditelj: **Davor Stanković, dipl. ing. građ.**

Suradnici: **Emir Mešić, dipl. ing. građ.**

Siniša Radivojević, dipl. ing. građ.

Hynek Suchy, dipl. ing. građ.

Mladen Lišnjčić, dipl. ing. građ.

Ana Hiršl, mag. ing. aedif.

Mladena Sučić, ing. građ.

Vesna Grizelj Šimić, dipl. ing. građ.

Damir Šafar, dipl. ing. građ.

Nataša Todorić Rex, dipl. ing. građ.

"HIDROPROJEKT-ING" d.o.o. Zagreb
D i r e k t o r :

Luka Jelić, dipl. ing. građ.

Zagreb, siječanj 2020.

PROJEKTNI ZADATAK ZA IZRADU

TEHNIČKE I EKONOMSKE ANALIZE IZBORA CIJEVNOG MATERIJALA

1 Uvodne napomene

U sklopu *Izrada projektne i natječajne dokumentacije s aplikacijskim paketom sustava prikupljanja, odvodnje i pročišćavanja te vodoopskrbe aglomeracije Medulin, Premantura i Banjole*, izrađena je ili se izrađuje, između ostalog, i projektna i natječajna dokumentacija za

- pretežitu novogradnju (a u manjem dijelu rekonstrukciju) cca 68,5 km sustava odvodnje otpadnih voda na području aglomeracija Medulin, Premantura i Banjole
- novogradnju i rekonstrukciju cca 31,3 km sustava vodoopskrbne

Navedeni zahvati namjeravaju se sufinancirati sredstvima EU.

Za navedene zahvate praktički je izrađena ogovarajuća dokumentacija (glavni projekti i dr.). Također je pripremljena odnosno pri kraju priprema dokumentacija o nabavi za izgradnju sustava odvodnje.

Tehno-ekonomskom analizom potrebno je potvrditi ili opovrgnuti odabir cijevnog materijala predviđen postojećom dokumentacijom te po potrebi dati novi prijedlog odabira i primjene cijevnog materijala za predmetne građevine/sustave odvodnje.

Napominje se da je za vodoopskrbni sustav ranije izrađena odgovarajuća tehnička i ekonomska analiza (*Tehnička i ekonomska analiza odabira cijevnog materijala za provedbu projekta aglomeracije Medulin*, rujan 2019. god.). Stoga je predmet projektnog zadatka izrada odgovarajuće tehničke i ekonomske analize izbora cijevnog materijala za sustav prikupljanja i transporta otpadnih voda.

2 Problematika i predmet projektnog zadatka

Danas se u tehničkoj praksi u svijetu primjenjuju razne vrste cijevnih materijala pa shodno tome i vrste vodoopskrbnih i kanalizacijskih cijevi kao tvorničkih proizvoda koji se u cijelosti, tj. kao već formirani elementi, dopremaju na gradilište i tamo ugrađuju. Kod toga, tj. kod tvorničkih proizvoda, se može konstatirati da je oblik (poprečni presjek) kanalizacijske cijevi u osnovi kružni ili eventualno jajolik.

Od tvornički proizvedenih kanalizacijskih cijevi, u Hrvatskoj se posljednjih godina najčešće primjenjuju plastični materijali (PEHD, PVC, PP, poliester). Relativno rijetko se primjenjuju betonske cijevi, i to praktički samo za odvodnju oborinskih voda. Primjena azbestcementnih cijevi je praktički prestala, posebno nakon prestanka njihove proizvodnje u Hrvatskoj. Ostale vrste materijala primjenjuju se rijetko, a i tada u malom opsegu i samo u neke specijalne svrhe. U vodoopskrbi se posljednjih godina najčešće primjenjuju ljevano-željezne cijevi (nodularni) cijev, te plastični materijali (poglavito PEHD).

Kako za izvedbu vodoopskrbne i kanalizacijske mreže postoje različite vrste cijevnog materijala, to je u smislu pravilnog izbora potrebno analizirati niz utjecajnih činitelja. Pod ovime se prvenstveno razumijevaju:

- uvjeti koji se odnose na pogon kanalizacijskog i vodoopskrbnog sustava, a s obzirom na cjeloviti prostor koji se kanalizira odnosno opskrbljuje,
- uvjeti koji proizlaze iz karakteristika samog cijevnog materijala i primjenjivane tehnologije ugradbe,
- uvjeti koji se povezuju uz ekonomičnost primjene cijevnog materijala, sve uz zadovoljenje zahtjevanih tehničkih postavki i pripadajućih kriterija.

Prema tome, u osnovi je potrebno analizirati sve one činitelje koji se odnose na sigurnost tehničkog rješenja, promatrano u odnosu na namjenu cjevovodnog sustava, ugradbene uvjete i uvjete prostora, uvažavajući sve ostale karakteristike iz područja mogućih vanjskih utjecaja.

Nadalje, sa stanovišta tehničkih osobina pojedinih vrsta cijevnih materijala, treba analizirati utjecaje na postojanost i trajnost odgovarajuće vrste cijevi u pogonu, promatrano u odnosu na karakteristike transportiranog medija (agresivnost medija), uzimajući kod toga u obzir i načine spajanja cijevi i predvidiva priključenja na prateća revizijska ili zasunska okna, kao i zahtjeve koji slijede iz traženih/postavljenih kriterija za vodonepropusnost kanala odnosno cjevovoda.

Ovdje se uključuju i činitelji koji slijede iz radova na ugradbi i montaži cijevi, prvenstveno geomehaničke karakteristike tla, dubine ukopavanja cjevovoda, prisutnost podzemne vode, potrebitosti zaštite cjevovoda/kanala u odnosu na vanjske utjecaje itd.

Na kraju, u pogledu ekonomičnosti primjene potrebno je vrednovati sve parametre koji daju konačnu veličinu troškova građenja vodoopskrbnog odnosno kanalizacijskog cjevovoda (kanala) do njegove potpune pogonske osposobljenosti. Pogrešno bi bilo da se podobnost kanalizacijskog (ili vodovodnog) cijevnog materijala razmatra samo na temelju nabavne cijene cijevi i pripadajućeg spojnog materijala, budući da se prateći troškovi građenja, ovisno o sredini u kojoj se izvode radovi, mogu predstavljati prevladavajućim činiteljem za donošenje konačne odluke.

Temeljem prethodno naznačene problematike predviđa se slijedeći tijek i opseg izrade tehničke i ekonomske analize izbora cijevnog materijala:

- a) Analiziranje osnovnih postavki iz tehničke (projektne) dokumentacije i dokumentacije o nabavi, sve u svjetlu prethodno navedenih osnovnih činitelja koji utječu na izbor cijevnog materijala.
Izrađivač u ovoj fazi, kao podlogu za odabir najpodobnijeg cijevnog materijala treba pripremiti odgovarajući radni materijal (radnu verziju tehničke i ekonomske analize) gdje će biti prezentirane raspoložive mogućnosti, a treba predložiti primjenu, po njegovom mišljenju, najpodobnijeg cijevnog materijala odnosno najpodobnijeg rješenja.
- b) Konačnu odluku o primjeni određenog cijevnog materijala odnosno određenog rješenja donijet će naručitelj, u suradnji s ostalim zainteresiranim stranama (Hrvatskih vode i eventualno dr.) a nakon provedene rasprave o radnom materijalu.
- c) Nakon donošenja odluke, a za usvojeni cijevni materijal odnosno usvojeno rješenje, izrađivač treba dovršiti tehničku i ekonomsku analizu. Tehničku i ekonomsku analizu treba isporučiti u 7 kompleta uvezanih primjeraka i dva primjerka u elektronskom obliku.

3 Zadatak

Temeljem prethodno iznjetog, predviđa se izrada slijedeće dokumentacije:

- **Tehnička i ekonomska analiza izbora cijevnog materijala**

Osnovno je da tehnička i ekonomska analiza bude izrađena u takvom opsegu, da predstavlja osnovnu i svrsishodnu podlogu za sve daljnje aktivnosti.

Tijekom izrade tehničke i ekonomske analize obvezne su odgovarajuće konzultacije s predstavnicima naručitelja.

Tehnička i ekonomska analiza treba biti izrađena u skladu s pravilima struke te zahtjevima važeće zakonske i podzakonske regulative. Posebno, tehnička i ekonomska analiza treba biti izrađena u skladu s dokumentom *Provedba javne nabave putem kriterija za odabir ekonomski najpovoljnije ponude, primjeri dobre prakse; Poglavlje 1. Otvoreni postupak javne nabave za građenje mreže (FIDIC, crvena knjiga); Podpoglavlje 1.2. Izbor cijevnog materijala - dopuna; Tehno-ekonomska analiza odabira cijevnog materijala* (Hrvatske vode; svibanj 2018.).

Oblikovanje tehničke i ekonomske analize prepušta se izrađivaču. Obzirom na složenost problematike u ovom je trenutku, tj. s današnje točke gledišta teško definirati sve pojedinačne obrade koje trebaju biti sadržane u analizi, da bi se u rezultatu dobile dokumentirane podloge za optimalni izbor cijevnog materijala.

U vezi s time u nastavku se daje samo informacijski prikaz predvidivog sadržaja tehničke i ekonomske analize, tj. naznačuju se područja obrade za koje se pretpostavlja da trebaju biti sastavni dio predmetnog elaborata:

PREDVIDIVI/PREDLOŽENI SADRŽAJ

- 1 Općenito
- 2 Opis zahvata u prostoru/građevine
- 3 Uvjeti ugradnje cijevi
- 4 Cijevni materijali
- 5 Tehno-ekonomska analiza (primjenjivi cijevni profili, troškovi nabave cijevi, uvjeti za ugradbu cijevi, procjena troškova gradnje, generalne prednosti i mane pojedinih cijevnih materijala, trajnost cjevovoda i dr.)
- 6 Prijedlog izbora cijevnog materijala
- 7 Zaključak i preporuke

Prilikom izrade tehničke i ekonomske analize izrađivač mora biti u stalnom kontaktu s djelatnicima/predstavnicima naručitelja.

Preporuča se prilikom izrade tehničke i ekonomske analize, pored prethodno navedenih dokumenata, koristiti i kriterije navedene u *Merkblatt DWA-M 159 Kriterien zur Materialauswahl für Abwasserleitungen und -kanäle* (DWA prosinac 2006).

U Pomeru, studeni 2019. godine.

ZA ALBANEŽ d.o.o. :



Naručitelj: **ALBANEŽ d.o.o. Pula**

Projekt: **IZRADA PROJEKTNE I NATJEČAJNE DOKUMENTACIJE S APLIKACIJSKIM PAKETOM SUSTAVA PRIKUPLJANJA, ODVODNJE I PROČIŠĆAVANJA TE VODOOPSKRBE AGLOMERACIJE MEDULIN, PREMANTURA I BANJOLE**

Vrsta projekta: **Tehnička i ekonomska analiza izbora cijevnog materijala za sustav prikupljanja i odvodnje otpadnih voda**

B TEHNIČKI DIO - TEKSTUALNI DIO

Projektant:

Davor Stanković, dipl. ing. građ.

Zagreb, siječanj 2020.

B.1 UVOD

Sukladno točki 3. *Provedba javne nabave putem kriterija za odabir ekonomski najpovoljnije ponude; Primjeri dobre prakse; Poglavlje 1. Otvoreni postupak javne nabave za građenje mreže (FIDIC, crvena knjiga); Podpoglavlje 1.2. Izbor cijevnog materijala - dopuna* (Hrvatske vode; Upravno vijeće; Zagreb, 21.05.2018. godine) ovom tehničkom i ekonomskom analizom daje se prijedlog odabira i primjene cijevnog materijala za sustave prikupljanja i odvodnje otpadnih voda na području aglomeracija Medulin, Premantura i Banjole.

U nastavku prikazana tehnička i ekonomska analiza temeljena je na slijedećim dokumentima/podlogama:

- Provedba javne nabave putem kriterija za odabir ekonomski najpovoljnije ponude; Primjeri dobre prakse (Hrvatske vode Zagreb, veljača 2018. godine)
- Smjernice za odabir vrsta cijevi kod projektiranja kanalizacijskog sustava (CTT Centar za transfer tehnologije d.o.o. Zagreb, travanj 2002.)
- Smjernice za odabir vrste cijevi kod projektiranja vodoopskrbnih sustava u Republici Hrvatskoj (CTT Centar za transfer tehnologije d.o.o. Zagreb, rujan 2000.)
- Jure Margeta: Kanalizacija naselja; Odvodnja i zbrinjavanje otpadnih i oborinskih voda (Građevinsko-arhitektonski fakultet Sveučilišta u Splitu, 2009.)
- Hosang/Bischof: Abwassertechnik (11. Auflage, B.G. Teubner Stuttgart, Leipzig, 1998.)
- Damrath/Cord-Landwehr: Wasserversorgung (11. Auflage, B.G. Teubner Stuttgart 1998.)
- ATV-Handbuch: Bau und Betrieb der Kanalisation (4. Auflage, Ernst & Sohn, 1995.)
- Moser: Buried Pipe Design (Second Edition, McGraw-Hill, 2001.)
- Arbeitsblatt ATV-DVWK-A 127: Statische Berechnung von Abwasserkanälen und -leitungen (3. Auflage, GFA, 2005.)
- Standard ATV-DVWK-A 139E: Installation and Testing of Drains and Sewers (GFA, 2001.)
- Merkblatt DWA-M 159: Kriterien zur Materialauswahl für Abwasserleitungen und -kanäle (DWA, 2005.)
- Wastewater Technology Fact Sheet: Pipe Construction and Materials (EPA, 2000.)
- Water for the World: Selecting Pipe Materials; Technical Note No. RWS. 4.P.3 (U.S. Agency for International Development, 1982.)
- Rolf Köhler: Tiefbaupraxis für Abwasserkanäle (Vulkan Essen, 2000.)

- Thomas Sander: Ökonomie der Abwasserbeseitigung; Wirtschaftlicher Betrieb von kommunalen Abwasseranlagen (Springer, 2003.)
- Leitlinien zur Durchführung dynamischer Kostenvergleichsrechnungen (KVR-Leitlinien) (8. überarbeitete Auflage, DVGW, DWA, 2012.)
- Kainz/Kauch; TU Graz, Siedlungswasserbau; Skripta
- Profilierte Grossrohre aus Kunststoff - Praxiserfahrungen und Prüfkonzepte - Endbericht (IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur, Gelsenkirchen 2005.)
- Corrugated Polyethylene Pipe Design Manual & Installation Guide (<https://plasticpipe.org/drainage/cppa-design-guide.html>)
- Horlacher/Helbig: Rohrleitungen 2 (2. Auflage, VDI, Springer Vieweg, 2018.)
- Standardna kalkulacija radova u vodnom gospodarstvu (Hrvatske vode; Bilten XI 2017.)
- DIN EN 1295-1: Statische Berechnung von erdverlegten Rohrleitungen unter verschiedenen Belastungsbedingungen (1997.)
- HRN CEN/TR 1295-3: Statički proračun podzemnih cjevovoda pod različitim uvjetima opterećenja - 3. dio: Jedinstvena metoda (2007.)
- HRN EN 13476-3: Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju - Cijevni sustavi sa strukturiranom stijenkom od neomekšanog poli(vinilklorida) (PVC-U), polipropilena (PP) i polietilena (PE) - 3. dio: Specifikacije za cijevi i spojnice s glatkom unutrašnjom i profiliranom vanjskom površinom i sustav, tip B (EN 13476-3:2007+A1:2009)
- HRN EN 14364: Plastični cijevni sustavi za tlačnu i netlačnu odvodnju i kanalizaciju - Staklom ojačani duromeri (GRP) na osnovi nezasićenih poliesterskih smola (UP) - Specifikacije za cijevi, spojnice i brtve (EN 14364:2013)
- HRN EN 12666-1: Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju - Polietilen - 1. dio: Specifikacije za cijevi, spojnice i sustav (EN 12666-1+A1:2011)
- HRN EN 1401-1: Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju - Neomekšani poli(vinil-klorid) (PVC-U) - 1. dio: Specifikacije za cijevi, spojnice i sustav (EN 1401-1: 2009).
- HRN EN 14758-1: Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju - Polipropilen s mineralnim modifikatorima (PP-MD) - 1. dio: Specifikacije za cijevi, spojnice i sustav (EN 14758-1:2012)
- HRN EN 1852-1: Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju - Polipropilen (PP) - 1. dio: Specifikacije za cijevi, spojnice i sustav (EN 1852-1:2018)

Pored navedenog korištena je i raspoloživa postojeća projektna dokumentacija.

Također su korištene informacije iz kataloškog i propagandnog materijala različitih proizvođača cijevi.

B.2 OPIS ZAHVATA U PROSTORU/GRAĐEVINE

B.2.1 Općenito

Zahvat se nalazi na prostoru Istarske županije, u Općini Medulin i dijelom u Općini Ližnjan

Prema popisu stanovništva iz 2011. godine, Općina Medulin broji 6.500 stanovnika, dok Općina Ližnjan broji 4.000 stanovnika. Karakteristika je Općina Medulin i Ližnjan da su to turističke općine, kojima u ljetnim mjesecima broj stanovništva, zbog turizma, znatno varira, pa se tako preko ljetnih mjeseci broj stanovnika poveća i do 300%. Do 2040. godine predviđa se porast stanovnika u Općini Medulin na oko 18.200 stalnih stanovnika, a u Općini Ližnjan na oko 6.000 stanovnika.

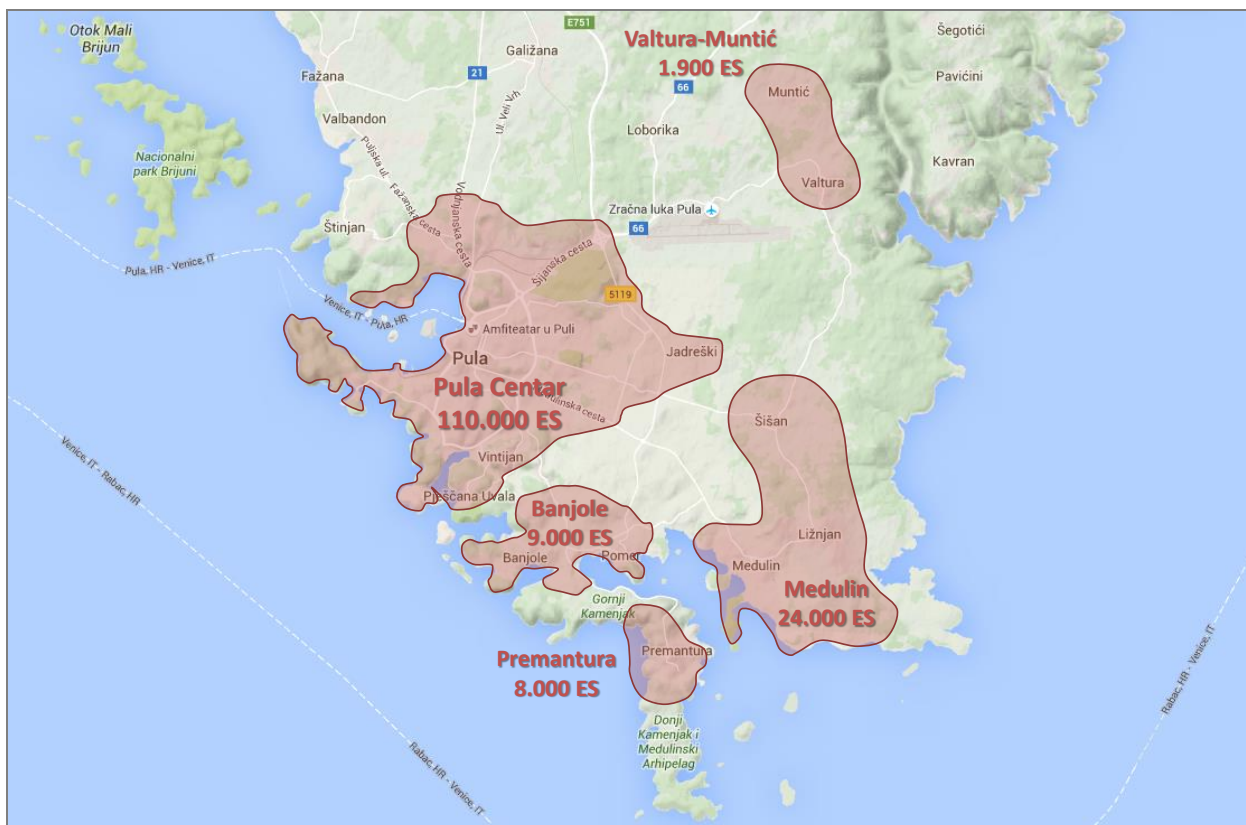
Djelatnosti ugostiteljstva i turizma čine gospodarsku osnovu na području Općine Medulin. Izgradnja kanalizacijskih sustava doprinijet će smanjenju eutrofikacije mora i poboljšanju kvalitete morske vode, čime se izravno pogoduje turizmu koje ovisi o čistoći mora. Unutar općine Ližnjan poljoprivreda predstavlja značajnu gospodarsku granu, dok turizam nije toliko razvijen kao u Općini Medulin, jer ne postoje u toj mjeri izgrađeni turistički kapaciteti.

