

Revizijska okna na sustavima odvodnje

Sušanj, Hrvoje

Graduate thesis / Diplomski rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:157:538013>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-30**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the University of Rijeka, Faculty of Civil Engineering - FCERI Repository](#)



image not found or type unknown

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

Hrvoje Sušanj

REVIZIJSKA OKNA NA SUSTAVIMA ODVODNJE

Diplomski rad

Rijeka, 2024.

**SVEUČILIŠTE U RIJECI
GRAĐEVINSKI FAKULTET**

**Stručni diplomski studij
Graditeljstvo u priobalju i komunalni sustavi
Hidrotehničke građevine urbanih područja**

HRVOJE SUŠANJ

JMBAG: 2427002043

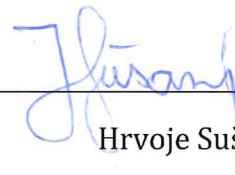
REVIZIJSKA OKNA NA SUSTAVIMA ODVODNJE

Diplomski rad

Rijeka, rujan 2024.

IZJAVA

Diplomski rad izradio sam samostalno, u suradnji s mentorom i uz poštivanje pozitivnih građevinskih propisa i znanstvenih dostignuća iz područja građevinarstva. Građevinski fakultet u Rijeci je nositelj prava intelektualnog vlasništva u odnosu na ovaj rad.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Hrvoje Sušan', is written over a horizontal line.

Hrvoje Sušan

U Rijeci, rujan 2024.

ZAHVALA

Zahvaljujem mentoru izv.prof.dr.sc. Igoru Ružiću koji mi je pod svojim vodstvom omogućio izradu ovog diplomskog rada.

Hvala mojoj obitelji: supruzi Tamari i sinovima Eugenu i Lorenu, na velikoj podršci, razumijevanju i strpljenju tijekom mog studiranja. Volim vas.

Sažetak

Najčešće građevine unutar sustava odvodnje su revizijska okna. To su pretežno razmjerno mali građevinski objekti, ali je njihov broj u kanalizacijskom sustavu odvodnje izrazito velik, te samim time čine izuzetno bitan dio sustava odvodnje.

Cilj ovog rada je opisati funkcije, sve osnovne dijelove i bitne faktore prilikom projektiranja revizijskih okana, s osvrtom na problematiku važeće literature i smjernica u odnosu na moje iskustvo u projektiranju sustava odvodnje. Naglasak je stavljen na sustav odvodnje sanitarne kanalizacije. U radu su opisani traženi zahtjevi kvalitete izvedenih okana, način preuzimanja radova, obračun radova, te način ispitivanja vodonepropusnosti revizijskih okna. Također, izvršena je usporedba revizijskih okana u pogledu samih prednosti pojedinog materijala okna, utjecaja uzgona na okna, izvršena je analiza troškova i potrebnog vremena za ugradnju ili izradu revizijskog okna, te je dan osvrt na samu trajnost okna. Korištena je stručna literatura, važeći pravilnici i zakoni, norme, katalogi, te dugogodišnje iskustvo u projektiranju sustava odvodnje.

Odabir revizijskih okana za sustav odvodnje je od iznimne važnosti jer, zajedno s cijevima, čine integralni dio odvodnog sustava. Ključno je pri odabiru vrste i materijala revizijskog okna, te načinu ugradnje pristupiti sustavno u fazi projektiranja kako bi sama izgradnja bila jednostavna i brza, te osigurala pouzdano postizanje projektiranih karakteristika sustava, uz zadovoljavanje svih traženih normi.

Ključne riječi: revizijska okna, predgotovljena okna, sustav odvodnje, projektiranje revizijskih okana, monolitna okna, GRP okna, PP okna, PE okna

Abstract

The most common structures within a sewage system are sewer manholes. While they are generally small construction elements, their large quantity makes them a crucial part of the sewage infrastructure. Therefore, they form an extremely important part of the sewage system.

The aim of this thesis is to describe the functions, basic components, and important factors involved in designing sewer manholes, with reference to the issues of valid literature and guidelines in relation to my experience in designing sewage system. The focus is on the sanitary sewer system. The thesis describes the requested quality requirements of the manholes, the method of taking over the works, the calculation of the works, and the method of testing the watertightness. Also, manholes were compared in terms of the very advantages of individual materials, the impact of buoyancy, an analysis of the costs and time required for the installation or construction of the manholes, and an overview of the durability of the manhole itself was given. Professional literature, valid rules and laws, standards, catalogues were used, and many years of experience in designing drainage systems.

The selection of inspection manholes for the sewage system is extremely important because, together with the pipes, they form an integral part of the system. It is crucial when choosing the type and material of the inspection manhole, as well as the method of installation, to approach it systematically in the design phase, so that the construction itself is simple and fast, and ensures the reliable achievement of the designed characteristics of the system, while meeting all the required standards.

Keywords: inspection manholes, prefabricated manholes, sewage system, design of manholes, monolithic manholes, GRP manholes, PP manholes, PE manholes

Sadržaj

Sažetak / Abstract

Popis slika

Popis tablica

stranica

1. UVOD	1
2. POVIJEST SUSTAVA ODVODNJE	3
3. REVIZIJSKA OKNA	5
3.1 OPĆENITO.....	5
3.2 FUNKCIJA I OSNOVNI DIJELOVI REVIZIJSKOG OKNA.....	6
3.2.1 Dno s kinetom.....	7
3.2.2 Radni prostor.....	7
3.2.3 Ljestve.....	8
3.2.4 Ulazni otvor s poklopcem.....	11
3.3 PODJELA	13
3.3.1 Prema vrsti	13
3.3.2 Prema obliku poprečnog presjeka.....	15
3.3.3 Prema načinu izvedbe.....	17
3.3.4 Prema materijalu.....	19
4. PROJEKTIRANJE OKANA NA SUSTAVIMA ODVODNJE	32
4.1 MJESTA UGRADNJE REVIZIJSKIH OKANA.....	32
4.2 RAZMACI OKANA.....	33
4.3 NAČIN IZVOĐENJA SPAJANJA NA OKNO.....	34
4.4 OKNA POD UTJECAJEM MORA/PODZEMNE VODE	37
4.5 RAZMJEŠTAJ OKANA U URBANOM PODRUČJU.....	40
4.6 OZNAČAVANJE OKANA U PROJEKTIMA.....	44
4.7 SPECIFIKACIJA OKANA	47

5. ZAHTJEVI KVALITETE, NAČIN PREUZIMANJA RADOVA, OBRAČUN RADOVA I ISPITIVANJE VODONEPROPUSNOSTI REVIZIJSKIH OKANA	49
5.1 ZAHTJEVI KVALITETE.....	50
5.2 NAČIN PREUZIMANJA IZVEDENIH RADOVA	50
5.3 OBRAČUN RADA.....	51
5.4 ISPITIVANJE REVIZIJSKIH OKANA	51
6. USPOREDBA REVIZIJSKIH OKANA	53
6.1 PREDNOSTI POJEDINIH REVIZIJSKIH OKANA.....	53
6.2 UTJECAJ UZGONA	54
6.3 EKONOMSKA ANALIZA	54
6.4 VRIJEME UGRADNJE/IZRADE REVIZIJSKOG OKNA	55
6.5 TRAJNOST	56
7. ZAKLJUČAK	57
8. LITERATURA I IZVORI.....	59

Popis slika:

Slika 1: U 17. st se otpadna voda bacala kroz prozor [1].....	3
Slika 2: Revizijska okna unutar sustava odvodnje otpadnih voda [5]	6
Slika 3: Revizijsko okno (izradio autor)	6
Slika 4: Primjer izrade kinete unutar revizijskog okna sustava odvodnje otpadnih voda (izradio autor)	7
Slika 5: Primjer ljestvi s klizačem [7]	9
Slika 6: Primjer ljestvi ugrađenih u GRP oknu (autor, 2007)	10
Slika 7: Primjer ljestvi ugrađenih u PP oknu (autor, 2022)	10
Slika 8: Klasifikacija opterećenja za poklopce prema normi HRN EN 124 [8]	11
Slika 9: Detalj ugradnje poklopca u prometnici (izradio autor).....	12
Slika 10: Detalj ugradnje poklopca van prometnice (izradio autor)	12
Slika 11: Primjer poklopaca s natpisom instalacije/samouprave (autor 2022, 2024).....	13
Slika 12: Primjer klasičnog okna [9]	14
Slika 13: Primjer kaskadnog okna [9]	14
Slika 14: Primjer okna za smanjenje brzine protoka [9]	15
Slika 15: Kvadratno okno (izradio autor).....	16
Slika 16: Okno kružnog poprečnog presjeka (izradio autor)	16
Slika 17: Okno složenog poprečnog presjeka (izradio autor)	16

Slika 18: Primjer okna monolitne izvedbe (autor, 2023).....	17
Slika 19: Primjer okna montažne izvedbe - od plastičnih materijala (PP i GRP) (autor 2007, 2023)	18
Slika 20: Primjer okna montažne izvedbe - od betonskih elemenata (autor, 2024)	18
Slika 21: Primjer okna polumontažne izvedbe (autor, 2023)	19
Slika 22: Primjer azbestcementnog okna [11].....	20
Slika 23: Primjer armirano-betonskog revizijskog okna (izradio autor)	21
Slika 24: Primjer ugradnje trake za radnu fugu na mjestu prekida betoniranja (izradio autor)	22
Slika 25: Primjer spojnice, lijevo – spojnica za PP cijevi, desno – spojnica za GRP cijevi (autor, 2024).....	22
Slika 26: Izvedena armirano-betonska okna (autor, 2024)	23
Slika 27: Obradena kineta i zidovi armirano-betonskog okna (autor, 2024)	23
Slika 28: Primjer predgotovljenog betonskog okna [12]	24
Slika 29: Primjer betonske kinete i plastičnog umetaka (autor, 2024), [12].....	25
Slika 30: Primjer ugradnje predgotovljenog betonskog okna (autor, 2024)	25
Slika 31: Primjer predgotovljenog GRP okna (standardno i tangencijalno za velike profile DN >600 mm) [14].....	27
Slika 32: Primjer ugradnje predgotovljenog GRP okna [15].....	28
Slika 33: Primjer predgotovljenog PP, PE i PVC okna [12] [16]	30
Slika 34: Detalj ugradnje PP okna i rasteretne ploče (autor, 2023).....	31
Slika 35: Detalj priključnog PVC okna DN 400 mm (autor, 2023).....	31
Slika 36: Raspored revizijskih okana na mreži (izradio autor)	32
Slika 37: Način spajanja u kvadratnom oknu (izradio autor).....	35
Slika 38: Način spajanja u okruglom oknu (izradio autor).....	35
Slika 39: Shema priključka na revizijsko okno (izradio autor).....	36
Slika 40: Promjena profila kanala – tlocrt (izradio autor).....	36
Slika 41: Promjena profila – visinski položaj cijevi u presjeku (izradio autor)	37
Slika 42: Primjer kružnog betonskog opteživača izvedenog na „kopnu“ [15]	38
Slika 43: Primjer osmerokutnog betonskog opteživača izvedenog na licu mjesta [15]	39
Slika 44: Primjer kvadratnog opteživača prikazanog u projektu (izradio autor).....	39
Slika 45: Smještaj okna u prometnici veće širine (autor, 2024).....	40
Slika 46: Smještaj trase oborinske odvodnje u prometnici veće širine (autor 2024)	41
Slika 47: Smještaj okna u gradskoj jezgri, Rovinj – ulica Carera (autor, 2008)	42
Slika 48: Primjer smještaja revizijskog okna u ulici gradske jezgre (izradio autor)	43
Slika 49: Uklapanje poklopca u kameni raster ulice (autor, 2008).....	43

Slika 50: Izvod iz situacije Glavnog projekta [15]	44
Slika 51: Izvod iz situacije Izvedbenog projekta (izradio autor)	45
Slika 52: Izvod i uzdužnog profila Izvedbenog projekta (izradio autor)	46
Slika 53: Primjer definirane visine u odnosu na revizijsko okno i završne površine (izradio autor)	47
Slika 54: Primjer ispunjavanja naloga/formulara specifikacije okana (izradio autor)	48

Popis tablica:

Tablica 1: Primjer određivanja dimenzija okna prilikom projektiranja (izradio autor).....	8
Tablica 2: Primjer određivanja dimenzija okna prilikom projektiranja (izradio autor).....	8
Tablica 3: Prednosti i mane pojedinih materijala [13].....	26
Tablica 4: Razmak revizijskih okana prema literaturi [4]	33
Tablica 5: Razmak revizijskih okana prema Pravilniku Irskih voda [16]	34
Tablica 6 : Norme za proizvodnju okana [17].....	49
Tablica 7: Jedinične cijene ugradnje/izrade revizijskih okana (izradio autor)	55
Tablica 8: Potrebno vrijeme za ugradnju/izradu revizijskog okna (izradio autor)	55

1. UVOD

Prolazeći Novom cestom prema Opatiji znao sam se zapitati „Koliko to ima poklopca revizijskih okana sustava odvodnje na ovoj cesti?“. Kasnijom analizom ustanovio sam da kad se podijeli ukupna duljina te prometnice s brojem ugrađenih poklopaca dobije se podatak o jednom poklopcu na svakih cca 19 m prometnice. Kako se povećavalo moje iskustvo u projektiranju sustava odvodnje, svaki put kad bi nanovo prolazio tom cestom bio sam sve uvjereniji da ih i nije baš trebalo biti toliko.

Poklopac na prometnici nalazi se iznad najčešće građevine na sustavu odvodnje, revizijskog okna ili kako se još naziva kontrolnog ili silaznog okna. Unutar ovog diplomskog rada obrađena su revizijska okna na sustavima odvodnje, s naglaskom na sustav odvodnje sanitarne kanalizacije.

Revizijska okna su razmjerno mali građevinski objekti, takoreći tipski, i najčešće shvaćeni dosta trivijalno. Međutim, njihov broj u kanalizacijskom sustavu odvodnje je izrazito velik, te samim time čine izuzetno bitan dio sustava odvodnje. Unazad 25 godina napravljen je veliki iskorak vezan za materijale izrade samog revizijskog okna kao i načina izgradnje. Odabir krive vrste materijala ili načina izgradnje revizijskog okna za specifični zahvat, prilikom projektiranja i izvođenja, moguće je napraviti greške koje se u ovom slučaju multipliciraju zbog samog broja revizijskih okana. Takve greške dovode do velikih troškova u vidu naknadnih sanacija i održavanja kanalizacijske mreže.

U radu je dana kratka povijest sustava odvodnje kao i podatak o vjerojatno najstarijim revizijskim oknima (6. stoljeće prije nove ere).

Opisana je funkcija i svi osnovni dijelovi revizijskih okna, izvršena je podjela po vrsti, obliku poprečnog presjeka, načinu izvedbe i materijalu.

Također opisani su bitni faktori prilikom projektiranja okana na sustavima odvodnje s osvrtom na problematiku važeće literature i smjernica u odnosu s realnim projektiranjem obzirom na dugogodišnje iskustvo u tom sektoru. Svi bitni faktori popraćeni su opisom, skicama iz projekta i fotografijama s izvedenih ili sustava odvodnje u izgradnji. Prikazan je jedan od načina označavanja okana u projektima, te izrada naloga/formulara specifikacije okana.

Dani su opisi zahtjeva kvalitete izvedenog okna, način preuzimanja radova, obračun radova, te način ispitivanja vodonepropusnosti revizijskih okna.

Kako bi dobili sliku o plusevima i minusima pojedinih vrsta okna, na kraju rada, izvršena je usporedba revizijskih okana u pogledu samih prednosti pojedinog materijala okna, utjecaja uzgona na okna, izvršena je analiza troškova i potrebnog vremena za ugradnju ili izradu revizijskog okna, te osvrt na samu trajnost okna.

2. POVIJEST SUSTAVA ODVODNJE

Početak sustava odvodnje kanalizacije seže u novi vijek, a povezan je s razvojem vojnih postrojbi. Kako bi se zaštitili od neprijateljskih napada, izgrađeni su bastioni u kojima su boravili brojni vojnici i stanovništvo. Izgrađenim bastionima bila je potrebna opskrba vodom za piće i sustavi za odvodnju otpadnih voda i kišnice tijekom dugih opsada. Prikupljena voda se usmjeravala prema najbližim vodotocima ili prirodnim depresijama.

U prvoj polovici 19. stoljeća nekoliko europskih gradova pogodile su velike epidemije kolere i tifusa, što je zahtijevalo brz pronalazak načina za njihovo suzbijanje. Velik pomak postignut je otkrićem mikroorganizama kao uzročnika tih bolesti i razvojem bakteriologije. Istovremeno se utvrdilo da je glavni uzrok hidričnih epidemija kontaminacija vode za piće iz zdenaca otpadnom vodom, budući da kanalizacijski sustavi nisu bili izgrađeni.

