Cevni sistem

MAPIKAN IN TERAKAN

Navodila za skladiščenje, transport in vgradnjo cevi

Kazalo

1. UVOD 2

2. LASTNOSTI CEVI MAPIKAN IN TERAKAN 2

2.1. DIMENZIJSKE IN OBLIKOVNE ZNAČILNOSTI 2

2.2. OBRAZLOŽITEV POJMA PROŽNA IN TOGA CEV 4

3. SPLOŠNI POGOJI RAVNANJA S CEVMI MAPIKAN IN TERAKAN 5

3.1. NAKLADANJE IN RAZKLADANJE 5

3.2. SKLADIŠČENJE 6

3.3. TRANSPORT 7

4. IZKOP JARKA 10

4.1. NEOPAŽENI IZKOP 10

4.2. OPAŽENI IZKOP 11

4.3. IZVEDBA GLOBOKEGA IZKOPA 13

4.4. DNO JARKA 14

5. VGRADNJA CEVOVODA 16

5.1. PRIPRAVA CEVNEGA MATERIALA 16

5.1.1. NABAVA CEVNEGA MATERIALA 16

5.1.2. PRIPRAVA CEVI 20

5.2. SPAJANJE CEVI 20

5.2.1. NAMESTITEV TESNILA NA CEV 21

5.2.2. POLAGANJE CEVI 22

5.2.3. MONTAŽA JAŠKOV 25

5.3. ZASIP CEVI 27

5.3.1. OSNOVE IZVEDBE PEŠČENEGA ZASIPA 30

5.3.2. KOMPAKTIRANJE ZASIPNEGA MATERIALA 30

5.4. PRIPRAVA PODLAGE ZA POLOŽITEV CEVI 35

5.4.1. IZVEDBA TEMELJA 35

5.4.2. IZVEDBA POSTELJICE 37

5.6. ZASIP CEVI 38

5.6.1. NAPRAVE ZA KOMPAKTIRANJE 39

5.6.2. DOLOČITEV POGOJEV ZA ZAGOTOVITEV MAKSIMALNEGA UČINKA KOMPAKTIRANJA 40

5.6.3. IZVEDBA ZGORNJE POSTELJICE 41

5.6.4. IZVEDBA OBSIPA CEVI 42

5.6.5. IZVEDBA PREKRIVNE CONE 43

5.6.6. IZVEDBA GLAVNEGA ZASIPA 43

5.6.7. IZVEDBA ZASIPA NA PROMETNO OBREMENJENIH POVRŠINAH 44

5.6.8. IZVEDBA ZASIPA, KADAR JE V GRADBENI JAMI PRISOTNA VODA 44

5.6.8. IZVEDBA ZASIPA V PRIMERU OPAŽENEGA IZKOPA 47

6. ZAKLJUČNA DELA 48

7. KONTROLA IZVEDENIH DEL 48

7.1. IZVEDBA PREIZKUSA TESNOSTI 48

8. SEZNAM UPORABLJENIH STANDARDOV S PODROČJA CEVNIH SISTEMOV 51

1. UVOD

To navodilo je namenjeno izvajalcem vgradnje kanalizacijskih rebrastih cevi Mapikan in Terakan.

Polietilenske cevi s strukturirano - rebrasto steno so bile prvič izdelane že v letu 1970. V naslednjih desetletjih se je tehnologija njihove izdelave izpopolnila do te mere, da so danes po kakovosti in uporabnosti enakovredne kateri koli drugi vrsti cevi, v nekaterih lastnostih (majhna teža, odpornost na udarce, vibracije, odpornost na abrazijo in deformacije) pa jih celo prekašajo. Zato svetovna poraba teh izdelkov strmo narašča in beleži letno stopnjo rasti od 15 do 25 %.

Seveda pa uporabnost in življenjska doba kanala nista odvisni samo od vrste uporabljenih cevi pač pa tudi od načina njihove vgradnje.

Zato je namen tega gradiva izvajalcu predlagati tehnične rešitve na podlagi katerih se zagotovijo optimalni pogoji izvedbe in s tem dolga življenjska doba cevovoda, ki pri ceveh Mapikan znaša 70 let, pri ceveh Terakan pa lahko tudi več kot 100 let.

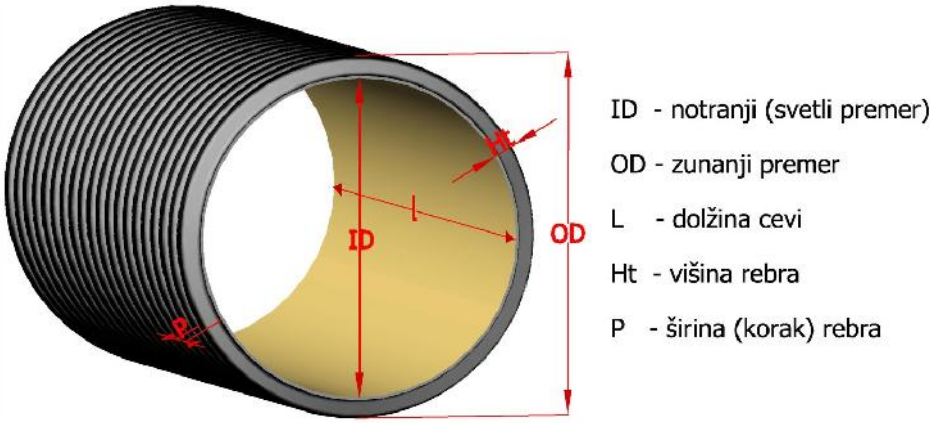
2. LASTNOSTI CEVI MAPIKAN IN TERAKAN

Cevi Mapikan in Terakan so izdelane iz materialov poliolefinskega tipa: Mapikan iz polietilena visoke gostote, Terakan pa iz polipropilen blok kopolimera (mešanice polipropilena in polietilena). Ta dva materiala sta v primerjavi z ostalimi polimeri, betonom in keramiko trpežnejša na udarce, tresljaje in abrazijo. Tako se cevi izdelane iz njih pri udarcu s topim predmetom ali padcu z višine praviloma ne poškodujejo. Odporne so tudi na drgnjenje in druge oblike abrazije. Svojo žilavost in elastičnost zadržijo tudi pri nizkih temperaturah vse do - 40° C. Njihova dodatna odlika je majhna teža.

2.1. Dimenzijske in oblikovne značilnosti

Cevi Mapikan in Terakan so izdelane skladno s standardom SIST EN 13476-3 (tip B). Dobavljive so v obliki palic dolžine 6 m.

Cevi Mapikan so izdelane v togostnih razredih SN 4 in SN 8, Terakan pa v togostnih razredih SN 8 in SN 16. Zunanja stena je črne barve. Notranja stena je pri ceveh Mapikan bele barve, medtem ko je pri Terakanu razreda SN 8 obarvana v slonokoščeni, pri Terakanu razreda SN 16 pa v svetlosivi barvi.



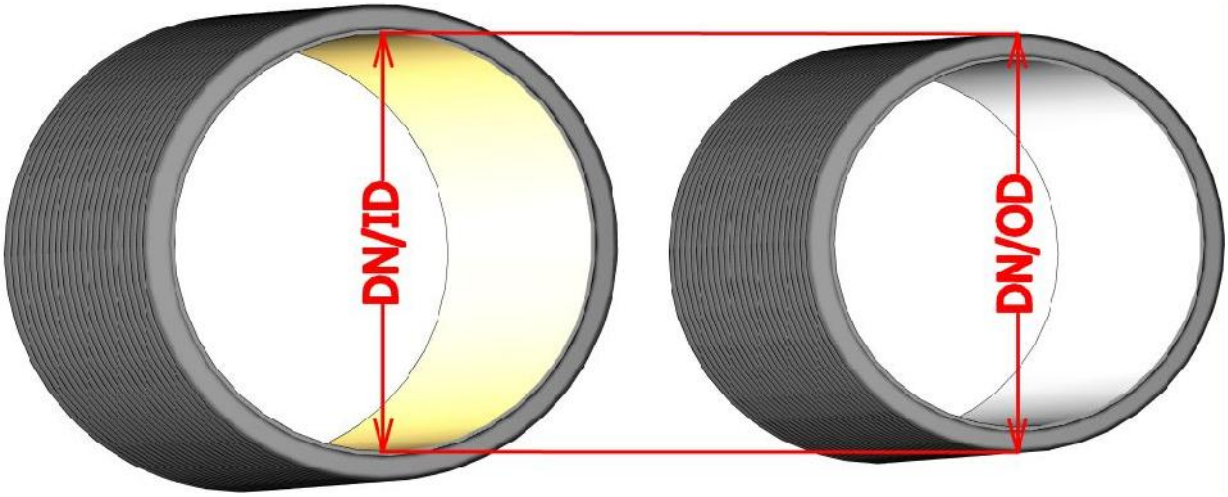
Slika 1: Karakteristične dimenzije na katere moramo biti pozorni pri uporabi cevi Mapikan in Terakan

Skladno s standardom SIST EN 476 so kanalizacijske cevi lahko standardizirane na zunanji ali notranji premer.

Cevi Mapikan so standardizirane na zunanji (OD) premer. Na voljo je deset različnih profilov naslednjih dimezij: 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000 in 1200 mm. Ne glede na obodno togost (SN 4, SN 8) imajo cevi enakega nazivnega premera praktično identičen zunanji in notranji premer ter višino in širino rebra.

Cevi Terakan so standardizirane na notranji (ID) premer. Na voljo je 8 različnih profilov naslednjih dimenzij: 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800 in 1000 mm. Tudi v tem primeru imajo cevi enakega premera ne glede na obodno togost identičen zunanji premer in širino rebra. Od premera ID 300

dalje pa imajo cevi obodne togosti SN 16 večjo višino rebra in temu sorazmerno nekoliko manjši notranji premer (ID).



Slika 2: Primerjava cevi standardiziranih na notranji DN/ID in zunanji DN/OD premer

Podrobnejši podatki o dimenzijah so razvidni iz tabele 1.

Tabela 1: Podatki o dimenzijah cevi Mapikan in Terakan

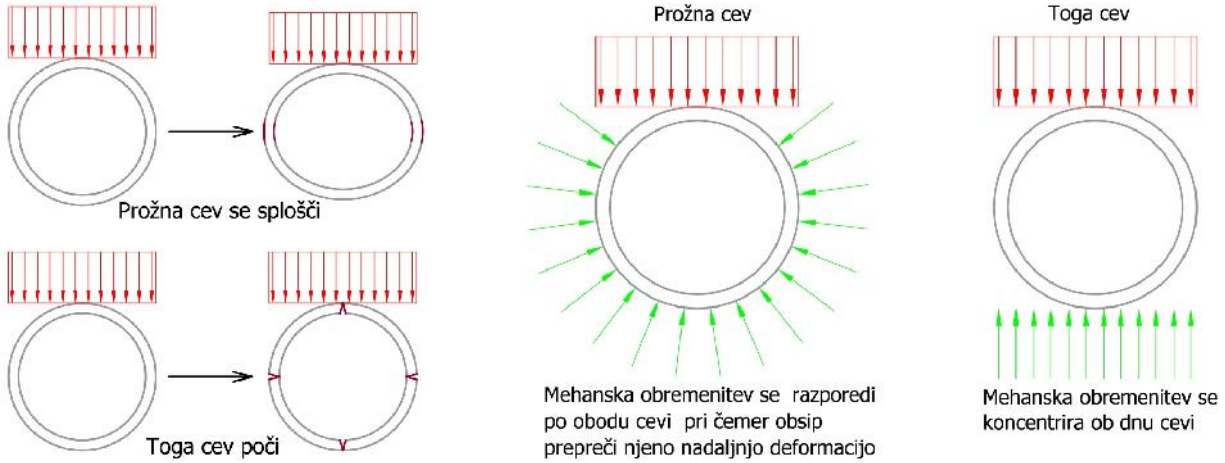
DN	MAPIKAN SN 4 IN SN 8						TERAKAN SN 8						TERAKAN SN 16					
	L	ID	OD	Ht	P	m	L	ID	OD	Ht	P	m	L	ID	OD	Ht	P	m
mm	m	mm	mm	mm	mm	kg	m	mm	mm	mm	mm	kg	m	mm	mm	mm	mm	kg
160	6000	138	160	11,0	13,0	1,5												
200	6000	176	200	12,0	16,5	1,8	6000	200	228	14,0	24,9	2,0	6000	198	228	15,0	24,9	3,1
250	6000	216	250	17,0	37,0	2,9	6000	250	292	21,0	28,5	2,5	6000	250	292	21,0	28,5	3,7
300							6000	300	345	22,5	39,8	4,3	6000	296	345	24,5	39,8	6,4
315	6000	271	315	22,0	42,0	4,6												
400	6000	343	400	28,5	49,0	7,0	6000	406	461	27,5	49,8	7,9	6000	394	461	33,5	49,8	9,5
500	6000	427	500	36,5	58,0	12,0	6000	511	580	34,5	66,4	12,8	6000	495	580	42,5	66,4	14,6
600							6000	612	695	41,5	79,6	17,5	6000	592	695	51,5	79,6	20,2
630	6000	535	630	47,5	74,0	17,7												
800	6000	678	800	61,0	89,0	24,5	6000	816	928	56,0	99,6	31,1	6000	790	928	69,0	99,6	35,8
1000	6000	851	1000	74,5	99,0	40,5	6000	1026	1168	71,0	132,8	46,8	6000	992	1168	88,0	132,8	54,9
1200	6000	1030	1200	85,0	111,0	56,0												

2.2. Obrazložitev pojma prožna in toga cev

Glede na to, kako reagirajo na mehansko obremenitev, se cevi delijo na prožne in toge.

Cevi Mapikan in Terakan spadajo v skupino prožnih cevi.

Prožna cev se pod vplivom delovanja sile deformira, tako, da na mestu obremenitve pride do zmanjšanja, ob straneh pa do povečanja njenega premera, zaradi česar se vtisne v podlago okoliškega zasipa. V primeru, ko je obsip cevi ustrezno utrjen (kompaktiran), ne dovoli premika in na ta način prepreči nadaljnjo deformacijo cevi. Profil cevi se zato splošči bistveno manj kot bi se v primeru, če ne bi prišlo do omenjenega povratnega učinka. Ker material, ki obdaja cev deluje kot neke vrste opaž, dolgoročna deformacija in stabilnost cevovoda nista odvisni samo od lastne mehanske trdnosti, pač pa tudi od geomehanskih lastnosti in stopnje zbitosti zasipnega materiala.



Slika 3: Učinek delovanja zunanje mehanske obremenitve na prožno in togo cev

Toge cevi (beton, keramika), se pod vplivom delovanja zunanje sile ne deformirajo, zaradi česar se prevzeta mehanska obremenitev ne more enakomerno porazdeliti na obsip cevi. Zato je v tem primeru stabilnost cevovoda odvisna izključno od njegove notranje trdnosti in če jo zunanja obremenitev po velikosti preseže, pride do njegove porušitve.

Ob upoštevanju navedenih razlik, **mehanska trdnost (togost) materiala ne more biti ustrezno in edino merilo za medsebojno primerjavo togih in prožnih cevi.**

Ena od značilnosti vseh plastičnih materialov je, da ob dolgotrajni mehanski obremenitvi pride do t.i. pojava lezenja (deformacije pod vplivom delovanja stalne sile). V primeru zmerne in kratkotrajne obremenitve se telo elastično deformira, zato se po razbremenitvi lahko povrne v svojo prvotno obliko. Kadar pa je učinek delovanja zunanje sile dolgotrajen pa lahko privede do popuščanja notranjih vezi (relaksacija materiala) in se po razbremenitvi ne more več povrniti v svojo prvotno obliko. Z inženirskega stališča je ta pojav nezaželen in kot tak tudi eden od omejitvenih dejavnikov pri izbiri materialov za zahtevne konstrukcijske namene. Z razvojem novih polimerov kamor sodijo tudi surovine iz katerih se izdelujejo cevi Mapikan in Terakan pa se je pojav lezenja močno omejil, tako da ne predstavlja več resnega problema. Po drugi strani je pojav relaksacije pri kanalizacijskih ceveh celo zaželena lastnost. V primeru plazenja zemlje ali ob potresih, pride do premika zemeljskih plasti, pri katerih se na izredno majhni površini sprostijo napetosti, ki lahko za nekajkrat presegajo dolgoročno trdnost betona ali jekla. Po izvedenem premiku, ki v veliki večini primerov ni večji od nekaj centimetrov, napetosti popustijo in stanje se normalizira. Vendar s to razliko, da kanalizacijske cevi, ki so izdelane iz togih materialov pri tem počijo ali se celo porušijo, cevi iz plastičnih materialov pa se zgolj deformirajo. Pri tem se sicer v notranji strukturi materiala pojavi določena mehanska napetost, ki pa zaradi pojava relaksaciije sčasoma popusti. Pri morebitnem ponovnem zemeljskem premiku cev zato deluje tako, kot da predhodno še ni bila obremenjena. Na ta način lahko brez škode prenese izredno velike deformacije, ki so po velikosti tudi do dvakrat višje kot bi bile, če bi do enakega učinka prišlo v enem samem koraku.

Kot je bilo že predhodno navedeno, se vsaka prožna cev ob vgradnji in zasutju delno deformira. Ta pojav zato imenujemo tudi začetna deformacija. Sčasoma se obseg deformacije še nekoliko poveča, dokler spremembe ob upoštevanju razumnih časovnih razmejitev (pričakovane življenjske dobe

kanala) ne postanejo zanemarljive. To stanje zato imenujemo končna deformacija. Kakšno je razmerje med začetno in končno deformacijo je odvisno od vrste cevnega materiala (obodne togosti), statične obremenitve cevi (višine zasipa), dinamične obremenitve cevi (prometne obremenitve), fizikalnih in ostalih lastnosti obsipa cevi, vrste zemljine v katero je vkopana gradbena jama in od načina ter pogojev vgradnje (stopnje zbitosti) obsipa cevi.

Seveda se pri tem zastavlja vprašanje, kakšna je največja dopustna deformacija cevi pri kateri so še vedno zagotovljene zadovoljive funkcionalne lastnosti cevovoda. Na podlagi več kot 30 letnih izkušenj je bilo ugotovljeno, da se pretočne lastnosti cevovoda poslabšajo, ko se cev preračunano na njen notranji premer deformira za več kot 15 %, da je vodotesnost spojev ogrožena, ko deformacija preseže vrednost 20 % in da se meja dolgoročne mehanske stabilnosti nahaja v območju med 20 in 35 % deformacije. Zato se skladno z določili tabele 12 standarda **SIST-TS CEN 15223:2008** (Cevni sistemi iz polimernih materialov - Veljavni parametri za načrtovanje plastomernih cevnih sistemov, položenih v zemljo - Plastics piping systems - Validated design parameters of buried thermoplastics piping systems) kot maksimalno še sprejemljive deformacije za PE in PP rebraste cevi upoštevajo:

1. Povprečna začetna deformacija je lahko enaka ali manjša od 9 %
2. Maksimalno dovoljena začetna deformacija je lahko enaka ali manjša od 12 %
3. Povprečna končna deformacija je lahko enaka ali manjša od 12 %
4. Maksimalno dovoljena končna deformacija je lahko enaka ali manjša od 15 %

Seveda pa naj bodo zgoraj navedene mejne vrednosti upoštevane res samo v utemeljenih primerih, kot na primer ob veliki globini izkopa, ob prisotnosti podzemne vode in upoštevanju dodatnega pogoja, da je deformacija cevi eliptična (enakomerno ovalna). Kadar pa deformacija cevi ni eliptična, pa skladno s standardom ATV A127 začetna deformacija ne sme biti večja od 6 % in v utemeljenih primerih do 9 %.