U Općini Medulin značajne se količine otpadnih voda deponiraju u septičke jame. Većina njih je locirana u starim jezgrama i neadekvatne su izrade, pa je onečišćenje podzemlja znatno. Jedna od značajki Medulinskog zaljeva je i njegova mala dubina, pa je zbog toga utjecaj neodgovarajućeg ispuštanja sanitarnih voda na zaljev znatan.

Dovršetakom I. faze izgradnje UPOV-a Premantura u listopadu i UPOV-a Medulin-Marlera u prosincu prošle godine, nepročišćene otpadne vode više se ne ispuštaju direktno u zaljev.

Planiranim zahvatom uredit će se sustavi odvodnje i pročišćavanja otpadnih voda u tri aglomeracije (Slika B.2-1):

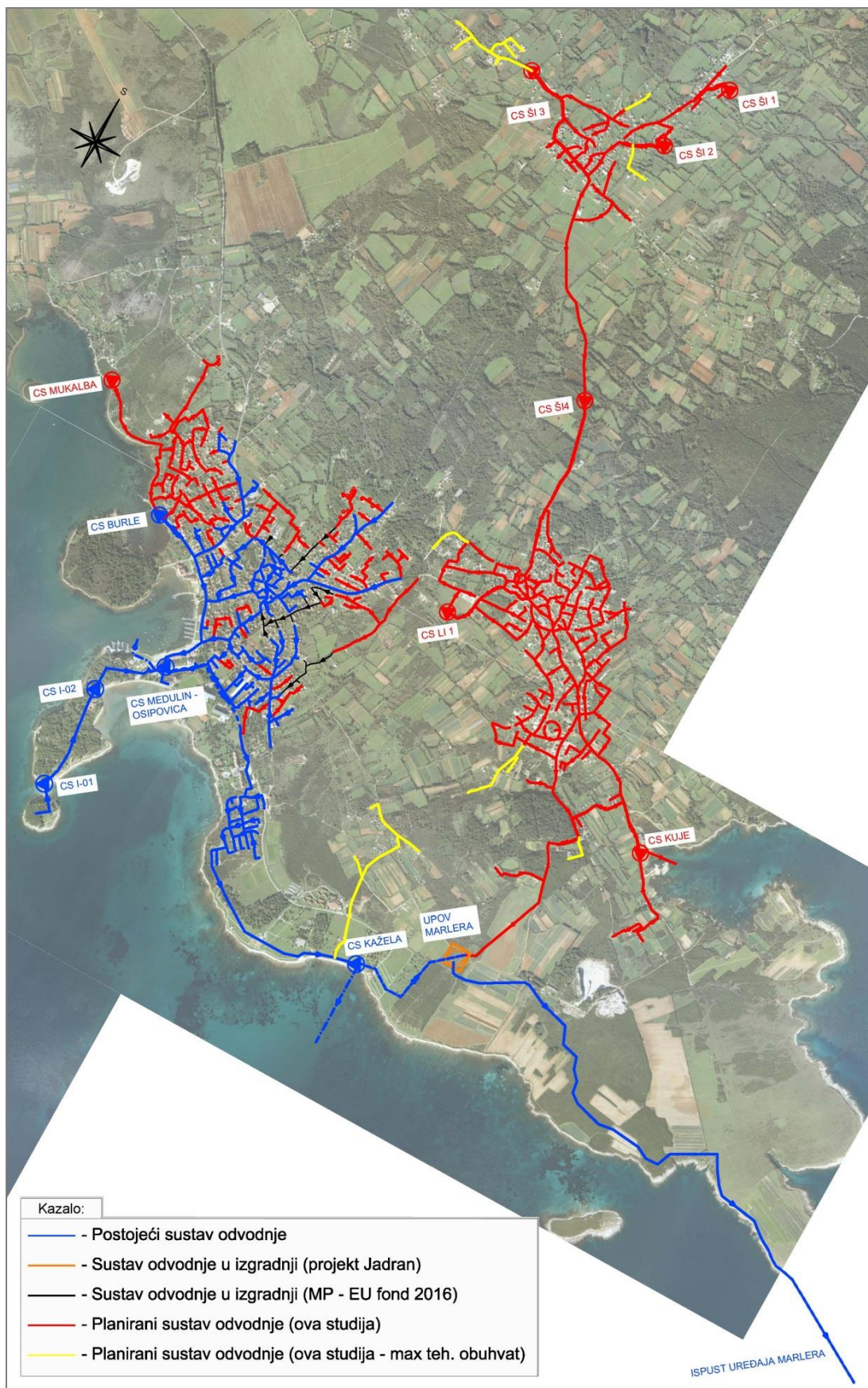
- Medulin, s 24.000 ES (naselja Medulin, Ližnjan i Šišan),
- Premantura, s 8.000 ES (naselje Premantura) i
- Banjole, s 9.000 ES (naselja Banjole, Vinkuran i Pomer).



Slika B.2.1-1: Aglomeracije na širem području zahvata

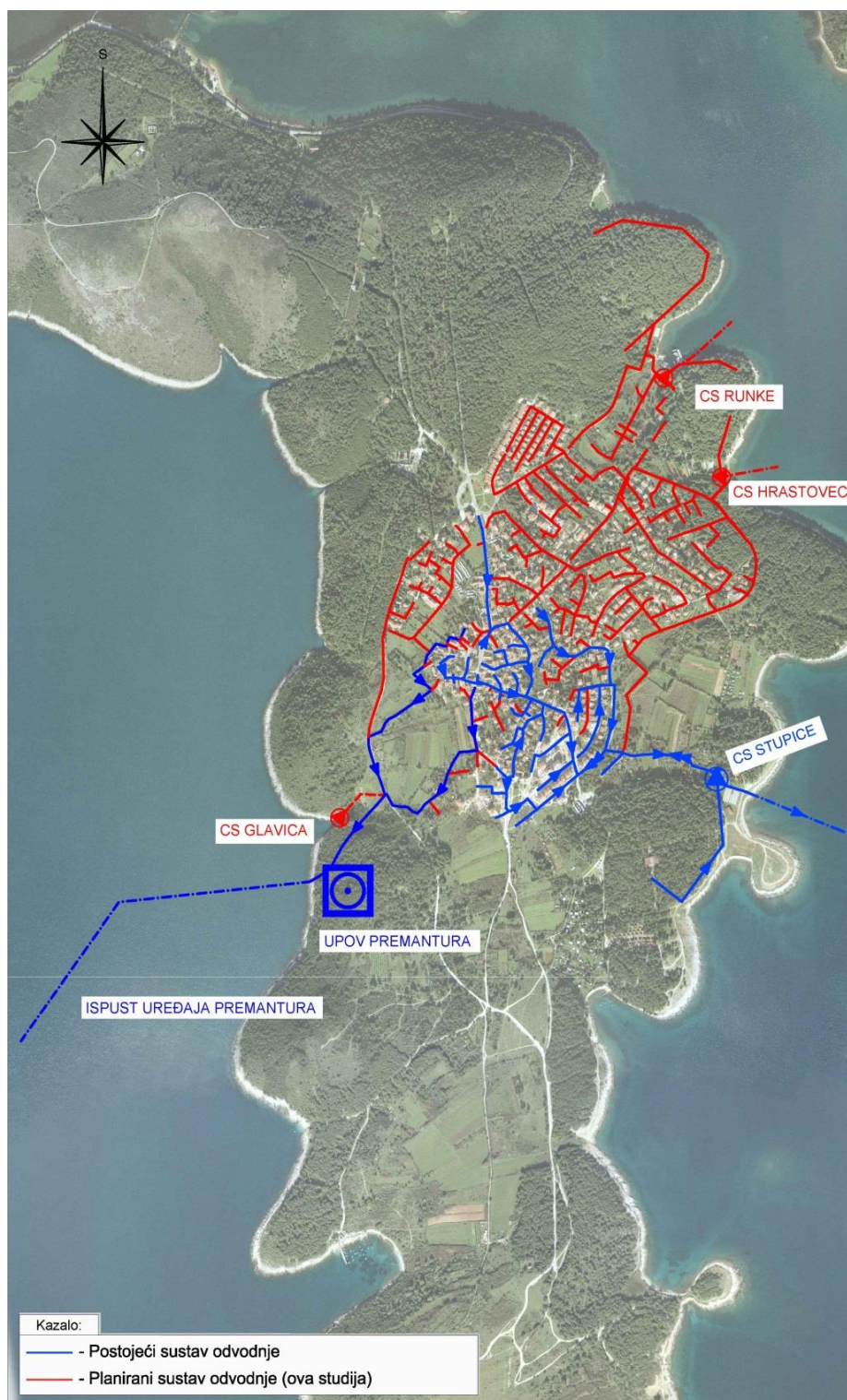
Aglomeracija Medulin. Planirani zahvata na području aglomeracije Medulin (naselja Medulin, Ližnjan i Šišanj) prikazan je na ortofoto karti na slici B.2-2.

Zahvatom su predviđeni proširenje sekundarnog sustava odvodnje u svim naseljima aglomeracije, kao i nadogradnja UPOV-a Medulin-Marlera na drugi (II.) stupanj pročišćavanja otpadnih voda.



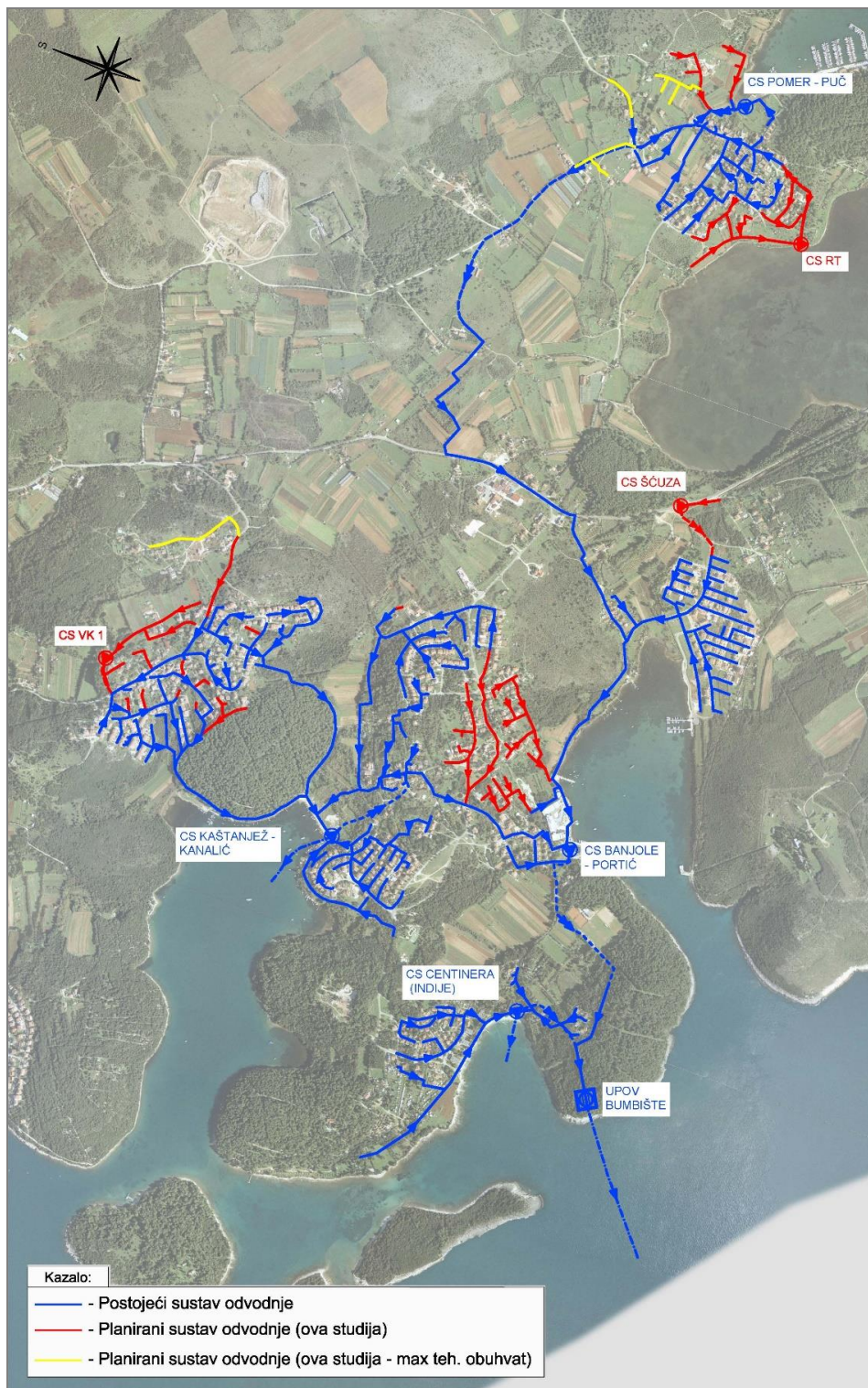
Slika B.2.1-2: Predviđeni zahvat - aglomeracija Medulin

Aglomeracija Premantura. Planirani zahvat na području aglomeracije Premantura (naselje Premantura) prikazan je na ortofoto karti na slici B.2-3. Zahvatom su predviđeni proširenje sekundarnog sustava odvodnje.



Slika B.2.1-3: Predviđeni zahvat - aglomeracija Premantura

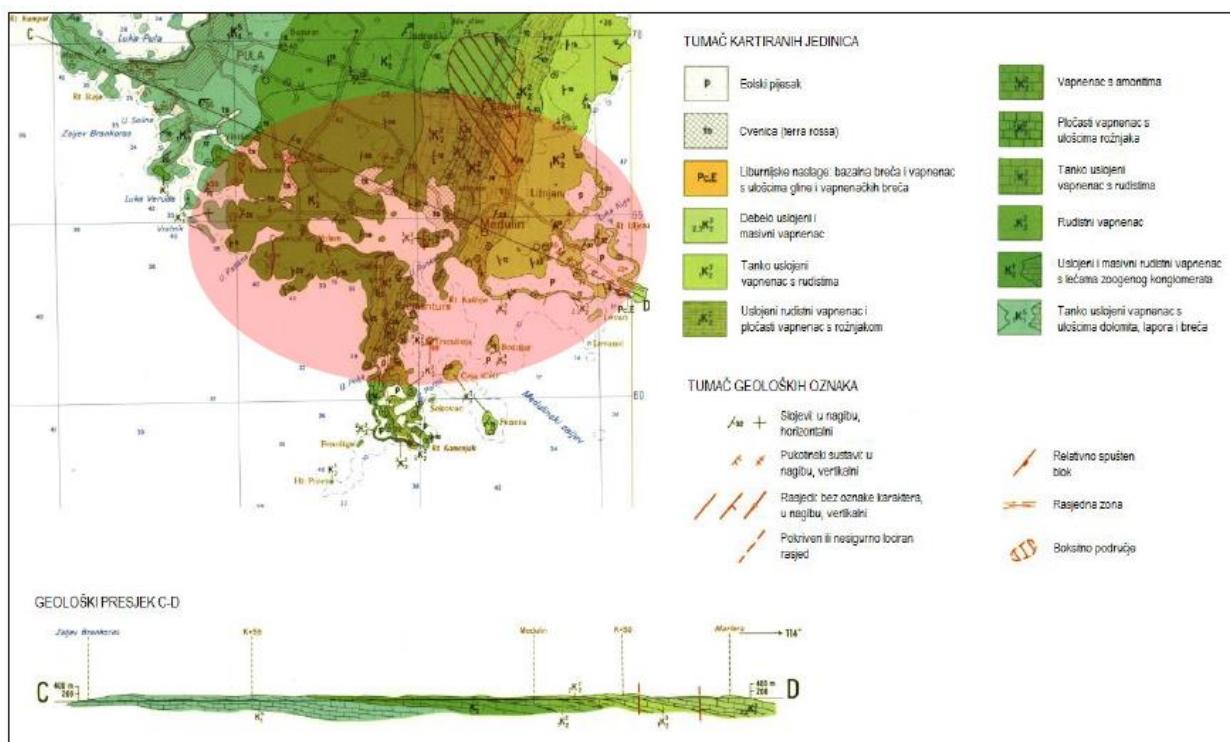
Aglomeracija Banjole. Planirani zahvat na području aglomeracije Banjole (naselja Banjole, Pomer i Vinkuran) prikazan je na ortofoto karti na slici B.2-4. Zahvatom su predviđeni proširenje i rekonstrukcija sekundarnog sustava odvodnje u svim naseljima aglomeracije kao i rekonstrukcija postojećeg UPOV-a i podmorskog ispusta Banjole-Bumbište.



Slika B.2.1-4: Predviđeni zahvat - aglomeracija Banjole

B.2.2 Hidrološke i inženjersko geološke karakteristike terena

Geološke značajke šireg područja. Prema podacima iz Osnovne geološke karte (OGK), list Pula (Polšak A. 1963), šire područje pripada jugoistočnom krilu blage i prostrane zapadnoistarske antiklinale, koja se prostire zapadnom i centralnom Istrom. Jezgra ove antiklinale izgrađena je od jurskih naslaga otkrivenih na potezu između Rovinja i Poreča. Kredne naslage, od kojih je gotovo isključivo izgrađeno šire područje su sasvim blago naborane sa maksimalnim kutom nagiba 10° , a većim dijelom su horizontalne do subhorizontalne. Rijetki rasjedi i pukotine, koji su najčešće vertikalni i subvertikalni ukazuju na vrlo blagu poremećenost naslaga. Najveći dio promatranog područja izgrađuju naslage gornjokrednih vapnenaca (cenoman-senon), sa pojavama donjokrednih vapnenaca sa ulošcima dolomita (alb) na zapadnom rubu obuhvata (Pješćana uvala) te liburnijskih naslaga bazalne breče i vapnenca (paleocen-eocen) na istočnom rubu obuhvata (Marlera). Naslage su općenito tektonski slabo poremećene i u blagom nagibu od $10-25^{\circ}$ prema istoku i jugoistoku.