Dubrovnik je bio jedan od prvih gradova koji je 1436. godine donio Statut s odredbama koje su se odnosile na javnu čistoću. U tom Statutu su također bili zapisani propisi o kanalizaciji.

"Neka svaki dio kuće ima udjela u kanalizaciji, i to toliko koliko općinska kanalizacija prolazi uz dio kuće prema općinskoj podijeli. "



Slika 1: U 17. st se otpadna voda bacala kroz prozor [1]

Stotinama godina otpadna voda ispuštala se izravno na ulicu (Slika 1), pa je sredinom ulice postavljena kineta radi lakšeg odvođenja otpadnih voda iz gradskih sredina. Gradovi su tako nastojali poboljšati odvodnju otpadne vode. Potkraj 12. stoljeća realiziran je kanalizacijski sustav grada Pariza, ali postoji i zapis iz 1697. godine kojim gradsko poglavarstvo naređuje stanovništvu da svatko tko rano ujutro izlijeva otpadnu vodu na ulicu mora unaprijed glasno viknuti: "Gare l'eau" (Pažnja, voda!).

Gravitacijski sustav kanalizacije, koji se uglavnom koristi i danas, bio je poznat već u antičko doba i primjenjivan u većini kanalizacijskih sustava kroz povijest. Osamdesetih godina 19. stoljeća u Nizozemskoj je Charles Liernur započeo s primjenom tlačne kanalizacije, prepoznajući njezine prednosti u rješavanju odvodnje u brdovitim područjima. Ograničene tehničke mogućnosti i potreba za odvojenim prikupljanjem kišnice od otpadne vode tada nisu omogućile širu primjenu ovog sustava. Da je bio na pravom putu, dokazuje današnja sve šira primjena tlačnih sustava odvodnje u nizinskim i topografski zahtjevnim područjima, gdje je teško osigurati gravitacijski pad.

Gravitacijska kanalizacija postala je općeprihvaćeno rješenje, a početkom 20. stoljeća većina velikih europskih gradova intenzivno je počela graditi takve sustave odvodnje. Razmjenjivala su se iskustva i informacije o kvaliteti oborinske vode, koja se u to doba smatrala "čistom vodom". Počela su se primjenjivati rješenja poput kišnih rasterećenja, razrjeđivanja otpadnih voda oborinskom vodom i drugih metoda, koja se koriste i danas [1].

Rimljani su izgradili Cloaca Maxima, ili u doslovnom prijevodu „najveća kanalizacija“, jedan je od najstarijih sustava javne odvodnje u svijetu izgrađen u starom Rimu, koji datira iz 6. stoljeća prije nove ere. Ovaj sustav je imao primitivna revizijska okna koja su omogućavala pristup za održavanje i čišćenje kanala. Cloaca Maxima je s vremenom proširena i unaprijeđena, a njeni su dijelovi ostali u upotrebi stoljećima.

Iako je teško precizno odrediti točan trenutak izgradnje prvih revizijskih okana u svijetu, sustavi poput Cloaca Maxima predstavljaju jedan od najranijih primjera upotrebe revizijskih okana za pristup kanalizacijskim sustavima [2].

3. REVIZIJSKA OKNA

3.1 OPĆENITO

Kanalizacijski sustav odvodnje otpadnih ili oborinskih voda je skup građevinskih elemenata odnosno objekata i mjera koji su funkcionalno povezani s ciljem sakupljanja, odvođenja i pročišćavanja otpadnih voda, te ispuštanja nakon obrade na način koji je tehnički valjan i ekonomski racionalan. Građevinski objekti odnosno elementi unutar sustava odvodnje fekalne kanalizacije omogućuju ispravno funkcioniranje, upravljanje i održavanje mreže [3].

Unutar sustava odvodnje postoje građevine koje se projektiraju i izvode kao tipski objekti ili kao samostalne posebne građevine za koje je potrebno provesti unutar projekta odgovarajuće proračune. U grupu samostalnih posebnih objekata spadaju: kišni preljevi, retencijski bazeni i crpne stanice.

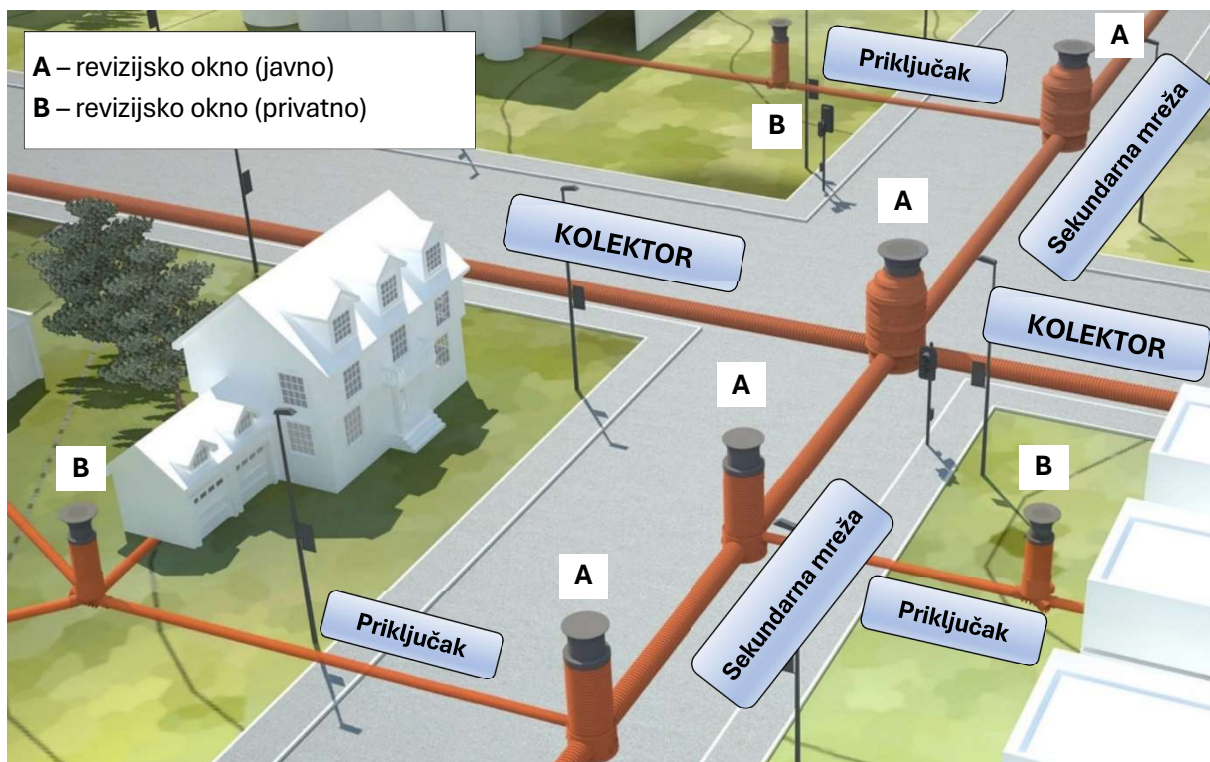
Tipski ili glavni objekti na sustavima odvodnje su [4]:

- **Revizijska (kontrolna, silazna) okna**
- Okna za prekid pada (kaskade)
- Okna za ispiranje mreže
- Slivnici, kišne rešetke
- Objekti za spajanje i razdvajanje kanala
- Ispusti
- itd.

Najčešća građevina unutar sustava odvodnje, bilo na glavno - kolektorskoj mreži ili na sporednoj - sekundarnoj mreži je revizijsko okno ili kako se još naziva kontrolno ili silazno okno (Slika 2).

To su pretežno razmjerno mali građevinski objekti, ali je njihov broj u kanalizacijskom sustavu odvodnje izrazito velik, te samim time čine izuzetno bitan dio sustava odvodnje.

Projektiraju se i izvode u skladu s normama, standardima i zahtjevima komunalnih poduzeća koji upravljaju i održavaju sustav odvodnje.

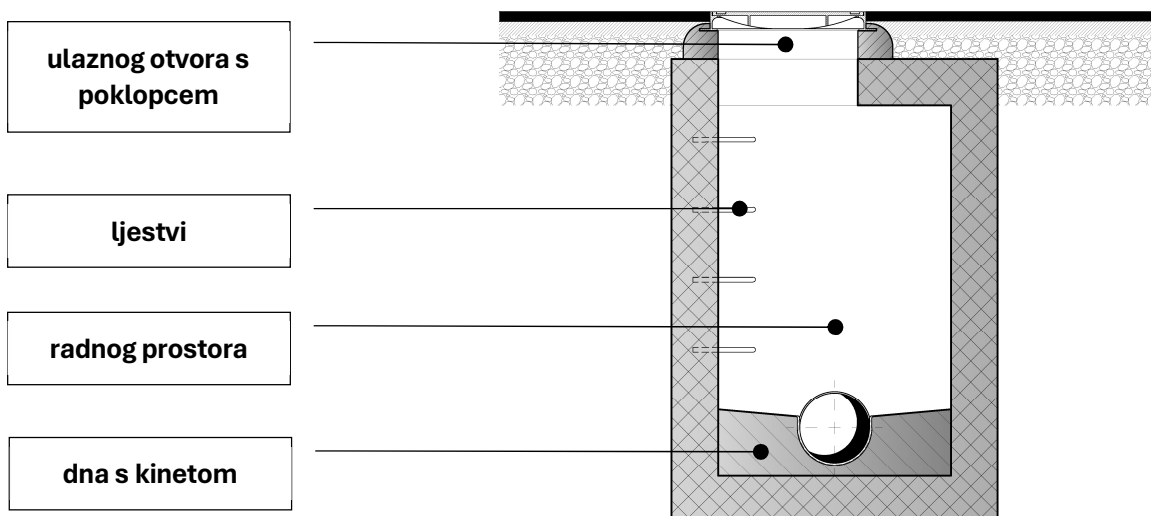


Slika 2: Revizijska okna unutar sustava odvodnje otpadnih voda [5]

3.2 FUNKCIJA I OSNOVNI DIJELOVI REVIZIJSKOG OKNA

Revizijska okna su građevine koje služe za pristup kanalizacijskoj mreži s površine tla radi inspekcije, čišćenja i održavanja kanala. Osim toga, njihova uloga je osigurati mogućnost tehnički ispravnog priključenja i skretanja kanala, kao i promjenu uzdužnog pada i promjenu profila kanala [3].

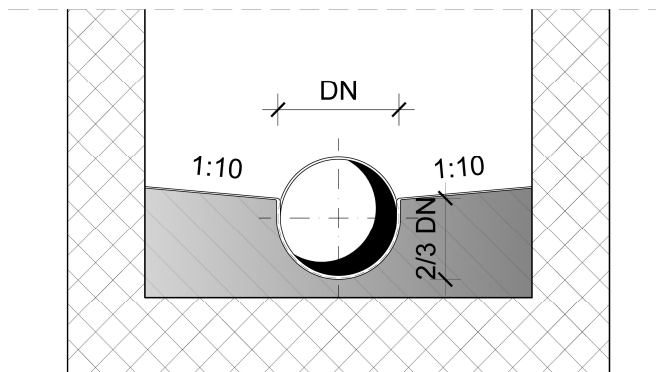
Svako revizijsko okno sastoji se od (Slika 3):



Slika 3: Revizijsko okno (izradio autor)

3.2.1 Dno s kinetom

Kineta (Slika 4) na dnu kanalizacijskog okna osigurava protok vode u predviđenom smjeru i omogućava provođenje različitih zahvata unutar okna, poput spajanja ili grananja cijevi. Visina kinete obično iznosi oko dvije trećine promjera cijevi, pri čemu se njeni bokovi izvedu prema stjenkama okna u odgovarajućem nagibu. Nagib kinete ne bi smio prelaziti veći nagib od 1:20. U slučajevima gdje je brzina toka veća od 2,5 m/s, bočne strane kinete mogu se jednostrano ili obostrano podignuti kako bi se spriječilo izlijevanje vode izvan kinete, naročito kod oštrijih skretanja trase kanala [4].



Slika 4: Primjer izrade kinete unutar revizijskog okna sustava odvodnje otpadnih voda (izradió autor)

3.2.2 Radni prostor

Radni prostor revizijskog okna omogućava izvođenje svih potrebnih radnji za održavanje i čišćenje kanalizacijskog sustava [4].

„Revolucija“ u održavanju kanalizacije nastupila je uvođenjem specijaliziranih vozila, tkz. „kanalmastera“ namijenjenih čišćenju, održavanju i sanaciji, te uređaja za pregled stanja unutar kanalizacijskih sustava (CCTV kamera i sl.) kojima se upravlja isključivo iznad terena. Uvođenjem gore navedenih vozila i uređaja izgubljena je prvotna uloga radnog prostora koji je služio za manipulaciju radnika tijekom održavanja, čišćenja i sanacije okna. Okna sada prvenstveno služe za uvođenje opreme za pregled kanala i različitih alata koji se koriste za odštopavanje, ispiranje, uklanjanje zapreka/korijenja, te sanaciju oštećenih dijelova.

Visina radne komore ovisi o samoj projektiranoj dubini nivelete kanalizacijske cijevi koja može biti u nekim slučajevima i manja od 1 m jer nema ograničenja zbog

uvjeta ulaska radnika u okno (nekad se zahtijevala svijetla visina od najmanje 1,8 m), dok tlocrtna dimenzija okna ovisi o dubini samog okna, broju priključaka na samo okno, te zahtjevu komunalnog poduzeća.

Unazad 20-tak godina sve je veća osviještenost o racionalizaciji i potrebi veličine dimenzije okna, te se projektiraju i izvode revizijska okna u skladu s tim saznanjem. U nastavku su dana dva primjera projektiranih promjera revizijskih okana ovisno o gore navedenim utjecajnim faktorima (Tablica 1 i 2).

Tablica 1: Primjer određivanja dimenzija okna prilikom projektiranja (izradio autor)

Promjer okna ovisno o dubini nivelete cijevi		Promjer okna neovisno o dubini nivelete cijevi	
Promjer okna	Dubina nivelete cijevi	Promjer okna	Čvorna okna
DN 800 mm	>100 ≤ 200 cm	DN 800 mm	s jednim ulazom
DN 1000 mm	> 200 cm	DN 1000 mm	s dva i više ulaza

Tablica 2: Primjer određivanja dimenzija okna prilikom projektiranja (izradio autor)

Promjer okna ovisno o dubini nivelete cijevi		Promjer okna neovisno o dubini nivelete cijevi	
Promjer okna	Dubina nivelete cijevi	Promjer okna	Čvorna okna
DN 600 mm	≤ 150 cm	DN 800	s dva ulaza
DN 800 mm	> 150 ≤ 200 cm	DN 1000	s tri ulaza
DN 1000 mm	> 200 cm		

3.2.3 Ljestve

Kako je već navedeno, u današnje doba revizijska okna prvenstveno služe za uvođenje opreme za pregled, održavanje i sanaciju, te nema potrebe za ulaženjem radnika u njega. Također, većina današnjih komunalnih poduzeća opremljena su lakim mobilnim teleskopskim ljestvama za rijetku ali moguću potrebu za silaženje u njih. Iz gore navedenih razloga vrlo se često izvode/ugrađuju okna bez ljestava.

Ukoliko postoji potreba ili zahtjev komunalnog poduzeća ljestve se projektiraju prema Pravilniku o zaštiti na radu za mjesta rada (NN 105/20) i članku 21. koji propisuje među ostalim da se:

- prečke ljestava moraju biti od okruglog željeza promjera najmanje 1,6 cm ili sl. i dobro učvršćene odnosno zavarene za stranice ljestava na vertikalnom razmaku od najviše 30 cm.
- duljina prečki između stranica ljestava ne smije biti manja od 40 cm.
- ljestve, čija je visina veća od 3,0 m, moraju počevši od dva metra od poda imati čvrstu leđnu zaštitu.
- leđna zaštita mora biti izrađena u obliku kaveza načinjenog od lukova od plosnatog željeza, s unutarnjim promjerom ne manjim od 70 cm niti većim od 80 cm, koji moraju biti pričvršćeni za stranice ljestava na međusobnom razmaku ne većem od 1,4 m.
- ljestve moraju biti kruto vezane sa građevinom ili konstrukcijom u razmacima ne većim od 3,0 m.
- ljestve moraju biti postavljene paralelno sa građevinom ili nekom drugom konstrukcijom.
- ako ljestve nemaju leđobran, nego je predviđeno da se osobe penju između ljestava i zida, razmak između prečke ljestava i građevine mora iznositi 70 do 80 cm.
- ako su ljestve pričvršćene za zid ili stup moraju od površine zida odnosno stupa biti udaljene najmanje 16 cm [6].

Kao alternativa ljestava s leđobranom moguće je ugraditi i sigurnosne ljestve s klizačem (Slika5).