3. SPLOŠNI POGOJI RAVNANJA S CEVMI MAPIKAN IN TERAKAN

Glede na to, da so cevi Mapikan in Terakan odporne na udarce, tresljaje, abrazijo in nizke temperature, so postopki nakladanja, razkladanja, premikanja in montaže enostavnejši kot pri ostalih tovrstnih izdelkih. Kljub vsemu pa je pri delu z njimi še vedno potrebno razumno ravnanje. Zato v nadaljevanju predstavljamo osnovna pravila uporabe, da bo delo z njimi varno in učinkovito.

3.1. Nakladanje in razkladanje

Cevi se lahko nakladajo in razkladajo posamično ali več hkrati (naložene na paleti).

Nakladanje in prenos posamičnih cevi lahko izvajamo s pomočjo viličarjev, dvigal ali drugih v ta namen prirejenih naprav. Pri tem si lahko pomagamo tudi z uporabo vrvi ali namenskih oprtnih trakov, manjše cevi do nazivnega premera 400 mm pa je mogoče prenašati tudi ročno.

Pri uporabi viličarja si delo lahko olajšamo s podaljšanim viličarskim drogom. Ta mora biti izdelan iz toge kovinske cevi okroglega profila z ustrezno obdelanimi (zaobljenimi) zaključnimi robovi. Njegova dolžina mora biti najmanj enaka dolžini cevi, ki se transportira.

Slika 1: Prevoz cevi s pomočjo oprtnega traku

Slika 2 in 3: Viličarski drog za prenos cevi

Ob tem velja opozoriti, da je na ta način dovoljeno prevažati izključno polieteilenske in polipropilenske cevi, ne pa tudi cevi iz ostalih materialov, ki niso toliko odporne na udarce in abrazijo.

Prenos cevi povezanih v snop z verigo ali žično zanko ni priporočljivo, ker se zaradi vtisnjenja lahko poškoduje zunanja stena cevi.

Pri uporabi avto dvigala za pritrditev tovora uporabimo oprtne trakove ali vrvi v obliki zanke, namenske hidravlične klešče ali čeljusti pa samo v primeru, če ima naprava vgrajen krmilni mehanizem s katerim izberemo tako silo oprijema pri kateri ne more priti do poškodovanja zunanje stene cevi.

Cevi naložene na palete običajno prenašamo s pomočjo viličarjev. Natovarjamo jih vedno z bočne strani, pri čemer se mora točka težišča nahajati na sredini med obema vilicama. S tem preprečimo, da bi med prevozom prišlo do enostranskega nagibanja ali celo razsutja tovora.

3.2. Skladiščenje

Pri določitvi mesta skladiščenja upoštevajmo varnostni odmik od prometnih in transportnih poti, ki znaša najmanj 1 m od zunanjega roba vozišča.

Površina namenjena skladiščenju mora biti ravna, brez kamenja ali drugih izboklin.

Cevi vedno skladiščimo v ležečem položaju. V primeru, da jih za daljši čas odložimo v navpičnem ali poševnem položaju, lahko pride do njihovega ukrivljenja.

Pri odlaganju na neutrjeno površino (makadam, travnik) jih podložimo z ustreznim številom prečnih podpor. V ta namen se običajno uporabljajo leseni profili 10x10 cm. Pri ceveh nazivnega premera do 400 mm moramo uporabiti najmanj 4 podpore na dolžino cevi, pri ceveh večjega premera pa najmanj 3 podpore na dolžino cevi, ob upoštevanju, da dolžina cevi znaša 6 m.

Pri prostem zlaganju cevi vedno poskrbimo za ustrezno zaščito pred bočnim zdrsom, tako da se spodnja vrsta cevi zasidra ob podlago z lesenim klinom ali drugo ustrezno zagozdo.

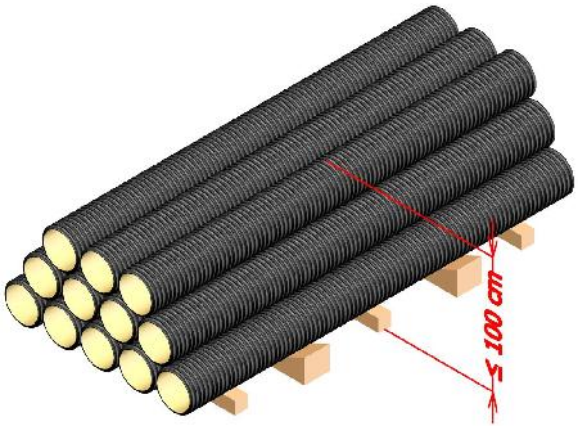
Slika 4: Pri prostem zlaganju je cevi potrebno podložiti s prečnimi podporami in poskrbeti za ustrezno bočno sidranje

Cevi z integrirano spojko (Terakan) je vedno potrebno zlagati v izmeničnem zaporedju, tako kot je prikazano na sliki 5.

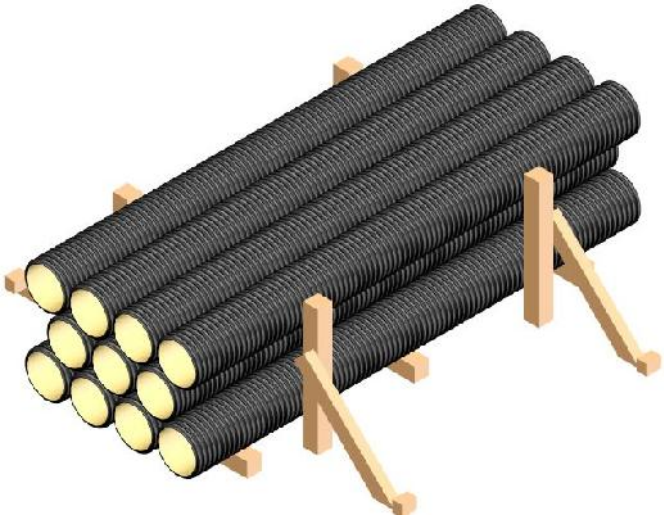
Slika 5: Način zlaganja cevi z integrirano spojko

Slika 6 in 7: Pri zlaganju paletiranih cevi morajo leseni venci nalegati eden nad drugega

Pri nalaganju paletiranih cevi vedno pazimo, da leseni venci nalegajo eden nad drugega (les na les). Na odložene cevi ni dovoljeno nalagati dodatnih težkih predmetov, ki bi v primeru dolgotrajnega delovanja lahko povzročili njihovo deformacijo (sploščitev).



Slika 8: Prosto odložene cevi ne smejo preseči skupne višine 1 m



Slika 9: Pri ustrezni bočni zaščiti je skupna višina odloženih cevi lahko tudi večja od 1 m, vendar praviloma manjša od 2 m

Skupna višina prosto odloženih cevi naj ne bo večja od 1 m, razen v primeru, če poskrbimo za zaščito proti bočnemu zdrsu po celotni višini naloženih cevi, ali če cevi nalagamo v namensko prirejene regale.

Skupna višina paletiranih cevi ne sme biti večja od 2,5 m, razen v primeru, ko se palete dodatno medsebojno poveže in zaščiti proti sili vetra.

Cevi nikoli ne skladiščimo v bližini ognja ali ostalih virov toplotnega sevanja, kadar ti presežejo temperaturo 70 ° C.

Cevi in tesnila prav tako ne smejo priti v stik z bencinom, dizelskim gorivom, organskimi topili, mazivi ali laki.

Material iz katerega so izdelane cevi vsebujejo UV stabilizatorje. Ne glede na to jih je v primeru daljše izpostavljenosti soncu (več kot leto dni), smiselno prekriti z neprozorno folijo ali jih kako drugače zaščititi pred neposrednim vplivom sončnih žarkov.

Ker cevi niso občutljive na delovanje vlage, snega in ledu, v zvezi s tem niso potrebni dodatni zaščitni ukrepi. Pozornost velja nameniti predvsem leseni embalaži in podstavkom in jih v primeru dolgotrajnega (večletnega) skladiščenja tudi ustrezno zaščititi.

3.3. Transport

Cevi se lahko prevažajo s klasičnimi ali posebej v ta namen prirejenimi vozili. Na odlagalni površini ne sme biti ostrih robov ali izboklin.

Pred izvedbo prevoza moramo poskrbeti za zavarovanje tovora, tako da jih po potrebi dodatno povežemo z zaščitnimi trakovi in s tem zavarujemo protu razsutju ali naletu.

V primeru nalaganja na kamione vlačilce ali železniške vagone, kamor je mogoče po dolžini zaporedno naložiti dve ali celo tri vrste cevi, je vmesni prostor smiselno zavarovati z zaščitnimi paneli in tako preprečiti medsebojni nalet in poškodovanje grla cevi.

Cevi z integrirano spojko vedno nalagamo v izmeničnem zaporedju, tako da spojke ne pritiskajo (niso v neposrednem kontaktu) s sosednjimi cevmi.

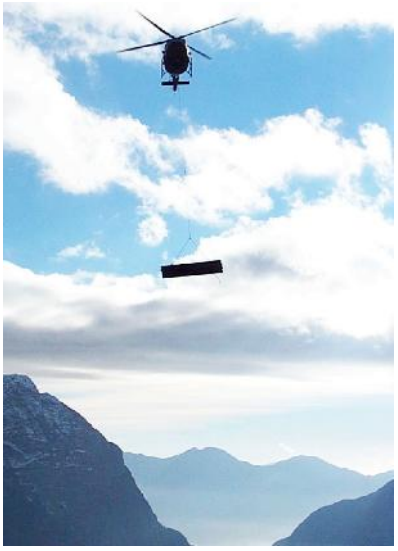
Kadar prevažamo cevi različnih profilov, upoštevajmo načelo, da se cevi večjega premera vedno nakladajo na dno vozila.

Slika 10 in 11: Zavarovanje tovora z zaščitnimi trakovi

Slika 12: Zavarovanje tovora proti naletu z zaščitno steno

V primeru, ko dolžina cevi presega dolžino tovornega dela vozila, v tehnični dokumentaciji vozila preverimo, kolikšen je lahko maksimalni previs tovora. V kolikor ni drugih omejitev, za kanalizacijske cevi iz polimernih materialov dolžine 6 m velja pravilo, da ta ne sme biti večji od petkratnika nazivnega premera cevi, oziroma 2 m pri ceveh katerih nazivni premer je večji od 400 mm.

Slika 12: Pri teleskopiranju se količina naenkrat pripeljanih cevi lahko poveča tudi do 3 krat



Slika 13 in 14: Zaradi majhne teže in odpornosti na udarce so cevi Mapikan in Terakan idealne za helikoptersko dostavo na težko dostopni teren

V primeru teleskopiranja (nalaganja cev v cev) je potrebno upoštevati:

- Nakladanje in razkladanje manjših cevi se izvede ročno, večjih pa s pomočjo dvigala, viličarja s podaljšanim drogom ali druge ustrezne naprave.
- Pri uporabi viličarskega droga vedno nakladamo in razkladamo posamične cevi.
- Pri uporabi avtodvigala lahko naenkrat naložimo ali razložimo celotno skupino teleskopsko vloženih cevi, vendar samo v primeru, ko ima dvigalo možnost dvotočkovnega vpetja tovora, s čimer se pri prenašanju zagotovi vodoravni položaj in tako prepreči zdrs notranjih cevi iz svojega ležišča.
- Vstavljanje cevi v drugo cev je potrebno izvesti pazljivo, da ne pride do medsebojnega drgnjenja in poškodovanja stene cevi.
- Naloženi tovor je potrebno učvrstiti, da med vožnjo ne pride do naleta ali njegovega razsutja

Cevi Mapikan in Terakan se paletirajo do velikosti nazivnega premera 400 mm.

Cevi v paleti so obdane s tremi lesenimi okviri (dimenzija profila 75x40 mm). Vsak okvir je nato dodatno povezan z jeklenim trakom.

Pri prevozu paletiranih cevi je potrebno upoštevati:

- Pri nakladanju pazimo da z robovi ne zadevamo ob stranice tovornega vozila.
- Palete nalagamo tesno eno ob drugo.
- V višino lahko naložimo največ dve paleti. Pri tem pazimo, da leseni venci pravilno nalegajo eden nad drugega.
- Če pri nakladanju pride do poškodovanja lesenih okvirov ali zaščitnih jeklenih trakov, je te potrebno nadomestiti z novimi.
- Po potrebi tovor dodatno zaščitimo z varovalnimi pasovi ali zaščitnimi paneli.

Podrobnejši podatki o velikosti palet in številu cevi, ki jih je mogoče odložiti na eno paleto so prikazani v tabeli 1.

Tabela 1: Podatki o velikosti palet

VRSTA CEVI		**MAPIKAN**					**TERAKAN**			
NAZIVNI PREMER		**160**	**200**	**250**	**315**	**400**	**200**	**250**	**300**	**400**
širina palete		1180	1175	1180	1180	1050	1190	1135	1190	1190
višina palete		1050	1130	1190	1180	1050	1020	1105	970	1190
dolžina palete (mm)	**Cevi brez spojk**	6000	6000	6000	6000	6000				
	Cevi s spojkami	6120	6120	6150	6150	6170	6240	6280	6400	6410

V tabeli 2 so prikazani okvirni podatki o količini cevi, ki jih je mogoče naložiti na en kamion vlačilec, ob upoštevanju velikosti njegovega tovornega prostora D x Š x V = 13,0 x 2,45 x 2,50 m.

Tabela 2: Podatki o količini cevi, ki jih je možno naložiti na kamion vlačilec*

VRSTA CEVI	**MAPIKAN**				**TERAKAN**			
NAZIVNI PREMER CEVI	**število 6 m cevi na paleti**	**metrov 6 m cevi na paleti**	**število 6 m cevi na kamion**	**metrov 6 m cevi na kamion**	**število 6 m cevi na paleti**	**metrov 6 m cevi na paleti**	**število 6 m cevi na kamion**	**metrov 6 m cevi na kamion**
110	105	630	840	5040				
125	77	462	616	3696				
160	46	276	368	2208				
200	30	180	240	1440	18	108	144	864
250	20	120	160	960	12	72	96	576
300					8	48	64	384
315	12	72	96	576				
400	8	48	64	384	5	30	40	240
500			48	288			38	228
600							24	144
630			30	180				
800			18	108			11	66
1000			10	60			7	42
1200			7	42				

* upoštevane so količine vključno s spojkami in tesnili

4. IZKOP JARKA

Pri graditvi vkopanih cevovodov prvo fazo izvedbe predstavlja izdelava jarka, ki obsega izkop gradbene jame, ureditev in zaščito stranskih brežin ter planiranje dna gradbene jame.

Pri delu moramo biti zbrani in pazljivi, saj se večina delovnih nesreč pri izgradnji kanalizacije zgodi prav zaradi zdrsa brežin ali zasutja gradbene jame z izkopanim oziroma pripeljanim materialom.

Zato je pri delu potrebno dosledno upoštevati varnostne in tehnične predpise, kakor tudi sprotna navodila strokovno tehničnega nadzora in ostalih odgovornih oseb na gradbišču.

Izkop jarka se izvaja strojno, oziroma ročno kadar uporaba strojev ni možna.

Glede na obliko in zaščito brežin se lahko izvede v neopaženi ali opaženi izvedbi.

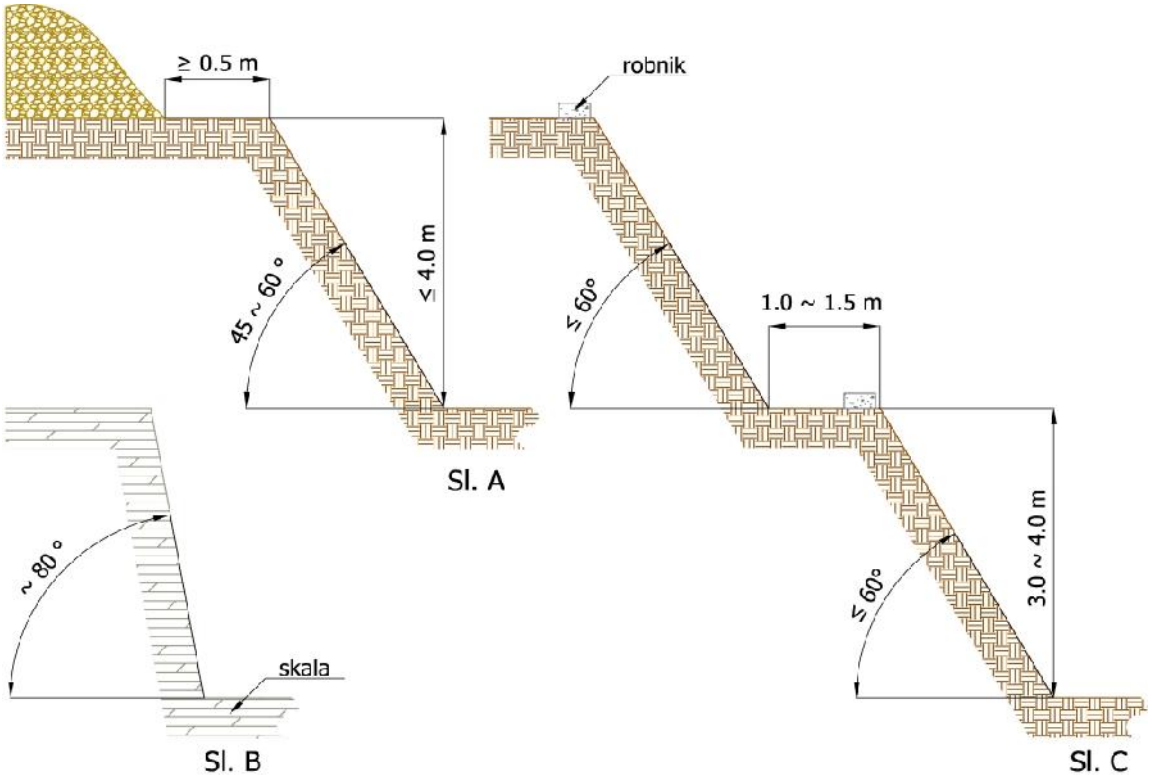
4.1. Neopaženi izkop

Neopaženi izkop se običajno uporablja pri izkopu jarkov majhne do srednje globine v stabilno zemljino, kjer ni prisotne podzemne ali zaledne vode. Bočne brežine imajo poševni naklon. Pri nevezljivih ali mehkih vezljivih zemljinah naklonski kot v smeri horizontale znaša 45° (1:1), pri trdih ali polmastnih zemljinah pa do 60° (1:1,75). Pri trdno vezljivih tleh in skalah, ali ko globina jarka ni večja od 1 m, je naklon lahko tudi večji, vse do 80° (1:6).

Kadar gradbena jama preseže globino 4 m, morajo brežine imeti stopničasto obliko. Stopnice (berme) širine od 1 do 1,5 m se izvedejo na medsebojni razdalji od 3 do 4 m (merjeno v navpični smeri). Rob berme se zaščiti z robnikom ali lesenim opažem, s čimer se prepreči nenadzorovano posipanje zemlje, ki odpada z brežin in drugega materiala, ki se uporablja pri gradnji.

Osnovna prednost neopaženega izkopa je v tem, da ni potrebna vgradnja opaža. S tem odpade tudi uporaba razpor, ki bistveno omejijo mobilnost strojne mehanizacije in s tem tudi hitrost izkopa.

Njegova največja pomanjkljivost je v tem, da zaradi poševnih brežin pri večjih globinah zahteva vsaj dvakrat tolikšno širino izkopa kot opaženi izkop. Zaradi tega se poveča količina izkopanega materiala, kar podraži stroške izvedbe, še posebej v primeru, če je zaradi neustreznih geomehanskih lastnosti izkopani material potrebno delno ali v celoti nadomestiti z drugim.