Slika B.2.2-1: Isječak iz Osnovne geološke karte

Prema Rudarsko-geološkoj studiji Istarske županije (HGI, 2013) predmetnu lokaciju izgrađuju naslage formacija Rušnjak (RU), Sveti Duh (SD) i Gornji Humac (GH) sa mogućim dijelom formacije Pula (PU) na zapadnom rubu obuhvata (Pješćana uvala) te dijelom formacije Foraminiferski vapnenci (FV) na istočnom rubu obuhvata (Marlera). Zastupljene formacije su predstavljene vapnencima različitih strukturnih tipova od madstona, vekstona, pekstona, grejnstona i fluoutstona-radstona a karakteriziraju ih česte pojave rudista. Vapnenci su pretežno dobro uslojene do masivne (grebenske forme). Navedene formacije su lokalno prekrivene debljim naslagama crvenice na potezu od Medulinskog zaljeva do Pješćane uvale te pijescima istočno i južno od naselja Ližnjan i južno od naselja Premantura.

Korelacijom dostupnih podataka o geologiji šireg područja sa morfologijom južne obale Istre, procijenjena je potencijalna trasa jakog rasjeda nepoznatog karaktera koji se pruža u smjeru sjeverozapad-jugoistok (dinarski smjer) od južne obale poluotoka Stoje do Medulinskog zaljeva. U prilog ovakvoj pretpotavci ide orijentiranost sam obale, duboka udolina Medulinskog zaljeva do naselja Pomer te česte pojave crvenice duž pretpostavljene trase rasjeda. Osim toga, projekcija ovog rasjeda prema jugoistoku se savršeno podudara sa pružanjima izduljenih otoka Unije i Srakane. Protivno ovoj pretpostavci je kontinuiranost (nepomaknutost) pojedinih litostratigrafskih jedinica sjeverno i južno od pretpostavljene trase. Potencijalnu rasjednu zonu provedenim istraživanjima nije bilo moguće utvrditi te je njezino postojanje upitno, a za potrebe utvrđivanja iste potrebno je provesti regionalna geološka istraživanja. Duž rasjednih zona se očekuje jača tektonska poremećenost te posljedično i znatno veća dubina okršavanja stijenske podloge.

Prema podacima iz OGK šire područje naselja Šišan do naselja Ližnjan predstavljeno je boksitnim područjem. Boksiti su mineralni materijali sastavljeni od aluminijskih hidroksida, a zapunjuju relativno plitke konusne krške oblike u karbonatnoj stijenskoj masi zajedno sa glinom crvenicom. U sklopu boksitnog područja stijenska masa je pretežno raspadnuta.



Slika B.2.2-2: Isječak iz Osnovne geološke karte

Geomorfološke značajke lokacije. Šire područje se geomorfološki odlikuje krškom zaravni kao jugoistočnim rubom blage i prostrane antiklinale koja se prostire zapadnom i centralnom Istrom. Kopneni reljef je vrlo slabo razveden, blago valovit sa nadmorskim visinama terena pretežno do 50 m n.m. s lokalnim uzvisinama do 70 m. n.m. Obalni reljef je za razliku od kopnenog izrazito razveden uslijed diferencijalne erozije različito tektoniziranih karbonatnih naslaga šireg područja, a općeniti smjer pružanja obala se može poistovjetiti sa pružanjima rasjeda karakterističnih za šire područje. Veće debljine pokrivača su akumulirane u sinformnim oblicima nastalim uslijed okršavanja stijenske podloge, tektonskih pomaka i/ili procjeđivanja površinskih i podzemnih voda. Na izgrađenim obalnim dijelovima terena su lokalno izvedena veća nasipavanja u sklopu proširenja obalne zone. Recentno taloženje marinskih sedimenata se odvija u sklopu zaštićenih sinformnih uvala.

Podlogu pokrivaču na širem području predstavljaju kredno-paleogenski vapnenci.

Aktivni geomorfološki procesi na širem području su prisutni u vidu erozije nevezanih površinskih naslaga uslijed djelovanja atmosferičja te okršavanja stijenske podloge procjeđivanjem podzemnih voda. Lokalno su u sklopu zatišnih uvala na utjecajnom području djelovanja mora prisutna i taloženja marinskih sedimenata. Navedeni geomorfološki procesi su radi slabe razvedenosti kopnenog reljefa malih intenziteta.

Hidrogeološke značajke lokacije. U hidrogeološkom pogledu predmetne naslage pripadaju području jugozapadne Hrvatske (hrvatski krš) i dio su priobalnog sliva Jadranskog mora. Na hidrodinamiku podzemne vode šireg područja najjači utjecaj imaju pukotinska i disolucijska poroznost, gustoća, raspored i međusobna povezanost pukotina.

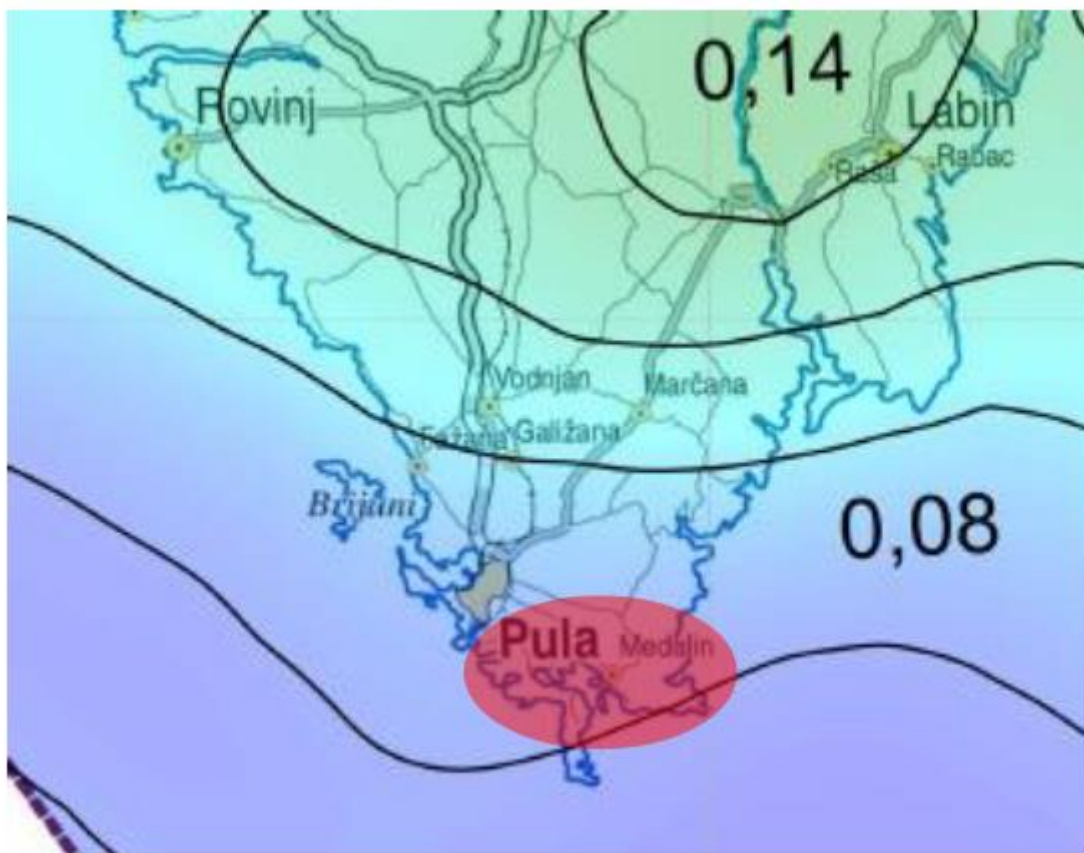
Hidrogeološke karakteristike područja istarskog poluotoka ovise o dubini na kojoj se nalaze podzemni tokovi voda. Dubina manja od 50 m zabilježena je na prostoru oko Pule i zapadne obale Istre. Podzemni tokovi voda na dubinama od 50 do 200 m nalaze se u središnjoj Istri, a podzemni tokovi na dubini većoj od 200 m u istočnom i sjevernom dijelu Istre na Čićarijskom prostoru.

Predmetnu lokaciju izgrađuju naslage pokrivača te stijenska podloga od kredno-paleogenih vapnenaca. Zastupljeni karbonati - vapnenci spadaju u propusne stijene radi svoje sekundarne disolucijske poroznosti. Prema vodopropusnosti razlikujemo dva horizonta vapnenačke stijenske podloge: slablo trošni do svježi, slabo raspucani do kompaktni vapnenci te potpuno do srednje trošni, raspucani i okršeni vapnenaci. Kretanje vode u slabo raspucanim i kompaktnim vapnencima se vrši procjeđivanjem duž lokalno formiranih trasa tokova podzemne vode (kaverne) te duž učestalih slojnih diskontinuiteta. Naslage raspucanih i okršanih vapnenaca spadaju u propusne stijene koje brzo primaju i otpuštaju vodu te omogućuju protjecanje mjerljivih količina vode u određenom vremenu. U slučajevima kada su otvorene pukotine zapunjene glinom (crvenicom⁹, ili ako su unutar okršanih karbonatnih slojeva umetnuti tanki slojevi nepropusne prirode, stvara se hidrogeološka barijera, te se duž tih površina vrši zadržavanje vode ili intenzivnije ispiranje, uglavnom nepovezanog, razdrobljenog materijala radi jačeg protoka vode. Temeljem dosadašnjih istraživanja na širem području, zastupljeni donjokredni vapnenci u cjelini predstavljaju propusne naslage. Naslage pokrivača su promjenjive vodopropusnosti, ovisno o sastavu.

Terenskom prospekcijom šireg područja nije registriran nijedan stalan površinski vodotok, podzemne vode su duboko u krškom podzemlju. Oborine i površinske vode se direktno infiltriraju u podzemlje ili se mogu kratkotrajno zadržati na manje propusnim dijelovima pokrivača. Sjeverozapadni rub obuhvata je prema obalnoj liniji dreniran sinformama u sklopu kanala Pragrande te uz ulicu Dolinka. Izgrađeni dijelovi terena su djelomice drenirani neadekvatnom oborinskom i fekalnom odvodnjom. Osnovna stijenska masa je dobre upojnosti, a koeficijent otjecanja mali. Strukturni položaj, intenzitet tektonskih deformacija i stupanj okršenosti uvjetuju veliku vodopropusnost karbonatnih naslaga.

Kretanje vode odvija se isključivo kroz defekte stijenske mase, tj. sisteme pukotina, koje imaju hidrogeološku funkciju usmjeravanja tečenja podzemne vode prema obalnoj liniji. Povremeni površinski tokovi se mogu formirati tijekom intenzivnih oborinskih razdoblja na sinformnim uvalama neposredno prije ulaska u more. Uz obalnu zonu, stalnu razinu podzemne vode uvjetuje razina mora te dobra vodopropusnost okršanih karbonata ili nasute obale.

Seizmičnost lokacije. Istraživano područje obuhvaća naselja u sklopu Općine Medulin i Općine Ližnjan na jugu Istarskog poluotoka, od Pule na zapadu do istočne obale. Vrijednost poredbenih vršnih ubrzanja temeljnog tla a_{gR} (za temeljno tlo tipa A) s vjerojatnosti prekoračenja 10% u 50 godina, za poredbeno povratno razdoblje $T_{NCR} = 475$ godina prikazane su na slijedećoj slici.



Slika B.2.2-3: Karta poredbenih vršnih ubrzanja

Tlo na širem predmetnom području spada u tlo razreda A - stijena ili druga geološka formacija poput stijene, uključujući najviše 5 metara slabijeg materijala na površini.

Usvaja se vrijednost poredbenog maksimalnog ubrzanja u tlu razreda A od $a_{gR} = 0,080$ g.

Preporuke za projektiranje i izvođenje cjevovoda vodoopskrbe i odvodnje. Daju se slijedeće preporuke za iskope kanala za polaganje cjevovoda vodoopskrbe i odvodnje:

- Na većem dijelu trase budućeg kanala geotehnički profil sastoji se od stijenske podloge na manjim dubinama te se preporučuje izvedba vertikalnog iskopa.



- Na pojedinim dijelovima zahvata gdje će biti potrebno izvesti dublji iskop u geotehničkim jedinicama slabijih parametara čvrstoće i deformabilnosti (nabačaj, crvenica i pijesak) preporučuje se osigurati iskop razupiranjem.
- Na predmetnim pozicijama se bočne stranice kanala kopaju vertikalno uz razupiranje korištenjem tzv. kanalne oplata - sistem sa kliznim razupiračima.
- Osiguranje iskopa rova mora biti razmjerno lako i brzo prenosivo. Predviđa se upotreba metalne konstrukcije međusobno povezanih, širokih posebno obliovanih teških ploča.
- .- One su tako složene da se mogu koristiti i prenositi prilikom njihove uporabe sa istim strojevima (bagerima) kojima se izvodi iskop rova. Sustav se korak po korak spušta istovremeno sa iskopom rova i na taj se način onemogućava urušavanje tla u rov.

B.3 UVJETI UGRADNJE CIJEVI

Natječajna dokumentacija za predmetni zahvat još nije izrađena. U nastavku se stoga pretpostavlja striktna primjena norme HRN EN 1610. Apsolutno se ističe potreba stručnog i pažljivog izvođenja.

Zatrpavanje treba obavljati pažljivo, uz nabijanje laganim ručnim nabijačima prvih 1,0 m od tjemena cijevi, a nakon toga se zbijanje može obavljati i strojno, ali pažljivo, sve kako bi se zasuti materijal dobro konsolidirao i tako uspostavilo veće trenje o stijenke rova i kako bi se spriječilo oštećenje položenih cijevi i revizijskih okana.

Spajanje odabranih cijevi treba provoditi prema uputama proizvođača cijevnog materijala.

Napominje se da su statička opterećenja na cijevi direktno ovisna o širini rova u visini tjemena cijevi, te ta opterećenja rastu sa širinom rova. Stoga se za cjevovod generalno postižu povoljnija stanja ukoliko je rov uži.

Iz navedenih razloga se preporuča u okviru izvedbenog projekta razmotriti izvedbu kanala uz vertikalne stranice rova (uz razupiranje). U tom smislu će biti provedene nastavno prikazane analize.

B.4 CIJEVNI MATERIJALI

Danas se u tehničkoj praksi u svijetu primjenjuju razne vrste cijevnih materijala pa shodno tome i vrste kanalizacijskih cijevi kao tvorničkih proizvoda koji se u cijelosti, tj. kao već formirani elementi, dopremaju na gradilište i tamo ugrađuju. Kod toga, tj. kod tvorničkih proizvoda, se može konstatirati da je oblik (poprečni presjek) kanalizacijske cijevi u osnovi kružni ili eventualno jajolik.

Najčešće primjenjivani cijevni materijali u svijetu sažeto su prikazani u nastavku priloženoj tablici B.4-1. Ova tablica je u osnovi preuzeta iz radnog lista ATV-DVWK-A 127, ali uz određena skraćenja. Naime, pored cijevnog materijala preuzeti su i prikazani podaci o proračunskoj vrijednosti modula elastičnosti odnosno proračunskoj vrijednosti prstenaste krutosti, te gustoće materijala. U tablici su dodane napomene koje sadrže alternativne izraze za pojedine cijevne materijale, a koji se koriste u tehničkoj praksi u Hrvatskoj.

Kod plastičnih materijala se posebno skreće pažnja na vremensko smanjenje proračunske vrijednosti modula elastičnosti (kod PVC, PEHD, PP) odnosno prstenaste krutosti (kod stakloplastike).

Od tvornički proizvedenih kanalizacijskih cijevi, u Hrvatskoj se posljednjih godina najčešće primjenjuju plastični materijali (PEHD, PVC, PP, poliestar/stakloplastika). Relativno rijetko se primjenjuju betonske cijevi, i to praktički samo za odvodnju oborinskih voda. Primjena azbestcementnih cijevi je praktički prestala, posebno nakon prestanka njihove proizvodnje u Hrvatskoj. Ostale vrste materijala primjenjuju se rijetko, a i tada u malom opsegu i samo u neke specijalne svrhe. U tom kontekstu se posebno spominju keramičke kanalizacijske cijevi, koje imaju značajnu primjenu u zemljama zapadne/srednje Europe.

Općenito se može konstatirati da su svi navedeni i najčešće primjenjivani cijevni materijali u osnovi odnosno načelno pogodni i za primjenu u konkretnom primjeru izgradnje sustava odvodnje otpadnih voda aglomeracije Medulin, Premantura i Banjole. Posebno iz razloga što je očekivani raspon potrebnih profila (DN 250 do DN 500) relativno mali te nema utjecaja na izbor cijevnog materijala odnosno cijevnog sustava. Prema tome, može se pretpostaviti da će na izbor cijevnog materijala utjecati drugi čimbenici (primjerice troškovi nabave i ugradnje, jednostavnost ugradnje, iskustvo s izgrađenim cjevovodima itd.).

Dakle, generalno će se analizirati primjenljivi cijevni materijali odnosno cijevni proizvodi od plastičnih materijala, tj. PEHD; PVC; PP i SP. Od svih navedenih plastičnih materijala na tržištu se mogu naći punostijeni ali i strukturirani cijevni sustavi (poglavito za PEHD i PP). Međutim, u nastavku će se analizirati samo punostijeni cijevni sustavi. Razlozi za isključivanje strukturiranih cijevnih sustava su uglavnom slijedeći:

- Za predmetne sustave prikupljana i odvodnje otpadnih voda predviđena je primjena uglavnom malih profila (pretežito DN 250 i DN 300). Vanjski profili punostijenih cijevi u pravilu su manji od vanjskih profila strukturiranih cijevi, te je shodno tome potrebna i manja širina rova za izvedbu cjevovoda. Ovo može biti od posebnog utjecaja u skučenim uvjetima izvođenja, na primjer u starim jezgrama naselja.

- Profilirane cijevi u odnosu na punostijene posjeduju bitno manje lokalne debljine stijenke, koje, posebno u uvjetima nepažljivog izvođenja, dovode do mana kod korištenja, tj. pojava neporpusnosti spojeva odnosno priključaka, otpornosti prema točkastim opterećenjima, habanju, otpornosti prema prisilnom ispiranju kanala i dr. S tim u vezi su u dosadašnjoj primjeni profiliranih cijevi od plastičnih masa stečena i skustva vezana za česte vrste oštećenja kao što su deformacije poprečnog presjeka cijevi, odstupanja od vertikalnog i horizontalnog položaja cijevi, lokalnih deformacija (izbočenja cijevi) promjenama na stijenama cijevi (rupa, pukotina), propusnosti cijevi, promjene i oštećenja spojeva cijevi i dr.

U nastavku prilaže i tablica B.4-2 u kojoj su navedeni primjenljivi cijevni materijali odnosno cijevni proizvodi, s pripadajućim rasponom profila. Neke se vrste cijevi deklariraju s unutarnjim promjerom (ID), a neke s vanjskim promjerom (OD).