Slika 5: Primjer ljestvi s klizačem [7]



Slika 6: Primjer ljestvi ugrađenih u GRP oknu (autor, 2007)



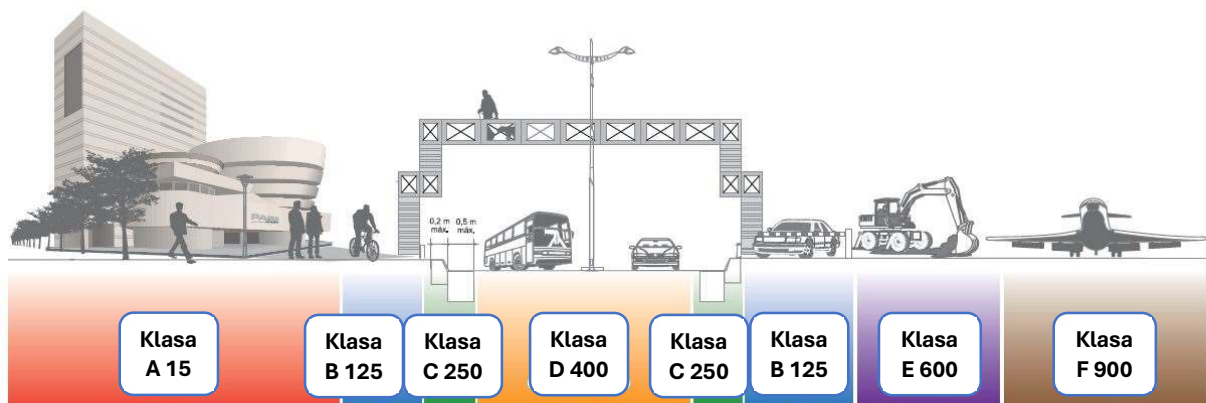
Slika 7: Primjer ljestvi ugrađenih u PP oknu (autor, 2022)

3.2.4 Ulazni otvor s poklopcem

Ulazni otvor u revizijsko okno podrazumijeva prostor od poklopca do ulaska u radni prostor. Nekada se u armirano-betonskim oknima između ta dva prostora izvodilo i projektiralo tkz. silazno grlo konusnog oblika dok se sad taj dio zadržao jedino kod predgotovljenih okana. Takav način kod armirano-betonskih okana se vrlo rijetko projektira i izvodi u današnje doba.

Ulazni otvor je dimenzija kao i veličina poklopca koji se ugrađuje, obično promjera \varnothing 600 mm ili 600×600 mm kod kvadratnog poklopca.

Prilikom projektiranja potrebno je sagledati na kojoj lokaciji se ugrađuje revizijsko okno, odnosno sam poklopac, te na temelju norme HRN EN-124 odrediti klasu opterećenja za pojedino okno. Norma definira šest klasa opterećenja unutar raspona opterećenja između A 15 – F 900 (Slika 8).



Slika 8: Klasifikacija opterećenja za poklopce prema normi HRN EN 124 [8]

Klase opterećenja prema normi HRN EN-124:

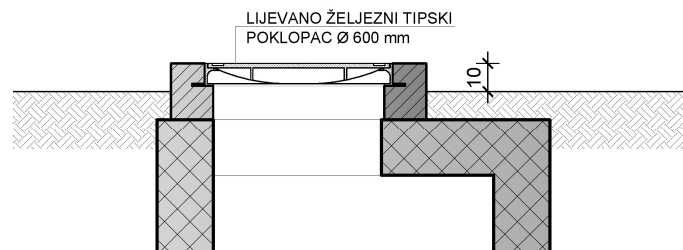
- **Klasa A 15** (nosivost 15kN): za površine kojima se koriste isključivo pješaci i biciklisti, kao što su vrtovi i staze
- **Klasa B 125** (nosivost 125 kN): za pločnike, pješačke zone, parkirališta i garaže za osobna vozila
- **Klasa C 250** (nosivost 250 kN): za slabo prometne ceste i mala privatna parkirališta. Također se mogu koristiti na mjestima na autocestama gdje ugradnja ne smije prelaziti više od 0,5 m u zonu kolnika i 0,2 m u zonu pločnika (isključujući autoceste).

- **Klasa D 400** (nosivost 400 kN): za vozne, zaustavne trakove i površine namijenjene za parkiranje svih vrsta cestovnih vozila
- **Klasa E 600** (nosivost 600 kN): prikladni su za područja s velikim opterećenjem kao što su dokovi, kolnici zrakoplova, industrijska područja, utovarne rampe, visokopterećene prometnice, tunele
- **Klasa F 900** (nosivost 900 kN): za područja s ekstremno velikim opterećenjem, kao što su piste zračnih luka i prometna industrijska područja s vozilima s čvrstim kotačima poput viličara.

Sam način ugradnje poklopca ovisi o završnoj prometnici: asfalt (Slika 9), slobodna površina (Slika 10), itd.

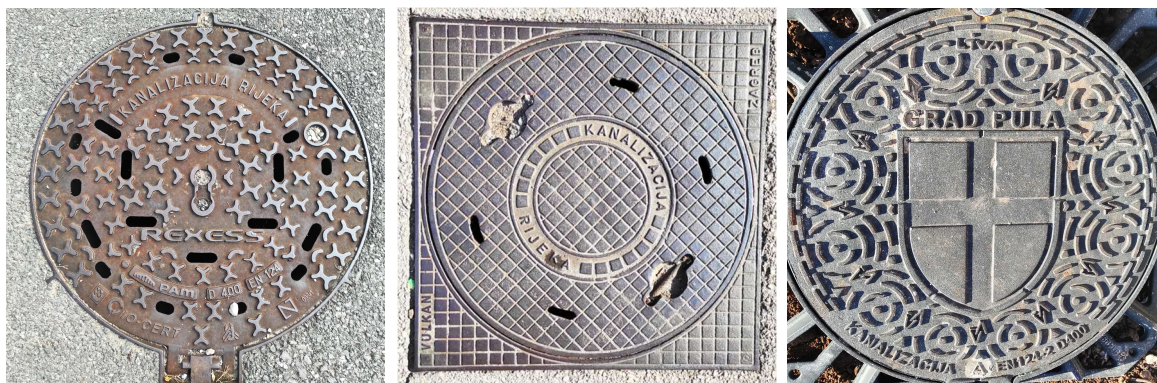


Slika 9: Detalj ugradnje poklopca u prometnici (izradio autor)



Slika 10: Detalj ugradnje poklopca van prometnice (izradio autor)

Osim klase opterećenja i dimenzija samog poklopca, prilikom odabira poklopca potrebno je uzeti u obzir i ostale značajne karakteristike kao što su: način zatvaranja poklopca (tuneli, tlačni poklopci – visoka razina podzemnih voda), otvori za ventiliranje, samonivelirajući okvir, sakupljači nečistoća, mogućnost ugradnje popločenja unutar poklopca, natpis na poklopcu (vrsta infrastrukture, grada/općine) (Slika 11) itd.



Slika 11: Primjer poklopaca s natpisom instalacije/samouprave (autor 2022, 2024)

3.3 PODJELA

Revizijska okna na sustavima odvodnje možemo podijeliti u više kategorija:

- **Prema vrsti**
- **Prema obliku poprečnog presjeka**
- **Načinu izvedbe**
- **Materijalu**

Svaka kategorija ima svoju dodatnu podjelu koja je u nastavku ovog diplomskog rada opisana.

3.3.1 Prema vrsti

Prema vrsti revizijska okna dijelimo na:

- klasična
- kaskadna (okna za prekid pada)
- okna za smanjenje brzine protoka (tangencijalna okna)

Klasična okna (Slika 12) koriste se u svim situacijama gdje nije potrebno rješavati problem velike kinetičke energije koju voda dobije uslijed velikih padova.



Slika 12: Primjer klasičnog okna [9]

Ulazna cijev kod **kaskadnih okana** (Slika 13) nalazi se na većoj visini od izlazne, a time se izbjegava veliki pad cijevi i akumuliranje velike kinetičke energije. Osim ograničavanja brzine protoka otpadne vode i smanjenja energije toka na tehnički prihvatljivu razinu kaskadna okna se izvode/ugrađuju i na mjestima gdje je potrebno izbjeći neku od prepreka (postojeću infrastrukturu, vodotok, zid i sl.).



Slika 13: Primjer kaskadnog okna [9]

Problem velike kinetičke energije moguće je riješiti i **oknima za smanjenje brzine protoka** (Slika 14). U nekim katalozima takva okna još se nazivaju i

tangencijalna okna, te ih ne treba zamijeniti s oknima koja imaju veći promjer ulazne i izlazne cijevi od promjera ulaza u revizijsko okno izmaknutog u odnosu na os kanala, a s kojima dijele iste naziv.

Izgradnja kanalizacije na strmim terenima zahtijeva savladavanje značajnih visinskih razlika na kratkim udaljenostima, pri čemu odvodne cijevi prate nagib terena. Korištenjem tangencijalnih revizijskih okana za smanjenje kinetičke energije (usporavanjem protoka trenjem o stjenku okna), moguće je smanjiti broj potrebnih revizijskih okana, što direktno smanjuje opseg građevinskih radova na iskopu i materijalima kod izvedbe.



Slika 14: Primjer okna za smanjenje brzine protoka [9]

Na sustavima odvodnje javljaju se i ostale vrste okana (prekidna okna sa slapištem, prekidna okna s obilaznim vodom, okna za ispiranje kanalizacije, okna na kraju tlačnih vodova itd.), međutim gore navedena su najčešća okna koja se javljaju na sustavima odvodnje otpadnih voda.

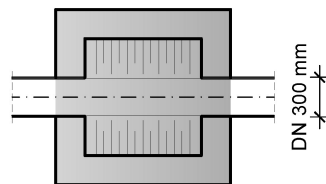
3.3.2 Prema obliku poprečnog presjeka

Prema obliku poprečnog presjeka revizijska okna dijelimo na:

- kvadratnog/pravokutnog poprečnog presjeka
- kružnog poprečnog presjeka
- složenog poprečnog presjeka (kod većih profila)

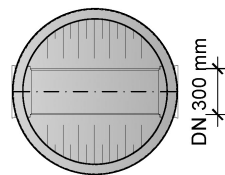
Odabir oblika poprečnog presjeka revizijskog okna ovisi o materijalu okna, profilu cijevi kanala, broju priključaka, mikrolokaciji samog okna, kao i o standardima i praksi koje komunalno poduzeće zahtjeva.

Kvadratna/pravokutna okna (Slika 15) karakteristična su za revizijska betonska i armiranobetonska okna. Takva okna najčešće se izvode na licu mjesta.



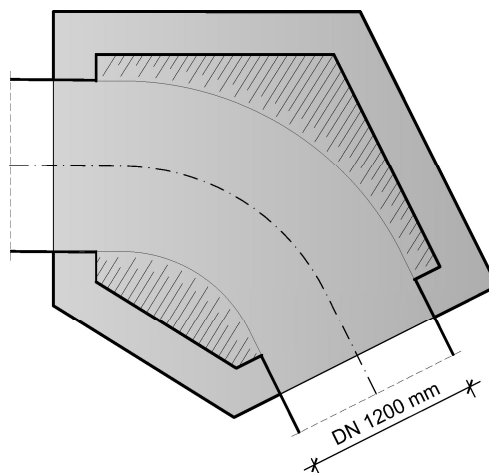
Slika 15: Kvadratno okno (izradio autor)

Predgotovljena okna, odnosno montažna/polumontažna okna koja se dovoze na gradilište gotovo uvijek su **kružnog poprečnog presjeka** (Slika 16).



Slika 16: Okno kružnog poprečnog presjeka (izradio autor)

Svi profili veći od $\varnothing 600$ mm spajaju se ili mijenjaju smjer izradom monolitnih revizijskih okna. [4] Takva okna su većinom **složenog poprečnog presjeka** (Slika 17).



Slika 17: Okno složenog poprečnog presjeka (izradio autor)

3.3.3 Prema načinu izvedbe

Prema načinu izvedbe revizijska okna dijelimo na:

- monolitna
- montažna
- polumontažna

Kod **monolitne** izvedbe (Slika 18) revizijska okna izvedena su u cijelosti na licu mjesta u kojem je beton i armirani-beton glavni konstruktivni materijal. U monolitnu izvedbu ubrajamo i izradu revizijskih okna zidanjem od betonskih blokova, opeke i kamena, međutim takvi materijali su se koristili u prošlosti.

Za razliku od drugih metoda, kod monolitne gradnje beton se izlijeva izravno na gradilištu u prethodno postavljenu oplatu, gdje se stvrdnjava i formira čvrstu konstrukciju.

Izvedba od gotovih elemenata podrazumijeva **montažnu** izvedbu (Slika 19 i 20). Gotovi elementi su zapravo tkz. predgotovljena okna – okna izrađena u tvornici s namjerom da se ubrza i pojednostavi proces gradnje.. Montažna revizijska mogu biti betonska, armirano-betonska i od plastičnih materijala. U prošlosti su se koristila još i okna od azbestcementsa, te ih danas nailazimo na sustavima odvodnje kao postojeće građevine.

Polumontažna okna se najčešće izvode kao kombinacija monolitne i montažne izvedbe. Primjer takvog okna je kad se dno okna izvede van rova, naknadno se ugrađuje na poziciju, te se zidovi okna izvode na licu mjesta (Slika 21).



Slika 18: Primjer okna monolitne izvedbe (autor, 2023)



Slika 19: Primjer okna montažne izvedbe - od plastičnih materijala (PP i GRP) (autor 2007, 2023)



Slika 20: Primjer okna montažne izvedbe - od betonskih elemenata (autor, 2024)



Slika 21: Primjer okna polumontažne izvedbe (autor, 2023)

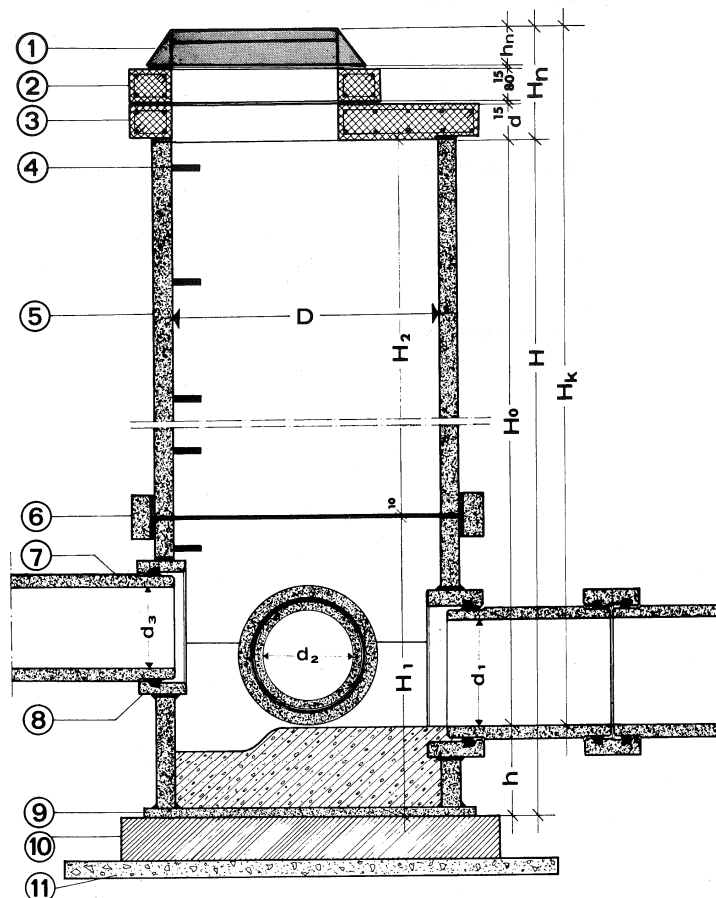
3.3.4 Prema materijalu

Prema materijalu revizijska okna dijelimo na:

- azbestcementna okna (ne koriste se više)
- betonska ili armiranobetonska okna
- okna od betonskih montažnih elemenata
- okna od plastičnih materijala (GRP, PVC, PP, PE)

Azbestcementna okna (Slika 22) kao i cijevi više se ne proizvode (zbog zdravstvenih problema koje može izazvati udisanje azbestnih vlakana), ali su prisutne u postojećim sustavima u odvodnji u Hrvatskoj. Primjena azbestcementnih okna bila je u upotrebi sve do 2006. godine kad je prestala njihova proizvodnja u Hrvatskoj, u tvornici Salonit u Vranjicu kraj Splita. Tvornica Salonit prestala je s radom 2006. godine. [10]