Slika 15: Način izvedbe brežin pri neopaženem izkopu: Sl. A zemljina I.-III. kategorije, do 4 m globine
Sl. B zemljina IV-VII. kategorije (skala)
Sl. C zemljina I.-III. kategorije, nad 4 m globine

Ne glede na nevarnosti kateri so izpostavljeni delavci med gradnjo, se večina neopaženih gradbenih izkopov izvaja z naklonom brežin, ki je večji od 60°. Ali je tak način gradnje varen, je strokovno vprašanje na katerega lahko da primeren odgovor samo ustrezno usposobljeni geomehanik.

4.2. Opaženi izkop

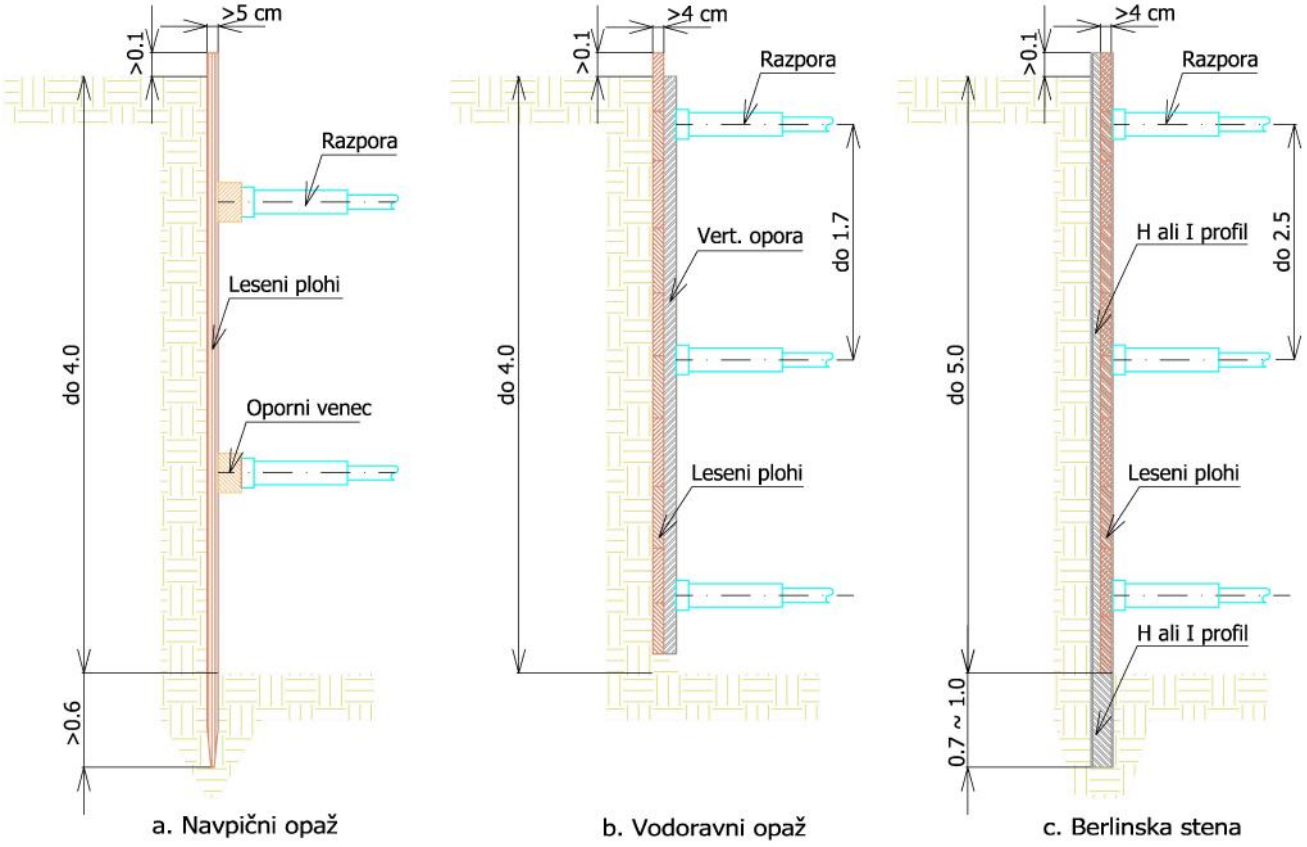
Kadar ima gradbena jama navpične stene in presega globino 1 metra, jo je potrebno zavarovati z zaščitnim opažem.

Pri gradbenih jamah globine do 4 m v katerih ni prisotne podzemne vode, lahko zavarovalno konstrukcijo izdelamo po izkopu jame.

Navadno opažimo celotno površino brežin. V ta namen običajno uporabimo razprti leseni opaž, v večini primerov so to plohi debeline 5 cm in dolžine do 4 m. Lahko jih razporedimo v vodoravni ali navpični smeri.

Pri vodoravnem opaženju plohe opiramo na sohe, ki so lahko lesene ali jeklene, te pa nato medsebojno razpiramo z lesenimi ali še bolje vijačnimi oz. hidravličnimi jeklenimi razporami. Na ta način učinkovito zaščitimo celotno površino brežine, razen njenega najnižjega dela, ki v primeru, ko v gradbeni jami ni prisotne podzemne vode tako ali tako ne predstavlja nobene nevarnosti. Prednost vodoravnega opaženja je v enostavnosti izvedbe in relativno majhni obrabi opažnega materiala.

Posebna oblika vodoravnega opaža je t.i. **Berlinska stena**. Ta se izvede tako, da se jeklene H ali I profile še pred izkopom zabije v tla (razmik postavitve od 1 do 3 m), vmesni prostor pa se nato v fazi izkopa sproti zapolnjuje z opažem. Ker je konstrukcija gibka, jo je potrebno dodatno sidrati ali razpirati.



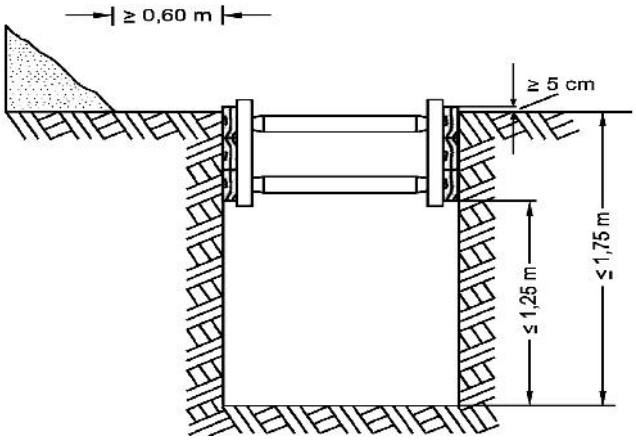
Slika 16: Načini varovanja brežin z lesenim opažem

V primeru, ko je potrebno zaščititi tudi spodnji rob brežine, uporabimo **navpični opaž**. V ta namen lahko uporabimo lesene plohe debeline 5 cm, ki so na spodnji strani zašiljeni in okovani, tako da jih je mogoče zabijati v tla. Okovan je tudi ravni zgornji rob (glava ploha). Ob straneh imajo običajno utore, tako, da se doseže boljši medsebojni spoj. Opaž zabijamo ročno ali strojno. Glavo ploha pred tem zavarujemo z jeklenim čevljem. Celotni opaž je oprt na horizontalne vence, ki so razprti z jeklenimi ali lesenimi razporami. Pomanjkljivost tega načina je, da so leseni deli kljub kovinski zaščiti

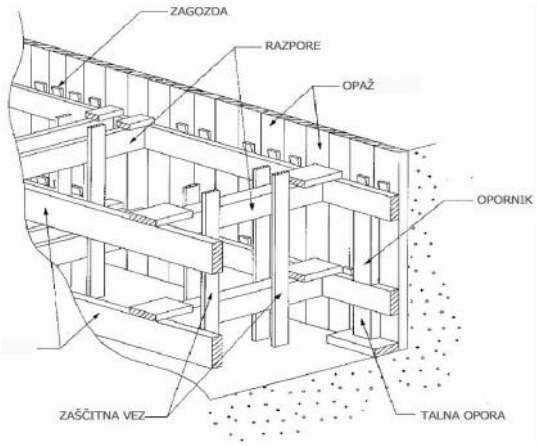
izpostavljeni hitri obrabi. Zato je namesto njih bolje uporabiti jeklene zagatnice, ki so sicer namenjene za izvedbo t.i. zagatnih sten.

V primeru, ko globina jarka ne presega 1,75 m, za zavarovanje zadošča že razpiranje roba gradbene jame, tako kot je prikazano na sliki 17.

Pri izkopu jarka katerega globina je manjša od 3 m pa obstaja tudi možnost izvedbe navpičnega opaža brez sidranja (zabijanja v tla), s tem da opaž zaščitimo izključno z razpiranjem. Ta rešitev razvidna iz slike 18 zato zahteva nekoliko večjo gostoto razpiral, kar predstavlja dodatno oviro pri izvajanju del.



Slika 17: Način razpiranja gradbene jame, kadar je njena globina manjša od 1,75 m



Slika 18: Izvedba navpičnega lesenega opaža varovanega z razporami, brez sidranja (zabijanja) v tla

Glede na to, da ima leseni opaž omejeno trajnost pa tudi slabo odpornost na vlago in vremenske vplive, so se v zadnjih letih pričeli uveljavljati kovinski opaži, bodisi v montažni ali kompaktni izvedbi.

Montažni opaž je sestavljen iz kovinskih plošč ojačenih s profili, ki se na gradbišču povežejo z razporami, tako da tvorijo kompaktno škatlasto strukturo. Kompaktni opaži imajo prav tako škatlasto strukturo, s to razliko, da so izdelani iz enega kosa.

Slika 19: Montažni kovinski opaž z nogami

Slika 20: Kompaktni opaž

Slika 21: Štiritočkovno vpetje kompaktnega opaža in premik s pomočjo bagra

Zaradi svoje masivnosti in togosti zahtevajo manjše število razpor, zato pri strojnem izkopu nastopa bistveno manj ovir kot pri uporabi klasičnega opaža. Premika se jih s pomočjo bagra, tako da se jih vpne na štirih mestih in spusti v gradbeno jamo. Po končanih delih se jih na enak način tudi odstrani. Njihova velika slabost je, da so zelo masivni in zato tudi težki za rokovanje. Zaradi velike debeline sten se po odstranitvi ob stenah izkopa oblikuje prazen prostor, ki ga kasneje zapolni okoliški teren, zaradi česar običajno pride do razmikanja obsipa cevi in v nadaljevanju do deformacije cevovoda.

Zato je potreben poseben način postavitve v jamo, tako, da dno opaža sega le do zgornjega roba obsipa cevi.

V primeru, ko izkop gradbene jame izvajamo na zemljišču, kjer pričakujemo prisotnost podzemne vode, je stene izkopa najbolje zaščititi z zagatnimi stenami.

Zagatna stena je običajno izdelana iz prefabriciranih kovinskih elementov, ki jih lahko medsebojno spenjamo in še pred pričetkom izkopa zabijemo (vtisnemo) v tla. V začetni fazi izkopa deluje opaž kot v zemljino vpeta konzola in jo zato ni potrebno razpirati ali kako drugače varovati. Pri globljem izkopu pa jo zavarujemo, bodisi s sidranjem ali razpiranjem. Vendar je v tem primeru zaradi večje nosilnosti potrebno uporabiti bistveno manjše število razpor kot v primeru uporabe klasičnega opaža. Zato taka rešitev predstavlja tudi manj omejitev za uporabo težke gradbene mehanizacije. Prednost je tudi v tem, da nosilnost opaža po potrebi lahko poljubno stopnjujemo in da v primeru pojava podzemne vode sorazmerno dobro tesni. Ker ima majhno debelino stene, po izvlečenju za seboj pusti minimalno rego, zaradi česar je tudi verjetnost, da pride do razmika zasipa in posledično deformacije cevi bistveno manjša kot pri ostalih vrstah opaža.

Največja njena slabost je v tem, da se lahko uporablja zgolj na območjih s fino (homogeno) sestavo tal, kjer ni skalnate podlage ali prisotnih skal samic.

Slika 22-24: Zaščita jarka z zagatnimi stenami

4.3. Izvedba globokega izkopa

Pri zavarovanih izkopih enega od omejitvenih dejavnikov predstavlja tudi njegova globina, ki je odvisna od dolžine podpornih elementov. Standardne oblike lesenih elementov praviloma ne presegajo dolžine 4 m, medtem ko so elementi zagatnih sten le izjemoma daljši od 6 m. Zato je v primeru, ko je globina izkopa večja od 5 m, potrebno zagotoviti drug način varovanja brežin. Ena od možnosti je izvedba kaskadne stene z vmesno bermo. Običajno jo izvajamo s pomočjo zagatnih sten, tako, da po izkopu prve kaskade v dno gradbene jame vtisnemo nove zagatnice in nadaljujemo z ožjim izkopom. V ta namen so zelo uporabni tudi kompaktni opaži, ki se jih postavi na mesto izkopa, nato pa prične z izkopavanjem, pri čemer se opaž sproti ugreza v tla. Ko se dokončno ugrezne, v izkopano jamo postavimo nov ožji opaž in postopek nadaljujemo dokler ne dosežemo želene globine izkopa.

Poleg navedenih klasičnih načinov varovanja gradbenih jam, obstajajo tudi druge možnosti izvedbe, kot npr. zaščita s pilotnimi stenami. Na zemljišču s peščeno podlago je možna uporaba jet grouting slopov. Skupna značilnost teh tehnologij je, da so zapletene in drage in zato pri gradnji kanalov le redko uporabljene. V takih primerih je zato veliko boljša rešitev klasični rudarski podkop, v zadnjem času pa tudi daljinsko vodeno podvrtavanje.

Slika 25: Zaščita s pomočjo kaskadnega opaža

Slika 26: Zaščita izkopa s pomočjo jet grouting slopov

Slika 27: Naprava za daljinsko vodeno podvrtavanje

4.4. Dno jarka

Kot je bilo že predhodno ugotovljeno, mora biti jarek dimenzioniran in oblikovan tako, da je vanj mogoče strokovno in varno vgraditi cevovod. Pri tem je še zlasti pomembno, kolikšna je širina dna jarka. Ta je odvisna od profila (zunanjega premera) cevi, globine izkopa in naklona brežin. Normativ kolikšna mora biti minimalna širina dna jarka je predpisan v standardu SIST EN 1610:2001 - Gradnja in preskušanje vodov in kanalov za odpadno vodo - Construction and testing of drains and sewers. Vrednosti prirejene za cevi Mapikan in Terakan so prikazane v tabeli 3 in 4:

Tabela 3: Minimalna širina dna jarka, kadar je naklonski kot brežine β<60° (SIST EN 1610)

Vrsta uporabljenih cevi	Širina dna izkopa (m) pri globini:			
	do 1 m	od 1 do 1,75 m	od 1,75 do 4 m	nad 4 m
Mapikan OD 110	0,51	0,80	0,90	1,00
Mapikan OD 160	0,56	0,80	0,90	1,00
Mapikan OD 200	0,60	0,80	0,90	1,00
Mapikan OD 250	0,65	0,80	0,90	1,00
Mapikan OD 315	0,72	0,80	0,90	1,00
Mapikan OD 400	0,80	0,80	0,90	1,00
Mapikan OD 500	0,90	0,90	0,90	1,00
Mapikan OD 630	1,03	1,03	1,03	1,03
Mapikan OD 800	1,20	1,20	1,20	1,20
Mapikan OD 1000	1,40	1,40	1,40	1,40
Mapikan OD 1200	1,60	1,60	1,60	1,60
Terakan ID 200	0,63	0,80	0,90	1,00
Terakan ID 250	0,70	0,80	0,90	1,00
Terakan ID 300	0,75	0,80	0,90	1,00
Terakan ID 400	0,86	0,86	0,90	1,00
Terakan ID 500	0,98	0,98	0,98	1,00
Terakan ID 600	1,10	1,10	1,10	1,10
Terakan ID 800	1,33	1,33	1,33	1,33
Terakan ID 1000	1,57	1,57	1,57	1,57

Tabela 4: Minimalna širina dna jarka za opaženi izkop ali kadar je naklonski kot brežine β>60°, (SIST EN 1610)

Vrsta uporabljenih cevi	Širina dna izkopa (m) pri globini*:			
	do 1 m	od 1 do 1,75 m	od 1,75 do 4 m	nad 4 m
Mapikan OD 110	0,51	0,80	0,90	1,00
Mapikan OD 160	0,56	0,80	0,90	1,00
Mapikan OD 200	0,60	0,80	0,90	1,00
Mapikan OD 250	0,75	0,80	0,90	1,00
Mapikan OD 315	0,82	0,82	0,90	1,00
Mapikan OD 400	1,10	1,10	1,10	1,10
Mapikan OD 500	1,20	1,20	1,20	1,20
Mapikan OD 630	1,33	1,33	1,33	1,33
Mapikan OD 800	1,65	1,65	1,65	1,65
Mapikan OD 1000	1,85	1,85	1,85	1,85
Mapikan OD 1200	2,05	2,05	2,05	2,05
Terakan ID 200	0,73	0,80	0,90	1,00
Terakan ID 250	0,80	0,80	0,90	1,00
Terakan ID 300	0,85	0,85	0,90	1,00
Terakan ID 400	1,16	1,16	1,16	1,16
Terakan ID 500	1,28	1,28	1,28	1,28
Terakan ID 600	1,40	1,40	1,40	1,40
Terakan ID 800	1,78	1,78	1,78	1,78
Terakan ID 1000	2,02	2,02	2,02	2,02

V tabelah so podane notranje svetle širine izkopa V primeru opaženega izkopa je k navedenim vrednostim potrebno prišteti še debelino opaža.

Širina dna jarka je seveda lahko tudi večja, vendar moramo pri tem upoštevati, da se s tem poveča tudi poraba materiala za obsip cevi in poslabšajo pogoji za njegovo utrditev. Temu sorazmerno višja je tudi začetna stopnja deformacije cevovoda. Zato takrat, ko je širina izkopa bistveno večja kot je bila predvidena v projektni dokumentaciji, smiselno preveriti, ali je zaradi spremenjenih pogojev vgradnje potrebno opraviti ponovni statični izračun cevovoda.

Poseben primer vgradnje predstavljajo paralelno položeni cevovodi. V kolikor ni drugače določeno je med njimi potrebno pustiti varnostni razmik ki za cevi do vključno nazivnega premera 630 mm znaša 350 mm za cevi nazivnega premera 800 in 1000 mm pa 500 mm.

Ko je pri izkopu dosežena predpisana globina, se preveri nosilnost dna gradbene jame. V kolikor ta ustreza zahtevam projekta, se izvede fina poravnava dna pri čemer se odstrani tudi odvečno kamenje in ostali grobi material. Kadar pa tla ne dosegajo ustrezne nosilnosti, je potrebno poskrbeti za njegovo utrditev po enem od postopkov predstavljenih v poglavju 5.4.1. tega navodila.

Pri fini poravnavi se določi tudi padec dna gradbene jame. Izmeri se ga z optičnim ali še bolje laserskim nivelirjem. V zadnjih letih se je zelo uveljavila tudi uporaba t.i. cevnih laserskih nivelirjev, s katerim padec kanala izmerimo neposredno v ali na cevi, pri čemer poleg vzdolžnega padca lahko preverimo tudi morebitni prečni odmik od osi. Poleg tega je možna takojšnja uravnava lege cevi.

Slika 28 in 29: rotirajoči laserski nivelir

Slika 30: cevni nivelir

5. VGRADNJA CEVOVODA

Priprava dna gradbene jame, montaža in zasip cevi predstavljajo najpomembnejše delovne operacije pri izvedbi vsakega cevovoda. Od njih so odvisne bodoče funkcionalne lastnosti, kot npr. vodotesnost, pretočnost in življenjska doba kanala.