Tablica B.4-1: Najčešće primjenjivani cijevni materijali u svijetu

Cijevni materijal	Proračunska vrijednost modula elastičnosti E_R		Gustoća γ_R	Napomena
	Kratkotrajni $E_{R,K}$ N/mm ²	Dugotrajni $E_{R,L}$ N/mm ²	kN/m ³	
Vlaknasti cement	20 000		20	Azbestcement
Beton	30 000		24	
Ljevano-željezo (unutarnja cementna obloga) (duktil)	170 000		70,5	Nodularni lijev
Ljevano-željezo (lamelni grafit)	100 000		71,5	Sivi lijev
Polivinilklorid (PVC-U)	3 000	1 500	14	
Polipropilen (PP) PP-B i PP-H PP-R	1 250 800	312 200	9	
Polietilen visoke gustoće (PE-HD)	800	160	9,4	
Čelik (unutarnja cementna obloga)	210 000		77	
Armirani beton	30 000		25	
Prednapregnuti beton	39 000		25	
Kamenština	50 000		22	Keramika
Nezasićena poliesterska smola ojačana staklenim vlaknima (UP-GF)	Proračunska vrijednost prstenastih krutosti S_0 N/m ²		17,5	Poliester, stakloplastika
- SN 1250	1 250	625		
- SN 2500	2 500	1 250		
- SN 5000	5 000	2 500		
- SN 10000	10 000	5 000		

Tablica B.4-2: Primjenljivi cijevni materijali odnosno cijevni proizvodi

Cijevni materijal - opis proizvoda i norma	Raspoloživi profili	Način spajanja
Stakloplastika s glatkom stijenkom s nominalnim unutarnjim profilom $L_{\text{ugr}} = 6,0 \text{ m}$ HRN EN 14364:2013	150; 200; 250 ; 300 ; 350; 400 ; 500 ; 600; 700; 800; 900; 1000; 1100; 1200; 1400; 1500; 1600; 1800; 2000; 2200; 2400	Utični spoj (spojnica s fiksno ugrađenom gumenom brtvom)
Polietilen s glatkom stijenkom s nominalnim vanjskim profilom $L_{\text{ugr}} = 12,0 \text{ m}$ HRN EN 12666-1:2006	20; 25; 32; 40; 50; 63; 75; 90; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 225; 250 ; 280 ; 315 ; 355 ; 400 ; 450 ; 500 ; 560; 630; 800; 1000; 1200; 1400; 1600	Elektrofuzijsko zavarivanje
Polipropilen s glatkom stijenkom s nominalnim vanjskim profilom $L_{\text{ugr}} = 6,0 \text{ m}$ HRN EN 1852-1 (ÖNR 20513)	110; 125; 160; 200; 250 ; 315 ; 355; 400 ; 450; 500 ; 560; 630; 710; 800; 1000; 1200; 1400; 1600	Utični spoj
Polivinilklorid s glatkom stijenkom s nominalnim vanjskim profilom $L_{\text{ugr}} = 5,0 \text{ m}$ (na upit 1,0 ili 3,0 m) HRN EN 1401-1:2009	110; 125; 160; 200; 250 ; 315 ; 400 ; 500 ; 630	Utični spoj (utični naglavak sa sintetičkom gumenom brtvom)

Vezano za podatke u prethodnoj tablici potrebno je dati, između ostalog, i slijedeće dodatne napomene:

- Način spajanja: U kataloškom materijalu pojedinih vrsta cijevi moguće je naići na različitu terminologiju vezanu za način spajanja cijevi. Tako, primjerice, postoje izrazi kao što su "spojnica s fiksno ugrađenom gumenom brtvom", "elektrofuzijska spirala integrirana u naglavak cijevi", "integralni spojni naglavci s gumenom brtvom" itd. No, suštinski se mogu razlikovati dva načina spajanja - elektrofuzijsko zavarivanje, te utični spoj (bilo naglavkom, bilo spojnicom) s gumenom brtvom. Kod toga gumena brtva može biti unaprijed integrirana u naglavak ili spojnicu, ili ju je potrebno zasebno montirati na cijev ili spojnicu prije samog spajanja. U tablici je naveden generalni način spajanja, te unutar zagrada naziv spoja prema terminologiji koja se primjerice može naći u kataloškom materijalu.
- Nominalni profil: Iako se kod nekih profila nominalni profil deklarira kao unutarnji profil (npr. kod cijevi od stakloplastike) stvarni svjetli profil se ipak nešto razlikuje od nazivnog, te ovisno o profilu može biti veći ili manji od njega. Takve razlike, kod uobičajenih ispunjenosti kanala (od 50 do 80% visine profila) praktički su nebitne, ali kod većih ispunjenosti je o tome potrebno voditi računa.
- Raspoloživi profili: Za neke vrste cijevnih materijala/proizvoda (npr. polipropilen ili PVC) između pojedinih proizvođača cijevi može biti razlika u raspoloživosti pojedinih profila. U prethodnoj tablici dan je generalni tj. veći raspon profila (kako je uglavnom predviđen normama).

Dakle, u nastavku će u osnovi biti analizirana mogućnost primjene prethodno navedenih cijevnih materijala. Kako bi se olakšalo razlikovanje pojedinih analiziranih cijevi, ali ipak izbjeglo komplicirano i dugotrajno opisivanje imena, u nastavku se uvodi slijedeći način označavanja:

- prva grupa od dva ili tri slova označava osnovni cijevni materijal; SP - stakloplastika, PE - polietilen, PP - polipropilen, PVC - polivinilklorid
- treće odnosno četvrto slovo, odvojeno razmakom od prve grupe slova, označava oblik/vrstu stijenke, tj. G - "glatka" stijenka, R - profilirane ("rebraste") cijevi,
- treća grupa od dva slova označava da li se cijevi deklariraju s unutarnjim profilom (ID) ili s vanjskim profilom (OD),
- na kraju je dan dodatak od crtice i slova koji označava osnovni način spajanja, tj. U - utični spoj, te Z - zavarni spoj.

U tablici B.4-3 prikazani su podaci o vanjskom i unutarnjem profilu pojedinih cijevi, kao i postotno odstupanje od nominalnog profila.

Tablica B.4-3: Vanjski i unutarnji profili cijevnih sustava (mm)

Cijevni sustav	DN 250	DN 300	DN 400	DN 500
SP G ID-U HRN EN 14364	272/256,0 (+2,4%)	324/306,0 (+2,0%)	401/383,0 (-4,3%)	501/481,0 (-3,8%)
PE G OD-Z HRN EN 12666-1	280/253,2 (+1,3%)	315/285,0 (-5,0%)	450/407,0 (+1,8%)	560/506,6 (+1,3%)
PP G OD-U HRN EN 1852-1	250/232,8 (-6,9%)	315/293,4 (-6,9%)	400/372,6 (-6,9%)	500/465,8 (-6,8%)
PVC G OD-U HRN EN 1401-1	250/235,4 (-5,8%)	315/296,6 (-1,3%)	400/376,6 (-5,9%)	500/470,8 (-5,8%)

B.5 TEHNIČKA I EKONOMSKA ANALIZA

B.5.1 Općenito

Kako za izvedbu kanalizacije postoje različite vrste cijevnog materijala, to je u smislu pravilnog izbora potrebno analizirati niz utjecajnih činitelja. Pod ovime se prvenstveno razumijevaju:

- uvjeti koji se odnose na pogon kanalizacijskog sustava, a s obzirom na cjeloviti prostor koji se kanalizira,
- uvjeti koji proizlaze iz karakteristika kanalizacijskog cijevnog materijala i primjenjivane tehnologije ugradbe,
- uvjeti koji se povezuju uz ekonomičnost primjene kanalizacijskog cijevnog materijala, sve uz zadovoljenje zahtjevanih tehničkih postavki i pripadajućih kriterija.

Prema tome, u osnovi je potrebno analizirati sve one činitelje koji se odnose na sigurnost tehničkog rješenja, promatrano u odnosu na namjenu kanalizacije, ugradbene uvjete i uvjete prostora, uvažavajući sve ostale karakteristike iz područja mogućih vanjskih utjecaja.

Nadalje, sa stanovišta tehničkih osobina pojedinih vrsta kanalizacijskih cijevnih materijala, treba analizirati utjecaje na postojanost i trajnost odgovarajuće vrste cijevi u pogonu, promatrano u odnosu na karakteristike transportiranog medija (agresivnost medija), uzimajući kod toga u obzir i načine spajanja cijevi i predvidiva priključenja na prateća revizijska okna, kao i zahtjeve koji slijede iz traženih/postavljenih kriterija za vodonepropusnost kanala.

Ovdje se uključuju i činitelji koji slijede iz radova na ugradbi i montaži kanalizacijskih cijevi, prvenstveno geomehaničke karakteristike tla, dubine ukopavanja kanalizacije, prisutnost podzemne vode, potrebitosti zaštite cjevovoda/kanala u odnosu na vanjske utjecaje itd.

Na kraju, u pogledu ekonomičnosti primjene potrebno je vrednovati sve parametre koj daju konačnu veličinu troškova građenja kanalizacijskog cjevovoda (kanala) do njegove potpune pogonske osposobljenosti. Pogrešno bi bilo da se podobnost kanalizacijskog cijevnog materijala razmatra samo na temelju nabavne cijene kanalizacijskih cijevi i pripadajućeg spojnog materijala, budući da se prateći troškovi građenja, ovisno o sredini u kojoj se izvode radovi, mogu predstavljati prevladavajućim činiteljem za donošenje konačne odluke.

B.5.2 Kriteriji za izbor cijevnog materijala prema DWA-M 159

Podsjetnik DWA-M 159 sadrži zahtjeve na cjevovode i kanale koji odvođe komunalne otpadne vode. Navedeni zahtjevi generalno vrijede za kompletnu kanalizacijsku mrežu (cijevi, spojevi cijevi, fazonski komadi, okna). Polazeći od zahtjeva operatera kanalske mreže navedeni su kriteriji koji bi trebali pomoći u izboru cijevnog materijala, kako bi pored same cijene izgradnje bili pojačano uključeni i drugi kriteriji. Generalno su navedene slijedeće grupe kriterija: rubni uvjeti; uvjeti ugradnje; postupak ugradnje; zahtjevi operatera; zahtjevi za kvalitetom i ekonomsko ispitivanje varijanti.

B.5.2.1 Opći rubni uvjeti vezani za ugradnju cjevovoda i kanala otpadnih voda

Način odvodnje. Izbor načina odvodnje (npr. mješoviti, razdjelni i dr.) vezan je za koncept kanalizacije i eventualnih rasteretnih građevina. U ovisnosti o načinu odvodnje primjenjuju se i odgovarajuće postavke za dimenzioniranje, što utječe na određivanje poprečnog presjeka cijevi radi osiguranja potrebnog hidrauličkog kapaciteta, što ima direktan utjecaj na tehnologiju ugradnje i izbor cijevnog materijala.

Sustav odvodnje. Klasično rješenje koje osigurava vrlo visoku sigurnost odvodnje je gravitacijski transport otpadnih voda (tečenje sa slobodnim vodim licem). U načelu takvi kanali najkraćim putem trebaju odvoditi otpadne vode prema uređaju za pročišćavanje otpadnih voda.

U ovisnosti o početnoj dubini, padu dna kanala i topografskim uvjetima, mogu rezultirati velike dubine ugradnje koji u bitnome utječu na tehnologiju ugradnje, izbor cijevnog materijala i troškove izgradnje.

Alternativno je moguće interpolirati crpne stanice s pripadnim tlačnim cjevovodima. Prilikom dimenzioniranja tlačnih cjevovoda potrebno je voditi računa i o hidrauličkim udarima.

Pored toga postoje cjevovodni sustavi vakuumske i tlačne kanalizacije, za koje su razvijene posebne tehnologije ugradnje.

Često se na temelju korištenja površina odnosno potrebe za zaštitom podzemlja (izvorišta vode) postavljaju posebni zahtjevi. To može rezultirati izborom materijala i pripadnog načina brtvljenja koji je mjerodavan za tehnologiju ugradnje.

Sastav otpadnih voda. Kućanske otpadne vode i otpadne vode iz ureda, trgovina i pogona male privrede po svojem sastavu pokazuju samo vrlo male razlike. Kao parametri za dokaz korozije uslijed tvorbe H_2S veliku ulogu imaju biokemijska potreba kisika, sadržaj kisika, pH-vrijednost, temperatura otpadne vode i vrijeme zadržavanje otpadne vode u cjevovodnoj mreži. U ovisnosti o vremenu tečenja, dakle o vremenu zadržavanja u kanalskom sustavu, pojavljuju se promjene u sastavu otpadnih voda uslijed smanjenja sadržaja slobodnog kisika. Ove uvjete potrebno je uzeti u obzir prilikom izbora cijevnog materijala.

Sastav otpadne vode iz privrednih industrijskih pogona, kao i bolnica, škola, hotela, vojarni itd. može značajno varirati. S time treba uskladiti izbor cijevnog materijala. Dozvoljeni sastav otpadnih voda prilikom ispuštanja u javne sustave odvodnje utvrđen je odgovarajućim propisima.

Izvorišta vode. Kod ugradnje cjevovoda i kanala otpadnih voda na područjima izvorišta vode potrebno je udovoljiti posebnim zahtjevima. Ovi zahtjevi obuhvaćaju npr. izbor načina odvodnje, svojstva materijala, tehnologiju građenja i dr.

Nagib dna kanala i tečenje. Nagib dna kanala i tečenje imaju odlučujući utjecaj na nastajanje taloga i brzinu tečenja. Ovo ima utjecaj na cijevne materijale u smislu povećane abrazije ili povećane potrebe za čišćenjem, o čemu treba voditi računa prilikom izbora cijevnog materijala.

Unaprijed zadani pad nije moguće realizirati svakom tehnologijom ugradnje. Kod gravitacijskih kanala je u svrhu izbjegavanja taloga potrebno osigurati konstantan pad.

Dubina ugradnje. Kako bi se minimizirali troškovi izgradnje teži se što manjoj dubini izgradnje kanala otpadnih voda. Kriteriji za dubinu ugradnje jesu sigurnost protiv smrzavanja, topografija i minimalni nagibi dna kanala. Rezultirajuća visina nadsloja iznad tjemena cijevi bitno utječe na statiku cijevi.

Trasa kanala. U načelu javne kanale je potrebno ugraditi ispod javnih površina. Na trasi cjevovoda u pravilu se nesmiju nalaziti građevine ili drveće.

U svrhu jasne definicije trase, kanali bi između dva revijska okna trebali biti u pravcu. Ukoliko to nije moguće, te je potrebno odabrati zakrivljenu trasu kanala, potrebno je to ostvariti lučnim komadima, savitljivim cijevima ili dozvoljenim kutnim odstupanjima kod spojeva s naglavkom. Kod zakrivljene trase kanala u pogonu nastaju veća opterećenja na cijevni materijal kao i upotrebne uređaje za inspekciju i čišćenje. O ovome je potrebno voditi računa prilikom izbora materijala i zahtjevima pogona.

Kod kanala s većim dubinama na izbor materijala i trasu kanala utječe tehnologija ugradnje.

Poprečni presjek cijevi. Dimenzije poprečnog presjeka cijevi slijede iz hidrauličkog dimenzioniranja. Oblik poprečnog presjeka potrebno je uskladiti s varijacijama dotoka. Ovo se, kod većih dimenzija, postiže npr. koritima za sušni protok i jajolikim profilima.

Tehnologija ugradnje u mnogim slučajevima ograničava raspon dimenzija i oblik poprečnih presjeka.

Uključivanje zahtjeva operatera (npr. prohodnost kanala) pored toga može značajno utjecati na izbor poprečnog presjeka cijevi.

Potrebno je uključiti u razmatranja i eventualne kasnije sanacije s mogućim smanjenjem poprečnog presjeka. Kod toga je potrebno obratiti pažnju da li se prohodnošću kanala generalno mogu postići ekonomičniji uvjeti.

B.5.2.2 Uvjeti ugradnje

Općenito. Otvoreni način ugradnje cijevi se sastoji u iskopu rova, polaganju cijevi i njihovom oblaganju pogodnim materijalom. U nastavku se nasipava rov do površine terena. Materijal ispune zbija se na način da prilikom kasnijeg korištenja površine ne nastaju nedopuštena slijeganja. Pojednosti su specificirane u relevantnim normama.

Kod zatvorenog načina ugradnje dolazi do iskapanja ili istiskivanja tla. Uvjeti ugradnje su rezultat prisutnih geoloških odnosa i odabranog postupka ugradnje.

Ponašanje materijala. Karakteristike materijala za cijevi definirane su relevantnim normama. Cijevi se dijele na savitljive (npr. PVC; PE; PP) i krute (npr. keramika, beton). Savitljive cijevi

deformiraju se pod vanjskim opterećenjem u takvoj mjeri da se aktivira bočna ležišna reakcija tla, čime tlo djelomično preuzima opterećenje. U ovom slučaju cijev i tlo zajednički preuzimaju vanjska opterećenja. Nasuprot tome je deformacija krutih cijevi zanemariva. Kako je krutost cijevi veća od krutosti tla, opterećenje se koncentrira na cijev, tj. bočno se tlo rasterećuje. Ukoliko se cijevi opterećuju iznad svoje nosivosti, dolazi do pucanja krutih cijevi, dok se savitljive cijevi deformiraju preko dopuštene mjere.

Kod velikih deformacija savitljivih cijevi mogu nastati propusnosti u naglavcima, kidanja u kućnim priključcima i ograničenja (smanjenje poprečnog presjeka) u hidraulici.

Tlo. Mehanička svojstva tla bitna su za izbor tehnologije ugradnje, statiku cijevi kao i kasniju ugradnju ispune rova i potrebno ih je pažljivo utvrditi.

Potrebno je utvrditi korozivnost tla u odnosu na izbor cijevnog materijala.

Ležište (podloga i obloga) cijevi. Način izvođenja ležišta je potrebno uskladiti s cijevnim materijalom. Kod otvorenog načina izgradnje ležište se formira u tlu kojeg je moguće zbiti i iz kojeg je uklonjeno kamenje. Formiranje ležišta cijevi na betonskim ležištima ili pilotima je iznimka i zahtjeva posebna razmatranja kod statičkog proračuna.

Kod zatvorenog načina ugradnje ležište nije uvijek moguće jednoznačno definirati. Odgovarajućim mjerama zaštite cijevi (npr. izborom cijevnog materijala, tlačenjem prostora oko cijevi, oblaganje cijevi) potrebno je voditi računa o tome.

Podgrada rova. U statičkom proračunu cijevi potrebno je voditi računa o načinu podgrade rova i njezinom uklanjanju. Ovo posebno vrijedi u slučaju ako se koristi podgrađivanje koje doseže ispod dna cijevi, npr. talpe.

Dinamičko opterećenje. U ovisnosti o dubini ugradnje potrebno je prilikom statičkog proračuna za odabrane cijevi uzeti u obzir dinamička opterećenja uslijed gradilišnog prometa i budućeg prometnog opterećenja

Slijeganja. Neizbježna slijeganja potrebno je prilikom projektiranja kanala i cjevovoda otpadnih voda posebno uzeti u obzir u konstruktivnom i statičkom smislu. Potrebno je dati prednost cijevnim materijalima koji dopuštaju promjenu kuta i koji mogu preuzeti uzdužne sile.

Podzemna voda. Na cijevi u podzemnoj vodi djeluju sile uzgona. Nepropusne, pod površinom zemlje ugrađene cijevi su kod malog nadsloja posebno ugrožene uzgonom. Premještanje sitnih čestica tla uslijed strujanja procjernih (podzemnih) voda u području rova cjevovoda i uslijed toga nastala slijeganja potrebno je izbjeći odgovarajućim konstruktivnim mjerama.

Prilikom izbora materijala potrebno je uzeti u obzir korozijsko-kemijsko djelovanje podzemne vode.

Cijevi u podzemnoj vodi moraju iskazati dovoljnu čvrstoću (ATV-DVWK-A 127: odjeljak 9.5.3). Spoj cijevi mora izdržati vanjski tlak vode.

Priključak na građevine. Prilikom priključivanja cijevi na građevine mogu se pojaviti nedopuštena prisilna naprezanja, npr. uslijed različitih slijeganja okna i cjevovoda i pod neposrednim utjecajem prometnog opterećenja. Zbog toga, ovisno o procjeni opasnosti od navedene pojave, potrebno je priključke na okna projektirati s fleksibilnim spojem.

B.5.2.3 Postupci ugradnje

Općenito. Prilikom izbora cijevnog materijala postupci ugradnje imaju odlučujuću ulogu. Nasuprot uobičajenog "otvorenog" načina gradnje (DIN EN 1610), kod drugih postupaka ugradnje se na cjevovodni materijal postavljaju daljnji zahtjevi, između ostalog zbog upotrebljene tehnologije građenja.