Reviziono okno tip III

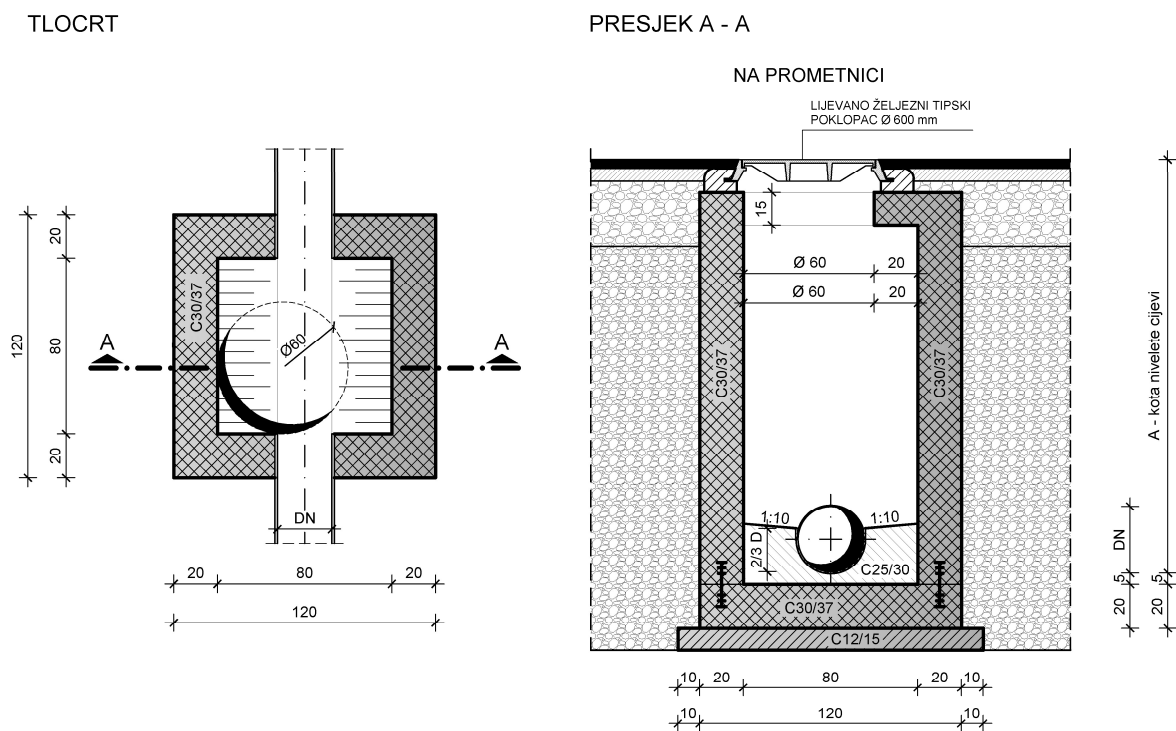


Slika 22: Primjer azbestcementnog okna [11]

Betonska odnosno **armirano-betonska** okna (Slika 23, 26 i 27) najčešće se izvode na mjestima gdje je nemoguće uklopiti predgotovljena kontrolna okna. Za ova okna je potrebno glavnim/izvedbenim projektom izvršiti detaljne statičke proračune i dimenzioniranje, te izraditi potrebne nacрте oplate i armature s iskazima materijala. Dimenzije unutarnjeg/svijetlog otvora kontrolnog okna, te sam oblik okna definirane su projektom i prilagođene promjeru priključne kanalizacijske cijevi i visini nivelete cijevi.

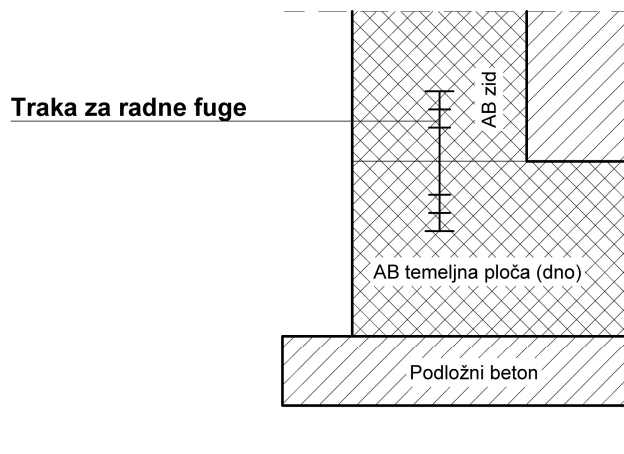
Prije izrade okna, rov kanala se proširuje kako bi se dobila dovoljno velika građevinska jama za izradu oplate. Na dnu građevinske jame uređuje se posteljica od pijeska ili „mršavog“ betona, prema zahtjevima iz projekta. Debljina dna i zidova revizijskog okna također je određena projektom i izvodi se u oplati, jednostranoj ili dvostranoj. Okno se izvodi vodonepropusnim betonom najčešće klase i oznake C30/37

XA1, XC4, VDP3. Unutar okna izvodi se kineta prema detaljima iz projekta. Unutrašnji zidovi okna obrađuju se prema zahtjevima projekta, najčešće polimercementnim hidroizolacijskim premazom u dva sloja. Zatrpavanje okna materijalom prema projektu u slojevima max. debljine 30 cm u cijeloj visini okna. Okno se oprema odgovarajućim poklopcem, ugradnja i podešavanje poklopca na nivo završne površine (asfalt, opločenje, zelena površina). Ljestve/penjalice ugrađuju se u okno prema zahtjevu iz projekta.



Slika 23: Primjer armirano-betonskog revizijskog okna (izradio autor)

Kako bi se postigla apsolutna vodonepropusnost okna potrebno je na mjestima prekida betoniranja i njenog nastavaka ugraditi trake za radne fuge, tkz. “water-stop trake”, za brtvljenje (Slika 21 i 24) ili samobrtveće bubrive trake, zajedno s potrebnim armaturnim sidrima.



Slika 24: Primjer ugradnje trake za radnu fugu na mjestu prekida betoniranja (izradio autor)

Najkritičnije mjesto za propuštanje u kanalizacijskim sustavima su spojevi između okana i cijevi. Zbog nejednolikog slijeganja tla između okana i cijevi, kao i utjecaja prometa na samo okno, dolazi do čestih promjena tlaka i vibracija, što može rezultirati pucanjem spojeva. Kako bi se to spriječilo, na ovim mjestima potrebno je ugraditi spojnice (Slika 25) koje omogućuju manja vertikalna pomicanja ili se kao alternativa ugrađuju bubrive trake.



Slika 25: Primjer spojnice, lijevo – spojnica za PP cijevi, desno – spojnica za GRP cijevi (autor, 2024)



Slika 26: Izvedena armirano-betonska okna (autor, 2024)



Slika 27: Obradena kineta i zidovi armirano-betonskog okna (autor, 2024)

Predgotovljena betonska okna su **okna izrađena od betonskih montažnih elemenata** (Slika 28) (baza, tijelo okna - prsten, konus, ploča) s integriranim plastičnim dnom ili betonskom kinetom (Slika 29) i odgovarajućim integriranim spojnicama za spajanje odvodnih cijevi. Elementi su izrađeni su od betona najmanje klase C30/37, dok je plastični umetak u kineti okna izrađen od polipropilena (PP) ili staklom ojačanog duromera (GRP). Plastični umetak u kineti osigurava vrlo visoku točnost i ponovljivost spojnih dijelova na cjevovod. Proizvode se kružnog oblika promjera od DN 600 – 2000 mmm.

Okna se sastoje od betonske baze s ravnim dnom i plastičnim umetkom koji ima priključke ili adaptere sa brtvama, tijela okna koje se formira od betonskih vertikalnih nastavaka za postizanje odgovarajuće visine okna, te betonskog konusa koji omogućava suženje unutarnjeg promjera na promjer poklopca. Dijelovi okna se međusobno spajaju pomoću brtvi čime se osigurava vodonepropusnost.

Okna moraju biti pripremljena za spajanje s predloženim osnovnim cijevnim materijalom/sustavom. Unutarnja kineta od plastičnih materijala osigurava dobre hidrauličke uvjete tečenja i nepropusnost, dok armiranobetonska konstrukcija osigurava odgovarajuću stabilnost položaja kako samog okna, tako i položenih cijevi.



Slika 28: Primjer predgotovljenog betonskog okna [12]

Predgotovljena betonska okna su prikladna na područjima gdje je moguća pojava podzemne vode (nisu osjetljiva na djelovanje uzgona) te mogu preuzeti veća statička i dinamička opterećenja od okna od plastičnih materijala.



Slika 29: Primjer betonske kinete i plastičnog umetaka (autor, 2024), [12]

Prije izrade okna, rov kanala se proširuje kako bi se dobila dovoljno velika građevinska jama za ugradnju okna (Slika 30). Na dnu građevinske jame uređuje se posteljica od pijeska ili „mršavog“ betona, prema zahtjevima iz projekta. Okno se oprema odgovarajućim poklopcem, ugradnja i podešavanje poklopca na nivo završne površine (asfalt, opločenje, zelena površina). Ljestve/penjalice ugrađuju se u okno prema zahtjevu iz projekta.



Slika 30: Primjer ugradnje predgotovljenog betonskog okna (autor, 2024)

Predgotovljena revizijska okna od plastičnih materijala uključuju okna od GRP-a (stakloplastika/poliester), PVC-a (polivinilklorid), PE-a (polietilen) i PP-a (polipropilen).

Agencija za zaštitu okoliša Sjedinjenih Američkih Država (EPA) u Tehničkom listu iz 2000. godine pod nazivom *Wastewater Technology Fact Sheet: Pipe Construction and Materials* (EPA 832-F-00-068) navodi prednosti i nedostatke termoplastičnih materijala (PVC, PE, PP) i duroplastičnih materijala (GRP, stakloplastika) za cijevi, a isti zaključci se mogu primijeniti i na revizijska okna kako je prikazano u Tablici 3.

Tablica 3: Prednosti i mane pojedinih materijala [13]

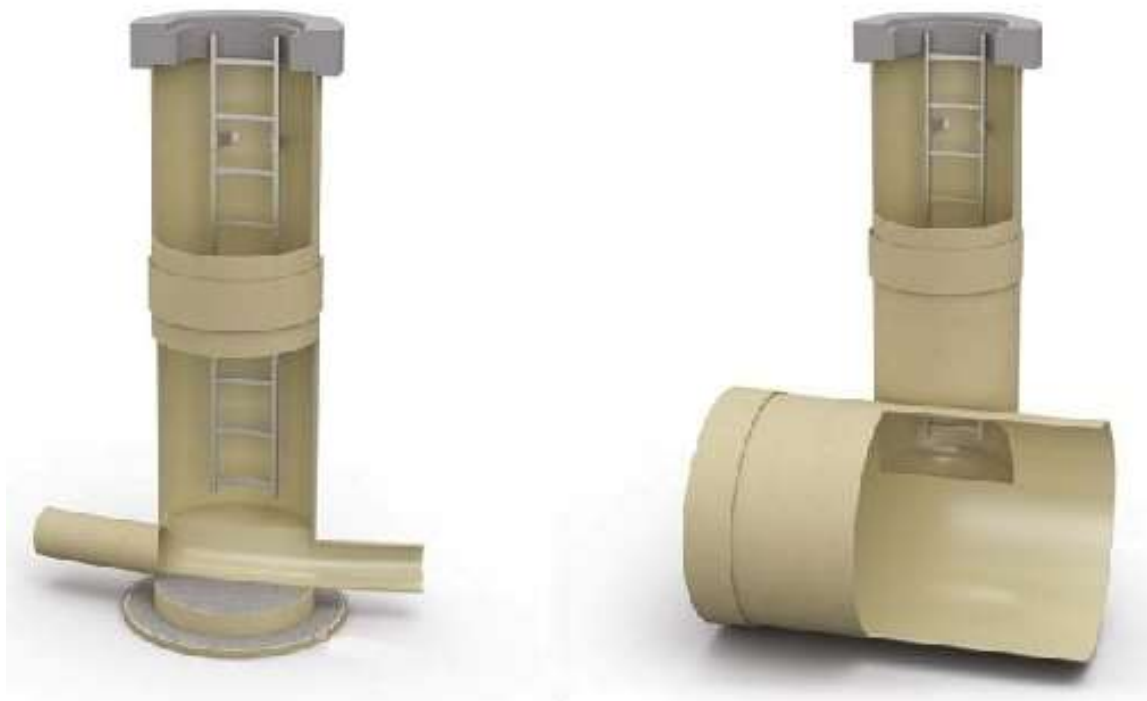
	Prednosti	Nedostatci
Termoplastične cijevi (PVC, PEHD, PP)	- vrlo lagane	- podložne su kemijskom utjecaju, posebno ako su prisutna otapala
	- dobra otpornost na koroziju	- na čvrstoću utječe sunčevo zračenje te je potrebna zaštita od UV zraka
	- glatka površina smanjuje gubitke trenja	- zahtjeva pažljivu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

Predgotovljena GRP okna

GRP je kompozitni materijal – staklom ojačani duromeri. Otpornost na toplinu je u rasponu od 40- 80 °C. GRP cijevi se već 50 godina ugrađuju i njihov predvidivi vijek je 150 godina što je vrlo dobra karakteristika obzirom na investicijska ulaganja. Na kraju vijeka korištenja pogodne su za zbrinjavanje kao inertni materijal na odlagalištima, a u slučaju recikliranja mljevenjem mogu se koristiti kao dodatak betonima ili dodatak materijalima za nasipe kod cestovnih konstrukcija.

Predgotovljena GRP okna su okna izrađena od poliesterskih montažnih elemenata, baze i cijevnog produžetaka iznad kojeg se ugrađuje AB pokrovna ploča (Slika 31). Proizvode se kružnog oblika promjera od DN 400 – 4000 mm. Baza okna uključuje kinetu izvedenu od poliestera i priključne cijevi izvedene od poliestera, PVC-a, PP-a ili PEHD-a. GRP revizijska okna ugrađuju se najčešće kad su odabrane i GRP cijevi za kanal.

Statička i dinamička opterećenja se ne prenose direktno na tijelo okna, već se preko završne AB ploče prenose na zbijeni zasip oko okna. Pokrovna ploča ne smije nalijegati direktno na samu stjenku okna.



Slika 31: Primjer predgotovljenog GRP okna (standardno i tangencijalno za velike profile DN >600 mm) [14]

Stakloplastika ima računski specifičnu težinu od $17,5 \text{ kN/m}^3$, što je čini težom od vode. Zbog toga će revizijsko okno izrađeno od ovog materijala, pod uvjetom da su spojevi vodonepropusni, biti izloženo silama uzgona i u vodi bi isplivalo. Tijekom postavljanja, GRP okno može se napuniti vodom kako bi potonulo do dna. Međutim, za dugotrajnu zaštitu od uzgona, potrebno je ugraditi betonski balast.

Ostale faze ugradnje jednake su kao i za sva predgotovljena okna: proširenje rova, podloga, ugradnja okna (Slika 32), zasipavanje oko okna, ugradnja rasteretne ploče, poklopac.

Zasipavanje oko okna izvesti po slojevima od 30cm u širini 50 cm od stjenke okna. Zasipavanje se vrši zamjenskim materijalom maksimalne krupnoće zrna 16 mm pojasu od posteljice do 30 cm iznad tjemena cijevi koja se priključuje u okno. Po preostaloj visini rova maksimalna krupnoća zrna je 63 mm.

Materijal oko okna potrebno je strojno zbijati u slojevima visine do 30 cm, sve dok se ne postigne stupanj zbijenosti prema standardnom Proctorovom postupku:

- $Sz \geq 95\%$ za zelene površine
- $Sz \geq 98\%$ za ceste
- $Sz \geq 100\%$ pri podzemnoj vodi iznad dna revizijskog okna.

Ljestve/penjalice ugrađuju se u okno prema zahtjevu iz projekta.



Slika 32: Primjer ugradnje predgotovljenog GRP okna [15]

Predgotovljena PVC, PP i PE okna

Polietilen (PE) je jedan od trenutno najzastupljenijih plastičnih materijala u području građevinskih konstrukcija odvodnih sustava. Osnovni sastojci PE su ugljik i vodik. Kako se u PE ne dodaju drugi sastojci, materijal je potpuno neutralan s gledišta utjecaja na okoliš. Otporan je na toplinu (60 °C). Na kraju vijeka korištenja pogodne su za recikliranje.

Polipropilen (PP) je jedan od najneutralnijih plastičnih materijala, a sastoji se od dva elementa: ugljika (C) i vodika (H) te je potpuno neutralan s gledišta utjecaja na okoliš. Dobro je otporan na toplinu (80 °C), a u ekstremnim uvjetima razgradit će se na parafine niže molekularne mase, a koji su u osnovi kompatibilni s baznim materijalom. Na kraju vijeka korištenja pogodne su za recikliranje. Lagan je, otporan na koroziju i ima vrlo dobra hidraulička svojstva.