Vgradnjo cevi naj zato izvajajo usposobljeni delavci pod ustreznim strokovnim nadzorom. Pri izvedbi je potrebno upoštevati splošne smernice za polaganje cevovodov, ki so okvirno definirane v standardu SIST EN 1610:2001 - Gradnja in preskušanje vodov in kanalov za odpadno vodo - Construction and testing of drains and sewers.

V standardu SIST ENV 1046:2002 - Cevni sistemi iz polimernih materialov - Sistemi zunaj stavb za transport vode ali kanalizacije - Postopki za vgradnjo nad zemljo in pod njo - Plastics piping and ducting systems - Systems outside building structures for the conveyance of water or sewage - Practices for installation above and below ground pa so podrobneje določeni tudi pogoji vgradnje cevovodov iz polimernih materialov.

Pred pričetkom polaganja cevovoda je potrebno izvesti ponovno kontrola izkopa, in pripraviti material potreben za vgradnjo.

Kontrola izkopa obsega: kontrolo brežin in zaščitnega opaža, kontrolo globine in naklon dna gradbene jame.

Kontrolo brežin in zaščitnega opaža, kadar je ta vgrajen, je skladno s predpisi iz varnosti in zdravja pri delu sicer potrebno opravljati ves čas izvajanja zemeljskih del. Še posebej pa moramo biti previdni v času padavin ali ob vdoru podzemne vode v gradbeno jamo, v primeru, ko se gradnja izvaja na plazovitem terenu, po potresu, ob daljši odsotnosti z gradbišča, npr. v času praznikov ipd. V okviru kontrole globine izkopa ter naklona dna jarka preverimo, če se izmerjene vrednosti skladajo s podatki navedenimi v projektni dokumentaciji. V primeru nedopustnega odstopanja izvedemo ustrezne popravke.

V okviru pripravljalnih del je potrebno izvesti tudi pripravo materiala, ki poleg cevnega materiala (cevi, fazonskih komadov, jaškov in pokrovov obsega tudi gramoz ter pomožni gradbeni material kot beton, jeklene elemente za sidranje in armiranje, geotekstil in podobno.

5.1. Priprava cevnega materiala

V sklop pripravljalnih del sodi nabava cevnega materiala, ki poleg samih cevi vključuje tudi spojni material, fazonske komade in jaške.

Tej fazi sledi ureditev začasne skladiščne površine, ki se običajno nahaja v neposredni bližini gradbišča. V nadaljevanju se izvede dostava in raztovor blaga ob katerem se opravi tudi vizuelna kontrola in ugotavljanje ustreznosti pripeljanega materiala.

5.1.1. Nabava cevnega materiala

Pri nabavi cevi je najprej potrebno preveriti ali ponujeno blago ustreza predpisanim zakonskim in tehničnim zahtevam. Glede izpolnjevanja zakonskih zahtev je potrebno upoštevati trenutno veljavno zakonodajo s področja gradbenih proizvodov. Tako mora vsak gradbeni proizvod ustrezati zahtevam veljavnih evropskih standardov, če pa teh ni, drugim tehničnim specifikacijam (Slovenski nacionalni standardi in predpisi ter Slovenska in Evropska tehnična soglasja). Tako je dobavitelj blaga dolžan predložiti vso potrebno dokumentacijo, ki je bila izdelana, oziroma pregledana in potrjena s strani pooblaščene slovenske institucije za izdajanje tehničnih soglasij.

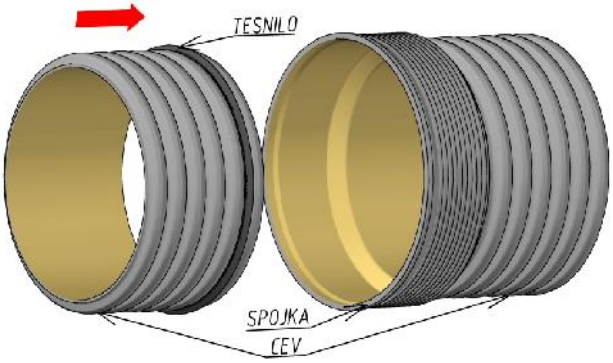
Glede izpolnjevanja tehničnih zahtev je potrebno preveriti ali ponujeno blago ustreza podatkom navedenim v projektni dokumentaciji. Pri tem moramo še posebej biti pozorni, da ima ustrezno obodno togost in da omogoča zadostno pretočnost kanala.

Pri zahtevah glede obodne togosti vedno velja načelo, da mora cev imeti najmanj enako ali večjo obodno togost od vrednosti navedene v statičnem izračunu projekta.

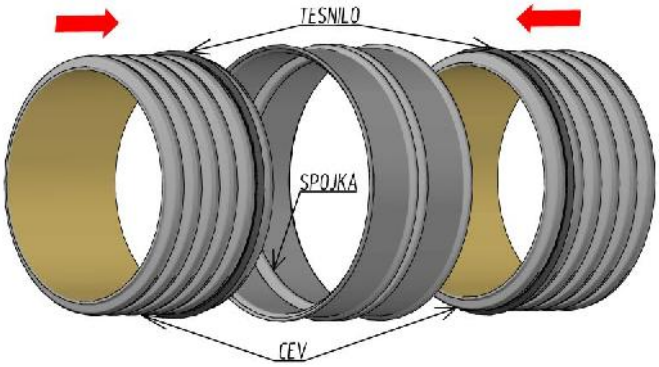
Pretočnost kanala je neposredno odvisna od notranjega (ID) premera cevovoda. Zato je potrebno preveriti ali v projektni dokumentaciji predpisani profil ustreza notranjemu (ID) ali zunanjemu (OD) premeru. Kadar za izvedbo ni moč zagotoviti enakega notranjega premera kot je naveden v hidravličnem izračunu, je potrebno izbrati po velikosti najbližji večji profil cevi.

Pred naročilom materiala vedno preverimo ali se količine navedene v projektni dokumentaciji ujemajo z dejanskimi količinami potrebnimi za izvedbo projekta. Pri tem moramo še posebej biti pozorni na različne fazonske komade (cevne priključke, odcepe, kolena, čepe, vmesne kose, reducirje ipd.) pa tudi peskolove in jaške, ki v projektnem popisu marsikdaj niso v celoti upoštevani. Priporočljivo je, da še pred izvedbo naročila opravimo kompletno zakoličbo komunalnih vodov in naprav, na podlagi katere najlažje ugotovimo morebitno potrebne popravke ali dopolnitve podatkov iz projektne dokumentacije.

Posebno pozornost moramo nameniti tudi spojnemu materialu. Še pred dostavo blaga vedno preverimo, ali je v naročilo vključen tudi tesnilni material (tesnila in spojke), s tem, da navedemo, da je predmet naročila kompletna dobava cevnega materiala, »vključno s priborom«. Pri tem moramo biti pozorni tudi na število tesnil, ki je odvisno od vrste uporabljene spojke. V primeru vgradnje cevi z integriranimi spojkami je število potrebnih tesnil enako številu vgrajenih cevi. V primeru uporabe dvojnih spojk pa potrebujemo dvakrat toliko tesnil kot je število vgrajenih spojk oziroma cevi.



Slika 31: Način spajanja cevi - integrirana spojka



Slika 32: Način spajanja cevi - dvojna spojka

Ob naročilu je potrebno upoštevati tudi število cevi katerih dolžina bo manjša od 6 m. Do takšne situacije običajno pride, ko je razdalja med dvema točkama na kanalizacijskem omrežju (npr. med dvema jaškoma) vnaprej določena in jo ni dovoljeno spreminjati. V tem primeru je cev standardne dolžine 6 m potrebno ustrezno skrajšati, preostanek pa nato porabiti kje drugje. Pri tem moramo upoštevati, da vsak dodatni odrezek zahteva novo dvojno spojko in 2 kom. dodatnih tesnil.

Kadar se cevi medsebojno spajajo po postopku sočelnega ali ekstruzijskega varjenja, odpade uporaba spojk in tesnil. V tem primeru so zato predmet naročila samo cevi brez pribora, možno pa je naročiti izvajalca varjenja (Minerva Žalec).

Pri izvedbi večjih projektov, ki se običajno izvajajo skozi daljše časovno obdobje, se pogosto zgodi, da v toku izvajanja del pride do zamenjave dobavitelja cevnega materiala. Pri tem moramo biti pozorni na morebitne medsebojne razlike in probleme z medsebojno združljivostjo teh izdelkov. Do razlik ne prihaja samo med cevmi, ki so izdelane iz različnih materialov in so zato tudi deklarirane na osnovi različnih proizvodnih standardov, pač pa tudi med tistimi, ki so izdelane iz enakih materialov in ustrezajo zahtevam istega standarda. V zahtevah dimenzijske skladnosti je običajno predpisan zgolj nazivni premer cevi, ki je lahko notranji ali zunanji, ne pa tudi debelina stene, širina rebra in podobno. Na ta način med cevmi različnih proizvajalcev lahko pride do občutnih razlik v velikosti notranjega ali zunanjega premera, ki pri ceveh večjega profila lahko preseže vrednost 3 cm. Zaradi različne višine in oblike rebra, morajo temu ustrezno biti prilagojena tudi tesnila in spojke. Zato tesnilnega materiala različnih proizvajalcev ni priporočljivo medsebojno menjati, saj s tem tvegamo netesnost cevovoda. V takem primeru zato upoštevajmo naslednja priporočila:

1. Kadar se na gradbišču uporabljajo cevi različnih proizvajalcev, jih medsebojno ločimo in ustrezno označimo.
2. Pri ugotavljanju istovetnosti si pomagamo s podatki, ki so tovarniško odtisnjeni tako na ceveh, kot tudi tesnilih.
3. Pri vgradnji vedno uporabljajmo originalna tesnila in spojke.
4. Na posameznem kanalizacijskem odseku vedno uporabljajmo cevni material enega samega proizvajalca, zamenjavo pa izvedemo na jašku, pri čemer mora ta biti opremljen z ustreznimi nastavki, ki so kompatibilni z eno in drugo vrsto materiala.

5. V kolikor zamenjave ni mogoče izvesti v jašku, je potrebna vgradnja ročno izdelanega vmesnega kosa, ki premosti morebitne medsebojne razlike v velikosti in obliki cevi ter pripadajočih tesnil.

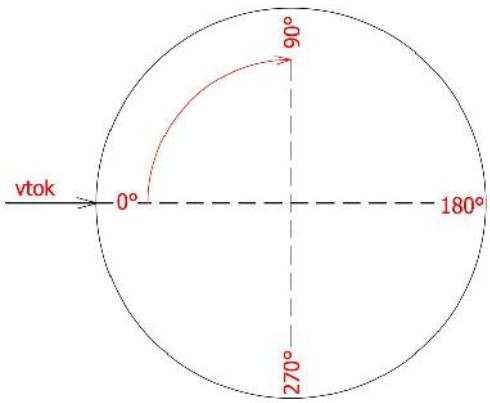
V postopku priprave naročila je največ pozornosti potrebno nameniti specifikaciji jaškov. Od njihove višine, smernih kotov in odcepov je namreč odvisna bodoča globina in smer kanala, kakor tudi možnost izvedbe stranskih priključkov. Da bomo med izvajanjem del imeli kar najmanj težav upoštevajmo naslednja priporočila:

1. Izbrana vrsta jaškov mora biti kompatibilna s cevnim materialom. To pomeni, da na mestu spojev omogoča uporabo originalnih tesnil in spojk, ki ob normalnih pogojih vgradnje zagotovijo čvrst in zanesljiv spoj. Zato je jaške najbolje naročiti pri dobavitelju cevnega materiala. Le v tem primeru odpade mučno ugotavljanje odgovornosti ali je vzrok za morebitno netesnost cevovoda na mestu priiklopa jaška cevni material ali neustrezna kakovost jaška.
2. Pred izvedbo naročila preverimo, ali podatki navedeni v projektni dokumentaciji ustrezajo dejanskemu stanju na terenu. Priporočljivo je, da še pred naročilom opravimo tudi kompletno zakoličbo komunalnih vodov in naprav, pri kateri običajno najlažje ugotovimo morebitno potrebne prilagoditve smeri in globine kanala.
3. Naročajmo vedno jaške, ki so velikostno kar najbolje usklajeni z dejansko globino bodočega kanala. Na ta način ne bo potrebnih kasnejših predelav (krajšanje ali nadgradnja).
4. Pri naročilu navedite naslednje podatke:
   - Vrsta jaška (Mapikan, Terakan)
   - Nazivni premer jaška (Terakan 600, 800 in 1000 mm, Mapikan 630, 800, 1000, in 1200 mm)
   - Oblika vstopne odprtine (s konusom, brez konusa)
   - Višina jaška (lahko tudi kota vrha in dna jaška)
   - V primeru vgradnje plavajočih pokrovov, debelino pokrova, vključno z betonskim vencem
   - Vrsto (Mapikan Terakan) in nazivni premer vtočne in iztočne cevi
   - Smerni kot med vtočno in iztočno cevjo (izraženo v kotnih stopinjah)
   - Podatek o tem, če je potrebna vgradnja vstopne lestve
   - V primeru naročila kaskadnega jaška koto dna vtočne cevi, merjeno na vhodu v jašek ter če je potrebna izvedba suhega izliva (fajfa)
   - V primeru naročila jaška s stranskimi priključki vrsto in premer priključnih cevi, smerni kot vtoka ter višino (koto) vtoka (merjeno na dnu cevi)
   - Vrsto in tip pokrova
   - Morebitne ostale želje ali zahteve glede tehnične izvedbe posameznega jaška
   - Željeni rok dobave
   - V primeru dobave skozi daljše časovno obdobje, morebitne dodatne pogoje glede vrstnega reda dobave

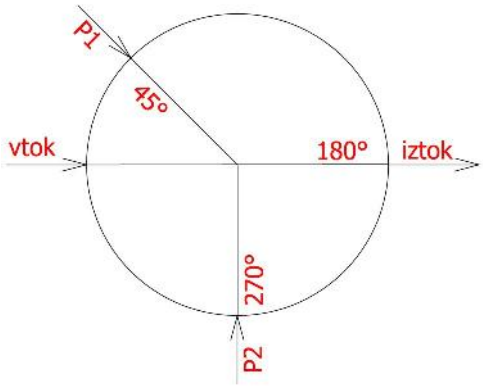
V zvezi s samim naročanjem jaškov si je koristno zapomniti še naslednje informacije:

Spremembo smeri cevovoda pri prehodu skozi jašek ter smer vtoka stranskih priključkov izrazimo s t.i. smernim kotom, ki ga oklepata osi vtočne in iztočne cevi ter priključkov in ima svoje izhodišče v sredini jaška, tako kot je prikazano na sliki 33. Za jaške Minerva velja, da ima izhodišče na mestu vtoka in je orientiran v smeri urinega kazalca.

Za boljšo predstavo jašek narišemo v obliki sheme (slika 34), na kateri so podane oznake vtoka, iztoka in priključkov, vključno s podatki o njihovih smernih kotih. Tak način prikazovanja ima svoj smisel tudi zaradi tega, ker imajo drugi proizvajalci jaškov lahko drugačen način označevanja, pri čemer je izhodišče smernega kota na mestu iztoka, drugačna pa je lahko tudi njegova orientacija (v smeri, ki je nasprotna urinemu kazalcu).



Slika 33: Način označevanja smernih kotov



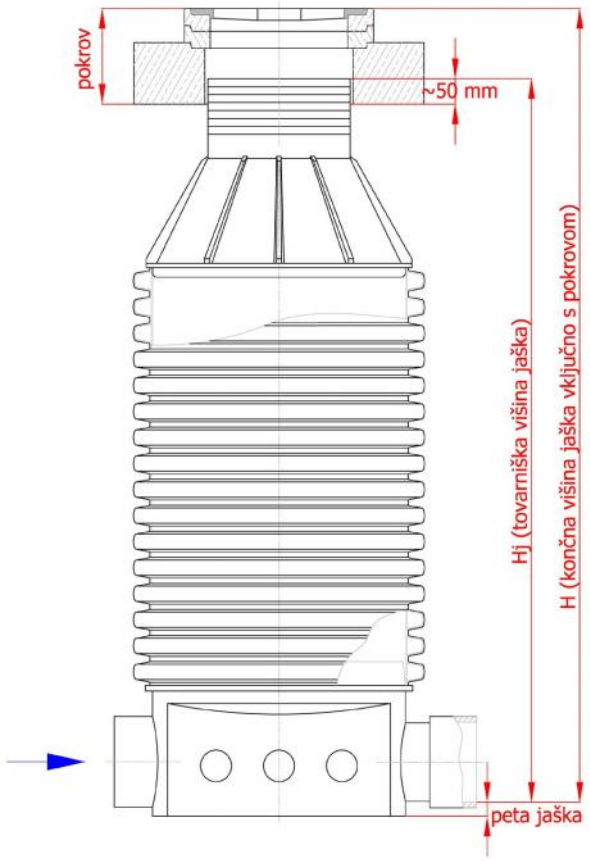
Slika 34: Prikaz jaška v obliki sheme

Končna višina jaška (H) je v veliki meri odvisna od načina izvedbe pokrova. V ta namen se večinoma uporabljajo t.i. plavajoči pokrovi. Temu ustrezno mora biti prilagojena tovarniška višina jaška, ki jo določimo s pomočjo formule (enote mm):

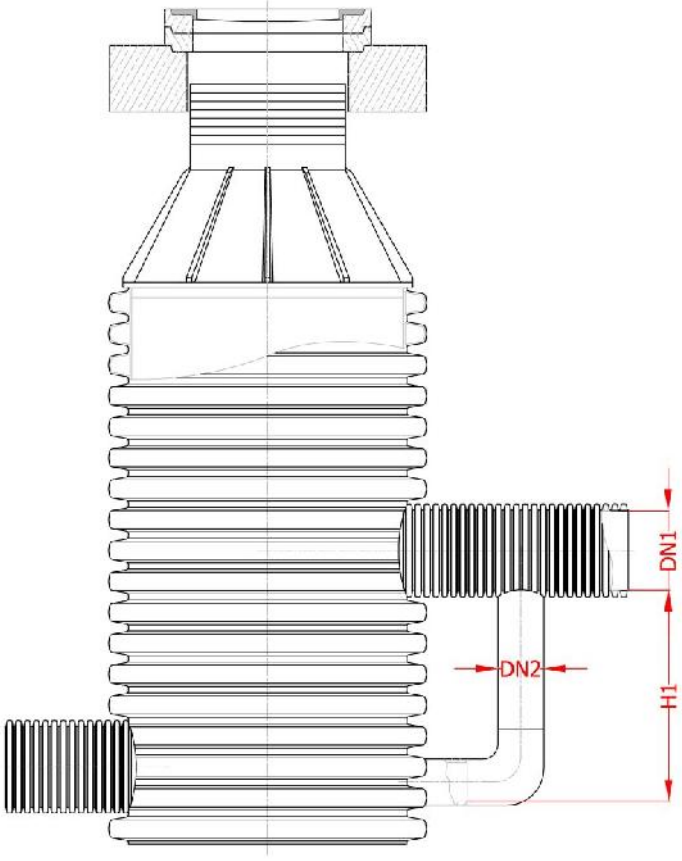
Hj=H-Hp+50

Hj - tovarniška višina jaška
H - končna višina jaška
Hp – debelina pokrova vključno z betonskim vencem

Da pri naročilu ne pride do nesporazumov, je v podatkih smiselno navesti le končno višino jaška (lahko tudi koto dna in koto pokrova) ter debelino pokrova.