Otvoreni način ugradnje. Pod pretpostavkom da se vodi računa o konkretnim rubnim uvjetima, uvjetima ugradnje i uvjetima pogona, kod otvorenog je načina ugradnje moguća primjena svih cijevnih materijala. Kako se međutim kod otvorenog načina ugradnje cijevni materijal nalazi u snažnoj međusobnoj ovisnosti o rubnim uvjetima i uvjetima ugradnje, izbor cijevnog materijala je vrlo važan u pogledu tehničkog vijeka korištenja.

Tako mogu u općim rubnim uvjetima opisana upuštanja, pad dna kanala i posebno odvodni sustav zahtijevati cjevovodni materijal koji posebno mora biti otporan na biogenu koroziju sumporne kiseline.

Kod uvjeta ugradnje odlučujuća za izbor cijevnog materijala su vrsta podgrade rova, dinamičko opterećenje ili moguća slijeganja. Što su veći očekivani naknadni pomaci u sustavu cijev - tlo, to primjena krutih cijevnih materijala može biti problematičnija. Od pomoći je izbor fleksibilnih cijevnih materijala ili kraćih ugradbenih duljina kod krutih cijevnih materijala.

Kod malih padova dna kanala može doći do povećanog taloženja, koji zahtijevaju kraće intervale čišćenja. U ovom slučaju je tražena i posebna otpornost prema ispiranju pod visokim tlakom.

Ostali načini ugradnje. Pored otvorenog načina ugradnje postoje postupci ugradnje bez rova (bušenje, mikrotuneliranje i dr.), postupci frezanja te postupak s plugom.

B.5.2.4 Zahtjevi operatera i uvjeti pogona

Mogućnosti priključivanja. Izabrani cijevni materijal trebao bi omogućavati naknadne radove montaže kao što su npr. interpolacija kućnog priključka ili ugradnja reparaturnog odvojka. Ukoliko se ovi radovi provode u vlastitoj režiji, operater mora osigurati stručnu kvalifikaciju suradnika i potrebnu opremu. Ukoliko radove provodi netko treći, radove treba preuzeti nalogodavac. Za to su potrebna odgovarajuća stručna znanja o preradi i obradi materijala. Kako se ovi radovi u pravilu vrše tijekom pogona kanalizacije treba dati prednost tehnološki jednostavnim priključcima, koji se npr. mogu utaknuti, zavrtati ili prikačiti.

Čvrstoća na habanje. U normalnim uvjetima pogona normirane cijevi posjeduju dovoljnu čvrstoću na habanje. Za viša dugotrajna opterećenja, posebno povećane brzine tečenja,

pojedini cijevni materijali pokazuju različito ponašanja na habanje. Ovo je potrebno uzeti u obzir prilikom izbora cijevnog materijala. Ispitivanje habanja prema Darmstadtskom postupku je npr. opisano u DIN 19565-1

Mogućnost čišćenja. Cjevovodi i kanali otpadne vode moraju se tijekom cjelokupnog trajanja pogona čistiti u svrhu uklanjanja taloga. U pravilu se koriste postupci ispiranja pod visokim tlakom. Za čišćenje se mogu uporabiti i ispiranje otplavlivanjem ili mehanički uređaji. Ispiranje pod visokim tlakom može dovesti do oštećenja ugrađene cijevi otpadnih voda uslijed prevelikog tlaka vode.

Postojanost na koroziju. Ukoliko zbog posebnih ispuštanja ili samog sustava odvodnje treba očekivati pojavu korozije, potrebno je odabrati cijevne materijale koji su postojani u kiselom miljeu. Biogena korozija zbog sumporne kiseline odvija se iznad vodnog lica (ATV-M 168).

Mogućnost inspekcije. Za optičku inspekciju nepodobne su crne i čisto bijele unutarnje strane cijevi. Promjene smjera nesmiju posjedovati zakrivljenosti koje bi ometale TV-inspekciju.

Mogućnost sanacije. U nastavku navedeni zahtjevi na materijal odnose se na kasniju mogućnost sanacije novoizgrađenih kanala i cjevovoda otpadne vode a ne na postupke sanacije postojećih cjevovoda.

Postupci sanacije se prema DIN EN 13689 dijele na popravak (reparaturu), renovaciju i obnavljanje. U navedenoj normi su opisani postupci kao i područje primjene, norme proizvoda i preferirani materijali. Daljnje upute za pojedine postupke sanacije navedeni su u europskim normama DIN EN 13566 kao i DWA-M 143.

Skladištenje. Kako bi se smanjili troškovi skladištenja preporučljivo je koristiti jedinstvene cijevne materijale i systemske komponente, kao i utvrđivanje što manjeg broja različitih poprečnih presjeka cijevi. Ukoliko nije moguće izbjeći dulja trajanja skladištenja, potrebno je cijevni materijal zaštititi od utjecaja atmosferilija (npr. UV- zračenje, mraz).

B.5.2.5 Zahtjevi kvalitete

Opća regulativa. Razlikuju se norme za kvalitetu (svojstva cijevnog materijala i proizvoda) i norme za ugradnju i pogon. Pored važećih HRN EN i HRN normi i druge regulative potrebno je pribaviti daljnje tehničke propise i podatke od proizvođača.

Zahtjevi proizvođača. Pojedini cijevni sustavi karakterizirani su, između ostalog, proizvodnim procesima i materijalom (sirovinom) iz kojega su izrađeni, kao i sustavom spajanja i brtvljenja. Stoga su i pojedini uvjeti ugradnje specifični za određeni proizvođač cijevnog sustava. Kako bi se izbjegle generalne greške, greške prilikom ugradnje i greške pri pojedinim obradama potrebno je obratiti pažnju na uputstvo ugradnje konkretnog proizvođača. Ovo je preduvjet za stručnu ugradnju cjevovoda i valjanost garancije od strane proizvođača cijevi.

Osiguranje kvalitete. Kod izgradnje i pogona cjevovoda otpadnih voda potrebno je definirati mjere osiguranja kvalitete kojih se trebaju pridržavati svi uključeni (investitor, izvoditelj, isporučitelji cijevi, planeri).

B.5.2.6 Ekonomsko ispitivanje varijanti

Na investicijske troškove uglavnom utječu slijedeće grupe troškova:

- cijevni materijal,
- iskop tla,
- snižavanje razine podzemne vode,
- ugradnja cijevi,
- ispuna rova,
- obnavljanje gornje površine.

Relativno učešće pojedinih grupa troškova jako ovisi o lokalnim rubnim uvjetima.

Za sve cijevne materijale se zahtjeva jedinstveni vijek korištenja. Međutim, u stvarnosti na vijek trajanja utječu svojstva cijevnog materijala u sprezi s konkretnim uvjetima ugradnje i pogona.

Na troškove pogona u najvećoj mjeri utječu slijedeće:

- opseg potrebe za čišćenjem (učestalost, zahtjevi sigurnosti na radu, sušni i kišni protok, dimenzije, raspored okana, pad, smještaj u vodozaštitnoj zoni i dr.),
- opseg potrebe za nadzorom (zakonski zahtjevi, upuštanja, stanje kanala, starost cjevovoda, smještaj u vodozaštitnoj zoni i dr.).

B.5.3 Elementi odabira prema dokumentu Hrvatskih voda

Dokument *Provedba javne nabave putem kriterija za odabir ekonomsko najpovoljnije ponude, primjeri dobre prakse; Poglavlje 1. Otvoreni postupak javne nabave za građenje mreže (FIDIC, crvena knjiga); Podpoglavlje 1.2. Izbor cijevnog materijala - dopuna; Tehno - ekonomska analiza odabira cijevnog materijala* navodi tehničke elemente odabira opisane u nastavku.

Tehnički uvjeti bi trebali biti ispunjeni za svaki odabrani cijevni materijal, a odnose se na:

- tehničke uvjete koji garantiraju odgovarajuću funkcionalnost sustava,
- tehnički uvjeti koji ispunjavaju uvjete zaštite okoliša, uvjete nepropusnosti
- druge vrste propisanih "tehničkih" uvjeta.

Jasno je da se odabir obavlja samo između onih cijevnih materijala koji zadovoljavaju tehničke uvjete.

U kategoriju tehničkih uvjeta/elementa odabira se ubrajaju slijedeće:

Zahtjevi JIVU i uvjeti priključenja. Izabrani cijevni materijal trebao bi biti što kompatibilniji s materijalom postojećih elemenata sustava čija je funkcionalnost i trajnost zadovoljavajuća prema iskustvenim kriterijima JIVU.

Izabrani cijevni materijal trebao bi omogućavati naknadne radove montaže kao što su npr. interpolacije kućnog priključka ili ugradnja reparaturnog odvojka.

Unutarnji promjer cijevi. Promjerom se definiraju hidraulički uvjeti tečenja u cjevovodu, što direktno utječe na funkcionalnost objekta. Unutarnji promjer cijevi je naime temeljni tehnički podatak gravitacijskih sustava sa slobodnom površinom vode i tlačnih sustava sa tečenjem vode u punom profilu cijevi, a odabir odgovarajućeg promjera temelji se isključivo na hidrauličkim, hidrodinamičkim i hidrostatskim proračunima provedenim od strane projekatanta.

Pravilan odabir unutarnjeg promjera omogućuje da se ispune svi potrebni uvjeti u cilju osiguranja:

- a) odgovarajućih tlakova u sustavu javne vodoopskrbe, propisanih tehničkim normama i standardima koji zadovoljavaju potrebe opskrbe stanovništva vodom i potrebe protupožarne zaštite te
- b) odgovarajućih minimalnih i maksimalnih dozvoljenih brzina tečenja i maksimalno dozvoljenih visina punjenja u sustavima javne odvodnje.

Debljina stijenke cijevnog materijala/vanjski promjer cijevi. Kod objekata javne vodoopskrbe debljina stijenke isključivo ovisi od unutarnjeg hidrostatskog tlaka i nestacionalnih stanja u cjevovodu (vodni udar), dok kod sustava javne odvodnje na odabir ispravnih vrijednosti utječe vanjsko opterećenje koje cijev mora prihvatiti bez pojave elastičnih i neprihvatljivih plastičnih deformacija.

Razmatranje statičkog opterećenja na cijevi, s obzirom na širinu rova u visini tjemena cijevi i s obzirom da očekivana opterećenja na cijev rastu sa širinom rova te je preporuka primjene odgovarajuće norme za ugradnju.

U razmatranje treba uljučiti i opterećenje od nadsloja tla, prometno opterećenje i druga opterećenja u maksimalnom i minimalnom stanju tlaka.

Potrebno je razmotriti i uzdužnu krutost i taj utjecaj na pogonske uvjete i trajnost cijevnog materijala te probleme izvijanja kod okana.

Otpornost na habanje ovisi o prisustvu suspendiranih tvari i nanosa npr. u otpadnim vodama.

Vrsta cijevnog materijala. Vrsta cijevnog materijala, spojnih i oblikovnih elemenata (fazonskih komada) i njegove osobine određuju koeficijente linijskih i lokalnih gubitaka u cjevovodu prilikom tečenja vode.

Obavezno je provjeriti i usporediti koeficijente unutarnje hrapavosti cijevnog materijala koji se razmatra.

Na, odabir vrste materijala određuje se u skladu sa "in situ" uvjetima pod kojima se objekt planira graditi (vrsta/kategorija tla, razina podzemnih voda, ispiranje materijala oko cjevovoda u obalnim kolektorima pod utjecajem mora, mogućnost pojave tzv. "lutajućih struja", agresivnost tla, prometno i drugo opterećenje cijevi, pojava klizišta, itd.).

Za cijevi namijenjene za potrebe javne vodoopskrbe potreban je i dokaz da su cijevi namijenjene za pitku vodu.

Posebnu pozornost projektanti su dužni obratiti na eventualnu primjenu cijevnog materijala koji je olakšan različitim ispunama između stijenki. Ponuditelji također nude takve vrste cijevi u svrhu pojeftinjenja dobavne cijene materijala, kako takav pristup nije nužno loš ili neprihvatljiv, projektant treba u slučaju primjene takvih vrsta cijevi procijeniti tehničke karakteristike takvog materijala u pogonskim uvjetima.

Kod plastičnih materijala posebno treba razmotriti u katalogima deklarirano vremensko smanjenje proračunske vrijednosti modula elastičnosti (kod PVC, PEHD, PP) odnosno prstenaste krutosti (kod stakloplastike) s time da je posebno potrebno razmotriti i cijevne sustave sa profiliranom vanjskom površinom.

Svi fazonski (oblikovni) komadi koji se analiziraju moraju biti prilagođeni analiziranom cijevnom materijalu.

Projektant je dužan provjeriti i usporediti s katalogima deklarirane značajke različitih spojeva cijevnog materijala (monolitni zavarivanjem, gumene brtve i npr. mehanički način spoja vijcima i slično) te dati procjenu pogonskih stanja spoja.

Nakon tehničkog razmatranja u okviru ovog poglavlja, projektant je dužan dati prijedlog prihvatljivih cijevnih materijala te nastaviti analizu po slijedećim poglavljima do konačnog prijedloga.

Treba dati opće prednosti i mane za prihvatljive materijale prije detaljne analize i procijeniti vijek trajanja uključivo i spojeve.

Vrste materijala za okna i tipovi okana. Projektant je dužan kod izbora materijala za okna u sustavima javne vodoopskrbe i odvodnje uzeti u obzir pretpostavljene i istražene hidrogeološke značajke tla te osobito procijeniti utjecaj podzemnih voda i hidrostatskog tlaka te uzgona na odabranu vrstu i tip okna.

Također, pri odabiru vrste i tipa okana treba uzeti u obzir i dubinu ugradnje okna što zasigurno utječe na odabir materijala. Pri odabiru materijala okna, tipa i tehnologije ugradnje treba uzeti u obzir i izvođačka iskustva s betonskim (monolitnim ili prefabriciranim), poliesterskim, polipropilenskim, PEHD i drugim oknima kako bi se spriječilo pucanje okana, vitoperenje (izvijanje) kako bi se izbjegle naknadne sanacije.

Također, ovisno o namjeni okna, treba primijenjivati tehnički najprihvatljivije rješenje ovisno o in-situ uvjetima (npr. dubina ugradnje okana, ugradnja okana u tla bez podzemne vode, okna za oborinsku ili cestovnu odvodnju, ugradnja i pogon pod utjecajem podzemnih voda ili mora).

Osobitu pozornost potrebno je obratiti i na tehnologije spajanja cijevnog materijala na okna kako bi se osigurala fleksibilnost spoja ali istovremeno i njegova vodonepropusnost, u inicijalnim uvjetima ugradnje i u uvjetima izvođenja naknadnih priključaka izravno na okna (in-situ).

Usklađenje s normama i standardima - zahtjevi kvalitete. Cijevi se proizvode na temelju usklađenih (harmoniziranih) europskih norma (uglavnom sve za odvodnju) ili neusklađenih europskih norma (uglavnom sve za vodovode).

Projektant je dužan provjeriti i pripadajuće izjave o sukladnosti, tehničke upute i oznake sukladno normama za cijevni materijal koji se razmatra.

Potrebno je uzeti u obzir i uvjete ugradnje koje preporuča proizvođač i upute za ugradnju.

Također, razmotriti i mjere osiguranja kvalitete svih sudionika u gradnji s posebnim naglaskom na nadzor izvođača.

Tehnologija ugradnje i kontrolna ispitivanja. Tehnologija ugradnje treba uzeti u obzir uvjete prostornog uređenja, uvjete na terenu, pravila struke, te tehno-ekonomsku isplativost primjene pojedine tehnologije izgradnje.

U ovo razmatranje treba uključiti i način kontrolnih ispitivanja materijala, tlačne probe, ispitivanja vodonepropusnosti, broj uzoraka s pripadajućim troškovima te dostupnosti ispitnih laboratorija.

Projektant je dužan pri razmatranju odabira uzeti u obzir materijale koji su proizvedeni temeljem harmoniziranih europskih norma te preporučiti programe kontrole kvalitete po razmatranim planiranim materijalima bilo za cjevovode bilo za okna.

Ovdje treba razmotriti uvjete ugradnje sukladne prostornim planovima i projektnom dokumentacijom. Osobiti naglasak u razmatranju trebaju biti uvjeti iskopa rova i polaganja cijevi i izgradnje okana. Tu su također uvjeti trase cjevovoda i lokacije okana, dubina ugradnje, nagib dna, blizina izvorišta vode za piće, podloga cijevi i okana i drugo.

Treba razmotriti i tehničku mogućnost čišćenja taloga u cijevima, mogućnost olakšane sanacije, mogućnosti pranja cjevovoda visokotlačnim crpkama, skladištenje cijevnog materijala i okana te druge tehničke postupke (npr. video inspekcija cjevovoda na koju utječe zakrivljenost i boja cijevi).

Pored tehničkih, postoje i ekonomski elementi odabira čiji su najbitniji dijelovi opisani u nastavku.

Ekonomski elementi odabira. Ekonomska analiza uzima ukupne troškove i koristi koje treba projektant razmotriti i koji su posebno troškovi pogona, redovnog i investicijskog održavanja sustava i objekata uzimajući u obzir životni vijek objekata koji čine sustav u odnosu na bilancu poslovanja JIVU.

Nakon procjene svih troškova i koristi treba usporediti i jedinične troškove izgradnje i pogona u životnom vijeku, po m dužnom (HRK/m) ovisno od toga ugrađuje li se cijevni materijal u urbanim ili nenaseljenim dijelovima sustava.

Zastupljenost cijevnog materijala u sustavu. Ovdje se trebaju spomenuti i zahtjevi investitora sa osnova ujednačavanja vrste cijevnog materijala koji prevladava u pojedinom sustavu (u svrhu lakšeg i ekonomičnijeg održavanja te jednostavnije provedbe postupka javne nabave) što omogućava uštede upravljanja i održavanja sustava.

Radi se o potrebi smanjenja troškova nabave i skladištenja materijala, troškovima osposobljavanja osoblja i posjeda odgovarajućih specijaliziranih uređaja za slučajeve hitnih popravaka kod vlastite režije te dostupnosti, brzini odziva i povezanim troškovima intervencija odgovarajućih vanjskih tvrtki.

Tržišni uvjeti otvorenog i ravnopravnog natjecanja. Potrebno je razmotriti i tržišne uvjete i dostupnost materijala više proizvođača (obavezan uvjet) da se ne naruše tehnički zahtjevi koji se moraju ispuniti sukladno ovjerenom projektu da bi sustav javne vodoopskrbe i odvodnje izvršili temeljne namjene u svrhu kojih se grade.

Usporedna analiza više varijanti prihvatljivih rješenja. Ovdje treba dati usporedni prikaz razmatranog cijevnog materijala i to onih koji su prošli sve obavezne tehničke elemente odabira. Može se pretpostaviti da će neki od razmatranih materijala biti eliminirani primjenom tehničkih zahtjeva i neće se analizirati sa stajališta financijsko-ekonomskih elemenata kao neprimjenljivi.

Prijedlog odabira cijevnog materijala i materijala okana. Ovo poglavlje treba sadržavati zaključak projektanta i preporuku odabira za javnog isporučitelja sa kratkim obrazloženjem.

Prethodno navedeni elementi odabira generalno se odnose na tehno-ekonomsku analizu odabira cijevnog materijala koja prethodi izradi glavnog projekta za predmetni vodoopskrbni/kanalizacijski sustav.

Međutim, za sve sustave čiji su glavni projekti već gotovi (izrađeni) ili su u visokom stupnju dovršenosti predlaže se izrada skraćene verzije tehno-ekonomske analize cijevnog materijala, ako takva već nije izrađena.

U takvom slučaju analiza treba biti sukladna prethodno opisanim uputama, na način da se provede tehnička analiza prihvatljivosti odabranog i projektiranog cijevnog materijala sukladna tehničkim elementima odabira, ali i sukladna tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja. Takvom analizom se u rezultatu opravdava ili opovrgava već usvojeno rješenje.