PVC u svom osnovnom sastavu ima 30% klora (Cl) po težini i treba dosta olova (Pb) za svoju stabilizaciju. PVC materijal je toplinski nestabilan materijal (55 °C) te se može razgraditi tijekom djelovanja na njega. Na kraju vijeka korištenja nije pogodan za recikliranje zbog svog sastava i troškovi krajnjeg odlaganja su značajni. Lagan je, izuzetno otporan na koroziju uzrokovanu galvanskim ili elektrokemijskim reakcijama.

Predgotovljena PVC, PP i PE okna (Slika 33) su okna izrađena od „plastičnih“ montažnih elemenata (baza, tijelo okna, konus) sa odgovarajućim integriranim spojnicama za spajanje odvodnih cijevi odabranog cijevnog materijala (PVC, PP i PE).

Kontrolna okna izrađena od polipropilena ili polivinilklorida moraju biti u potpunosti proizvedena metodom brizganja. Baza okna mora biti izrađena brizganjem i sastavljena od nekoliko dijelova kako bi se smanjio broj varova, koji predstavljaju kritična mjesta (moguća popuštanja), te kako bi se postigla bolja homogenost, čvrstoća i dugotrajnost materijala. Dijelovi tijela okna spajaju se pomoću brtvi ili zavarivanjem, što osigurava potpunu nepropusnost.

Proizvode se kružnog oblika promjera od DN 400 – 1000 mm za PP i PE okna, te manjih dimenzija do DN 600 mm za PVC okna.



Slika 33: Primjer predgotovljenog PP, PE i PVC okna [12] [16]

Predgotovljena PP i PE okna su prikladna na područjima gdje nije moguća pojava podzemne vode (osjetljiva su na djelovanje uzgona) te ih se mora osigurati od djelovanja uzgona (betonski opteživači). PVC okna većinom se koriste kao priključna okna kućnih priključaka.

Statička i dinamička opterećenja se ne prenose direktno na tijelo okna, već se preko završne AB ploče prenose na zbijeni zasip oko okna. Pokrovna ploča ne smije nalijegati direktno na samu stjenku okna

Ostale faze ugradnje jednake su kao i za sva predgotovljena okna: proširenje rova, podloga, ugradnja okna, zasipavanje oko okna, ugradnja rasteretne ploče, poklopac (Slika 34 i 35). Ljestve/penjalice ugrađuju se u okno prema zahtjevu iz projekta.



Slika 34: Detalj ugradnje PP okna i rasteretne ploče (autor, 2023)



Slika 35: Detalj priključnog PVC okna DN 400 mm (autor, 2023)

4. PROJEKTIRANJE OKANA NA SUSTAVIMA ODVODNJE

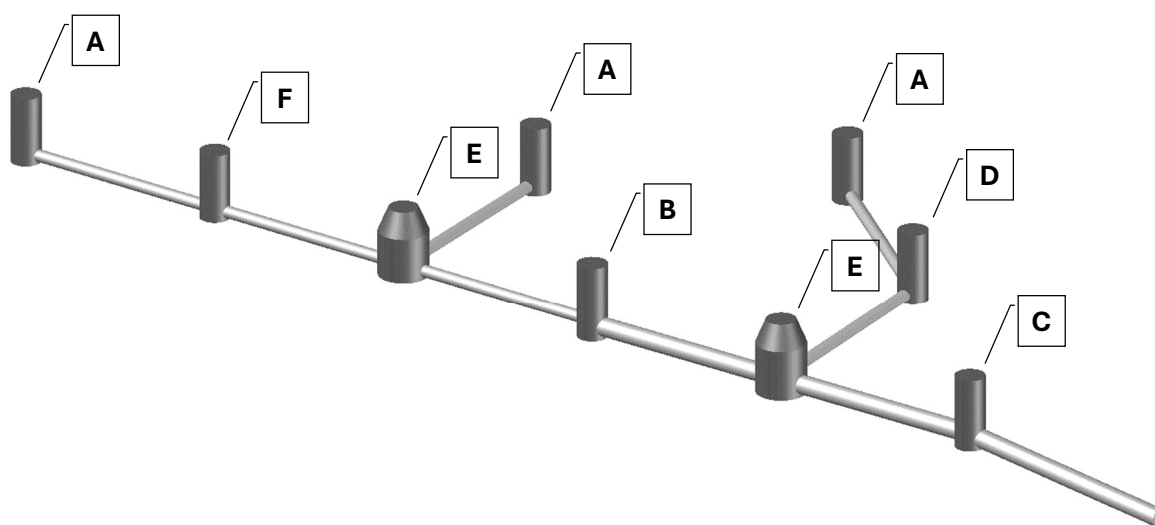
4.1 MJESTA UGRADNJE REVIZIJSKIH OKANA

Osnovno pravilo za projektiranje kanalizacije je da kanal između dva revizijska okna treba usmjeravati u istom pravcu i s identičnim karakteristikama. Drugim riječima, taj kanal mora zadržati pravac, ne smije mijenjati dimenzije, a u tom dijelu ne smiju biti spojeni sekundarni kanali. U novije vrijeme, kako bi se smanjio broj revizijskih okana, kućni priključci i priključci slivnika mogu se direktno povezati na kanale, pod uvjetom da to ne ometa kontinuitet protoka i ne uzrokuje zastoje u kanalima. U tom slučaju, priključci trebaju biti smješteni na vrhu kanala.

Revizijska okna omogućavaju tehnički ispravno spajanje kanala, njihovo skretanje, promjenu pada i profila.

Postavljaju se na (Slika 36):

- početku kanala (A)
- mjestima promjene profila (B)
- kod promjene uzdužnog pada kanala (C)
- na mjestima skretanja kanala (D)
- na mjestima priključka sekundarnih kanala (E)
- na kanalima koji su u pravcu na određenim razmacima (F)



Slika 36: Raspored revizijskih okana na mreži (izradio autor)

Početna revizijska okna obično služe za kućne priključke, a za poboljšanje odvodnje preporučuje se priključivanje više korisnika kanalizacije na jedno takvo okno [4].

Prilikom mikrolociranja revizijskog okna potrebno je sagledati cjelokupnu sliku kako bi se okno optimalno smjestilo u odnosu na postojeće objekte (potporni zid, zgrada, prilazi...) i postojeću infrastrukturu (vodovod, elektro instalacija, plin...) obzirom da se radi o „najdubljoj“ instalaciji. Dubina revizijskih okana uvjetovana je dubinom nivelete kanala. Maksimalne dubine polaganja su isključivo stvar ekonomskih proračuna, u praksi se dubine do 6 m se smatraju prihvatljivima.

4.2 RAZMACI OKANA

Prema literaturi Kanalizacija naselja - odvodnja i zbrinjavanje otpadnih i oborinskih voda autora Jure Margete [4], te Osnove hidrotehnike, prvi dio, druga knjiga autora Živka Vukovića [3] navedeni su sljedeći maksimalni razmaci revizijskih okana kod kanala koji se nalaze u pravcu, ovisno o promjeru kanala (Tablica 4):

Tablica 4: Razmak revizijskih okana prema literaturi [4]

Promjer kanala	Maksimalni razmak
∅ 250 -600 mm	50 m
∅ 700 -1.400 mm	75 m
∅ 1.400 mm ili veći	100 m

Razvojem tehnologije i opreme za čišćenje i održavanje, te uvođenjem specijaliziranih vozila, tkz. „kanalmastera“, nema više potrebe za takvim razmacima prilikom projektiranja i izvođenja obzirom da ti razmaci slijede iz uvjeta održavanja kanala.

Revizijska okna ne doprinose smanjenju rizika od začepjenja ili oštećenja kanala. Naprotiv, loše izvedena okna mogu povećati te rizike. Često su upravo ta okna predmet intenzivnog održavanja, umjesto da služe za olakšavanje održavanja kanala.

Unazad 15-tak godina sve više komunalnih poduzeća posjeduje specijalizirana vozila pa samim time dozvoljavaju projektiranje i izvođenje spajanja kućnih priključaka direktno na cijev kanala, kao i manje horizontalne lomove kanala u samim spojnicama cijevi ili ugradnjom lukova. Takvim načinom smanjio se broj revizijskih okana, odnosno smanjeni su troškovi građenja kanalske mreže, povećana je sigurnost prometa (manji broj poklopaca) uz zadovoljenje svih pogonskih uvjeta, kao i uvjeta za održavanje sustava odvodnje.

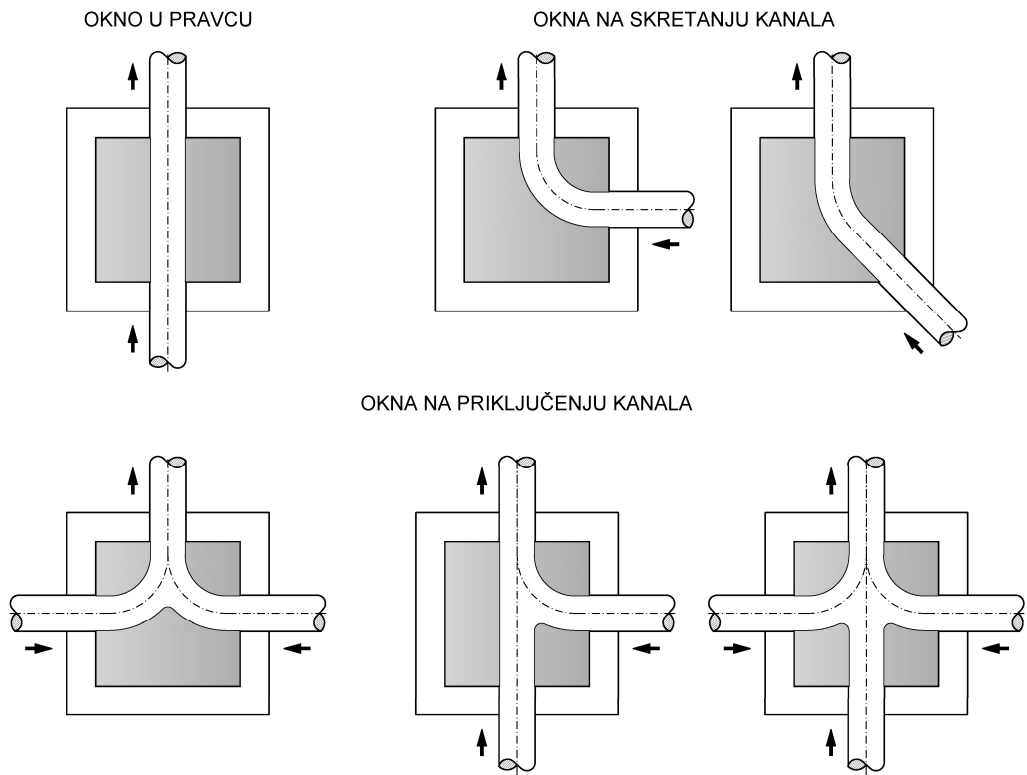
Kao primjer dobre prakse u nastavku je dana tablica s propisanim maksimalnim razmacima revizijskih okana u pravcu u odnosu na promjer dana od strane Irskih voda (pandan Hrvatskih voda) u Pravilniku o praksi za infrastrukturu otpadnih voda (Tablica 5).

Tablica 5: Razmak revizijskih okana prema Pravilniku Irskih voda [17]

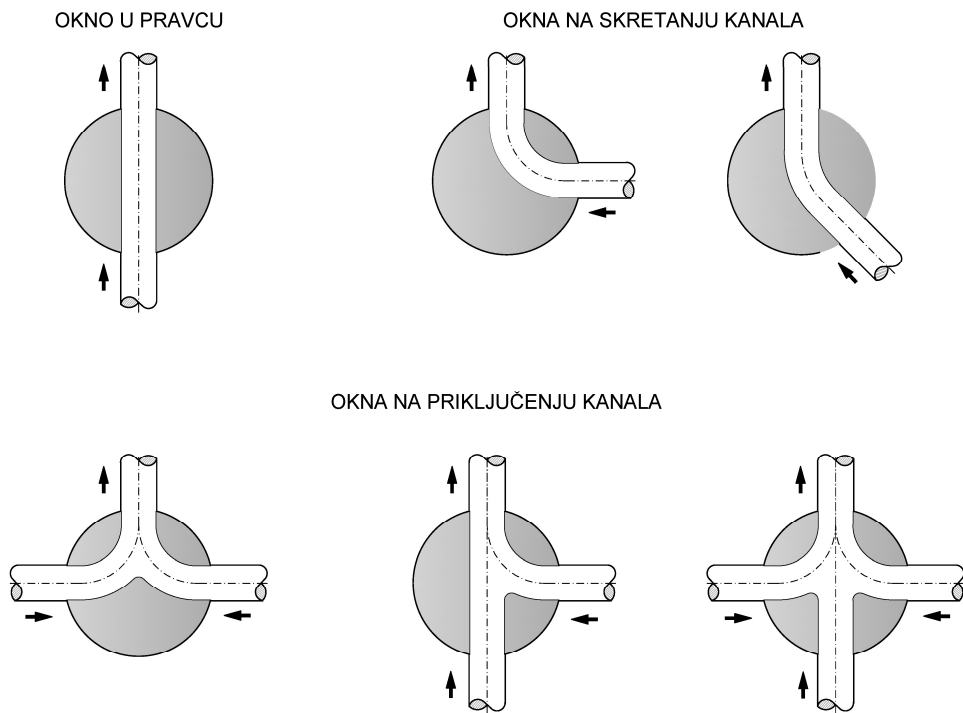
Promjer cijevi	Maksimalni razmak
> \varnothing 150 mm	75 m
> \varnothing 225 mm	90 m

4.3 NAČIN IZVOĐENJA SPAJANJA NA OKNO

Sva spajanja kanala unutar okna moraju se izvesti tangencijalno (Slika 37 i 38). Spajanja i promjene trebaju biti izvedeni na način koji ne uzrokuje uspor otpadne vode u sustavu [4].

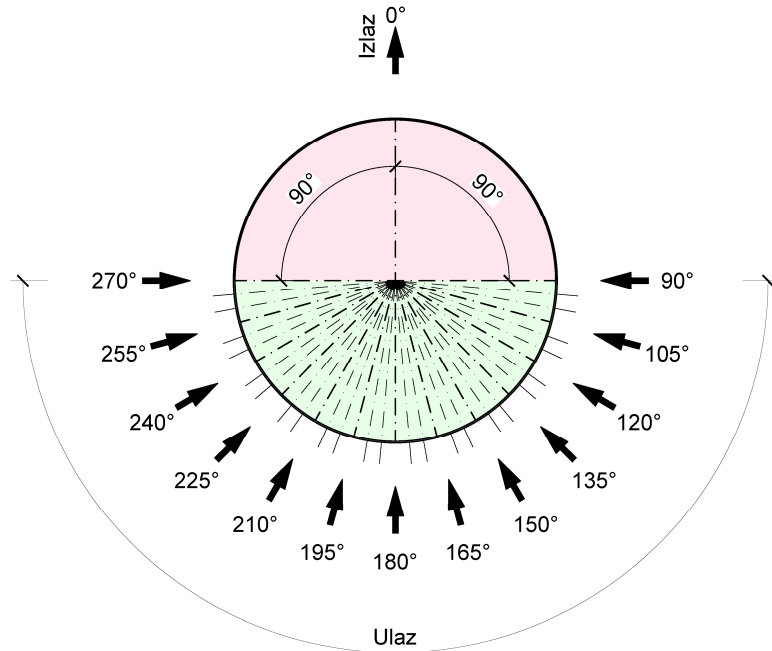


Slika 37: Način spajanja u kvadratnom oknu (izradio autor)



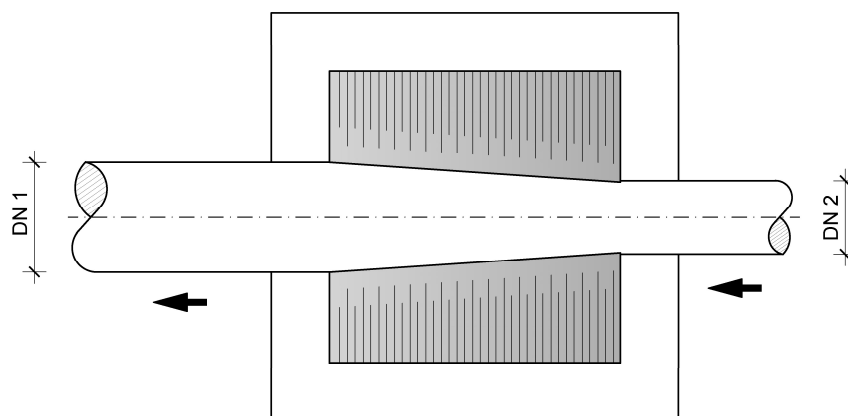
Slika 38: Način spajanja u okruglom oknu (izradio autor)

Neovisno o tlocrtnom obliku okna, nije dozvoljeno priključnu (ulaznu) cijev priključiti na manje od 90° u odnosu na izlaznu cijev, lijevo i desno. Crvena zona označena u shemi dolje (Slika 39).