Slika 35: Določitev višine jaška



Slika 36: kaskadni jašek

Kadar se višina vtočne cevi v jašek nahaja nad koto dna jaška je potrebna vgradnja stopenjskega (kaskadnega) jaška. V primeru, da je razlika v višini med vstopno in izstopno cevjo manjša od 0,3~0,5 m se jašek izvede v klasični obliki z direktnim priključkom vtočne cevi. Ko pa je razlika v višini večja od dvakratnika nazivnega premera cevi, je priključek smiselno izvesti v obliki t.i. suhega izliva, prikazanega na sliki 36.

5.1.2. Priprava cevi

Neposredno pred pričetkom izvajanja del opravimo pregled cevi, spojk in tesnil. Pri tem izločimo material, ki je kakorkoli poškodovan (pomečkan, preluknjan, pretrgan, ali ukrivljen). Če je površina cevi umazana, jo operemo z vodo ali obrišemo s krpo.

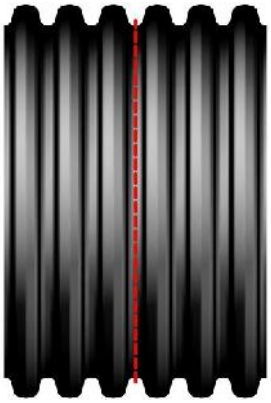
Nato še enkrat preverimo istovetnost cevi in pripadajočega spojnega materiala, pri čemer so nam v pomoč oznake odtisnjene na ceveh in tesnilih.

Slika 37: Oznake na ceveh

Slika 38: Oznake na tesnilih

V nadaljevanju preverimo količino (dolžino) cevi, ki jo bomo potrebovali pri vgradnji. V primeru, da bomo potrebovali tudi cevi krajše od 6 m, jih je potrebno narezati. V ta namen lahko uporabimo ročno ali električno orodje za rezanje, ki se sicer uporablja za obdelavo lesa, pri čemer je zaželjeno, da ima čim ožjo širino reza. Za cevi manjših premerov do DN 400 tako lahko uporabimo ročno žago, najbolje lisičji rep. Od električnega ročnega orodja je mogoče uporabiti obodno žago, ročno krožno žago, aligator žago ali električni lisičji rep. Za cevi večjega premera pa uporabljamo izključno motorno ali električno ročno orodje, pri čemer predhodno preverimo, če omogoča zadostno globino reza. V ta namen tako lahko uporabimo: ročno krožno žago, aligator žago ali električni lisičji rep. Uporaba kotne brusilke ni primerna, ker pri žaganju polietilena (Mapikan) pride do močnega prašenja, pri polipropilenu (Terakan) pa do pregrevanja in zažiganja materiala. Motorno žago je zaradi prevelike širine reza mogoče uporabiti le pri ceveh velikega profila od DN 800 navzgor. Pri ceveh manjšega profila pa ni uporabna, saj pri rezanju običajno pride tudi do poškodbe rebra.

Rez vedno izvedemo v ravni liniji po sredini medrebrnega prostora, pri čemer skrbno pazimo, da ne pride do poškodbe rebra. Ker na mestu odreza običajno ostanejo ostružki, jih obrežemo z ostrim nožem ali obrusimo. Po potrebi lahko poravnamo tudi čelno površino reza, tako da preko nje nekajkrat povlečemo z ročnim ali električnim obličem.



Slika 39: Mesto reza

Slika 40: Rezanje cevi z žago »lisičji rep«

Slika 41: Odstranjevanje ostružkov

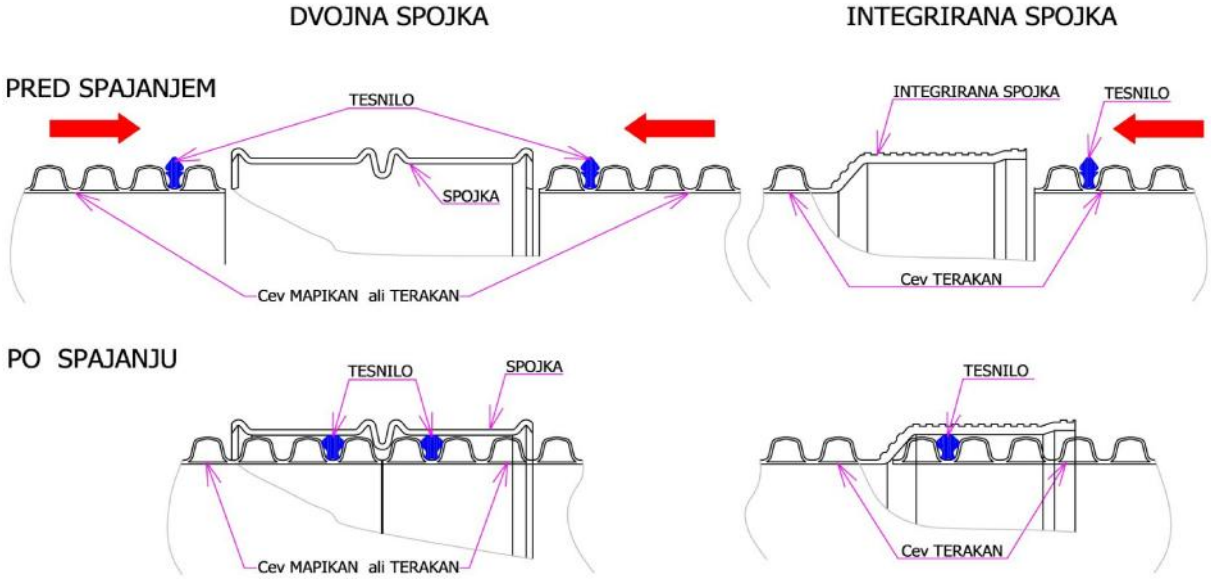
5.2. Spajanje cevi

Tako kot je bilo že predhodno navedeno, se cevi Mapikan in Terakan medsebojno spajajo s pomočjo spojk, lahko pa se tudi varijo. Do velikosti zunanjega premera 630 mm se uporablja postopek sočelnega varjenja, pri ceveh večjega premera pa ekstruzijsko varjenje, ki se izvede z notranje strani cevi. Ker oba načina zahtevata usposobljeno delovno osebje in ustrezno tehnično opremljenost, povrhu vsega pa sta še zamudna, se praviloma ne uporabljata pogosto.

Tako se večino cevovodov še vedno spaja s pomočjo klasičnih tesnil in spojk. Te so lahko izdelane v integrirani ali ločeni izvedbi.

Integrirana spojka je že v fazi izdelave vgrajena na zaključek cevi in je tako s cevjo povezana v enovito celoto. Zato pri spajanju zahteva zgolj enostransko vpetje cevi.

Dvojna spojka pa je izdelana kot samostojni element cevovoda in zato pri spajanju zahteva obojestransko vpetje cevi, pri čemer se na vsako od stikajočih cevi vstavi eno tesnilo.



Slika 42: Način spajanja cevi Mapikan in Terakan

Cevi Mapikan se medsebojno spajajo s pomočjo dvojnih spojk.

Cevi Terakan se do vključno nazivnega premera 600 mm spajajo s pomočjo integrirane spojke. Mogoče jih je spajati tudi s pomočjo dvojnih spojk, ki jih uporabimo v primeru, kadar pri vgradnji potrebujemo cevi, ki so krajše od 6 m. V tem primeru je 6 metrsko cev potrebno razžagati, pri čemer je integrirano spojko možno uporabiti samo na prvem odrezku, na vse ostale pa je potrebno vgraditi dvojne spojke.

Cevi Terakan nazivnega premera 800 in 1000 mm pa se enako kot cevi Mapikan spajajo izključno s pomočjo dvojnih spojk.

5.2.1. Namestitev tesnila na cev

Kadar cevovod spajamo na klasičen način s pomočjo spojk je na cevi potrebno namestiti tesnila. Nameščajo se neposredno pred spajanjem cevovoda. Postopek izvedemo tako, da cev postavimo na ustrezen podstavek, ki mora biti najmanj 10 cm dvignjen od tal. Nato iz spodnje strani med prvo in drugo rebro vstavimo tesnilo in ga z rokami navlečemo v medrebrni prostor vzdolž celotnega oboda cevi. Pri ceveh katerih nazivni premer je večji od 500 mm, je priporočljivo, da montažo izvedeta dva delavca pri čemer si običajno pomagata z dvema montirnima vzvodoma dolžine od 30 do 50 cm.

Ker pri nizkih temperaturah tesnila niso več tako elastična kot sicer, jih je zato tudi težje namestiti na cev. V takem primeru svetujemo, da se jih nekaj ur pred montažo prenese v topel prostor, dokler se ne ogrejejo na sobno temperaturo. Druga možnost je, da se jih za 30 do 60 minut potopi v vodo s temperaturo od 35 do 45 °C. Po prenosu na gradbišče se jih v čim krajšem času vgradi na cev.

Slika 43-45: Montaža tesnila

Po namestitvi preverimo, če je tesnilo po celotnem obodu enakomerno sedlo v ležišče. Ob tem je potrebno opozoriti na najpogostejše napake, ki so lahko vzrok kasnejši netesnosti cevovoda:

Slika 46: Obrnjeno tesnilo

Slika 47: delno obrnjeno tesnilo

Slika 48: Preko rebra vstavljeno tesnilo

1. Narobe obrnjeno tesnilo (slika 46), pri čemer sta notranja in zunanja stran tesnila po celotnem obodu cevi medsebojno zamenjani. V tem primeru tesnilo samo delno sede v ležišče in je zato cev veliko težje spajati, obstaja pa tudi verjetnost, da pri spajanju skoči iz ležišča ali se poškoduje.
2. Delno obrnjeno tesnilo (slika 47), pri čemer sta notranja in zunanja stran tesnila zamenjani samo na delu cevnega oboda, na mestu prehoda iz pravilnega v nepravilni položaj pa sta zaviti preko osi. Tudi v tem primeru je cevi veliko težje spojiti kot sicer in tudi če nam to uspe, tak spoj nikoli ne tesni.
3. Preko rebra vstavljeno tesnilo (slika 48), pri čemer je del tesnila pravilno nameščen med prvo in drugo rebro, drugi del pa je nameščen med drugo in tretje rebro. Na mestu prehoda preko rebra nastane naborek, ki preprečuje normalno spajanje cevi.
4. Cevi se spaja brez vstavitve tesnila. Ta napaka, do katere običajno pride povsem po naključju, je eden najpogostejših vzrokov netesnosti cevovoda.

Neposredno pred spajanjem je zunanji rob tesnila in notranjo površino spojke potrebno namazati s kalijevim milom ali namensko mastjo za tesnila. S tem dosežemo boljšo drsnost in možnost spojitve cevi z bistveno manjšo uporabo sile.

Mazivo ne sme vsebovati snovi, ki bi škodovale tesnilu. Zato v ta namen ni dovoljeno uporabljati strojne masti ali masti za ležaje. Prav tako ni dovoljena uporaba strojnega olja, dizelskega goriva ali organskih topil. Vse navedene snovi namreč reagirajo z gumo iz katere je izdelano tesnilo. V skrajnem primeru je zato bolje uporabiti detergent za ročno pomivanje posode s katerim se sicer doseže nekoliko slabši, a še vedno zadovoljiv učinek mazanja.

Slika 49: Mazanje tesnila in spojke

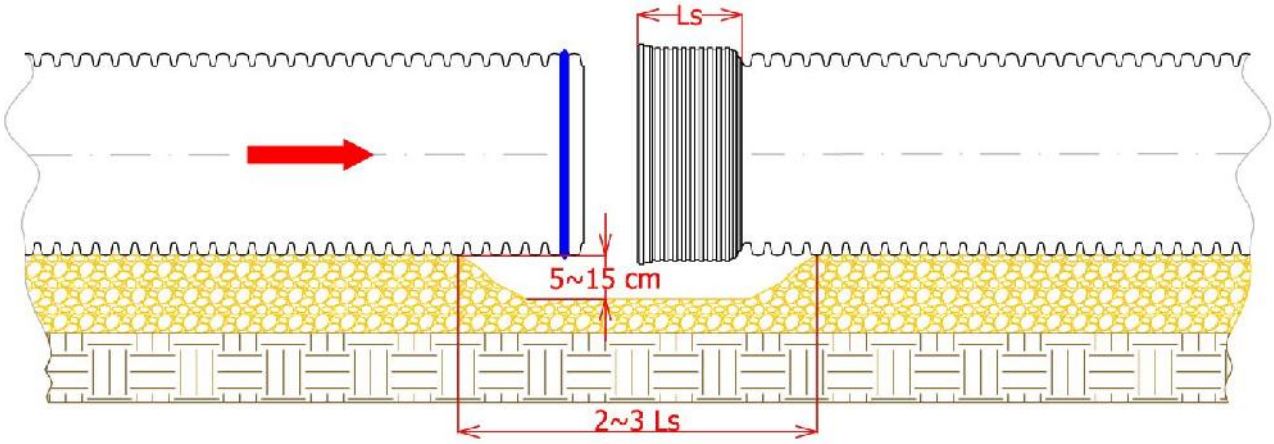
5.2.2. Polaganje cevi

Cevi v kanal polagamo vedno od spodaj navzgor. Če jih spajamo s pomočjo spojk se morajo te pri vgradnji vedno nahajati na zadnji (zgornji) strani cevi. Drugačen način postavitve ni priporočljiv, razen v utemeljenih primerih, ko npr. zaradi omejenih pogojev dostopa in drugih zahtev povezanih z organizacijo gradbišča takšna izvedba ni možna.

Cev položimo v jarek in preverimo, če je vzdolž celotne svoje dolžine enakomerno nalegla na podlago. V primeru, da temu ni tako, jo je potrebno odstraniti in ponovno poravnavati podlago.

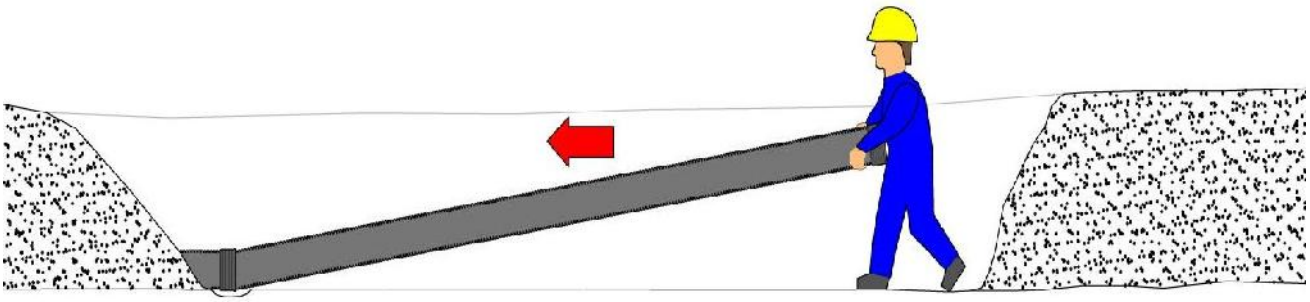
Na mestu kjer se nahaja spojka, je v podlago oz. posteljico potrebno izdelati t.i. spojno jamico. Na ta način zagotovimo, da razširjeni del spojke ne leže na gola tla. S tem tudi preprečimo, da bi se pri stikanju notranjost spojke in tesnilo umazala s peskom. Velikost spojne jamice je potrebno prilagoditi velikosti spojk, pri čemer velja, da je njena dolžina dva do trikrat daljša od zunanje dolžine spojke,

širina približno enaka zunanjemu premeru cevi, medtem ko je globina prav tako odvisna od velikosti (premera cevi), pri čemer naj bi ne bila manjša od 5 in večja od 15 cm.



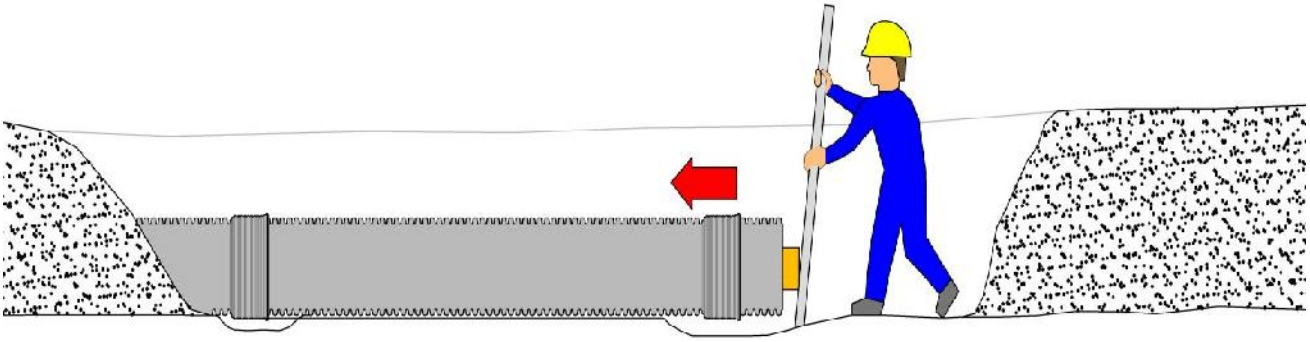
Slika 50: Detajl izvedbe spojne jamice

Da se dve cevi medsebojno spojita je potrebno uporabiti določeno silo. Ta je odvisna od premera cevi in debeline tesnila. Cevi manjšega profila do nazivnega premera 250 mm zato lahko spajamo celo ročno. Postopek se izvede tako, da delavec na prednjem delu cev usmerja v ležišče spojke, delavec na zadnjem delu pa jo dvigne do višine pasu in potiska naprej, dokler ne sede v spojko. Nato jo položi na tla in poravna.



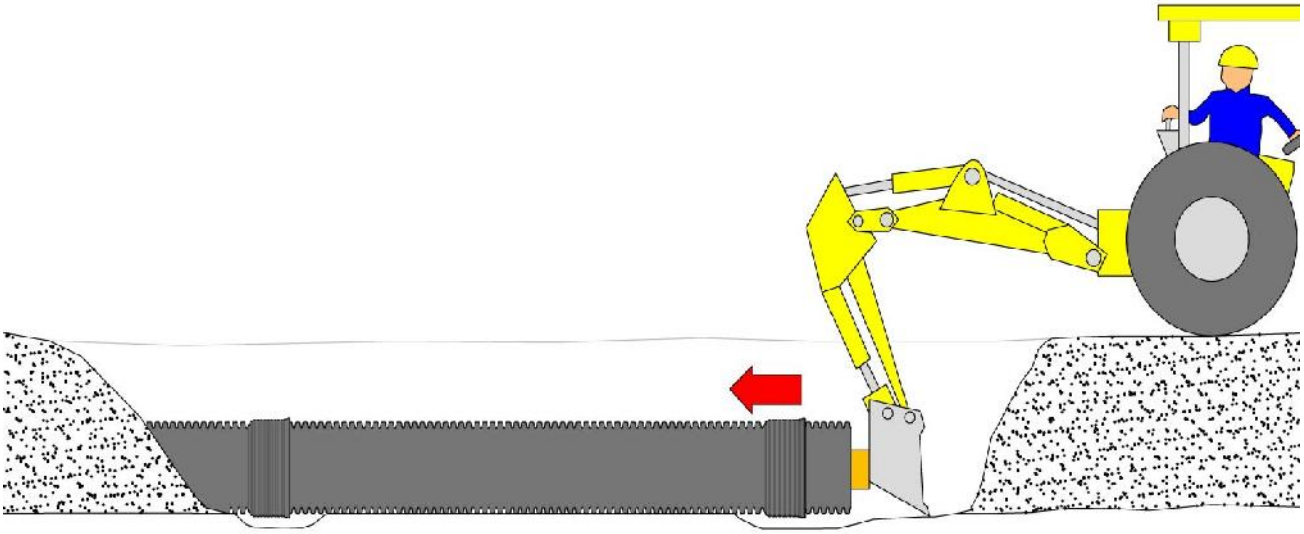
Slika 51: Ročna montaža

Drug način ročnega spajanja se lahko izvede s pomočjo kovinskega droga, s katerim lahko spajamo cevi do nazivnega premera 400 mm. Dodatni pogoj je mehka podlaga kamor ga je možno zasaditi in tako dobiti vzvod s pomočjo katerega nato cev od zadnje strani narinemo v spojko. Da se cev pri tem ne poškoduje, jo zaščitimo s posebej oblikovanim nastavkom (slika 52). Ta je izdelan iz cevi enakega profila kot jo vgrajujemo. Njegova dolžina je od 10 do 30 cm daljša od globine spojke. Na zadnji strani ima prečno vgrajeno leseno prizmo na katero nato lahko naslonimo drog in s tem silo vzvoda posredno prenesemo na cev.