B.5.4 Primijenljivi profili cijevi

U situaciji kada još nije donešena odluka o odabiru konkretnog cijevnog materijala hidraulički se proračun uobičajeno provodi uz korištenje tzv. nominalnih profila (tj. svjetlih odnosno unutarnjih promjera cjevovoda, i to cjelobrojnih vrijednosti s koracima uglavnom od 50 odnosno 100 mm).

Dakle, hidrauličkim proračunom nije prejudicirana primjena nekog konkretnog cjevovodnog materijala. Kod dimenzioniranja kanalske mreže primijenjeno je više kriterija, od kojih se ovdje navode samo slijedeći:

- kao minimalni (konstruktivni) profil primijenjen je DN 250 mm
- maksimalna ispunjenost kanala/cjevovoda (tj. postotni omjer između proračunatog stupca otpadne vode u kanalu i visine kanala) usvojena je u vrijednosti 50% za nazivne promjere manje ili jednake DN 500 mm, te 75% za nazivne promjere veće od DN 500 mm.

Posebno se napominje da je kriterij o ispunjenosti kanala/cjevovoda preuzet iz Austrijske prakse dimenzioniranja kanala otpadnih voda (npr. Kainz/Kauch). Ovaj kriterij se u manjem opsegu razlikuje (tj. stroži je) od kriterija preporučenih u domaćoj stručnoj literaturi (npr. Margeta), gdje se navode slijedeće preporučene ispunjenosti kanala: 60% za DN 250 do 300; 70% za DN 350 do 450; te 75% za DN 500 do 900.

Ovisno o cijevnom materijalu (točnije sustavu cijevi) unutarnji profil se može razlikovati od nominalnog, te se adekvatno mijenjaju računske visine ispunjenosti. Kod toga nisu problematične eventualne promjene u smislu većeg stvarnog promjera od nominalnog, već promjene u smislu prisustva manjih promjera u odnosu na nominalni profil, jer se tada povećava računaska ispunjenost kanala. U takvom slučaju se može postaviti pitanje koliko je dopušteno odstupanje od nominalnog profila, a da se bitnije ne mijenjaju/narušavaju uobičajeni kriteriji dimenzioniranja kanala.

U odgovoru na ovo pitanje, i to isključivo za razinu i potrebe ove tehno-ekonomske analize, postupljeno je na način da je za predmetne profile (DN 250, DN 300, DN 400, DN 500 i DN 600), uz pretpostavku pogonskog koeficijenta hrapavosti $k_b = 1,5 \text{ mm}$, te pretpostavljeni apsolutni minimalni pad dna kanala $J = 0,25\%$ proračunat protok punog profila, te maksimalni dopušteni protok "idealnog" profila prema navedena dva kriterija. Rezultati ove obrade prikazani su u tablicama B.5.4-1 do B.5.4-3.

Tablica B.5.4-1: Stvarni unutarnji profili cijevnih sustava (mm)

DN	SP G ID-U HRN EN 14364	PE G OD-Z HRN EN 12666-1	PP G OD-U HRN EN 1852-1	PVC G OD-U HRN EN 1401-1
250	256,0	253,2	232,8	235,4
300	306,0	285,0	293,4	296,6
400	383,0	407,0	372,6	376,6
500	481,0	506,6	485,8	470,8

Tablica B.5.4-2: Protoci punog profila za pojedine cijevne sustave, za $k_b = 1,5 \text{ mm}$ i $J = 0,25\%$, (l/s)

DN	SP G ID-U HRN EN 14364	PE G OD-Z HRN EN 12666-1	PP G OD-U HRN EN 1852-1	PVC G OD-U HRN EN 1401-1
250	32	31	25	26
300	51	43	46	47
400	93	110	87	89
500	170	195	175	161

Tablica B.5.4-3: Maksimalno dopušteni protok "idealnog" profila (l/s)

DN	PROTOK (austrijski kriterij)	PROTOK (domaći kriterij)
250	15,0	20,8
300	24,5	28,8
400	52,5	91,3
500	97,5	176,4

Eventualni problemi mogli bi se pojaviti kod cijevi bitno smanjenog profila. Ovisno o stvarno očekivanom protoku eventualno će biti potrebno odabrati slijedeći veći profil. Stoga se za pojedine profile maksimalni protok ograničava na veličine prikazane u tablici B.5.4-4.

Tablica B.5.4-4: Maksimalni dopušteni protoci (l/s)

DN	Dopuštena ispunjenost (domaći kriterij)	SP G ID-U HRN EN 14364	PE G OD-Z HRN EN 12666-1	PP G OD-U HRN EN 1852-1	PVC G OD-U HRN EN 1401-1
250	60	21,4	20,8	16,8	17,4
300	60	34,2	28,8	30,8	31,5
400	70	77,2	91,3	55,6	73,9
500	75	153,9	176,5	158,4	145,7

B.5.5 Mehanička otpornost cijevi

U okviru ove analize provedeno je i ispitivanje podobnosti primjene pojedinog cijevnog materijala u odnosu na mehaničku otpornost cijevi odnosno predviđene uvjete ugradnje i očekivana opterećenja.

Kanali će se pretežito ugrađivati u koridoru prometnih površina. Kod toga se nadslojevi iznad tjemena cijevi očekivano kreću u slijedećim granicama $h_{\min} = 1,30$ do $h_{\max} = 4,50$ m

Važno je napomenuti da se pretežiti dio kanala ugrađuje unutar raspona nadsloja od $h_{\min} = 1,30$ m i $h_{\max} = 4,00$ m. Na ovom rasponu će se temeljiti u nastavku prikazana analiza (izrađena za profil DN 300). Nadslojevi izvan navedenih granica su ustvari iznimke. Međutim, niti u konkretnom slučaju nešto većeg nadsloja ne očekuju se nikakvi posebni problemi u pogledu nosivosti cijevi.

Za svaki analizirani cijevni materijal provedene su analize za uvjete:

- minimalnog nadsloja, $h = 1,3$ m
- maksimalnog nadsloja, $h = 4,0$ m
- "prosječne" visine nadsloja, $h = 2,7$ m

Za navedene uvjete određeno je opterećenje od nadsloja tla, prometno opterećenje, te opterećenje od vode. Opterećenje od nadsloja tla izračunato je prema ATV-A 127, uz pretpostavku specifične težine tla od 20 kN/m^3 . Kod toga je zanemareno rasteretno djelovanje trenja o stijenke rova. Prometno opterećenje proračunato je također prema ATV-A 127, uz pretpostavku tipskog vozila SLW 60. Opterećenje od vode proračunato je uz pretpostavku razine podzemne vode do površine terena. Proračunata opterećenja prikazana su u tablici B.5.5-1.

Tablica B.5.5-1: Opterećenja na cijevi za različite visine nadsloja

Opterećenje od tla, kN/m ²				
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PP G OD-U	PVC G OD-U
h = 1,30 m	26,00	26,00	26,00	26,00
h = 4,00 m	80,00	80,00	80,00	80,00
h = 2,70 m	54,00	54,00	54,00	54,00
Opterećenje od prometa, kN/m ²				
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PP G OD-U	PVC G OD-U
h = 1,30 m	183,42	183,64	183,58	183,55
h = 4,00 m	10,28	10,28	10,28	10,28
h = 2,70 m	31,63	31,63	31,63	31,63
Opterećenje od podzemne vode, kN/m ²				
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PP G OD-U	PVC G OD-U
h = 1,30 m	14,32	14,32	14,32	14,32
h = 4,00 m	40,81	40,81	40,81	40,81
h = 2,70 m	28,06	28,06	28,06	28,06

U nastavku je izračunato ukupno linijsko opterećenje, i provedena usporedba s kritičnim linijskim opterećenjem (specifično za svaki cijevni materijal). Karakteristike cijevnog materijala (računske vrijednosti vlačnih napona) uzeti su iz ATV-A 127. Analizirana su stanja za kratkotrajno opterećenje (koje uključuje prometno opterećenje), te dugotrajno opterećenje (koje ne uključuje opterećenje od prometa). Na kraju izračunato je iskorištenje nosivosti. Navedeno je prikazano u tablici B.5.5-2.

Tablica B.5.5-2: Linijsko opterećenje i kritično linijsko opterećenje

Linijsko opterećenje - kratkotrajno, kN/m				
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PP G OD-U	PVC G OD-U
h = 1,30 m	75,74	73,71	73,69	73,68
h = 4,00 m	37,48	26,44	36,44	36,44
h = 2,70 m	34,09	32,74	33,15	33,15
Linijsko opterećenje - dugotrajno, kN/m ²				
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PP G OD-U	PVC G OD-U
h = 1,30 m	11,23	10,92	10,92	10,92
h = 4,00 m	33,87	32,93	32,93	32,93
h = 2,70 m	22,97	21,92	23,33	22,33
Kritično linijsko opterećenje, kN/m				
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PP G OD-U	PVC G OD-U
Kratkotrajno	810,00	315,00	421,20	828,00
Dugotrajno	405,00	210,00	183,40	460,00
Maksimalno iskorištenje nosivosti (%)				
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PP G OD-U	PVC G OD-U
Kratkotrajno	9,35	23,40	17,50	8,90
Dugotrajno	8,36	15,68	17,96	7,16

Na temelju provedene analize linijskog opterećenja cijevi može se zaključiti da su svi analizirani cjevovodni materijali odnosno cijevni sustavi podobni za primjenu. Kod toga se uočava da najveće iskorištenje nosivosti (pa shodno tome i najmanje rezerve nosivosti) iskazuju cijevi od polietilena i polipropilena. Najmanje iskorištenje nosivosti (odnosno najveće rezerve nosivosti) iskazuju cijevi od PVC-a i stakloplastike.

B.5.6 Uzdužna krutost cijevi

Uzdužna krutost cijevi posebno je važna u situacijama kada se kanali polažu u malim nagibima nivelete. Naime, u slučaju naknadnih manjih slijeganja temeljnog tla ili posteljice uslijed loše pripreme temeljnog tla ili lošeg zbijanja podloge i obloge cjevovoda, cijevi koje posjeduju malu uzdužnu krutost doživjeti će progibe i u uzdužnom smjeru. Ovo mjestimično može rezultirati horizontalnim dionicama ili čak dionicama s kontrapadovima, te posljedično dovesti do potrebe za pojačanim održavanjem.

Uzdužna krutost izražena je umnoškom modula elastičnosti cijevnog materijala i momenta tromosti poprečnog presjeka. Za analizirane cijevne materijale uzdužna krutost za profil DN 300 navedena je u tablici B.5.5-1. U tablici je naveden i omjer krutosti pojedinog cijevnog sustava u odnosu na minimalnu krutost, koju u navedenom slučaju posjeduju cijevi od PEHD-a.

Tablica B.5.6-1: Uzdužna krutost cijevi

Uzdužna krutost - dugotrajno, N/mm ²				
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PP G OD-U	PVC G OD-U
DN 300	$2,86 \cdot 10^{11}$	$2,55 \cdot 10^{10}$	$3,25 \cdot 10^{10}$	$1,55 \cdot 10^{11}$
Omjer krutosti cijevnog sustava i najmanje krutosti				
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PP G OD-U	PVC G OD-U
DN 300	11,22	1,00	1,27	6,08

B.5.7 Otpornost na habanje

Otpornost na habanje važna je u slučajevima prisustva pijeska u otpadnim vodama, kod pojave velikih brzina tečenja (> 8 m/s), te kod potrebe za češćim ispiranjem pod visokim tlakom.

Tablica B.5.7-1: Otpornost na habanje

Habanje							
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PE R ID-Z	PP G OD-U	PP R ID-U	PVC G OD-U	KER G ID-U
Debljina stijenke (mm)	9,0	15,0	4,0	10,8	2,0	9,2	27,5
Habanje pri $2 \cdot 10^5$ ciklusa (mm)	0,5	0,15	0,15	0,10	0,10	0,22	0,27
Relativni broj ciklusa	18,0	100,0	26,7	108,0	20,0	41,8	101,9
Habanje - relativna (ne)podobnost							
	SP G ID-U	PE G OD-Z	PE R ID-Z	PP G OD-U	PP R ID-U	PVC G OD-U	KER G ID-U
	1,00	0,18	0,67	0,17	0,90	0,43	0,18

B.5.8 Troškovi nabave i spajanja cijevi

U nastavku se prikazuju cijene nabave i spajanja cijevi navedene u *Standardnoj kalkulaciji radova u vodogradnji*. Ove su cijene ujedno uspoređene sa cijenama postignutim na pojedinim natječajima za izgradnju sustava odvodnje. Za cijevne materijale ili sustave koji nisu navedeni u Standardnoj kalkulaciji, korištene su cijene dobivene izravnim upitom proizvođačima ili zastupnicima cijevnog sustava.

Cijene iz *Standardne kalkulacije* odnosno jedinične nabavne cijene postignute na natječajima prikazane su u tablici B.5.7-1. Napominje se da su cijene same nabave uvećane i za cijenu spajanja cijevi.

Tablica B.5.8-1: Očekivane cijene nabave i spajanja 1 m cijevi (u kunama)

DN 300	SP G ID-U	PE G OD-Z	PE R ID-Z	PP G OD-U	PP R ID-U	PVC G OD-U	KER G ID-U
Standardna kalkulacija	359,29	267,00 ¹⁾	272,00	N.P. ²⁾	N.P. ²⁾	373,00 ³⁾	N.P. ²⁾
Cijena iz natječaja	291,16	231,08	N.P.	135,77	222,00 ⁵⁾	155,97	397,00 ⁴⁾

- 1) Interpolacija na temelju cijene navedene u Standardnoj kalkulaciji, za PEHD cijev za tlak 10 bara, na temelju mase cijevi za SN8, sve za DN 300
- 2) Standardna kalkulacija ne sadržava podatke za navedene cijevi
- 3) Standardna kalkulacija, za cijev PVC DN 315
- 4) Cijena temeljem izravnog upita proizvođačima/zastupnicima za DN 300
- 5) Cjenik proizvođača objavljen na internetu za DN 300

Potrebno je imati na umu da su cijene podložne promjenama. U tom smislu potreban je određeni oprez, jer nabavne cijene u trenutku koji je od početka građenja udaljen možda i više mjeseci može dovesti do eventualnih iznenađenja u nekom kasnijem trenutku. Naime, cijena

cijevnih materijala odnosno cijevnih sustava može biti podložna značajnim razlikama, kako u vremenu, tako i ovisno o lokaciji gradilišta i potražnji cijevnog materijala/sustava. Istovjetne napomene praktički vrijede i za cijene ugradnje cijevi.

B.5.9 Generalne prednosti i mane pojedinih cijevnih materijala

U nastavku se navode generalne prednosti i mane pojedinih razmatranih materijala. Korištena je raspoloživa stručna literatura odnosno objavljeni dokumenti, između ostalog i kataloški materijal pojedinih proizvođača/zastupnika cijevi. S tim u vezi je iskazane podatke potrebno uzeti s određenom rezervom, posebno jer se vještim marketingom pojedina svojstva cijevi, u smislu cjelokupne podobnosti do konačnog formiranja kanalskih sustava, prikazuju iznad realnih veličina. To se posebno odnosi na deklaraciju glatkoće/hrapavosti cijevi, univerzalnosti spajanja, podobnosti ugradbe, vodonepropusnosti stijenke i spojeva, trajnosti u pogonu u odnosu na transportirani medij i tome slično.

Tako EPA (United States Environmental Protection Agency) u dokumentu iz 2000 godine *Wastewater Technology Fact Sheet: Pipe Construction and Materials* (EPA 832-F-00-068) navodi, između ostalog, prednosti i mane termoplastičnih cijevi (PVC, PEHD) i duroplastičnih cijevi (stakloplastika) kako je prikazano u tablici B.5.9-1.

Tablica B.5.9-1: Prednosti i mane pojedinih cijevnih materijala (EPA)

Prednosti	Mane
Termoplastične cijevi (PVC, PEHD)	
- vrlo lagane - dobra otpornost na koroziju - glatka površina smanjuje gubitke trenja - dugačke sekcije cijevi smanjuju potencijalnu infiltraciju - fleksibilne	- podložne kemijskom utjecaju, posebno ako su prisutna otapala - na čvrstoću utječe sunčevo zračenje te je potrebna zaštita od UV zraka - zahtjeva pažljivu izvedbu ležišta cijevi
Duroplastične cijevi (stakloplastika)	
- visoka čvrstoća - lagane - otporne na koroziju	- krhke (može doći do pojava pukotina), zahtjevaju pažljivu ugradnju

U dokumentu *Sanitary and Industrial Wastewater Collection - Mobilization Construction* (US Army Corps of Engineers) EM 1110-3-171) iz 1984. godine se navodi da je PVC kemijski inertan na većinu kiselih i lužnatih otpadnih voda i potpuno otporan na biološke utjecaje. Kako PVC nije vodič, imun je na skoro sve tipove podzemne korozije uzrokovane galvanskim ili elektrokemijskim reakcijama, uz agresivna tla. Trajnost, mala težina, veliki odnos čvrstoće prema težini, velika ugradbena duljina, vodonepropusni spojevi i glatka unutarnja površina jesu karakteristike koje čine PVC atraktivnim izborom za ugradnju u kanalizacijskim sustavima. Nedostaci obuhvaćaju moguću kemijsku nestabilnost uslijed dugotrajne izloženosti suncu, velike progibe cijevi pod opterećenjem u slučaju neadekvatne ugradnje ili velikih temperatura

otpadnih voda, kao i krtosti kod izloženosti niskim temperaturama. PVC cijev je potrebno ugraditi tako da bude osiguran pasivan bočni oslonac tla duž cijelog tijela cijevi.

Isti dokument za stakloplastične cijevi navodi da su one idealno pogodne za primjenu kod velikih profila, te pokazuju ekstremno dobre performanse u pogledu otpornosti na progibe/deformacije stijenki i unutarnju/vanjsku koroziju. Jedinstvena konstrukcija od staklenih vlakana i smole pruža optimalnu zaštitu protiv napada širokog raspona kemijski agresivnog okoliša, uključujući vodikov sulfid i drugih plinova u kanalizaciji, većine prirodnih tala, soli i bočate vode kao i galvanskih i elektrolitičnih reakcija. Nisu potrebni posebni premazi ili katodna zaštita. Iako se stakloplastika službeno svrstava u fleksibilne cjevovode, njezin strukturalni integritet je takav da su za ugradbu, priprema rova i zahtjevi na ispunu rova bitno manji nego li kod drugih fleksibilnih cijevi, pa čak i nekih krutih. Daljnje prednosti vezane su za malu težinu i glatku (poput stakla) unutarnju površinu.

Prof. dr. Jure Margeta u knjizi *Kanalizacija naselja; Odvodnja i zbrinjavanje otpadnih i oborinskih voda* (2009. godina) za PVC navodi da ova vrsta cijevi ima neka posebna svojstva koja joj daju prednost u odnosu na druge vrste. To se prije svega odnosi na izuzetnu otpornost na koroziju i time veliku postojanost. Zbog velike glatkoće unutarnjih stijenki, ove cijevi imaju bolja hidraulička svojstva nego ostale cijevi. S obzirom na malu specifičnu težinu cijevi, one su vrlo lagane, stoga je jednostavna i manipulacija ovim cijevima. Otpornost na udarce i mala težina omogućavaju jednostavan transport i ugradnju. Još jedna njihova dobra značajka je laka i jednostavna obrada (rezanje, bušenje, i slično). Mali koeficijent toplinske vodljivosti omogućava da se cijevi postavljaju plice, a to smanjuje troškove izgradnje. Najveći nedostatak ovih cijevi je neotpornost na visoke temperature i na temperature niže od nule. Nadalje, za ove cijevi posebno štetne su UV-zrake, zbog čega se ove cijevi ne smiju dugo izlagati na suncu. Drugi nedostatak je ponekad nedovoljna čvrstoća u odnosu na vanjsko opterećenje. Da bi se čvrstoća povećala, izrađuju se deblje stijenke zbog čega se troši dosta sirovina pa cijevi postaju skupe. Zbog toga se koriste uglavnom cijevi manjih profila (do DN 600).