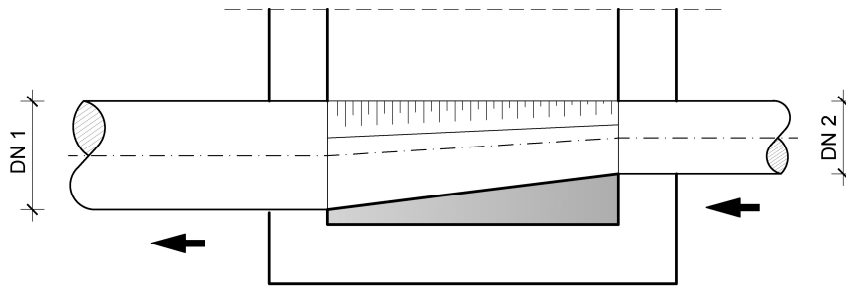


Slika 39: Shema priključka na revizijsko okno (izradio autor)

Kod promjene profila kanala, kineta se tlocrtno linearno širi kako bi obuhvatila cjelokupnu širinu cijevi (Slika 40). U visinskom smislu priključak se izvodi na način da se cijevi minimalno poravnaju u tjemenu kako bi se razina vodnog lica izjednačila (Slika 41).



Slika 40: Promjena profila kanala –tlocrt (izradio autor)



Slika 41: Promjena profila –visinski položaj cijevi u presjeku (izradio autor)

4.4 OKNA POD UTJECAJEM MORA/PODZEMNE VODE

Revizijska okna na trasama kanala u priobalnom području, ali i u području s visokim nivoom podzemne vode, bit će stalno podvrgnuta silama uzgona zbog njihovog zahtjeva da budu vodonepropusna. Štoviše, u području neposredno uz more biti će nemoguće održavati rov suhim tijekom izgradnje, te će se i postava odnosno montaža okana vršiti pod utjecajem mora.

Monolitna i predgotovljena AB okna nisu osjetljiva na djelovanje uzgona zbog same mase okna odnosno specifične težine materijala od kojeg su napravljena. Specifična težina betona (zapreminska masa) iznosi $24,0 \text{ kN/m}^3$, dok specifična težina vode iznosi $10,0 \text{ kN/m}^3$.

Okna od plastičnih materijala osjetljiva su na djelovanje uzgona.

GRP kao materijal ima specifičnu težinu od $17,5 \text{ kN/m}^3$, što znači da je teži od vode. Revizijsko okno izrađeno od ovog materijala, pod uvjetom da su spojevi vodonepropusni, izloženo je silama uzgona i moglo bi isplivati u vodi. Tijekom montaže, okno od stakloplastike može se napuniti vodom kako bi potonulo na dno. Međutim, za trajnu zaštitu od uzgona, bit će potreban betonski opteživač.

S druge strane, PP i PE ima specifičnu težinu od $9,1 - 9,4 \text{ kN/m}^3$, što znači da je lakši od vode. Prilikom postavljanja, samo punjenje okna vodom neće biti dovoljno za njegovo spuštanje na dno, već će biti potreban dodatni betonski opteživač. Također, za dugotrajnu sigurnost od uzgona, potrebno je ugraditi betonski opteživač.

Prilikom izračuna potrebnog betonskog opteživača uzima se u obzir maksimalna razina mora/podzemne vode odnosno sila uzgona koja mora biti manja od ukupne

težine okna. Ovisno o izračunu, ponekad se i uzima u obzir i težina tla iznad okna i opteživača kad je okno zatrpano. Koeficijent sigurnosti protiv uzgona uobičajeno se uzima 1,5 kod zatrpanog okna. Za GRP okna potreban je manji betonski opteživač nego za PP i PE okna.

Betonski opteživač može se izvoditi u raznim oblicima i debljinama stjenki. Najčešće su kružnog, osmerokutnog ili kvadratnog oblika (Slika 42, 43 i 44). Također, obloga se može izvoditi na kopnu, prije polaganja okna u rov ili na licu mjesta.



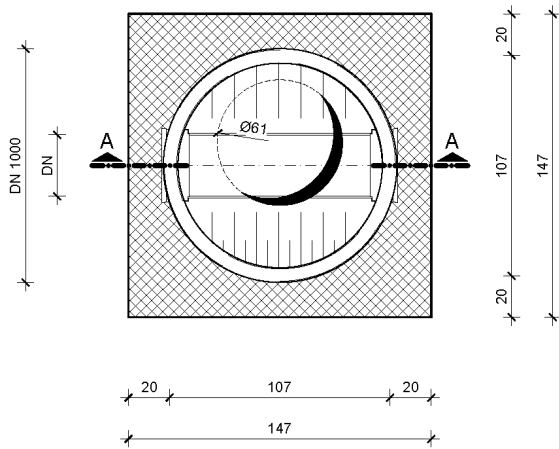
Slika 42: Primjer kružnog betonskog opteživača izvedenog na „kopnu“ [15]

Prilikom izrade betonskog opteživača potrebno je pustiti dovoljno slobodnog prostora oko priključaka zbog nesmetanog kasnijeg izvođenja spoja.

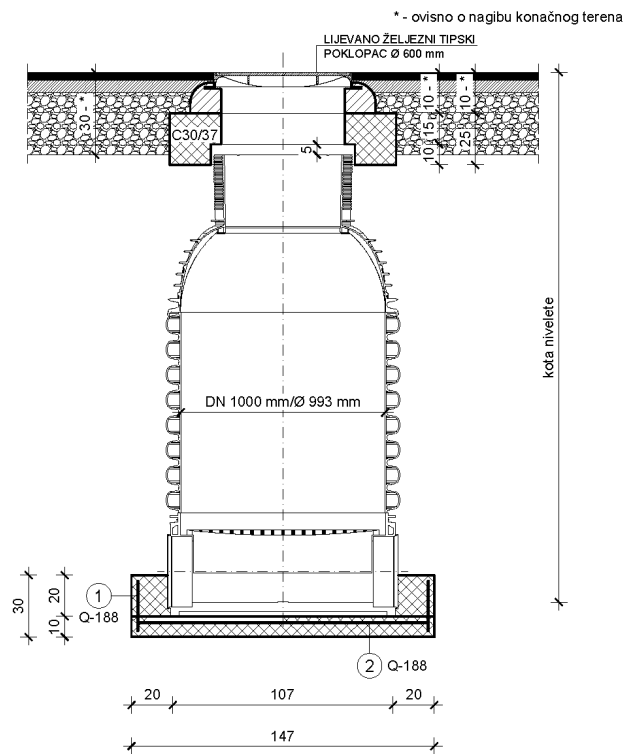


Slika 43: Primjer osmerokutnog betonskog opteživača izvedenog na licu mjesta [15]

TLOCRT



PRESJEK A - A



Slika 44: Primjer kvadratnog opteživača prikazanog u projektu (izradio autor)

4.5 RAZMJESTA J OKANA U URBANOM PODRUČJU

Kao što je već navedeno, sustav odvodnje je „najdublja infrastruktura“, posebno sanitarna kanalizacija, te ima svoje specifičnosti prilikom projektiranja i izgradnje u urbanom području. Za razliku od područja van prometnica, objekata, zapravo općenito građevina gdje trasa kanala nema nekih posebnih ograničenja osim visinskih u smislu tečenja gravitacijom, kod urbanih područja trasa kanala ima niz različitih ograničenja.

Blizina postojećih građevina (zgrade, potporni zidovi, tuneli...), postojeća/planirana infrastruktura (oborinski kanali, vodovod, plin, elektro instalacije, telekomunikacijski vodovi...), arheološka nalazišta, smještaj poklopca okna u projektirani parter ulice ili šetnice, ovisi o smještaju samog kanala sustava odvodnje, ali i mikrolokaciji revizijskog okna.

Najčešće, kanal sustava odvodnje u urbanim područjima postavlja se po sredini ulice ako se radi o lokalnim prometnicama/šetnicama manje širine, do 4 m, ili po sredini prometnog traka ako se radi o prometnicama veće širine. Uvjet proizlazi iz gore navedenih razloga koji treba uzeti u obzir prilikom smještaja/mikrolociranja svakog revizijskog okna.



Slika 45: Smještaj okna u prometnici veće širine (autor, 2024)

Na Slici 45 može se vidjeti smještaj kanala po sredini jednog prometnog traka gdje je uzeta u obzir planirana trasa plinovoda kao i postojeća trasa oborinske kanalizacije.

Zavisno o situaciji na terenu (broj instalacija koje zauzimaju koridor prometnice) moguće je i postavljanje trase kanala oborinske odvodnje po sredini prometnice veće širine kao na Slici 46. Zbog većeg profila oborinske kanalizacije i manjka mjesta za izradu revizijskih okna, priključni spojevi izvode se direktno na cijev, te svi lomovi izvode se bez revizijskih okana.



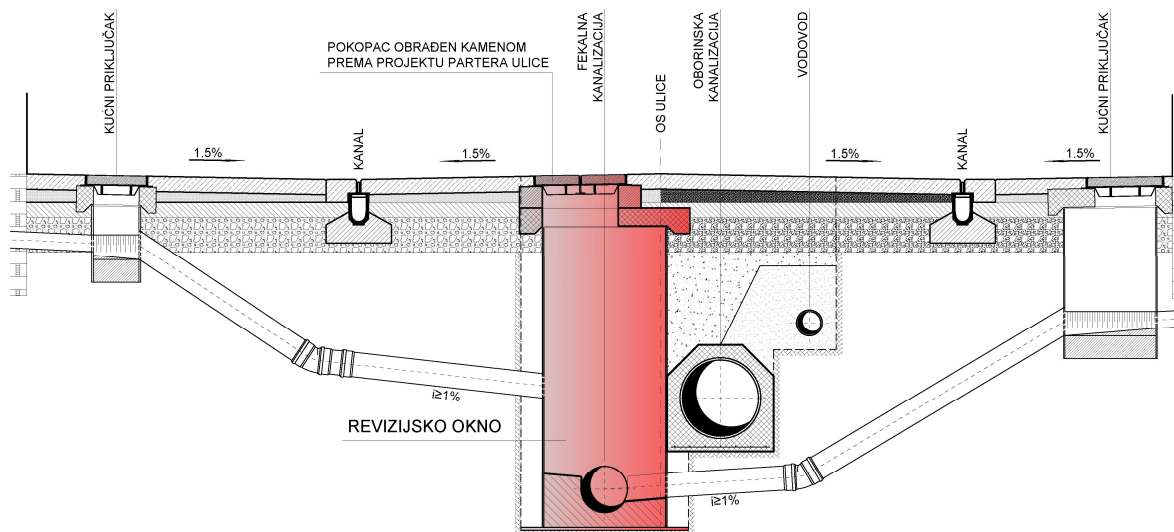
Slika 46: Smještaj trase oborinske odvodnje u prometnici veće širine (autor 2024)

Smještaj trase kanala i revizijskih okana sustava odvodnje u jezgrama gradova je kompleksnije utoliko jer je uz sve navedeno potrebno i predvidjeti način funkcioniranja gradilišta (omogućiti dolazak hitnih intervencija i funkcioniranje korištenja građevina od njihovih korisnika, te funkcioniranje postojećeg sustava).



Slika 47: Smještaj okna u gradskoj jezgri, Rovinj – ulica Carera (autor, 2008)

U slučaju gradske jezgre (Slika 47 i 48), revizijska okna (fekalna + oborinska) su postavljena po sredini ulice, a prolazak gradilištem korisnicima obližnjih objekata omogućeno je tkz. „pasarelama“. Spajanje kućnih priključaka omogućeno je i direktno na cijev, poklopci revizijskih okna uklapani su kameni raster ulice (Slika 49).



Slika 48: Primjer smještaja revizijskog okna u ulici gradske jezgre (izradio autor)



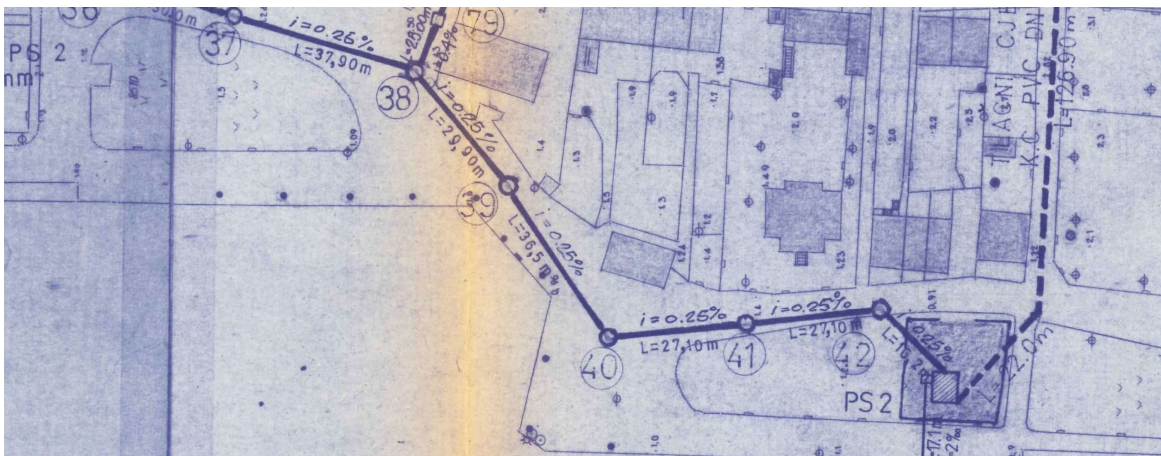
Slika 49: Uklapanje poklopca u kameni raster ulice (autor, 2008)

4.6 OZNAČAVANJE OKANA U PROJEKTIMA

Sustav odvodnje izvodi se prema dobivenoj građevinskoj dozvoli, a na temelju Glavnog projekta. Ukoliko postoji zahtjev (kompleksnost, dodatni zahtjev naručitelja), za planirani zahtjev se izrađuje Izvedbeni projekt.

Osim tehničkog dijela projekta, za potrebe izvođenja je vrlo bitan grafički dio projekta. Najbitniji nacrti grafičkog dijela projekta su situacija i uzdužni profili iz kojeg se iščitavaju svi potrebni podaci za izvođenje.

Razvojem specijaliziranih programa (software-a) za projektiranje sustava odvodnje moguće je vrlo detaljno prikazati sve potrebne podatke potrebne za izvođenje uz najmanju mogućnost potkradanja nenamjerne greške, u odnosu na vrijeme prije 30 - 40-tak godina sve radilo ručno (Slika 50).



Slika 50: Izvod iz situacije Glavnog projekta [15]

Sve podatke relevantne za izvođenje moguće je prikazati i u situaciji i uzdužnim profilima, a najčešće se prikazuju:

- naziv kanala,
- naziv okna,
- kota terena,
- kota niveleta,
- dubina okna,
- vrsta i promjer okna,
- okna s betonskim opteživačima,
- klasa i vrsta poklopaca i dr.

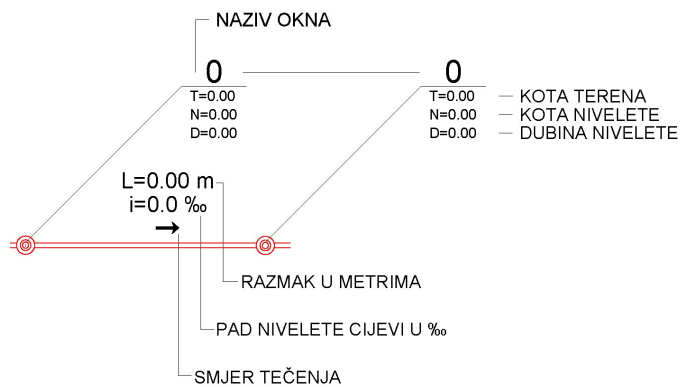
Situacije se najčešće prikazuju u mjerilu 1:1 000, 1:500 (Slika 51) ili 1:200 ovisno o potrebnoj detaljnosti.