Slika 52: Montaža z drogom

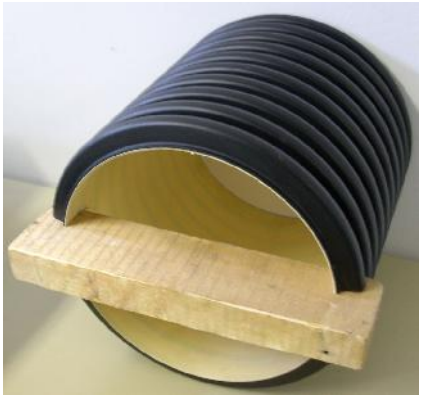
Cevi večjega profila se spaja strojno. Največkrat se to opravi z narivanjem s pomočjo bagra ali rovokopača. Tudi v tem primeru se za zaščito cevi uporabi cevni nastavek. Postopek potiskanja cevi je potrebno izvesti z občutkom, pri čemer se je upravljavec stroja dolžan držati navodil, ki mu jih daje delavec v jami.



Slika 53: spajanje cevi s pomočjo rovokopača

Cevi je mogoče spajati tudi z različnimi posebej v ta namen prirejenimi ročnimi orodji. Njihovo delovanje temelji na principu vzvoda, škripčevja ali hidravlične preše. Ti postopki pa se v praksi večinoma niso obnesli in se zelo redko uporabljajo, ker izvajalci v ta namen raje uporabijo bager ali rovokopač.

Na sliki 55 je prikazan eden od klasičnih načinov takega načina spajanja, ki ga izvedemo s pomočjo žične vleke. Za cevi do nazivnega premera 500 mm potrebujemo eno napravo, ki jo namestimo na zgornjo stran cevi. Pri ceveh večjega premera pa potrebujemo dve napravi, ki jih namestimo ob straneh. Prednost postopka je, da se lahko izvede ročno tudi pri ceveh največjega profila. Slabost pa ta, da je bolj zamuden od mehaniziranega postopka. Smiselno ga je uporabiti v primeru montaže občutljivih fazonskih komadov ali jaškov.



Slika 54: Zaščitni nastavek za narivanje cevi

Slika 55: Spajanje cevi s pomočjo žične vleke

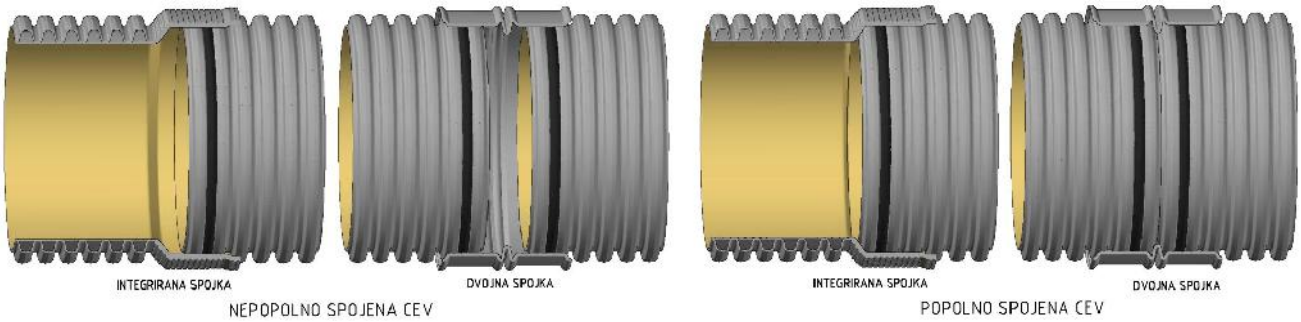
Slika 56: označitev globine do katere mora sesti cev omogoča kasnejšo kontrolo razmikanja cevi

Ko je cev spojena, je potrebno preveriti, če je pravilno (zadosti globoko) sedla v spojko. To je najlažje storiti tako, da se na zaključku cevi odmeri in označi linija do katere mora segati zunanji rob spojke. Ta oznaka nam po izvedeni spojitvi služi kot kontrola, ali so cevi ustrezno spojene. Izvajanje te kontrole je pomembno tudi zato, ker se cevi neposredno po spojitvi zaradi upora, ki ga povzroči tesnilo ob vstopu v spojko nehote nekoliko razmaknejo. Rega širine do 7 mm je celo zaželena, saj omogoča uravnavo zaradi temperaturnih raztezkov. Ker pa je pri določenih vrstah cevi večjega premera, ki se spajajo z dvojno spojko ta povratni zamik lahko celo večji od dveh centimetrov, je za izravnavo napetosti potrebno postopati na naslednji način:

Neposredno po spajanju se cevi zadržita v napetem stanju, tako da na mestu spoja čimbolj tesno nalegata druga k drugi. Nato na mestu izbokline na spojki, ki ga je povzročilo tesnilo, z gumijastim

kladivom narahlo udarjamo po obodu spojke. Pri tem pride do vibracije, ki praviloma sprosti napetosti med steno spojke in tesnilom.

Seveda pa do razmikanja med spojenimi cevmi lahko pride tudi v fazi zasipanja cevi, še zlasti, če obsip cevi utrjujemo z vibracijskimi napravami. Zato je priporočljivo, da se v fazi utrjevanja zgornje posteljice in obsipa cevi izvede občasna kontrola spoja in v primeru, da pride do medsebojnega razmikanja poskrbi za ustrezno poravnavo.



Slika 57: Pri spajanju je potrebno biti pozoren na to, da so cevi med seboj popolnoma spojene

5.2.3. Montaža jaškov

Jašek je element javne kanalizacije, ki predstavlja povezavo med zunanjim svetom in cevovodom. Zato je podvržen različnim zunanjim kot tudi notranjim obremenitvam.

Na podlagi dolgoletnih izkušenj je bilo ugotovljeno, da se preko 50 % napak povezanih z vodotesnostjo kanala pojavi ravno na mestu povezave med jaškom in cevovodom, čeprav se ob upoštevanju skupnega števila vgrajenih cevi na njih izvede manj kot šestino vseh spojev. Zato je vgradnjo potrebno izvesti pazljivo in odgovorno. Seveda pa je kakovost vgradnje v veliki meri odvisna tudi od izbire ustreznega materiala.

Danes je na trgu mogoče dobiti različne montažne oblike jaškov: od betonskih, do različnih plastičnih izvedb, bodisi v kompaktni ali montažni izvedbi. V nekaterih primerih pa se izvajalci še vedno odločijo za klasičen na mestu vgradnje betonirani objekt.

V zvezi s samo izbiro jaškov velja upoštevati naslednja priporočila:

1. Kombinacija spojev beton - plastika se je v praksi izkazala za nezanesljivo. Problem predstavlja krčenje betona, tako v fazi njegovega strjevanja, kakor tudi kasneje ter slaba adhezija (sprijemanje) s plastičnimi materiali. Zato je na mesto spoja potrebno vgraditi posebno v vodi nabrekajoče tesnilo (Sika, Adeka), ki lahko vsaj začasno kompenzira morebitne skrčke ali razpoke. Ker gre v večini primerov za nestandardno rešitev, izvajalec z izvedbo prevzame vso odgovornost za morebitno kasnejšo netesnost spoja.
2. Kadar se kanalizacija vgrajuje v zemljišče, kjer je stalno ali začasno prisotna podzemna voda, je potrebno preveriti t.i. odpornost jaška na zunanji hidrostatski tlak zaradi prisotnosti podzemne vode. Ta je definiran kot višinska razlika med najvišjo možno gladino podtalnice in dnom jaška in se izraža v metrih globine podtalnice. Ta podatek je razviden iz Slovenskega tehničnega soglasja, ki je obvezni sestavni del dokumentacije vsakega jaška. Pri rotoliv jaških znaša 2 m, pri jaških s strukturirano (rebrasto steno) pa od 3 do 5 m. Po posebnem naročilu je možno izdelati tudi jaške, ki prenesejo večjo hidrostatsko obremenitev. Ob vsem napisanem velja opozoriti, da se v času intenzivnih padavin podzemna voda lahko pojavi tudi na povsem neobičajnih mestih in v bližini vodotokov, območjih z arteško vodo ter na slabo propustnem (ilovnatem) terenu lahko naraste do zemeljskega površja. V tem primeru mora jašek imeti zagotovljeno odpornost na zunanji hidrostatski tlak, ki je po vrednosti najmanj enaka ali večja od končne globine vgrajenega jaška.
3. Visoka gladina podzemne vode predstavlja nevarnost tudi zaradi sile vzgona, zaradi česar se jašek lahko odtrga od podlage in izplava na površje. Verjetnost za to je še zlasti velika v mehkih tleh z nestabilno podlago, ki ob prisotnosti vode tudi nabreka (zemljine iz skupine 4 oz. G4). V takem primeru je jaške pri katerih je skupna površina stranskih reber manjša od 1,5 m^2 na m^3 notranje prostornine jaška potrebno obbetonirati, pri čemer se vgradi takšno količino betona, da vzpostavi trajno ravnotežje s silo vzgona. V to skupino spadajo poliestrski in vse skupine rotoliv jaškov. Pri jaških z dvojno rebrasto steno skupna površina stranskih reber znaša od 2,4 do 3,8 m^2 na m^3

notranje prostornine jaška, tako, da v celoti izpolnjujejo zgoraj navedeni pogoj in zadovoljivo varnost dosežemo že z navadnim peščenim zasipom.

4. Na vse vrste jaškov iz plastičnih materialov, ki so vgrajeni v prometne in ostale z zunanjo obtežbo obremenjene površine je potrebno vgraditi t.i. plavajoče pokrove, tako da se mehanska obremenitev prenaša na obsip in ne na stene jaška.

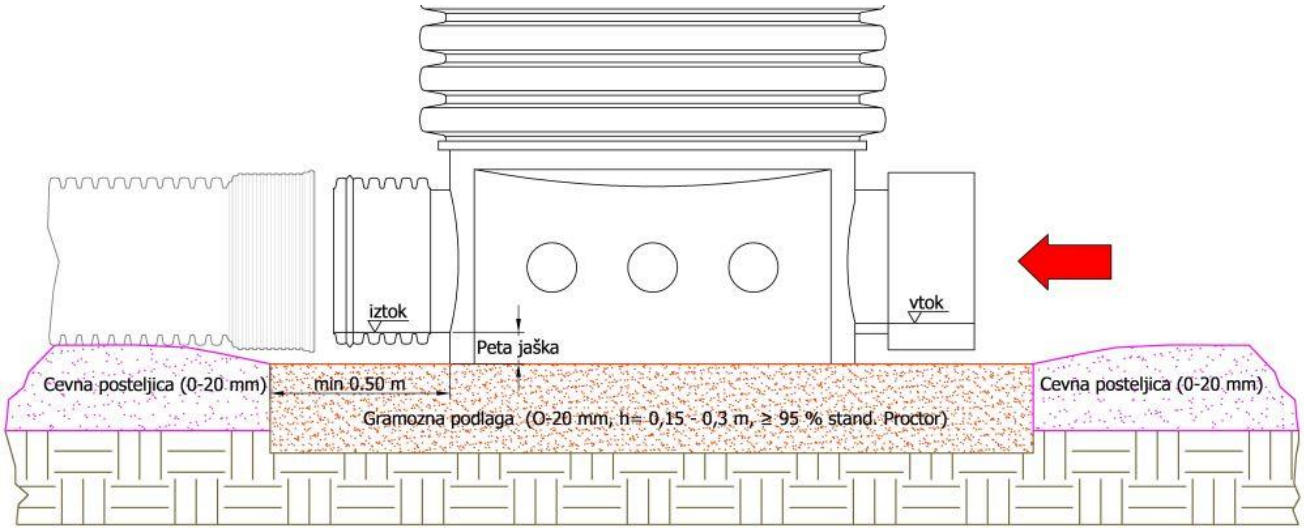
V primerjavi z montažo cevi postopek vgradnje jaškov zahteva veliko več znanja in potrpežljivosti. Zaradi svoje teže in velikosti je zahtevnejše že samo rokovanje, saj jih je potrebno vgraditi na fiksno že delno zasuto cev in jih nato pri spajanju premikati v smeri spojke. Hkrati je potrebno izvesti višinsko uskladitev z niveleto cevovoda in višino zasipa (koto pokrova).

Mesto kjer bo vgrajen jašek mora biti prilagojeno njegovim dimenzijam. Pri tem je potrebno upoštevati, da je širina dna jarka za najmanj en meter širša od zunanjega premera jaška. Dno izkopa mora biti dodatno poglobljeno od 20 do 30 cm.

V primeru slabe nosilnosti temeljnih tal moramo izvesti predhodno konsolidacijo terena po enem od postopkov opisanih v poglavju 5.4.1. V primeru vgradnje peščene podlage uporabimo enak material kot pri izdelavi posteljice. Nato ga kompaktiramo, dokler ne dosežemo zbitosti tal najmanj 95 % standardnega Proctorja. V nadaljevanju izvedemo fino planiranje in zbijanje vrhnje plasti, ki mora biti za višino pete jaška nižja od kote dna priključnega kanala. Višina pete je odvisna od vrste jaška in se običajno nahaja v velikostnem območju od 5 do 12 cm.

Predpogoj za kakovostno izvedbo je torej ustrezno utrjena podlaga. Kadar jo ni mogoče zagotoviti s peščenim nasipom, je potrebna vgradnja podložnega betona.

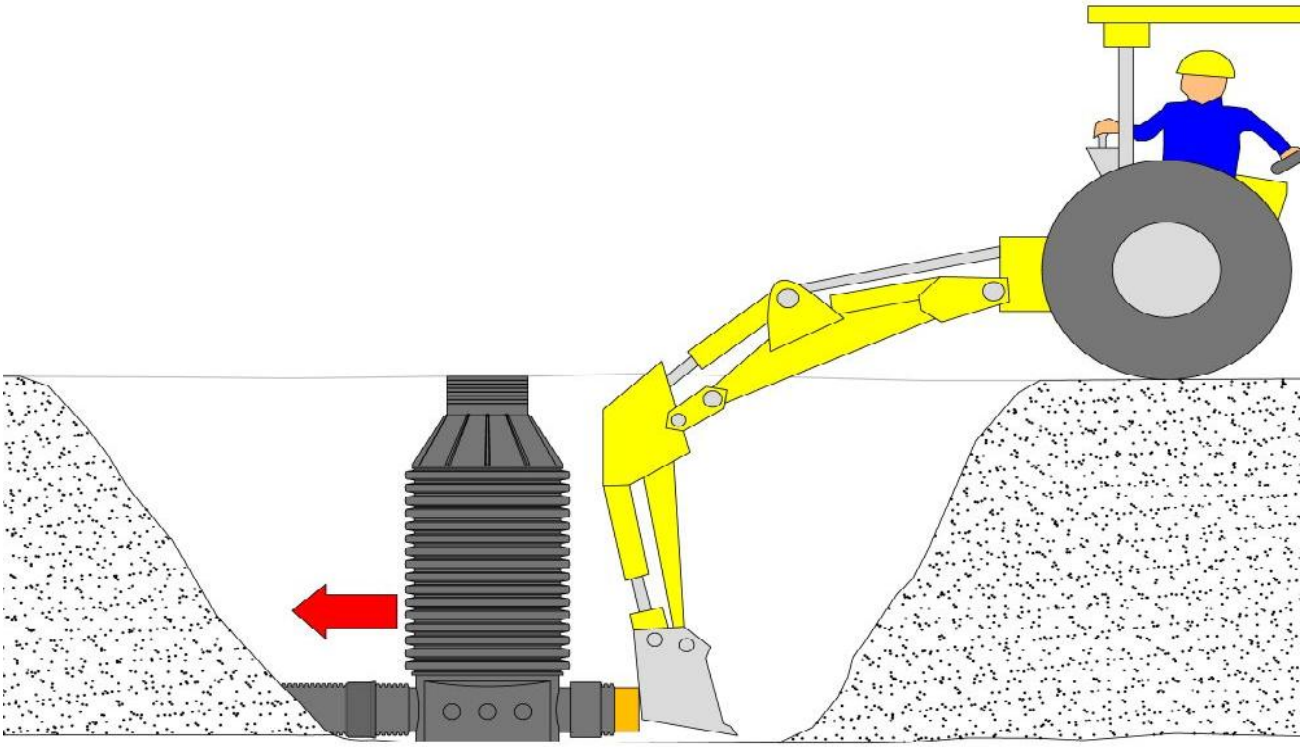
Ko je podlaga pripravljena, v gradbeno jamo postavimo jašek.



Slika 58: Detajl izvedbe peščene podlage za jašek

Pri normalnih pogojih gradnje kanala (od spodaj navzgor) najprej izvedemo spajanje iztočnega nastavka. Preverimo, če se nastavek jaška in priključna cev ujemata po višini. V primeru, da temu ni tako, je jašek potrebno odstraniti in ponovno prilagoditi višino peščene podlage ter jo nato zopet utrditi. Ko sta podlaga in priključna cev višinsko usklajeni na nastavek jaška vgradimo tesnilo, s suho krpo očistimo notranjost spojke in tesnilo in ju namažemo s kalijevim milom ali mazivom za tesnila. Nato nastavek jaška naslonimo k spojki. Z druge strani s pomočjo bagra ali rovokopača potiskamo jašek v smeri spojke. Pri jašku katerega smerni kot med vtokom in iztokom znaša 180°, se jašek nariva preko nasprotnega (vtočnega) nastavka, ki ga je zato potrebno ustrezno zaščititi z varovalnim nastavkom in lesom. Če se narivanje izvaja preko telesa jaška, ga je na mestu neposrednega kontakta prav tako potrebno zaščititi z leseno ploščo. Ko je jašek dokončno spojen, se preveri njegova pozicija in izvedejo morebitno potrebni popravki.

Spajanje na vtočni strani se praviloma izvede nekoliko kasneje, potem ko je jašek na iztočni strani in ob straneh že nekoliko zasut in s tem fiksiran ob podlago. Zato ga je mogoče izvesti po standardnem postopku z narivanjem cevi.



Slika 59: Montaža jaška

5.3. Zasip cevi

Kot je bilo že predhodno ugotovljeno je pri izgradnji kanalizacije zelo pomembna tudi izbira zasipnega materiala. To še zlasti velja za zasip v območju cone cevovoda, kjer mora s svojo trdnostjo in kompaktnostjo preprečiti deformacijo cevi. Zaradi tega ne sme biti stisljiv. Istočasno mora imeti takšno velikost zrn, da se ne morejo vtisniti v cev in jo poškodovati. V primeru vgradnje v teren, kjer je stalno ali občasno prisotna podzemna voda pa tudi ne sme imeti previsoke vsebnosti grobih delcev. S tem se poveča vodoprepustnost zasipa, zaradi česar lahko pride do izplavljanja materiala ali vdora okoliške zemljine v zasip. V obeh primerih pride do posedanja terena, lahko pa tudi do nepredvidene deformacije cevovoda.