U istoj knjizi se za poliesterske cijevi navodi da su one u principu višeslojne, a sve kako bi se racionalizirala proizvodnja, postigla čvrstoća i posebna svojstva, zbog čega se dodaju posebni materijali. Da bi se zaštitile od UV zračenja, izvana se premazuju posebnim zaštitnim slojem u kojem se nalazi pijesak, a unutrašnje se stijenke također premazuju posebnim premazom (debeli sloj smole od oko 1,5 mm) da bi imale dobra hidraulička svojstva ($k \leq 0,01$ mm) i da bi bile otpornije na trošenje, otpadne vode i plinove. Ove cijevi i njihove spojnice imaju visoku kemijsku otpornost na kiseline i lužine od pH 1 do pH 13. Cijevi se spajaju prstenovima (spojnicama), a vodonepropusnost se osigurava brtvenim prstenovima, u svemu sličnim onima što se koriste kod spajanja ACC cijevi. Ove se cijevi mogu spajati i lijepljenjem, čime se osigurava kontinuitet cijevi i apsolutna trajna vodonepropusnost spoja. Spojevi su kvalitetni i jednostavni. Ove se vrste cijevi najčešće koriste u posebnim uvjetima izgradnje kanalizacijskog sustava, u kojima je izuzetno važna vododrživost i otpornost na agresivna svojstva sredine u kojoj se ugrađuju ili otpadnih voda koje provode. Međutim, danas se ove vrste cijevi sve više koriste i u standardnim uvjetima izvedbe, jer je njihova cijena sve prihvatljivija. Lijepljenjem i lijevanjem iz poliestera se mogu izrađivati i svi potrebni spojni komadi, kao i revizijska okna, što omogućava široku primjenu. Ova vrsta cijevi je prava zamjena za čelične cijevi, jer u svemu ispunjavaju uvjete u kojima se koriste čelične cijevi, a uz to su nehrđajuće.

Za glatke i strukturirane PE cijevi se navodi da su one vrlo povoljne za izgradnju jer su lagane, a imaju vrlo dobra hidraulička svojstva. Spojevi su različiti, čvrsti ili rastavljivi. Vareni spojevi su kvalitetni i sigurni od infiltracije i istjecanja. Imaju vrlo malu specifičnu težinu, zbog čega plutaju u vodi. Ostale karakteristike ovih cijevi slične su kao i kod cijevi od PVC-a: jednostavna montaža, velika otpornost na lom i vodene udare, mali hidraulički gubici i mala pogonska hrapavost.

B.5.10 Trajnost cjevovoda

Thomas Sander u knjizi *Ökonomie der Abwasserbeseitigung*, pozivajući se na podatke ustanove LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) navodi da je prosječno trajanje korištenja kanala otpadnih voda 50 do 80 (100) godina.

A. P Moser u knjizi *Buried Pipe Design* navodi da bi normalni projektni vijek cijevnih sustava (vodoopskrbe i odvodnje) trebao biti minimalno 50 godina. Međutim, navodi da 50 godina zapravo nije dovoljno dugo. Vladine i privatne agencije ne mogu si priuštiti zamjenu cjelokupne infrastrukture ukopanih cjevovoda na 50-godišnjoj bazi. Ustvari, projektni vijek od 100 godina trebalo bi smatrati minimumom. Proizvođači cijevi mogu garantirati za kvalitetu svojih proizvoda, ali ne mogu garantirati da će cijevi ispunjavati određene zahtjeve tijekom određenog vremenskog trajanja. Ovo iz razloga što trajnost cijevi, nakon njihove ugradnje, nije samo funkcija cijevnog materijala, već je najvećim dijelom funkcija uvjeta opterećenja i okoliša kojima će biti podvrgnute. Na projektantu je odgovornost procijeniti sve faktore te izraditi projekt s predvidivim projektnim vijekom.

Sustavna (i neovisna) istraživanja o trajnosti cjevovoda od pojedinih materijala, prema saznanjima obrađivača ove tehničke i ekonomske analize, ne postoje. Ilustracije radi prilaže se tablica B.5.10-1 gdje su prikazani rezultati određene ekspertize, a koja je objavljena u dokumentu pod nazivom *Guide to pipe materials selection; Twelve good reasons for choosing FBS pipes made of concrete and reinforced concrete* (2008. god.), a zapravo je riječ o promidžbenom materijalu koji govori o prednostima betonskih cijevi.

Tablica B.5.10-1: Korisni vijek cjevovoda

Rezultati ekspertize			
Korisni vijek*/analiza materijala			
Sirovina	KVR smjernica (LAWA)	Korisni vijek u godinama	
		Podaci proizvođača	Praktično iskustvo
Beton/armirani beton	50 do 80 (100)	> 100	> 100
Kamenština		> 100	> 100
Polimerni beton		nema podataka	približno 30
Nodularni lijev		> 100	> 100
Stakloplastika		50 do 80 (100)	približno 50
PVC-U		> 100	približno 50
PEHD		> 100	približno 50
PP		100	približno 50
*Može se pretpostaviti jednolični korisni vijek, neovisno o korištenoj sirovini, za kanalizacijske cijevi koje su proizvedene i ugrađene u skladu s primjenljivim standardima i pravilima struke i namjenski su korišteni. Tehnički korisni vijek spojeva cijevi nije razmatran u ovoj ekspertizi.			

B.5.11 Osvrt na profilirane cijevi od plastičnih materijala

Cijevi od plastičnih materijala se u kanalizaciji koriste još od tridesetih godina prošloga stoljeća. Upotrebljavaju se cijevi ne samo različitih plastičnih materijala, već i različitih konstrukcija odnosno strukture stijenke. Pored punostijenih cijevi, postoje i upotrebljavaju se cijevi sa strukturiranom odnosno profiliranom stijenkom. Za profilirane cijevi od plastičnih materijala u prošlosti su razvijene različite norme, koje između ostalog definiraju mjere, tehničke uvjete isporuke, opće zahtjeve te ispitivanja.

Za kanalizaciju se profilirane cijevi od plastičnih materijala nude u različitim varijantama i od različitih proizvođača. Proizvodi se međusobno razlikuju kako u pogledu građe stijenke i načina/tehnike spajanja, tako i u pogledu načina proizvodnje i uporabljene vrste plastičnog materijala.

Profilirane cijevi od plastičnih materijala optimizacijom debljine stijenki omogućavaju ekonomske prednosti kroz smanjenje težine i troškova materijala. Premještanjem dijelova površina od težišne osi stijenke cijevi prema van moguće je reducirati površinu poprečnog presjeka uz konstantan ili čak povećani moment tromosti. Tako je moguće konstrukcijom profilirane stijenke gotovo prepoloviti potrošnju materijala.

S druge strane, profilirane cijevi u odnosu na cijevi s punostijenim presjecima posjeduju bitno manje lokalne debljine stijenki. Stoga takve optimizacije poprečnog presjeka imaju smisla jedino onda ako smanjenje debljine stijenki ne dovodi do značajnijih mana kod korištenja, tj. u pogledu

nepropusnosti spojeva odnosno priključaka, otpornosti prema točkastim opterećenjima, habanju, otpornosti u pogledu prisilnog ispiranja kanala kao i statičkih zahtjeva.

Za plastične materijale te od njih izrađenih cijevi za odvodnju otpadnih voda postoji mnoštvo normiranih ispitivanja materijala, građevinskih elemenata i sistema. U različitim normama definirana su specijalna ispitivanja ne samo za cijevi s punom stijenkama, već i za profilirane cijevi. Međutim, postojeće metode ispitivanja za profilirane cijevi usmjerene su na ispitivanje bitnih značajki za mehaničku otpornost i stabilnost i funkcionalnu sigurnost (prstenasta krutost, modul puzanja) kao i vodonepropusnost sustava (ispitivanje vodonepropusnosti, zavarljivost). U okviru ovih ispitivanja samo se djelomično simuliraju rubni uvjeti iz prakse. Na primjer, ispitivanje prstenaste krutosti pokusom tjemene tlačne sile ne uzima u obzir bočni oslonac cijevi od okolnog tla. Važeće norme ne sadrže ispitivanja mogućih negativnih utjecaja neplanskih točkastih opterećenja od stranih tijela u posteljici na stabilnost i nepropusnost cijevnog sustava. Nije obuhvaćena niti otpornost prema opterećenjima u pogonu tijekom čišćenja kanala. Na kraju, ne postoje niti standardizirane metode za eksperimentalni dokaz stabilnosti profiliranih plastičnih cijevi.

Posebno u razvijenim zemljama zapadne Europe stečena su iskustva u primjeni profiliranih cijevi od plastičnih masa, posebno vezano za česte vrste oštećenja, i to:

- deformacija poprečnog presjeka cijevi
- odstupanja od vertikalnog i horizontalnog položaja cijevi
- lokalnih deformacija (izbočenja) cijevi
- promjenama na stijenama cijevi (rupa, pukotina)
- propusnosti cijevi
- promjene i oštećenja spojeva cijevi (pomaci, lokalne deformacije, propusnosti) i dr.

Posljednjih godina u Republici Hrvatskoj također su izgrađivani kanali od profiliranih cijevi od plastičnih masa (poglavito polipropilena i polietilena) te su stečena određena (i još uvijek nesistematizirana) iskustva u njihovoj primjeni. Nažalost, pored dobrih iskustava, postoji ne mali broj loših iskustava. Tako su primjerice na nekim sustavima već u fazi ugradnje, a posebno tijekom korištenja vidljivi problemi s vododrživosti spojeva cijevi i fazonskih komada. Ti problemi dovode do potrebe za sanacijom kanala izgrađenih od još uvijek novih cijevi.

U navedenom kontekstu se ukazuje i na slučaj izgradnje kanalizacije od profiliranih cijevi od plastičnih materijala u naseljima u okolici Velike Gorice. Izgradnja je provedena tijekom 2011. i 2012. godine. Od ukupno izgrađenih oko 14,5 km kanala utvrđena je potreba za sanacijom cjevovoda s iskopom na preko 1,6 km trase. Pored toga je utvrđena potreba sanacija s iskopom 437 komada revizijskih okana te lokalnih (točkastih) sanacija kanala bez iskopa na 35 mjesta. Potrebne sanacije procijenjene su u veličini od oko 7,5 milijuna kuna.

U nastavku se prikazuju neke od fotografija karakterističnih oštećenja na cijevima i revizijskim oknima.



Slika 1: Prikaz vertikalne deformacije i napuknuća cijevi



Slika 2: Prikaz naslaga koje je potrebno ukloniti uređajem za glodanje



Slika 3: Prikaz deformiranog okna



Slika 4: Prikaz pukotina i deformacija okna

B.5.12 Osvrt na kanale na obalnim dionicama

Poseban problem predstavljaju kanali odnosno cjevovodi koji će se izvoditi na obalnim dionicama (tj. dionicama pod utjecajem mora). S tim u vezi se daju slijedeće napomene:

- Svi prethodno nabrojani cijevni materijali (naravno s izuzetkom keramičkih cijevi) u osnovi spadaju u grupu plastičnih materijala, te se načelno mogu ugrađivati na dionicama pod utjecajem mora, tj. otporne su na agresivno djelovanje morske vode.
- Sve položene kanale, izrađene od nabrojanih cijevnih materijala je u osnovi potrebno optežiti. Naime, kanali otpadnih voda nužno moraju posjedovati svojstvo vodonepropusnosti. U redovitom pogonu u kanalima će se pojavljivati tečenje sa slobodnim vodnim licem.

Štoviše, ne može se isključiti mogućnost da će u noćnim satima kanali praktički biti prazni. Stoga je sila uzgona na cijev redovito veća od vlastite težine cijevi. Na primjer, težina 1 m cijevi od stakloplastike (od svih razmatranih plastičnih cijevnih materijala, stakloplastika posjeduje najveću gustoću, veću od gustoće morske vode), vanjskog profila 324 mm iznosi cca 123 N. Sila uzgona 1 m iste (ali prazne) cijevi iznosi 824 N. Dakle, ovisno o odabranom cijevnom materijalu i raspoloživim visinama nadsloja iznad cijevi biti će prisutna i eventualna potreba dodatnog opteživanja kanala (npr. betonskom oblogom ili posebnim opteživačima).

- U fazi građenja (kada je načelno moguće položene kanale/cjevovode potopiti vodom odnosno dopustiti ulaz morske vode u njih) opteživanje nije potrebno kod cijevnih materijala specifične težine veće od specifične težine morske vode. U konkretnom slučaju ovome udovoljavaju PVC (14 kN/m^3), stakloplastika ($17,5 \text{ kN/m}^3$) te keramika (22 kN/m^3). Cijevi od ostalih razmatranih materijala posjeduju specifične težine manje od specifične težine morske vode, te ih je potrebno opteživati i tijekom same izgradnje.
- Generalno je za obalne kolektore potrebno izbjegavati strukturirane ("rebraste") cijevi, sve zbog njihove male težine i zračnih jastuka unutar cijevi što čini cijev izuzetno nestabilnom kod ugradnje i kasnijeg korištenja zbog pojačane sile uzgona i opterećenja na spojevima s oknima.
- Norma HRN EN 1610 (Polaganje i ispitivanje kanalizacijskih cjevovoda i kanala) u poglavlju 8.5.3 Spajanje navodi: *"Krajnji zaštitni poklopci moraju se ukloniti neposredno prije spajanja. Dijelovi cijevne površine koji dolaze u dodir s materijalima za spajanje moraju biti neoštećeni, čisti i, ako je potrebno, suhi. Klizni spojevi trebaju se podmazati kliznim sredstvima i postupcima koje preporuča proizvođač. ..."*. Jasno je da kod cijevnih sustava čiji se spoj zasniva na elektrofuzijskom zavarivanju, spajanje pod vodom (odnosno pod morem) nije moguće, već je eventualno moguće spajanje izvan rova i spuštanje spojenog cjevovoda u rov. Kod cijevnih sustava čije se spajanje zasniva na utičnom spoju nastojale su se od relevantnih proizvođača/zastupnika pridobiti informacije o tome da li se njihovo spajanje može obavljati pod vodom.

U slučaju jednog proizvođača/zastupnika za cijevne sustave od polivinilklorida, polietilena te polipropilena navodi se: *"... Niti jedan navedeni cijevni sustav u pravilu nije potrebno spajati na suho. Dapače, svaki spoj s brtvom (izuzev PEHD) potrebno je premazati s masti za podmazivanje prije spajanja. Također, na gradilištu sam prisustvovao spajanju cijevi koje su bile potpuno pod vodom i nije bilo problema prilikom spajanja niti kasnijih propuštanja na spojevima. ..."*. U kontekstu preporuke izbjegavanja rebrastih cijevi navodi se: *"... Punostijeni PEHD je također dobar izbor zbog duljine cijevi (12 m naspram 6 m), te samim time manjim brojem problematičnih mjesta. ..."*

- Kanali na obalnim dionicama se redovito izvode s relativno malim nagibima, obzirom da je obalni pojas najčešće pretežito horizontalni, te bi se kod primjene velikih nagiba vrlo brzo postigle i velike dubine ukapanja. Izvedba gravitacijskih kanala, tj. postizanje zahtjevane nivelete odnosno pada dna kanala i inače je to teža, što je nagib manji. Izvođenje radova u skučenim uvjetima rova, pod vodom (odnosno ispod razine mora), koja je redovito i zamućena dodatno otežava provođenje radova.

- Stoga je, ako je riječ o savitljivim cijevima, generalno preporučljivo kanale/cjevovode polagati unutar armirano-betonskih korita (odnosno "kada"), koji se redovito izvode kao montažni elementi i spuštaju u pripremljeni rov. Naime tzv. "kade" bitno olakšavaju izvođenje, jer su uvjeti polaganja cjevovoda nešto povoljniji nego li u otvorenom rovu. U kadama je moguće ostavljati odgovarajuće kuke na koje je moguće privezivanje cjevododa, čime se postiže njegova privremena stabilizacija u pogledu uzgona. Moguće je preciznije polaganje kanala u predviđenom padu, jer je podlaganje cjevovoda s različitim podlošcima i klinovima jednostavnije, kao što je i jednostavnija kontrola visinskog položaja položenog cjevovoda. Zamućenost morske vode unutar kada je nešto manje izražena, zbog ograničenog strujanja. Stijenke armirano-betonskih korita, ovisno o dubini polaganja, dijelom imaju i funkciju podgrađivanja rova.

Na temelju navedenih napomena moguće je zaključiti da je na obalnim dionicama prvenstveno potrebno koristiti cijevi s glatkim stijenkama, što je prvenstveno uvjetovano potrebom što lakšeg potapanja. Ujedno se time smanjuje i potrebna širina rova, što daje određeni doprinos ekonomičnosti izvedbe. Također je potrebno težiti primjeni cijevi koji posjeduju uzdužnu krutost, čime se izbjegava pojava možebitnog ispupčenja cijevi na sredinama raspona između točaka sidrenja tijekom izvedbe. Na kraju, potrebno je primijeniti one cijevne sustave, koje je moguće pouzdano spajati pod morem, ili koje je moguće spajati izvan rova, te pouzdano spuštati cijele sekcije cjevovoda u rov.

Na kraju, na temelju analiza provedenih za potrebe ove tehno-ekonomske analize, proizašlo je da je bi izgradnja obalnog kanala od cijevi od stakloplastike (položene u rovu) rezultirala s oko 20% nižim troškovima od izgradnje kanala od punostijenog PEHD-a položenog unutar armirano-betonskih korita.

Temeljem svega navedenog preporuča se za obalne kanale primijeniti cijevi od stakloplastike.

B.5.13 Osvrt na revizijska okna

Općenito. Kako za izvedbu kanalizacije, i u sklopu toga revizijskih okana, postoje različite vrste materijala, to je u smislu pravilnog izbora potrebno analizirati niz utjecajnih činitelja. Pod ovime se prvenstveno razumijevaju:

- uvjeti koji se odnose na pogon kanalizacijskog sustava, a s obzirom na cjeloviti prostor koji se kanalizira,
- uvjeti koji proizlaze iz karakteristika materijala i primjenjivane tehnologije ugradbe,
- uvjeti koji se povezuju uz ekonomičnost primjene materijala, sve uz zadovoljenje zahtjevanih tehničkih postavki i pripadajućih kriterija.

Prema tome, u osnovi je potrebno analizirati sve one činitelje koji se odnose na sigurnost tehničkog rješenja, promatrano u odnosu na namjenu kanalizacije i pripadnih revizijskih okana, ugradbene uvjete i uvjete prostora, uvažavajući sve ostale karakteristike iz područja mogućih vanjskih utjecaja.

Na kraju, u pogledu ekonomičnosti primjene potrebno je vrednovati sve parametre koji daju konačnu veličinu troškova građenja kanalizacijskog cjevovoda odnosno u ovom slučaju postave revizijskog okna do njegove potpune pogonske osposobljenosti. Pogrešno bi bilo da se podobnost pojedinog materijala razmatra samo na temelju nabavne cijene okna i pripadajućeg spojnog materijala, budući da se prateći troškovi građenja, ovisno o sredini u kojoj se izvode radovi, mogu predstavljati prevladavajućim činiteljem za donošenje konačne odluke.

Mehanička otpornost plašta okna. U okviru ove analize provedeno je i ispitivanje podobnosti primjene pojedinog materijala u odnosu na mehaničku otpornost samog plašta.