LEGENDA

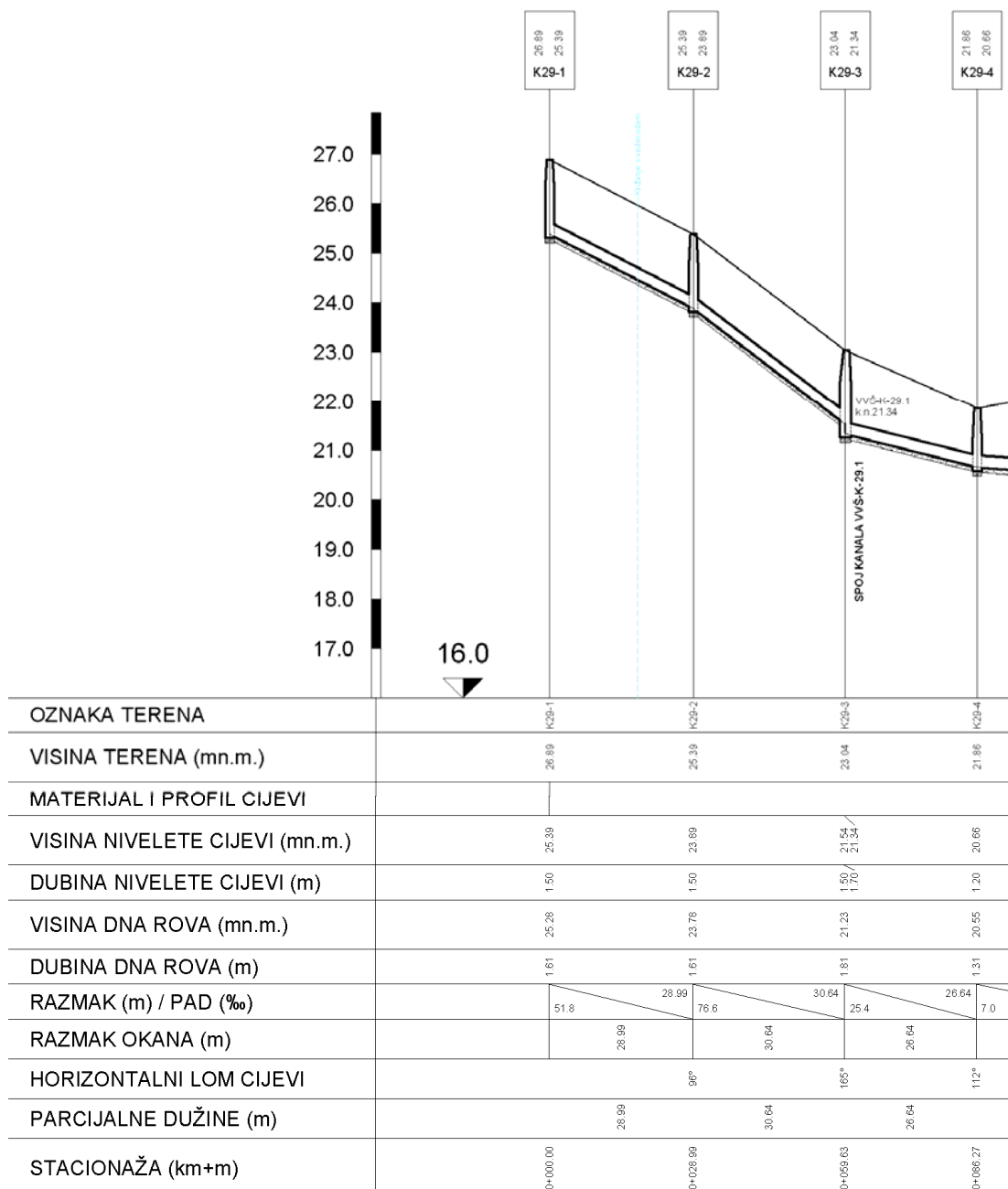
- ODVODNJA

==== gravitacijski kanal

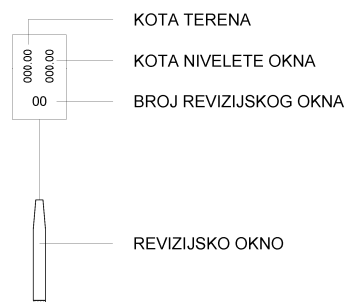


Slika 51: Izvod iz situacije Izvedbenog projekta (izradio autor)

Uzdužni profili prikazuju se najčešće u mjerilu 1:1000/100 (Slika 52) ili 1:500/100 gdje prva brojka označava dužinsko, a druga visinsko mjerilo.



LEGENDA



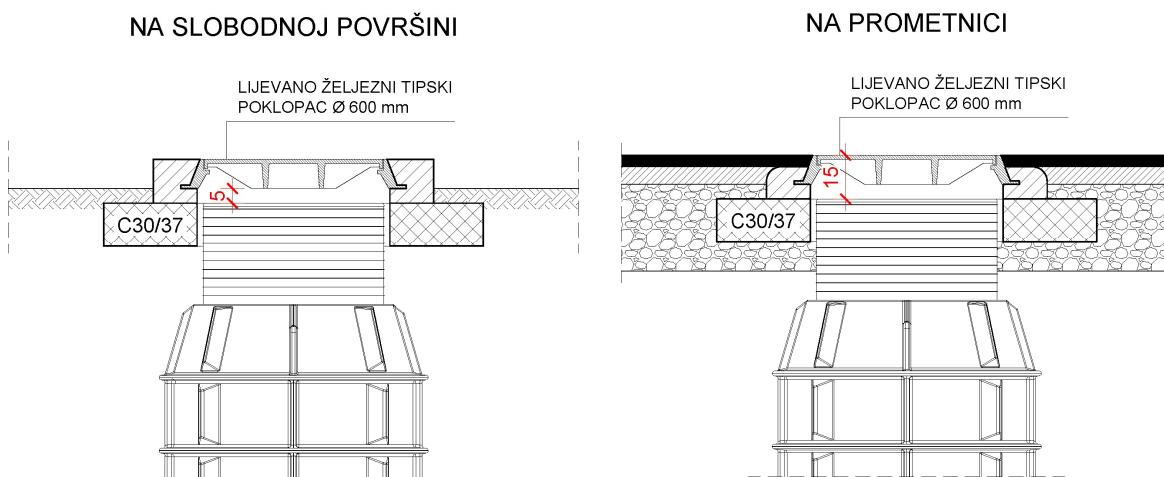
Slika 52: Izvod i uzdužnog profila Izvedbenog projekta (izradio autor)

4.7 SPECIFIKACIJA OKANA

Prije izvođenja odnosno ugradnje predgotovljenog okna potrebno je okno proizvesti u tvornici. Svako okno je jedinstveno za sebe, te je prije proizvodnju potrebno izvršiti specifikaciju okna. Specifikacija okna se radi na posebnim nalogima/formularima koji najčešće sadržavaju sljedeće podatke:

- naziv Naručitelja,
- naziv projekta,
- naziva kanala,
- naziv okna,
- promjer okna,
- visinu okna,
- broj, promjer, visinu i kut ulaza/priključaka,
- promjer izlaza,
- potreba ljestvi/konusnog komada,
- razne napomene ukoliko su potrebne.

Važno je prilikom određivanja visine okna definirati detalj ugradnje rasteretne ploče na raznim završnim površinama (prometnice, slobodna površina...) kako bi se mogla pravilo odrediti potrebna visina okna (Silka53).

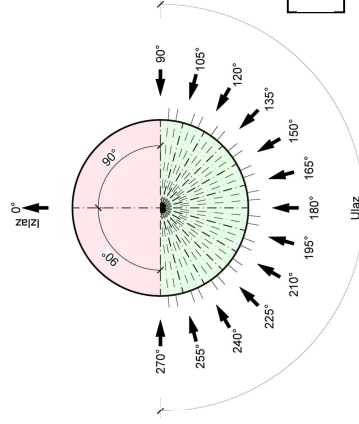
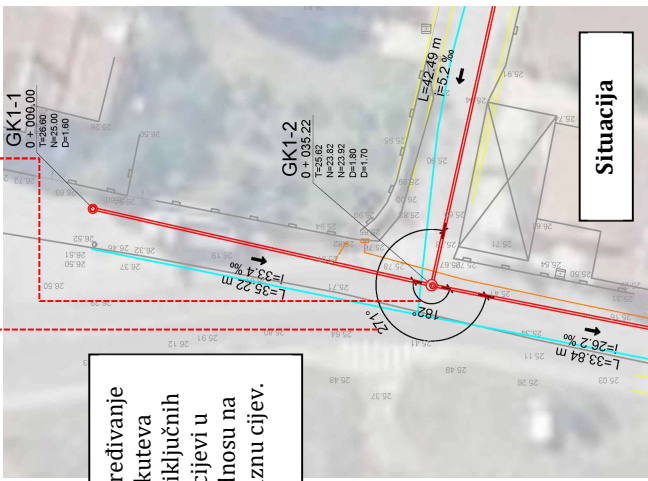
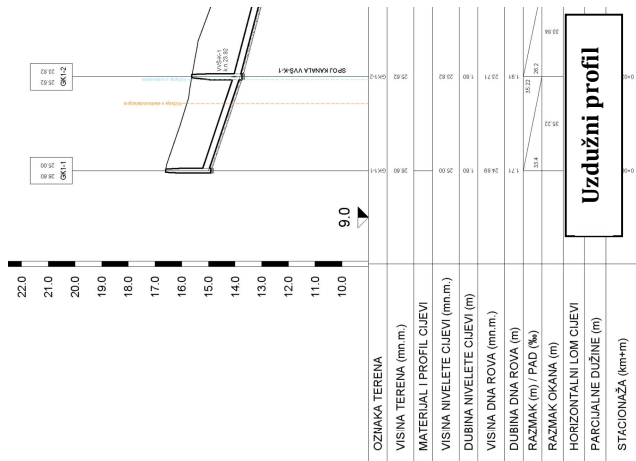


Slika 53: Primjer definirane visine u odnosu na revizijsko okno i završne površine (izradio autor)

U nastavku je dan jedan primjer izrade jednog naloga/formulara s poveznicom na situaciju i uzdužni profil (Slika 54).

MARUČITELJ:																							
PROJEKT:																							
LJESTVE: Ne										KONUSNI ZAVRŠETAK: Da													
PRIKLJUČNE CIEVI:										DATUM:													
Obratiti pozornost (Slika 51)!																							
										ŠIFRA PROIZVODA													
NAZIV OKNA (ROJ., ROZ...)		PROMIER OKNA (600, 800, 1000)		VISINA OKNA (mm)		ULAZ D1 D(mm)/KUT α u smjeru kazaljke na satu		ULAZ D2 D(mm)/KUT β u smjeru kazaljke na satu		ULAZ D3 D(mm)/KUT γ u smjeru kazaljke na satu		IZLAZ D4 D(mm)/θ°		KASKADA D1/H od dna kinete (mm)		KASKADA D2/H od dna kinete (mm)		KASKADA D3/H od dna kinete (mm)		NAPOMENA (kaskadno, koljeno...)			
GK1-1		800		1450		250/182		250/271		250		250		100		%		3,3		kaskada			
GK1-2		1000		1650		250/182		250/271		250		250		100		%		0,5		2,6		DA	

Sve potrebne podatke možemo ištiti iz situacije ili uzdužnog profila. Kut priključne cijevi najčešće gledamo u odnosu na izlaznu cijev (shema niže dolje), označeno u situaciji. Prilikom izrade specifikacije posebnu pozornost obratiti na visinu okna u odnosu na površinu ugradnje (prometnica, slobodna površina...).



Slika 54: Primjer ispunjavanja naloga/formulara specifikacije okna (izradio autor)

5. ZAHTJEVI KVALITETE, NAČIN PREUZIMANJA RADOVA, OBRAČUN RADOVA I ISPITIVANJE VODONEPROPUSNOSTI REVIZIJSKIH OKANA

Zahtjevi kvalitete, način preuzimanja izvedenih radova, obračun rada i ispitivanje vodonepropusnosti revizijskih okana propisan je Općim tehničkim uvjetima u vodnom gospodarstvu (lipanj, 2022.).

Predgotovljena revizijska okna proizvode se prema usklađenim normama i sukladne su zahtjevima kvalitete (Tablica 6):

Tablica 6 : Norme za proizvodnju okana [18]

Materijal okna	Simbol	Norma	Sadržaj norme
Armirani beton -predgotovljena	AB	HRN EN 1917:2005/ Ispr.1:2008	Betonska kontrolna okna i komore, nearmirana, sa čeličnim vlaknima i armirana (EN 1917:2002/AC:2008)
Stakloplastika/ poliester	GRP	HRN EN 15383:2014	Plastični cijevni sustavi za odvodnju i kanalizaciju - Staklom ojačana duromerna plastika (GRP) na osnovi poliestera (UP) - Kontrolna okna i kontrolne komore (EN 15383:2012+A1:2013)
Polietilen	PEHD	HRN EN 13598-1:2020	Plastični cijevni sustavi za netlačnu podzemnu odvodnju i kanalizaciju -- Neomekšani poli(vinil-klorid) (PVC-U), polipropilen (PP) i polietilen (PE) -- 1. dio: Specifikacije za pomoćne spojnice i plitke kontrolne komore (EN 13598-1:2020)
Polipropilen	PP	HRN EN 13598-1:2020	
Polivinil-klorid	PVC-U	HRN EN 13598-1:2020	

Monolitna betonska okna moraju biti u skladu s Tehničkim propisom za građevinske konstrukcije (NN17/2017, 75/2020, 7/2022).

Svi radovi na ugradnji revizijskih okana provode se u skladu s glavnim i/ili izvedbenim projektom ako se izrađuje za potrebe zahvata, te programom kontrole i osiguranja kvalitete, važećim propisima, zahtjevima nadzornog inženjera, projektom organizacije gradilišta i Općim tehničkim uvjetima.

5.1 ZAHTJEVI KVALITETE

Ugrađeni elementi predgotovljenih montažnih okana smatraju se uporabljivima ako ispunjavaju tehničke propise, norme na koje se poziva tehnički propis, dokumente za ocjenjivanje i zahtjeve iz projekta građevine. Prema tehničkom propisu o građevnim proizvodima, montažni elementi moraju ispunjavati zahtjeve vodonepropusnosti prema normi HRN EN 476:2022.

Monolitna revizijska okna izrađuju se prema dimenzijama i visinskim kotama priključaka navedenim u projektu. Kontrola kvalitete proizvodnje te potvrda sukladnosti mora odgovarati zahtjevima iz Općih tehničkih uvjeta (OTU). Proizvodnja i izvedba betona mora biti u skladu s normama EN 206 i EN 12370, te zadovoljiti kriterije navedene u Poglavlju 7 "Betonski radovi" OTU-a.

Nakon ugradnje, stupaljke, penjalice i ljestve moraju biti izvedeni u skladu s pravilnicima (Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada), zakonima (Zakon o zaštiti na radu) i normama koje osiguravaju siguran ulazak i izlazak, odnosno rad djelatnika u oknu. Predgotovljena okna s već ugrađenim penjalicama ili stupaljka također moraju biti u skladu s gore navedenim pravilnicima, zakonima i normama [18].

5.2 NAČIN PREUZIMANJA IZVEDENIH RADOVA

Nadzorni inženjer tijekom radova provodi stručni nadzor u skladu s Pravilnikom o načinu provedbe stručnog nadzora građenja, koji obuhvaća uvjete i način vođenja građevinskog dnevnika te sadržaj završnog izvješća nadzornog inženjera. Nadzor se usredotočuje na usklađenost izvođenja radova s građevinskom dozvolom, glavnim i izvedbenim projektom, Zakonom o gradnji, specifičnim propisima i pravilima struke.

Ovjeravanjem privremenih i završnih situacija, nadzorni inženjer potvrđuje kvalitetu i opseg izvedenih radova, te se ti radovi smatraju preuzetim. Preuzimanje radova koji čine logičnu cjelinu odnosno građevinu obično se definira ugovorom o radovima i odvija se najčešće nakon ishoda upravnog postupka [18].

Uporabna dozvola se prema Zakonu o gradnji može izdati i prije dovršetka cijele građevine, i za dio građevine, ako je to potrebno radi nastavka ili dovršetka građenja i/ili ako se određeni dio građevine može početi koristiti prije dovršetka cijele građevine.

5.3 OBRAČUN RADA

Kod monolitnih okana rad se mjeri i obračunava po kubnom metru (m³) ugrađenog betona. Jedinična cijena uključuje pripremu podloge, oplatu, nabavu, prijevoz, ugradnju i njegu betona, izvedbu kinete, ugradnju stupaljki, izradu ležaja ili okvira poklopca, uklanjanje oplata, te čišćenje okoliša od otpada nastalog tijekom izgradnje revizijskog okna [18].

Kod predgotovljenih okana rad se mjeri i obračunava po komadu (kom) pravilno ugrađenog i preuzetog kontrolnog okna. Jedinična cijena uključuje nabavu i dopremu svih sastavnih dijelova kontrolnog okna, prienos, raznošenje ili razvlačenje, pripremu, ugradnju i spajanje, uz korištenje potrebnih pomagala i alata prema shemi koju je odredio projektant ili dobavljač. Također, cijena montaže revizijskog okna od montažnih elemenata obuhvaća i ugradnju stupaljki, ljestvi ili penjalica (ako je to zahtijevano i ako nisu već ugrađeni), izradu ležaja ili okvira poklopca, uklanjanje oplata te čišćenje okoliša od otpada nastalog tijekom izgradnje revizijskog okna.