Za zasip se običajno uporabljajo različne oblike lokalno razpoložljivih materialov. Ker gre večinoma za surovine naravnega izvora, so zelo raznolike in jih je zato težko medsebojno primerjati.

Za lažjo možnost izbire je v tabeli 5 prikazana klasifikacija zemljin, ki jih po lastnostih delimo na zrnate, (gramozi, peski), vezljive, ki so medsebojno lepljivi (melji, gline) in organske (prst z vsebnostjo humusa, šota, organsko blato).

V tabeli so prikazane oznake po nemški (DIN 18196) klasifikaciji, ki so med drugim uporabljene v brezplačnem programu za statični izračun cevovodov Mapikan in Terakan - Easy Pipe 98.

Primerjalno so prikazane tudi oznake po ameriški (Cassagrande klasifikaciji), katerih uporaba je bolj razširjena in zato tudi bolje poznana, v Evropi pa jo je povzel angleški standard BS 5930.

Na podlagi izkušenj je bilo ugotovljeno, da je za zasip najbolje uporabljati različne oblike prodcev in peska, ki spadajo v skupino G1 po nemški, oziroma I. in II. po ameriški klasifikaciji. Skupna značilnost teh materialov je, da je delež zrn velikosti pod 50 mikronov (0,05 mm), manjši od 5 %.

Uporaba vezljivih materialov (melji in gline) je manj priporočljiva, čeprav v primeru pazljivega kompaktiranja, na mestu kjer ni prisotne podzemne vode tudi z njimi lahko zagotovimo povsem zadovoljive rezultate vgradnje. Uporaba organskih zemljin pa zaradi premajhne notranje trdnosti in biološke razgradljivosti ni primerna, saj skozi daljše časovno obdobje lahko pride do občutnega zmanjšanja njihove prostornine, oziroma posedanja in deformacije cevovoda.

Tabela 5 - Klasifikacija zemljin

TIP ZEMLJINE	NEMŠKA KLASIF.	AMERIŠKA KLASIF.	OZNAKA DIN 18196	OZNAKA BS 5930	OPIS	LASTNOSTI	PRIMERI
ZRNATI	G1	1	GE	GU	ozko graduirani prodi	strma presejna krivulja zaradi prevladovanja ene velikosti zrn	rečni in morski prod, gramoz, morenski prod, vulkanska žlindra in pepel
			GW	GW	dobro graduirani prodi	presejna krivulja poteka kontinuirano čez več območij zrnatosti	rečni in morski prod, gramoz, morenski prod, vulkanski pepel
			GI	GP	prodci z nezvezno sestavo zrn	stopničasta presejna krivulja zaradi izpuščene ene ali več velikosti zrn	rečni in morski prod, gramoz, morenski prod, vulkanski pepel
		2	SE	SU	ozko graduirani peski	strma presejna krivulja zaradi prevladovanja ene velikosti zrn	pesek sipin in živi pesek, dolinski in kotlinski pesek, terciarni pesek
			SW	SW	široko graduirane zmesi peska in proda	presejna krivulja poteka kontinuiarno čez več območij zrnavosti	morenski pesek, obalni pesek
			SI	SP	zmesi peščenih prodov z nezvezno sestavo zrn	stopničasta presejna krivulja zaradi izpuščene ene ali več velikosti zrn	morenski pesek, obalni pesek
	G2	3	GU	GM	zmesi proda in melja	presejna krivulja s široko ali prekinjeno zrnatostjo, del finih zrn je meljast	prepereli prod, pobočni grušč, zaglinjen prod
			GT	GC	zmesi proda in gline	presejna krivulja s široko ali prekinjeno zrnatostjo, del finih zrn je glinast	prepereli prod, pobočni grušč, zaglinjen prod
			SU	SM	zmesi peska in melja	presejna krivulja s široko ali prekinjeno zrnatostjo, del finih zrn je meljast	plavljeni (flotirani) pesek
			ST	SC	zmesi peska in gline	presejna krivulja s široko ali prekinjeno zrnatost jo, del finih zrn je glinast	ilovnati pesek
	G3		GŪ	GM	zmesi proda in melja	presejna krivulja s široko ali prekinjeno zrnatostjo, del finih zrn je meljast	zmesi proda in gline
			GṪ	GC	zmesi proda in gline	presejna krivulja s široko ali prekinjeno zrnatostjo, del finih zrn je glinast	prepereli prod, pobočni grušč, travnati prod
			SŪ	SM	zmesi peska in melja	presejna krivulja s široko ali prekinjeno zrnatostjo, del finih zrn je meljast	ilovica v lokah
			SṪ	SC	zmesi peska in gline	presejna krivulja s široko ali prekinjeno zrnatostjo, del finih zrn je glinast	nanešena glina, nanešeni lapor
VEZLJIVI		4	UL	ML	malo plastični melji	majhna trdnost v suhem stanju, hitra reakcija pri stresanju, brez ali z majhno plastičnostjo pri gnetenja	puhlica, naplavljena glina
			UM		srednje plastični melji	majhna do srednja trdnost v suhem stanju, počasna reakcija pri stresanju, majhna do srednja plastičnost pri gnetenja	morska ilovica, kotlinski melj
	G4		TL	CL	malo plastične ilovice	srednja do velika trdnost v suhem stanju, nikakršna ali počasna reakcija pri stresanju, majhna plastičnost pri preskusu gnetenja	nanešeni lapor, pasnata ilovica
			TM	CL	srednjeplastične ilovice	velika trdnost v suhem stanju, brez reakcije pri stresanju, srednja plastičnost pri preskusu gnetenja	puhla glina, kotlinska ilovica, kevperski lapor
			TA	CL	izrazito plastične ilovice	zelo velika trdnost v suhem stanju, brez reakcije pri stresanju, izrazita plastičnost pri preskusu gnetenja	septarska ilovica, jurska ilovica
ORGANSKI		5	OU	OL	melji z organskimi primesmi in organogeni melji	srednja trdnost v suhem stanju, počasna do zelo hitra reakcija pri stresanju, srednja plastičnost pri preskusu stresanja	morska kreda, diatomejska prst, humus
			OK	OK	zrnate zemljine z apnenimi, kremenčastimi tvorbami	primesi rastlinskega izvora, večinoma svetle barve, lahke, z veliko poroznostjo	apneni pesek, peščen tuf
			UA		melj z vključki tujih materialov		smeti, žlindra, gradbeni in industrijski odpadki
			OH	OH	grobo do mešano zrnate zemljine s humusnimi primesmi	primesi rastlinskega izvora, večinoma temne barve, z zadahom po trohnobi, izguba pri žarjenju do cca. 20% teže	živica, humus
			OT	OH	ilovice z organskimi primesmi in organogene ilovice	velika trdnost v suhem stanju, brez reakcije pri stresanju, izrazita plastičnost pri preskusu gnetenja	mulj
		6	HN HZ	Pt	visoka vsebnost organskih snovi	razpadla šota, vlaknate strukture rjavo do črno obarvana	šota
				F	blato	podvodne usedline, pogosto pomešane s peskom, meljem ali glino, zelo mehke	blato (glen)

Glede na navedene pogoje tudi pesek in gramoz ne smeta vsebovati ostankov zemlje, korenin, lesa in ostalih organskih primesi, zmrznjenih delcev ali celo delcev snega in ledu.

Osnovne lastnosti materialov, ki se najbolj pogosto uporabljajo za izvedbo posteljice ali zasipa so prikazane v tabeli 6:

Tabela 6: Osnovne značilnosti grobozrnatih materialov, ki se uporabljajo za zasip cevi Mapikan in Terakan

VRSTA	OZNAKA DIN 18196	OZNAKA BS 5930	OPIS	UPORABNOST KOT POSTELJICA	UPORABNOST KOT ZASIP	OBČUTLJIVOST NA ZMRZAL	POSEDANJE IN NABREKANJE	SPOSOBNOST DRENIRANJA	PROSTORNINSKA TEŽA kN/m^3
PROD IN PRODNATE ZEMLJINE	GW	GW	Dobro graduiran prod ali prodnato peščena mešanica, malo ali nič drobnih delcev	odličen	odličen	ni do nizka	zanemarljivo	zelo velika	16 - 22
	GI	GP	Slabo graduiran prod ali prodnato peščena mešanica, malo ali nič drobnih delcev	dober do odličen	dober	ni do nizka	zanemarljivo	zelo velika	17 - 22
	GU	GM_d	Meljast prod, prodno-peščeno-meljasta mešanica	dober do odličen	dober	srednja	zelo malo	srednja do majhna	19 -22
	GŪ	GM_u		dober do odličen	zadovoljiv	nizka do srednja	malo	majhna	19 - 22
	GT	GC	Glinast prod, prodno-peščeno-glinasta mešanica	dober	zadovoljiv	nizka do srednja	malo	majhna do zanemarljiva	19 - 21
PESEK IN PEŠČENE ZEMLJINE	SW	SW	Dobro graduiran pesek ali prodnat pesek, malo ali nič drobnih delcev	dober	zadovoljiv do dober	ni do nizka	zanemarljivo	velika	18 - 21
	SI	SP	Slabo graduiran pesek ali prodnat pesek, malo ali nič drobnih delcev	zadovoljiv do dober	slab do zadovoljiv	ni do nizka	zanemarljivo	velika	16-20
	SU	SM_d	Meljast pesek, peščeno	zadovoljiv do dober	zadovoljiv do dober	srednja do visoka	zelo malo	srednja do zanemarljiva	18 - 21
	SŪ	SM	Meljasta mešanica	zadovoljiv	slab do zadovoljiv	srednja do visoka	malo do srednje	srednja do zanemarljiva	17 - 21
	ST	SC	Glinast pesek, peščeno glinasta mešanica	slab do zadovoljiv	slab	srednja do visoka	malo do srednje	srednja do zanemarljiva	17 - 21

Poleg pogojev povezanih s sestavo pa je pri izbiri zasipnega materiala potrebno upoštevati tudi omejitve, ki se nanašajo na maksimalno dovoljeno debelino zrn. Ameriški proizvajalci rebrastih cevi tako priporočajo, da mora debelina zrn biti enaka ali manjša od 10 % nazivnega premera cevi. Za cevi nazivnega premera 200 mm, je tako dovoljeno uporabiti material z maksimalno debelino zrna 20 mm, za cevi nazivnega premera 300 mm 30 mm itd.

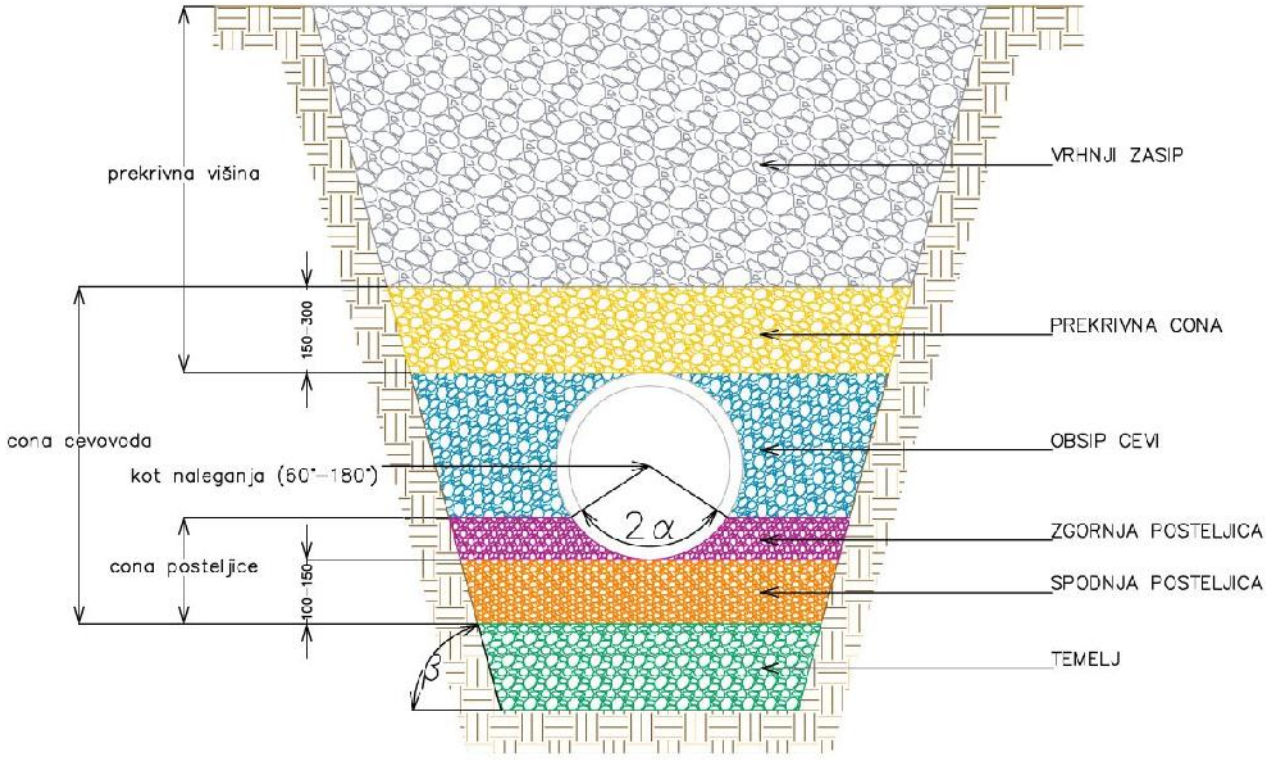
Evropski standard SIST ENV 1046 pa določa, da se tako pri gladkih kot tudi ceveh s strukturirano steno do nazivnega premera 300 mm lahko uporablja material pri katerem debelina zrn ni večja od 20 mm, pri ceveh nazivnega premera od 300 do 600 mm, debelina zrn ne sme biti večja od 30 mm, pri ceveh večjega premera pa debelina zrn ne sme biti večja od 40 mm. Navedeni pogoj velja tako za obsip cevi kot tudi posteljico.

Načeloma se za obsip cevi lahko uporabi tudi material od izkopa, vendar samo v primeru, če ima ustrezne geomehanske lastnosti in primerno debelino zrn. V primeru, ko vsebuje tudi grobe delce, ga je pred uporabo potrebno presejati.

Za vrhnji zasip zunaj cone cevovoda veljajo enaki pogoji, le da je tu maksimalna debelina zrna omejena na 300 mm.

5.3.1. Osnove izvedbe peščenega zasipa

Cevi Mapikan in Terakan se običajno vgrajujejo v peščeni zasip, ki ga je potrebno izvesti skladno z navodili standarda SIST EN 1610. Splošni detajl izvedbe je prikazan na sliki 60.



Slika 60: Detajl izvedbe zasipa cevi kot ga določa standard SIST EN 1610 (oblika posteljice tip I.)

Temelj ni obvezni sestavni del pri pripravi podlage za izvedbo cevovoda in se ga vgradi samo v primeru kadar osnovna tla nimajo zadostne nosilnosti.

Spodnja posteljica ima funkcijo izravnalne plasti in se jo vgradi v primeru, ko je sestava osnovnih tal groba in nehomogena ali kadar iz objektivnih razlogov ni mogoče izvesti fine poravnave dna gradbene jame. Če ni drugače predpisano, njena debelina ne sme biti manjša od 100 mm pri normalnih tleh, oziroma 150 mm pri skalnati, betonski ali drugi trdi podlagi. Neposredno po vgradnji je ni potrebno utrditi, oziroma se jo utrdi po montaži cevi sočasno z zgornjo posteljico in obsipom cevi.

Zgornjo posteljico se vgradi po montaži cevi z namenom, da se zagotovi boljše naleganje cevi ob podlago. Debelina nasipa je odvisna od kota naleganja 2α, ki običajno znaša od 60 do 180°. Po vgradnji se jo zahodi z nogami, utrdi z ročnim nabijačem ali vibrirajočo ploščo.

Obsip cevi se vgradi neposredno po vgradnji zgornje posteljice. Njegova debelina je odvisna od premera cevi, ob upoštevanju, da se njegov vrh nahaja na gornjem robu (temenu) cevi. Nasipamo ga v eni ali več plasteh pri čemer debelina posamezne plasti ne sme biti večja od 20 cm. Po vgradnji se ga temeljito utrdi, običajno z lahkim strojnim nabijačem.

Prekrivna cona se izvede sočasno z vgradnjo obsipa cevi. Nasipamo jo v eni plasti debeline od 150 do 300 mm. Po vgradnji jo ob straneh temeljito utrdimo z lahkim strojnim nabijačem, neposredno nad cevjo pa le potlačimo z nogami.

Vrhnji zasip izvedemo v plasteh debeline od 200 do 500 mm, ki jih sproti utrjujemo, sprva s pomočjo lažje mehanizacije, ko pa njegova debelina preseže 0,6 m pa tudi težje strojne mehanizacije.

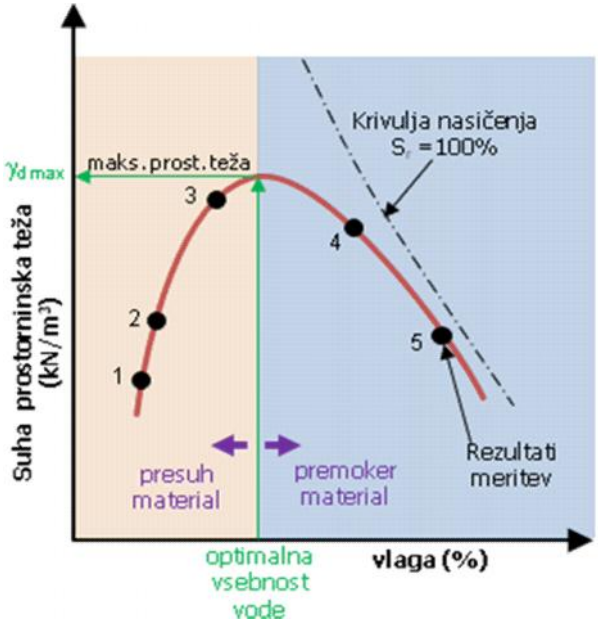
5.3.2. Kompaktiranje zasipnega materiala

Kot je bilo že predhodno ugotovljeno, je za kakovostno vgradnjo ključnega pomena ustrezna zgoščenost zasipnega materiala. Doseže se jo lahko z mehanskimi postopki vibriranja, udarjanja, gnetenja ali tlačenja (valjanja). Na ta način se zmanjša poroznost (delež praznega prostora med zrni) in s tem poveča nasipna teža oziroma gostota materiala. Zato se poveča njegovo trdnost ter

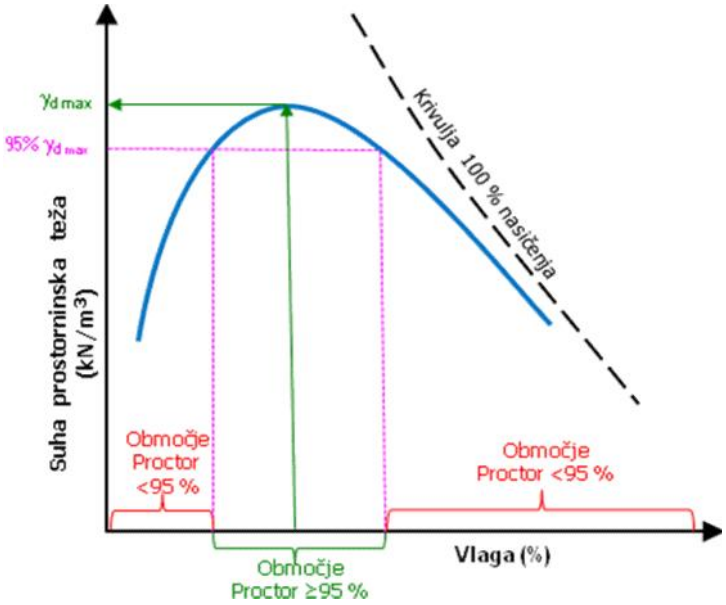
odpornost proti posedanju in zmrzali. Istočasno se mu zmanjša vodoprepustnost in s tem posredno nevarnost erozije oziroma odplavljanja materiala.