U nastavku je izračunato takozvano kritično linijskim opterećenje po dužnom metru plašta (specifično za svaki cijevni materijal). Karakteristike cijevnog materijala (računske vrijednosti vlačnih napona) uzeti su iz ATV-A 127 odnosno podataka proizvođača materijala. Navedeno je prikazano u tablici B.5.13-1.

Tablica B.5.13-1: Kritično linijsko opterećenje

Kritično linijsko opterećenje (kN/m)		
	Stakloplastika (SP)	Polietilen (PE)
Kratkotrajno	1710	514,5
Dugotrajno	855	343,0

Iz provedene analize je vidljivo da plašt okna od stakloplastike (uz ranije navedene rubne uvjete) posjeduje dvo do tri puta veću mehaničku otpornost, u ovom slučaju na bočni tlak tla/nasipa i hidrostatski tlak vode.

Sigurnost protiv uzgona. Revizijska okna na trasama kanala u priobalnom području, između ostalog, će biti stalno podvrgnuta silama uzgona. Štoviše, u području neposredno uz more biti će nemoguće održavati rov suhim, te će se i postava odnosno montaža okana vršiti pod utjecajem mora.

Stakloplastika kao materijal posjeduje računsku specifičnu težinu od $17,5 \text{ kN/m}^3$. Ovaj materijal je specifično teži od vode. Naravno, samo revizijsko okno od tog materijala (uz pretpostavku vodonepropusnih spojeva) biti će podvrgnuto silama uzgona i u moru bi isplivalo. Prilikom same postave/montaže, okno od stakloplastike se može puniti vodom, te će tonuti do dna. Za trajnu sigurnost protiv uzgona biti će potrebna izvedba balasta od betona.

Polietilen kao materijal posjeduje računsku specifičnu težinu od $9,4 \text{ kN/m}^3$. Ovaj materijal je dakle specifično lakši od vode. Prilikom same postave/montaže, nije dovoljno okno od polietilena puniti vodom, već je potreban i dodatni balast za spuštanje do dna. Naravno, za trajnu sigurnost protiv uzgona potrebna je izvedba balasta od betona.

U tablicama B.5.12-2 i B.5.12-3 prikazani su podaci vezani za sigurnost protiv uzgona revizijskih okana od stakloplastike odnosno polietilena. Razmatrane su dubine okana od 1,50 m do 5,00 m, u koracima od 0,50 m. Dani su podaci o težini okna i silama uzgona, uz pretpostavku visine

stupca vode jednakoj visini (dubini) okna. Također je izračunata potrebna težina i količina betona za balast, kako bi se postigao koeficijent sigurnosti protiv uzgona u veličini od 1,5.

Tablica B.5.13-2: Sigurnost protiv uzgona revizijskih okana od stakloplastike

Dubina okna (m)	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
Težina okna (kN)	1,83	2,44	3,05	3,66	4,27	4,88	5,49	6,10
Sila uzgona (kN)	11,78	15,70	19,63	23,55	27,48	31,40	35,33	39,25
Potrebna težina (kN)	11,67	23,55	29,46	35,33	41,22	47,10	53,00	58,88
Težina betona (kN)	15,84	21,11	26,40	31,67	36,95	42,22	47,51	52,78
Volumen betona (m ³)	0,66	0,88	1,10	1,32	1,54	1,76	1,98	2,20

Tablica B.5.13-3: Sigurnost protiv uzgona revizijskih okana od polietilena

Dubina okna (m)	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
Težina okna (kN)	1,16	1,54	1,93	2,31	2,70	3,08	3,47	3,85
Sila uzgona (kN)	11,78	15,70	19,63	23,55	27,48	31,40	35,33	39,25
Potrebna težina (kN)	17,67	23,55	29,45	35,33	41,22	47,10	53,00	58,88
Težina betona (kN)	16,51	22,01	27,52	33,02	38,52	44,02	49,53	55,03
Volumen betona (m ³)	0,69	0,92	1,15	1,38	1,61	1,83	2,06	2,29

Troškovi nabave i postave okna. Gdje god je to bilo moguće, primijenjene su jedinične cijene nabave pojedinog materijala, kao i cijene radova navedene u *Standardnoj kalkulaciji radova u vodogradnji*. U tom smislu su primijenjene slijedeće cijene:

- Nabava i doprema okna DN 1000
 - od stakloplastike, 2020 kn/m
 - od polietilena, 2100 kn/m
- Ugradnja okna DN 1000
 - od stakloplastike, 440 kn/kom
 - od polietilena, 415 kn/kom
- Nabava, doprema i izvedba balastnog betona C16/20, 550 kn/m³

U nastavku su proračunati troškovi kompletne postave (montaže) revizijskog okna određene visine od pojedinog materijala, uključujući izvedbu balastnog betona. Ovi troškovi su prikazani u tablicama u nastavku

Tablica B.5.13-4: Procjena troškova izgradnje revizijskih okana

Dubina okna (m)	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00
Revizijska okna od stakloplastike								
Nabava i doprema okna (kn)	3030,00	4040,00	5050,00	6060,00	7070,00	8080,00	9090,00	10100,00
Postava (montaža) okna (kn)	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00	440,00
Izvedba balastnog betona (kn)	363,00	484,00	605,00	726,00	847,00	968,00	1089,00	1210,00
Ukupno (kn)	3833,00	4964,00	6095,00	7226,00	8357,00	9488,00	10619,00	11750,00
Revizijska okna od polietilena								
Nabava i doprema okna (kn)	3150,00	4200,00	5250,00	6300,00	7350,00	8400,00	9450,00	10500,00
Postava (montaža) okna (kn)	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00	415,00
Izvedba balastnog betona (kn)	379,50	506,00	632,50	759,00	885,50	1006,50	1133,00	1259,50
Ukupno (kn)	3944,50	5121,00	6297,50	7474,00	8650,50	9821,50	10998,00	12174,50

Potrebno je imati na umu da su cijene podložne promjenama. U tom smislu potreban je određeni oprez, jer nabavne cijene u trenutku koji je od početka građenja udaljen možda i više od 2 godine može dovesti do eventualnih iznenađenja u nekom kasnijem trenutku. Naime, cijena materijala odnosno sustava okna može biti podložna značajnim razlikama, kako u vremenu, tako i ovisno o lokaciji gradilišta i potražnji materijala/sustava.

Međutim, neovisno o prethodnoj napomeni, dobiveni rezultati upućuju na zaključak da je primjena predgotovljenih revizijskih okana od stakloplastike u zadanim uvjetima ugradnje na trasama kanala u priobalnom području povoljnije rješenje od ugradnje revizijskih okana od polietilena.

B.6 PRIJEDLOG IZBORA CIJEVNOG MATERIJALA/PROIZVODA

Za predmetne sustave na području Medulin, Premantura i Banjole glavni projekti su praktički izrađeni. Prilikom izrade glavnih projekata primijenjen je ujednačeni koncept odabira cijevnog/materijala sustava, baziran prvenstveno na očekivanim uvjetima ugradnje, kao i pogonskim uvjetima (oblika tečenja otpadne vode u cjevovodima). S tim u vezi razlikovani su sljedeći slučajevi ugradnje/pogonskih uvjeta cjevodova:

- gravitacijski kanali (kopnene dionice)
- gravitacijski kanali (obalne dionice)
- tlačni cjevovodi (za sve dionice)

Stoga se, sukladno dokumentu *Provedba javne nabave putem kriterija za odabir ekonomsko najpovoljnije ponude, primjeri dobre prakse; Poglavlje 1. Otvoreni postupak javne nabave za građenje mreže (FIDIC, crvena knjiga); Podpoglavlje 1.2. Izbor cijevnog materijala - dopuna; Tehno - ekonomska analiza odabira cijevnog materijala* provodi tehno-ekonomska analiza cijevnog materijala na način da se provodi tehnička analiza prihvatljivosti odabranog i projektiranog cijevnog materijala sukladno tehničkim elementima odabira kao i tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja. Time se, u rezultatu, opravdava ili opovrgava već usvojeno rješenje.

Predmetni zahvati u prostoru odnosno građevine koji su vezani za izgradnju nove i rekonstrukciju postojeće mreže odvodnje otpadnih voda u pojedinim naseljima i/ili dijelovima naselja na razmatranom području pokriveni su u nekoliko glavnih projekata, koje je izradilo više projektantskih kuća.

Generalno se može smatrati da su projektima predviđena ujednačena tehnička rješenja u pogledu primjene cijevnog materijala, i to:

a) kanalizacija - gravitacijski kanali

- kod trasa kanala izvan utjecaja mora predviđena je primjena cijevi od PVC-a
- kod trasa kanala u priobalnom pojasu (pod utjecajem mora) predviđena je primjena cijevi od stakloplastike

b) kanalizacija - tlačni cjevovodi

- kod svih trasa predviđena primjena od tlačnih PEHD cijevi za nazivni tlak 10 bara

Opća prihvatljivost odabranog i projektiranog cijevnog materijala, tj. sukladnost s tehničkim elementima odabira demonstrirana je u prethodnim poglavljima ove analize, a u nastavku se prikazuje tehnička analiza prihvatljivosti odabranog i projektiranog cijevnog materijala sukladna tehničkim elementima odabira prema uputama Hrvatskih voda, uključujući sukladnostima tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja. Ova analiza prikazana je tablično u nastavku. a vezano za pojedine vrste cjevovoda.

a) kanalizacija - gravitacijski kanali

Kako je rečeno, postojećom dokumentacijom je predviđena primjena cijevi od PVC-a na trasama kanala izvan utjecaja mora (obalnih dionica) Kod trasa kanala u priobalnom pojasu (odnosno pod utjecajem mora) predviđena je primjena cijevi od stakloplastike.

Tablica 5.6-1: Tablica ispunjenja glavnih elemenata odabira za gravitacijske kanale (kopnene dionice)

Glavni elementi odabira	Cijevni materijal predviđen projektnom ili njatječajnom dokumentacijom
	Punostijene cijevi od PVC-a
Zahtjevi JIVU i uvjeti priključenja	Generalno ispunjeni. Cijevni materijal je kompatibilan sa zahtjevima operatera. Cijevni materijal omogućava naknadne radove montaže.
Unutarnji promjer cijevi	Generalno ispunjen. Unutarnji promjer cijevi određen projektnom dokumentacijom na temelju hidrauličkog proračuna i/ili kao konstruktivni (minimalni) profil.
Debljina stijenke cijevnog materijala/vanjski promjer cijevi	Generalno ispunjen. Statičkim proračunom u okviru izvedbenog projekta potrebno je za stvarne uvjete ugradnje i za ponuđene cijevi dokazati zadovoljenje zahtjevanih parametara.
Vrsta cijevnog materijala	Generalno ispunjen. Cijevni materijal je podoban za ugradnju pod predviđenim "in situ" uvjetima.
Vrsta materijala za okna i tip okana	Generalno ispunjen. Cijevi se mogu kombinirati sa monolitno izvedenim ili prefabriciranim armirano-betonskim oknima ili prefabriciranim oknima od plastičnih masa (stakloplastika, PEHD).
Usklađenje s normama i standardima - zahtjevi kvalitete	Generalno ispunjen. Cijevi se proizvode po normi HRN EN 1401-1:2009
Tehnologija ugradnje i kontrola kvalitete	Generalno ispunjen. Polaganje i ispitivanje po normi HRN EN 1610 i dopunskim uputama proizvođača cijevnog sustava. Postoji tehnička mogućnost čišćenja taloga u cijevima.
Tržišni uvjeti otvorenog i ravnopravnog natjecanja	Generalno ispunjen. Postoji više proizvođača cijevnog materijala odnosno sustava.

Vidljivo je da je predviđeni cijevni materijal (punostijeni PVC), sukladan tehničkim elementima odabira prema uputama Hrvatskih voda. Također je sukladan tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja.

Tablica 5.6-2: Tablica ispunjenja glavnih elemenata odabira za gravitacijske kanale (obalne dionice)

Glavni elementi odabira	Cijevni materijal predviđen projektnom ili natječajnom dokumentacijom
	Cijevi od stakloplastike
Zahtjevi JIVU i uvjeti priključenja	Generalno ispunjeni. Cijevni materijal je kompatibilan sa zahtjevima operatera. Cijevni materijal omogućava naknadne radove montaže.
Unutarnji promjer cijevi	Generalno ispunjen. Unutarnji promjer cijevi određen projektnom dokumentacijom na temelju hidrauličkog proračuna i/ili kao konstruktivni (minimalni) profil.
Debljina stijenke cijevnog materijala/vanjski promjer cijevi	Generalno ispunjen. Statičkim proračunom u okviru izvedbenog projekta potrebno je za stvarne uvjete ugradnje i za ponuđene cijevi dokazati zadovoljenje zahtjevanih parametara.
Vrsta cijevnog materijala	Generalno ispunjen. Cijevni materijal je sličan za ugradnju pod predviđenim "in situ" uvjetima.
Vrsta materijala za okna i tip okna	Generalno ispunjen. Cijevi se mogu kombinirati sa monolitno izvedenim ili prefabriciranim armirano-betonskim oknima ili prefabriciranim oknima od plastičnih masa (stakloplastika, PEHD).
Usklađenje s normama i standardima - zahtjevi kvalitete	Generalno ispunjen. Cijevi se proizvode po normi HRN EN 14364.
Tehnologija ugradnje i kontrola kvalitete	Generalno ispunjen. Polaganje i ispitivanje po normi HRN EN 1610 i dopunskim uputama proizvođača cijevnog sustava. Postoji tehnička mogućnost čišćenja taloga u cijevima.
Tržišni uvjeti otvorenog i ravnopravnog natjecanja	Generalno ispunjen. Postoji više proizvođača cijevnog materijala odnosno sustava.

Vidljivo je da je predviđeni cijevni materijal (punostijeni GRP), sukladan tehničkim elementima odabira prema uputama Hrvatskih voda. Također je sukladan tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja.

b) kanalizacija - tlačni cjevovodi

Kako je rečeno, postojećom dokumentacijom je predviđena primjena punostijenih tlačnih cijevi od PEHD-a. Prethodne obrade su pokazale tehničku prihvatljivost navedenih cijevnih sustava.

Tablica 5.6-3: Tablica ispunjenja glavnih elemenata odabira za kanalizacijske tlačne cjevovode

Glavni elementi odabira	Cijevni materijal predviđen projektom ili natječajnom dokumentacijom
	Cijevi od PEHD-a
Zahtjevi JIVU i uvjeti priključenja	Generalno ispunjeni. Cijevni materijal je kompatibilan sa zahtjevima operatera.
Unutarnji promjer cijevi	Generalno ispunjen. Unutarnji promjer cijevi određen projektom dokumentacijom na temelju hidrauličkog proračuna i/ili kao konstruktivni (minimalni) profil.
Debljina stijenke cijevnog materijala/vanjski promjer cijevi	Generalno ispunjen. Statičkim proračunom u okviru izvedbenog projekta potrebno je za stvarne uvjete ugradnje i za ponuđene cijevi dokazati zadovoljenje zahtjevanih parametara.
Vrsta cijevnog materijala	Generalno ispunjen. Cijevni materijal je podoban za ugradnju pod predviđenim "in situ" uvjetima.
Usklađenje s normama i standardima - zahtjevi kvalitete	Generalno ispunjen. Cijevi se proizvode po normi HRN EN 12201.
Tehnologija ugradnje i kontrola kvalitete	Generalno ispunjen. Polaganje i ispitivanje po normi HRN EN 1610 i dopunskim uputama proizvođača cijevnog sustava. Postoji tehnička mogućnost čišćenja taloga u cijevima.
Tržišni uvjeti otvorenog i ravnopravnog natjecanja	Generalno ispunjen. Postoji više proizvođača cijevnog materijala odnosno sustava.

Vidljivo je da je projektom predviđeni cijevni materijal (tlačne cijevi od PEHD-a), sukladan tehničkim elementima odabira prema uputama Hrvatskih voda. Također je sukladan tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja.

B.7 ZAKLJUČAK I PREPORUKE

Temeljem prethodno provedenih obrada moguće je dati slijedeći zaključak i preporuke:

a) Sustav javne odvodnje - gravitacijski kanali (kopnene dionice)

- 1 Na kopnenim dionicama preporuča se primjena punostijenog cijevnog sustava od PVC-a prema HRN EN 1401-1: 2009. Obodna krutost minimalno SN8. Spajanje cijevi prema sustavu proizvođača (u pravilu utični spoj s gumenom brtvom). Ovaj cijevni sustav sukladan je tehničkim elementima odabira prema uputama Hrvatskih voda. Također je sukladan tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja.

b) Sustav javne odvodnje - gravitacijski kanali (obalne dionice)

- 2 Na obalnim dionicama preporuča se primjena punostijenog cijevnog sustava od stakloplastike prema HRN EN 14364: 2013, položenog u rov. Obodna krutost minimalno SN 5000. Spajanje cijevi prema sustavu proizvođača (u pravilu utični spoj sa spojnicom). Ovaj cijevni sustav sukladan je tehničkim elementima odabira prema uputama Hrvatskih voda. Također je sukladan tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja.

c) Sustav javne odvodnje - tlačni cjevovodi

- 3 Preporuča se primjena punostijenog cijevnog sustava od PEHD-a prema HRN 12201-1: 2011. Nazivni tlak minimalno PN 10 bara. Spajanje cijevi prema sustavu proizvođača (u pravilu zavarivanjem). Ovaj cijevni sustav sukladan je tehničkim elementima odabira prema uputama Hrvatskih voda. Također je sukladan tržišnim uvjetima otvorenog i ravnopravnog natjecanja.

d) Ostalo

- 4 Preporuča se naručitelju da, neovisno o cijevnom materijalu, obveže ponuditelja da u sklopu izvedbenog projekta, za konkretne cijevi koje se namjeravaju ugraditi, izradi statički proračun. Statički proračun potrebno je izraditi sukladno odabranoj tehnologiji izvođenja, odabranom obliku i materijalu cijevi, konstrukciji rova, predvidivim opterećenjima tijekom izgradnje i korištenja. Kao postupak proračuna preporuča se ATV-A 127 ili jedan od postupaka naveden u HRN CEN/TR 1295-3. Statički proračun potrebno je pravodobno, prije početka radova, dostaviti na suglasnost nadzoru i naručitelju.

Na kraju se daju i slijedeće dopunske napomene:

- Ovom tehničkom i ekonomskom analizom dodatno je analiziran izbor materijala odnosno sustava tipskih revizijskih okana, posebno na dionicama uz more. U predmetnom slučaju

se smatra da su postojećom projektnom dokumentacijom predviđena odgovarajuća rješenja, kod čega su okna kompatibilna i pripremljena za spajanje s predloženim osnovnim cijevnim materijalom/sustavom. Dakle, generalno se preporuča primjena predgotovljenih revizijskih okana. Na dionicama kanala izvan utjecaja mora preporuča se primjeniti predgotovljena (montažna) okna izrađena od polietilena, kod čega je donji dio u obliku ravnog dna s posebno formiranom kinetom (dvostruko dno). Na dionicama kanala pod utjecajem mora preporuča se primjena predgotovljenih okana sa plaštom od stakloplastike. U posebnim slučajevima (npr. potrebe za većim tlocrtnim dimenzijama ili posebnim oblicima tlocrta) revizijska okna mogu se izvoditi i monolitno od armiranog betona, na licu mjesta.

- Za manje crpne stanice odnosno tipiziranih rješenja crpnih stanica također se preporuča primjena predgotovljenih crpnih stanica s plaštom od stakloplastike.

Temeljem svega navedenog zaključuje se da je sveukupno tehničko rješenje predviđeno postojećom projektnom dokumentacijom generalno opravdano.

Sastavio:

Davor Stanković, dipl. ing. građ.