5.4 ISPITIVANJE REVIZIJSKIH OKANA

Revizijska okna ispituju se prema normi HRN EN 1610:2015 i dodatnim uputama proizvođača.

Ispitivanje vodonepropusnosti, strukturalne stabilnosti i funkcionalnosti obavlja ovlaštena osoba, pravna ili fizička osoba akreditirana za ispitne laboratorije prema normi HRN EN ISO/IEC 17025:2017, koja ispunjava posebne uvjete za obavljanje ispitivanja prema Pravilniku o posebnim uvjetima za ispitivanje vodonepropusnosti građevina za odvodnju i pročišćavanje otpadnih voda (NN 09/2020). Takva osoba mora posjedovati Rješenje o ispunjenju posebnih uvjeta izdano od nadležnog ministarstva.

Nakon što je cjevovod potpuno očišćen i potvrđena njegova strukturalna stabilnost i funkcionalnost, provodi se ispitivanje vodonepropusnosti. Ispitivanje se može izvesti zasebno za cjevovode, revizijska okna i inspeksijske komore. Cijevi se ispituju metodom zraka (Z), dok se okna ili inspeksijske komore ispituju metodom vode (V). Prilikom odabira metode ispitivanja treba uzeti u obzir praktične i ekonomske čimbenike. Ispitivanje vodonepropusnosti zrakom smatra se

ekvivalentnim ispitivanju vodom, no u slučaju negativnog rezultata ispitivanja zrakom, potrebno je provesti ispitivanje vodom, koje je tada odlučujuće.

Za tehničku vjerodostojnost, rezultati ispitivanja trebaju obuhvatiti ispitnu dionicu koja uključuje jedno okno s pripadajućim cjevovodom do sljedećeg okna. Ispitivanje se provodi prema normi HRN EN 1610:2015, prema točki 13.2 (Z-zrakom) ili točki 13.3 (V-vodom). Iako je moguće ispitivanje revizijskih okana i inspekcijskih komora zrakom, preporučuje se ispitivanje vodom radi ispunjavanja tehničkih zahtjeva, osiguravanja sigurnosti osoblja i izbjegavanja opasnosti od ispitivanja pod manjim tlakovima.

Ispitivanje treba biti sustavno, obuhvaćajući cijeli cjevovod i sve spojeve. Inicijalno ispitivanje može se provesti tijekom ugradnje cjevovoda djelomičnim zatrpavanjem, dok se završno ispitivanje provodi nakon završetka svih radova, na potpuno opterećenoj građevini. Ispitivanje mora obuhvatiti cijeli cjevovod/kanal i pripadajuće građevine, te se takvo ispitivanje zove – završno ispitivanje.

Za cjevovod, ispitni tlak se određuje prema visini ispitne dionice, do maksimalno 50 kPa, a najmanje 10 kPa, mjereno od dna cijevi. Ako rezultati ne zadovoljavaju kriterije ispitivanja, potrebno je ponoviti ispitivanje nakon detekcije i sanacije uzroka, uzimajući u obzir dodatne troškove ispitivanja.

Radovi ispitivanja uključuju osiguranje uvjeta za ispitivanje, pripremu medija (vode ili zraka), zatvaranje ispitne dionice te samo ispitivanje. Osiguranje uvjeta uključuje planirane načine i mjesta ispuštanja vode, ako se ispitivanje provodi vodom. Funkcionalnost sustava i čišćenje od otpada osigurava naručitelj radova, osim ako nije drugačije dogovoreno u ugovoru.

Izveštavanje o rezultatima treba biti jasno prikazano u tabličnom i grafičkom obliku na situacijskom planu, koristeći oznake prema dokumentu Pravila HAA Pr-2/12. Također, potrebno je jasno definirati opseg ispitne dionice [18].

6. USPOREDBA REVIZIJSKIH OKANA

6.1 PREDNOSTI POJEDINIH REVIZIJSKIH OKANA

Prednosti samog materijala predgotovljenih revizijskih okana opisana su u poglavlju 3.7. U nastavku su dane ostale prednosti na temelju dosadašnjeg iskustva u projektiranju.

Monolitna okna

- visoka čvrstoća i trajnost
- velika masa koja eliminira utjecaj uzgona
- mogućnost prilagodbe svakoj situaciji
- nema ograničenja u smislu izrade veličine okna
- mala mogućnost oštećenja prilikom zatrpavanja rova

Predgotovljena okna od betonskih elemenata

- modularnost
- proizvedeni u tvornički kontroliranim uvjetima
- visoka čvrstoća i trajnost
- velika masa koja eliminira utjecaj uzgona
- mala mogućnost oštećenja prilikom zatrpavanja rova

Predgotovljena PE i PP okna

- vrlo mala masa
- jednostavna i brza manipulacija i montaža
- proizvedeni u tvornički kontroliranim uvjetima
- moguće naknadno jednostavno spajanje priključaka kućnih priključaka
- jednostavna prilagodba konačne visine okna

Predgotovljena GRP okna

- mala masa
- proizvedeni u tvornički kontroliranim uvjetima
- velika otpornost na habanje (vanjska i unutarnja)
- velika krutost
- mogućnost izrade tangencijalnih okana

6.2 UTJECAJ UZGONA

Ukoliko se, u smislu utjecaja podzemne vode na okna, krene od pretpostavke da će se okna od svih materijala (PE, PP, GRP i beton) moći proizvesti ili izvesti sa karakteristikama koje neće dopuštati negativne utjecaje hidrostatskog tlaka na njih, ostaje analizirati utjecaj uzgona na ista.

S obzirom na malu masu okana od plastičnih materijala (PE, PP, GRP) takva okna je potrebno dodatno opteretiti betonskim opteživačem, te kad se gleda utjecaj uzgona na okna, takva okna u nepovoljnijem položaju od monolitnih ili predgotovljena okna s betonskim elementima.

GRP okna su u manjoj prednosti zbog same gustoće poliestera, te su potrebne manje dimenzije betonskog opteživača u odnosu na PE i PP okna.

6.3 EKONOMSKA ANALIZA

Pošto su troškovi ugradnje tj. iskopa tla, snižavanja razine podzemne vode, ispune rova, obnavljanja površine i ostalog potrebnog za ugradnju/izradu okana slični bez obzira na odabrani materijal provesti će se samo analiza cijena dobave, dopreme i ugradnje predgotovljenog okna, odnosno izrada monolitnog okna.

Cijene su za potrebe ovog diplomskog rada dobivene od dva različita izvođača na području izgradnje sustava odvodnje na području Rijeke i Pule (Tablica 7). Kao konačna cijena uzet je prosjek. Cijene su podložne promjenama u smislu protoka vremena, te ih je potrebno razmatrati samo kao orijentacijske za potrebe ovog diplomskog rada.

Razmatrane su cijene za dubinu ugradnje/izrade okana od 2 metra, predgotovljenog okna promjera DN 800 mm i monolitnog dimenzija 800×800 mm bez utjecaja uzgona.

Tablica 7: Jedinične cijene ugradnje/izrade revizijskih okana (izradio autor)

Materijal okna/vrsta	Dimenzije okna	Način gradnje	CIJENA [€]
BETON/monolitno	800 × 800 mm	Izrada	1.740,0
BETON/predgotovljeno	DN 800 mm	Ugradnja	1.250,0
PP/predgotovljeno	DN 800 mm	Ugradnja	1.600,0
PEHD/predgotovljeno	DN 800 mm	Ugradnja	1.450,0
GRP/predgotovljeno	DN 800 mm	Ugradnja	1.750,0

Trenutno je odnos cijena takav da je ugradnja predgotovljenog GRP okna visine 2 m najskuplja, a predgotovljenog s betonskim elementima najjeftinija.

Kako je trenutno tržište vrlo promjenjivo i nestabilno, odnos između cijena pojedinih okana kao i same cijene treba tretirati orijentacijski za potrebe ovog diplomskog rada, kao što je već navedeno.

6.4 VRIJEME UGRADNJE/IZRADE REVIZIJSKOG OKNA

Također, od istih izvođača zatražen je podatak potrebnog vremena ugradnje predgotovljenog okna promjera DN 800 mm i monolitnog dimenzija 800×800 mm. Dobiveni su vrlo slični podaci od dva različita izvođača koji su prikazani u sljedećoj Tablici 8:

Tablica 8: Potrebno vrijeme za ugradnju/izradu revizijskog okna (izradio autor)

Vrsta okna	Dimenzije okna	Vrsta radova	Broj potrebnih sati rada ugradnje/izrade (h)
Monolitno	800 × 800 mm	Iskop + oplata + armiranje + betoniranje + skidanje oplata + zatrpavanje rova	40 (5 radnih dana)
Predgotovljeno	DN 800 mm	Iskop + ugradnja okna + zasipavanje okna + ugradnja raseretne ploče	6

Iz tablice je vidljivo da je potrebno gotovo 7 puta više vremena za izradu monolitnog od ugradnje predgotovljenog revizijskog okna.

6.5 TRAJNOST

Normalni projektni vijek za sustave odvodnje trebao bi biti najmanje 50 godina. Međutim, taj period nije dovoljno dug. Komunalna društva, a naposljetku i država ne mogu si priuštiti zamjenu cijele podzemne infrastrukture svakih 50 godina. Stoga bi projektni vijek od 100 godina trebao biti minimalan. Iako proizvođači okna jamče da su njihovi proizvodi bez proizvodnih nedostataka, ne mogu jamčiti da će cijevi trajati određeno vrijeme. Naime, vijek trajanja cijevi, nakon njihove ugradnje, ovisi ne samo o materijalu cijevi, već u velikoj mjeri o uvjetima opterećenja i okolišu kojem su izložene. Trošak sustava trebao bi se temeljiti na procjeni vijeka trajanja, a ne samo na početnom trošku.

Većina javnih nabava za sustave odvodnje dodjeljuje se najpovoljnijem ponuđaču. Izvođači obično biraju materijale i metode gradnje koje omogućuju niži početni trošak, zanemarujući buduće troškove održavanja ili vijek trajanja sustava. Čak i za komunalna poduzeća, najniži početni trošak često je presudan. Svaka ekonomska evaluacija mora uzeti u obzir ne samo početni trošak, već i godišnje troškove održavanja i ukupni vijek trajanja sustava [19].

7. ZAKLJUČAK

Odabir revizijskih okana za sustav odvodnje od iznimne je važnosti jer, zajedno s cijevima, čine integralni dio odvodnog sustava. Taj sustav mora biti funkcionalan, trajan, vodonepropusan, jednostavan za održavanje i eventualne sanacije, te prilagođen za izvedbu naknadnih spojeva.

Najčešće se u novije vrijeme na trasama gravitacijskih kanala sanitarne kanalizacije ugrađuju predgotovljena revizijska okna, dok se monolitna okna od armiranog betona koriste u iznimnim slučajevima.

Ključno je pri odabiru vrste i materijala revizijskog okna, te načinu ugradnje pristupiti sustavno u fazi projektiranja da odabrana revizijska okna budu kompatibilna s odabranim materijalom cijevi kako bi sama izgradnja bila jednostavna, brza, te osigurala pouzdano postizanje projektiranih karakteristika sustava, uz zadovoljavanje svih traženih normi.

U fazi projektiranja primjenjivati nova saznanja, dobra iskustva i povratne informacije krajnjih korisnika/naručitelja iz prijašnjih projekata, obzirom na veliki napredak u materijalima okna, te razvoju u pogledu specijaliziranih vozila i alata za čišćenje, održavanje i sanaciju kanalske mreže.

Iz iskustava je primijećeno, da se u projektiranju ne može uvijek osloniti na dostupnu literaturu i smjernice zbog neusklađenosti istih s novim saznanjima koje su primijenjene u razvijenijim državama već dugi niz godina.

Veći broj revizijskih okana ne doprinosi smanjenju rizika od začepjenja ili oštećenja kanala, već štoviše, može povećati te rizike. Uz zadovoljenje svih pogonskih uvjeta, kao i uvjeta za održavanje sustava odvodnje, smanjenjem broja revizijskih smanjeni su troškovi građenja kanalske mreže, te povećana je sigurnost prometa.

Kod trasa kanala sustava odvodnje u priobalnom području ili u području s visokim nivoom podzemne vode, revizijska okna bit će podvrgnuta silama uzgona zbog njihovog zahtjeva da budu vodonepropusna. Tijekom projektiranja potrebno je analizirati utjecaj uzgona na ista, te odabrati optimalno rješenje rješavanja opteživača, ukoliko se gradi s predgotovljenim oknima, obzirom na dubine nivelete

kanala, priključaka na revizijsko okno, te dostupnog manipulativnog prostora u izgradnji.

Troškovi izgradnje kanalizacijskog cjevovoda mogu se značajno razlikovati ovisno o specifičnostima lokacije, poput vrste tla, dubine ugradnje, utjecaj mora/podzemne vode, dostupnosti i cijene radne snage, te uvjetima okoliša. Na primjer, ako je potrebno provoditi dodatne radove na stabilizaciji tla ili ako je okno postavljeno na teško dostupnom terenu, to može značajno povećati ukupne troškove ugradnje. U takvim slučajevima, iako određeni materijal može biti jeftiniji po nabavnoj cijeni, njegovo korištenje može rezultirati višim ukupnim troškovima.

Pri razmatranju ekonomičnosti primjene materijala i tehnika u izgradnji kanalizacijskih cjevovoda, a posebno pri odabiru revizijskih okana, ključno je uzeti u obzir sve bitne elemente koji utječu na ukupne troškove projekta, a ne samo nabavnu cijenu okna i pripadajućeg spojnog materijala. Fokusiranje isključivo na cijenu pojedinog elementa/materijala može dovesti do donošenja pogrešnih odluka, jer dodatni troškovi povezani s građenjem, kao što su troškovi transporta, ugradnje, prilagodbe lokalnim uvjetima i budućeg održavanja, mogu značajno utjecati na ukupnu ekonomičnost projekta.

8. LITERATURA I IZVORI

- [1] B. Tušar, Ispuštanje i pročišćavanje otpadne vode: s zakonskom regulativom, Croatiaknjiga, 2004.
- [2] Cloaca Maxima, <https://baustela.hr/estetika/rimljani-su-prije-2-000-godina-imali-kanalizaciju-i-vodovode-neki-su-bili-dugacki-i-do-100-kilometara/> (pristup 12.06.2024.)
- [3] Ž. Vuković, Osnove hidrotehnike, prvi dio, druga knjiga., Zagreb: Akvamarine, 1995.
- [4] J. Margeta, Kanalizacija naselja; odvodnja i zbrinjavanje otpadnih i oborinskih voda, Split: Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije Sveučilišta u Splitu, 2009.
- [5] Sustav odvodnje, https://www.pipelife.com/infrastructure/wastewater/manhole-and-chambers/jcr%3acontent/root/media_47539101/item/image.png Transformer/ media_16to10/md-4/1711643862288/Masterplan_Overly_marker2.jpg (pristup 15.06.2024.)
- [6] Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada, (NN 105/20)
- [7] Ljestve, <https://www.strojarstvo-cicek.hr/img/sigurnosna-oprema/SUSTAV-H50.jpg> (pristup 02.09.2024.)
- [8] Norma EN 124, https://www.pamline.es/sites/pamline.es/files/clasificacion_tapas_alcantarillado_fundicion_ductil.jpg (pristup 25.08.2024.)
- [9] PE okna, <https://webgradnja.hr/storage/materijali/vargon/katalog-vargokor-sahte.pdf> (pristup 15.07.2024.)
- [10] Tvornica Salonit, <https://www.fzoeu.hr/UserDocsImages/arhiva-prethodnih-savjetovanja/PROJEKTNI%20ZADATAK%2015.12.2021..pdf> (pristup 15.08.2024.)
- [11] Dalmacija cement, Tvornica Salonit, katalog, 1987.
- [12] PP okna, <https://heplast-pipe.hr/prodajni-program/okna/supra-strong-betonska-okna-s-plasticnom-kinetom/> (pristup 15.08.2024.)
- [13] EPA, <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P1000W83.TXT?Zy ActionD =Zy Document&Client=EPA&Index=2000+Thru+2005&Docs=&Query=&Time= &EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=> (pristup 16.08.2024.)
- [14] GRP okna, <https://www.franceenvironnement.com/entreprise/doc/image/doc-20ab37f8f9327ae1be5b328b49263eef15-img.jpg> (pristup 16.08.2024.)

- [15] Hidro consult d.o.o. Rijeka - arhiva, 2024.
- [16] PVC okno, <https://vitos.hr/proizvod/prolazno-slivnicko-dno-315-160-u10799224-1ulaz-1izlaz/> (pristup 20.07.2024)
- [17] I. Water, »IW-CDS-5030-03 (Revision 2 – 2020),« 2020
- [18] H. vode, Opći tehnički uvjeti za radove u vodnom gospodarstvu, 2022.
- [19] A. P. Moser, Buried pipe design., 1990.