Učinek zgoščanja je odvisen od granulacijske sestave in ostalih geomehanskih lastnosti materiala, od vložene energije zgoščanja in od vsebnosti vlage v materialu. Za slednjo velja, da na površini zrn deluje kot mazivo, ki zmanjša sila trenja v fazi medsebojnega prerazporejanja delcev in s tem poveča učinek kompaktiranja. Oziroma povedano drugače, pri popolnoma suhem materialu moramo za enak učinek zgoščanja porabiti bistveno več energije kot pri nekoliko vlažnem materialu. Učinek kompaktiranja se s povečevanjem vsebnosti vode povečuje do določene meje, nato pa prične padati. Razlog je v tem, da voda v materialu zapolni medzrnski prostor. Ker pri zgoščevanju materiala, pride do zmanjšanja poroznosti, jo je potrebno prerazporediti ali celo izriniti iz teh vmesnih prostorov, za kar pa je seveda potrebno uporabiti dodatno energijo. Končni učinek kompaktiranja je zato slabši kot pri materialu z optimalno vsebnostjo vlage.

Stopnjo zgoščenosti (kompaktiranja) običajno izražamo v enotah (procentih) standardnega ali modificiranega Proctorja. Metoda temelji na osnovi t.i. Proctorjevega preizkusa, pri katerem vzorce istega materiala, ki imajo različno vsebnost vlage (običajno od 0 do 30 %) kompaktiramo po standardiziranem postopku (SIST EN 13286-2:2005) in nato določimo njegov volumen v zgoščenem stanju. Zgoščenost materiala podamo s t.i. suho prostorninsko težo, to je težo suhega materiala na prostorninsko enoto. Rezultati se nato prikažejo v obliki grafikona tako kot je prikazano na sliki 61.



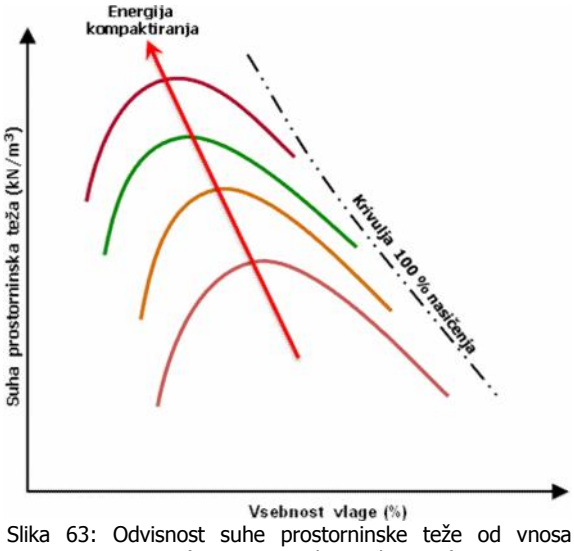
Slika 61: Proctorjev diagram



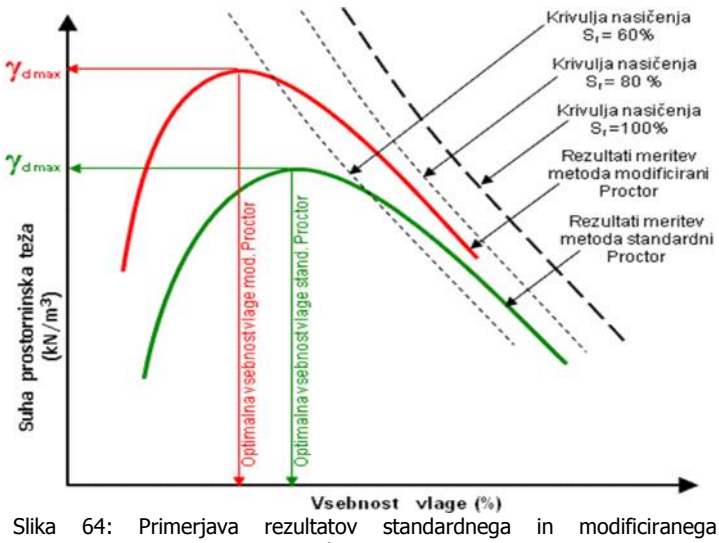
Slika 62: Obrazložitev pojma Proctor ≥95 %

Pri izdelavi zasipa se običajno izrazi pogoj, kolikšna mora biti minimalna stopnja kompaktiranja. Za obsip cevovodov v večini primerov velja, da mora biti enaka ali večja od 95 % standardnega Proctorja. Razlaga je razvidna iz slike 62. Navedena zahteva je izpolnjena kadar suha prostorninska teža kompaktiranega materiala doseže ali preseže 95 % maksimalne prostorninske teže. Temu ustrezna mora zato biti tudi vlažnost materiala, ki se mora čimbolj približati t.i optimalni vrednosti, oziroma se mora nahajati znotraj zeleno označenega območja. Pri večini zasipnih materialov se mejne vrednosti nahajajo v območju med 10 in 20 %. Kadar ta pogoj ni izpolnjen, lahko zadovoljiv učinek kompaktiranja dosežemo samo še z vnosom dodatne energije, kot je to razvidno iz diagrama na sliki 63.

V nekaterih primerih se za določitev stopnje kompaktiranja namesto Standardnega Proctorja uporablja t.i. modificirani Proctor. V osnovi gre za popolnoma enak postopek ugotavljanja zgoščenosti materiala, s to razliko, da je pri modificiranem Proctorju vloženo za 4,48 krat več energije. Na ta način v fazi zgoščevanja že pride do drobljenja večjih delcev in s tem do boljše zapolnitve praznega prostora med zrni. Primerjava rezultatov standardnega in modificiranega Proctorjevega preizkusa je razvidna iz slike 64.



Slika 63: Odvisnost suhe prostorninske teže od vnosa energije (intenzivnosti kompaktiranja)



Slika 64: Primerjava rezultatov standardnega in modificiranega Proctorjevega preizkusa

V tabeli 7 so prikazane primerjalne vrednosti standardnega in modificiranega Proctorja za različne vrste zemljin. V primeru, ko je stopnja kompaktiranja enaka ali večja od 80 % Standardnega Proctorja pri zrnatih materialih lahko uporabimo naslednjo medsebojno zvezo:

Modificirani Proctor = Standardni Proctor – 5

V primeru vezljivih materialov (glina) pa velja zveza:

Modificirani Proctor = Standardni Proctor - 10

Tabela 7: Zveza med standardnim in modificiranim Proctorjem za različne vrste zemljin

VRSTA ZEMLJINE	TIP ZEMLJINE		OZNAKA DIN 18196	OZNAKA BS 5930	STOPNJA KOMPAKTIRANJA	
	NEMŠKA KLASIFIK.	AMERIŠKA KLASIFIK.			STANDARDNI PROCTOR	MODIFICIRANI PROCTOR
GRAMOZ, PROD	G 1	1 in 2	SW, SI, GW, GI	SW, SP GW, GP	100	95
					95	90
					90	85
					85	80
					80	75
					61	59
PEŠČENI MELJ	G2 in G3	3	GU, SU, GT, ST	GM, SM, ML tudi GC, SC, če je delež melja in gline manjši od 20 %	100	95
					95	90
					90	85
					85	80
					80	75
					49	46
GLINA	G3 in G4	4	TL, TM, TA, GṪ, SṪ	CL, ML GC, SC	100	90
					95	85
					90	80
					85	75
					80	70
					45	40
					40	36

Iz primerjave rezultatov je razvidno, da se pri določanju gostote po modificiranem Proctorju uporabi energija kompaktiranja, ki je za skoraj 4,5 krat večja kot v primeru določanja gostote po Standardnem Proctorju. Končni učinek kompaktiranja pa je večji zgolj za 5 %. Zato je še toliko pomembnejše priporočilo, da je ustrezni učinek kompaktiranja veliko bolje zagotoviti že na samem

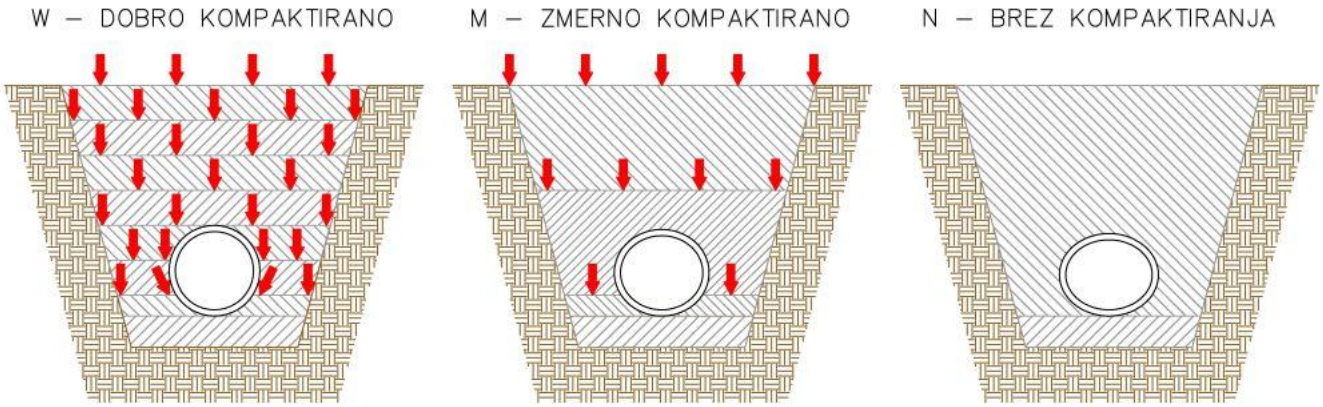
začetku z ustrezno vsebnostjo vlage v zasipnem materialu, kot pa s kasnejšo prekomerno intenzivnostjo kompaktiranja.

Podatki o optimalni vlagi in nasipni teži suhe snovi pri optimalnih pogojih kompaktiranja za posamezne vrste zemljin so prikazani v tabeli 8:

TIP ZEMLJINE	NEMŠKA KLASIFIKACIJA	AMERIŠKA KLASIFIKACIJA	OZNAKA DIN 18196	OZNAKA BS 5930	OPIS	NASIPNA TEŽA SUHE SNOVI (kN/m^3) PRI OPTIMALNI STOPNJI KOMPAKTIRANJA	OBMOČJE OPTIMALNE VSEBNOSTI VLAGE (%)	UČINEK KOMPAKTIRANJA
ZRNATI	G1	1	GE	GU	ozko graduirani prodi	18-20	11-14	ODLIČEN
			GW	GW	široko graduirani prodi	16-22	8-11	
			GI	GP	prodci z nezvezno sestavo zrn	17-22	8-12	
		2	SE	SU	ozko graduirani peski	16-22	9-14	
			SW	SW	široko graduirane zmesi peska in proda	18-21	9-16	
			SI	SP	zmesi peščenih prodov z nezvezno sestavo zrn	16-20	12-21	
	G2	3	GU	GM	zmesi proda in melja	19-22	8-12	DOBER
			GT	GC	zmesi proda in gline	19-21	9-14	
			SU	SM	zmesi peska in melja	18-21	11-16	
			ST	SC	zmesi peska in gline	17-21	11-15	
	G3		GŪ	GM	zmesi proda in melja	19-22	8-12	ZADOVOLJIV
			GṪ	GC	zmesi proda in gline	18-21	9-14	
			SŪ	SM	zmesi peska in melja	17-21	9-14	
			SṪ	SC	zmesi peska in gline	17-21	11-15	
VEZLJIVI		4	UL	ML	malo plastični melji	17-21	9-16	POGOJNO ZADOVOLJIV
			UM	MH	plastični melji	13-18	24-40	
	G4		TL	CL	malo plastične ilovice	16-19	12-21	
			TM	CL	srednjeplastične ilovice	15-19	12-24	
			TA	CH	izrazito plastične ilovice	12-17	19-36	
ORGANSKI		5	OU	OL	melji z organskimi primesmi in organogeni melji	13-16	21-33	SLAB
			OH	OH	grobo do mešano zrnate zemljine s humusnimi primesmi	11-16	21-45	
			OT	OH	ilovice z organskimi primesmi in organogene ilovice	11-16	21-45	

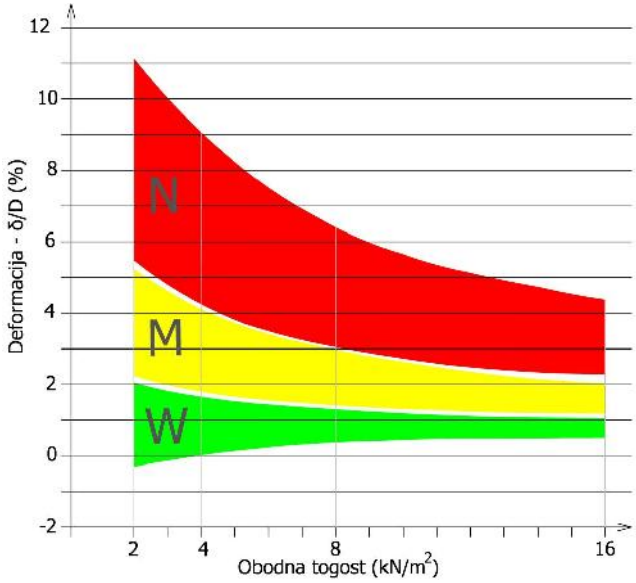
Glede na to, da v praktičnih pogojih izvedbe zasip kanala ni vedno izveden skladno s tehničnimi navodili, standard SIST ENV 1046 predvideva tri kakovostne načine izvedbe zasipa cevovoda:

1. Dobro kompaktiran zasip (oznaka W). Izvaja se skladno z določili standarda SIST EN 1610. Zasip se utrjuje v plasteh debeline od 0,15 do 0,30 m. Gostota po standardnem Proctorju je višja od 94 %.
2. Zmerno kompaktiran zasip (oznaka M). Zasip se še vedno kompaktira v plasteh, vendar je debelina posamezne plasti večja, tako, da se obsip cevi praviloma izvede v eni sami fazi. Učinek zgoščevanja je zato bistveno slabši in se nahaja v območju od 87 do 94 % standardnega Proctorja.
3. Nekompaktiran zasip (oznaka N). Kanal se zasuje v enem samem koraku brez kompaktiranja. Začetna gostota po standardnem Proctorju je v tem primeru nižja od 87 %.

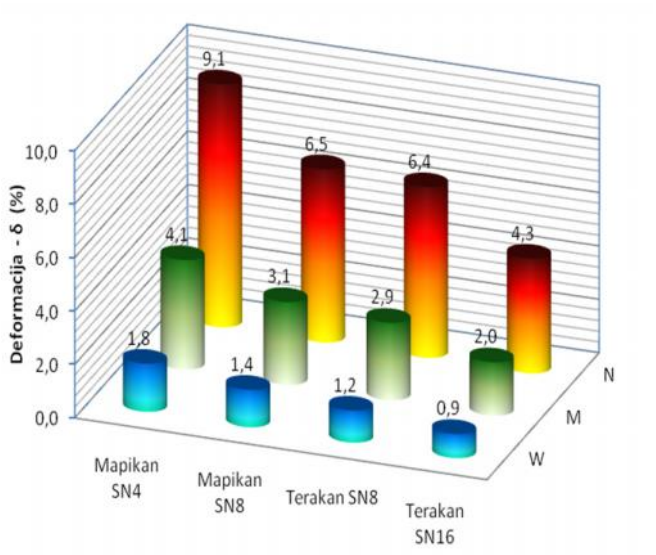


Slika 65: Načini kompaktiranja kot jih opredeljuje standard SIST ENV 1046:2002

Slabši pogoji vgradnje seveda pomenijo večjo začetno deformacijo cevovoda. Zveza med obodno togostjo cevi, načinom izvedbe zasipa in deformacijo cevi je povzeta iz standarda SIST CEN/TS-15223:2008 in v grafični obliki prikazana na sliki 66.



Slika 66: Zveza med obodno togostjo, načinom vgradnje cevovoda in začetno deformacijo cevi (SIST CEN/TS-15223)



Slika 67: Ocena maksimalne začetne deformacije cevi Mapikan in Terakan v odvisnosti od načina vgradnje cevovoda

Navedeni podatki veljajo za kanale premera do 1100 mm, temenske globine od 0,8 do 6 m, s poljubno gladino podzemne vode in brez omejitev glede prometne obremenitve.

Na sliki 67 pa so na osnovi predhodno navedenih podatkov ocenjene maksimalne začetne deformacije za cevi Mapikan in Terakan. Iz rezultatov je razvidno, da pri kvalitetni vgradnji obodna togost nima bistvenega vpliva na začetno deformacijo cevovoda. V primeru težavnih pogojev

vgradnje (podzemna voda, slaba nosilnost temeljnih tal, neustrezna kakovost zasipnega materiala) pa so razlike očitne. Takrat je smiselno uporabljati izključno cevi Terakan SN16.

Standard SIST CEN/TS-15223:2008 med drugim določa tudi metodo za izračun pričakovane končne deformacije cevovoda pri čemer velja:

$$\delta_f = \delta_i + C_f$$

δ_f – končna deformacija izražena v % glede na notranji premer cevi

δ_i – začetna deformacija izražena v % glede na notranji premer cevi

C_f – faktor konsolidacije (razlika med končno in začetno deformacijo cevi izraženo v %)

Velikost faktorja konsolidacije je odvisna od načina kompaktiranja zasipa:

Način vgradnje	**Vrednost C_f**
Dobro kompaktiran zasip (W)	1
Zmerno kompaktiran zasip (M)	2
Nekompaktiran zrnati zasip (N)	3
Nekompaktiran vezljivi zasip (N)	4

5.4. Priprava podlage za položitev cevi

5.4.1. Izvedba temelja

Kadar osnovna tla nimajo ustrezne nosilnosti, je stabilnost podlage potrebno zagotoviti s postopkom konsolidacije (utrditve) terena. Odločitev o tem kdaj je to potrebno storiti mora temeljiti na osnovi geomehanske presoje po predhodni oceni stanja dna gradbene jame. Vsekakor pa je o tem smiselno razmišljati, ko se pri vstopu delavca v jamo njegovi čevlji vidno vtisnejo v podlago.

Sodobna tehnologija ponuja veliko učinkovitih rešitev, vendar pa je večina tehnično zahtevnih in dragih, zato naj navedemo samo tiste, ki so zaradi svoje enostavnosti in ekonomičnosti uporabne tudi pri izgradnji kanalizacije.

V rahlih nevezljivih tleh, ki niso zasičeni z vodo (različne vrste peska ali mešanice melja in peska), nosilnost tal lahko povečamo z metodo **mehanske komprimacije** (zgostitve). Podlago se povalja s t.i. zemeljskimi valjarji, ki poleg tlačenja omogočajo tudi vibracijo. S tem se učinek zgoščevanja vsaj deloma prenese tudi v globino in na ta način že lahko dobimo kompaktno plast, ki zagotovi dolgoročno stabilnost vgrajenega cevovoda.

Na peščeni podlagi z visoko podtalnico zgostitev terena lahko dosežemo z **znižanjem gladine podzemne vode**. S tem se izniči sila vzgona in podlaga se zgosti. Učinek lahko dodatno pospešimo z uporabo naprav za komprimiranje. Znižanje gladine se običajno izvede z vgradnjo drenaže, ki se nahaja od 0,5 do 1,0 m pod koto dna kanala. Za ta način se odločimo, kadar obstaja možnost nemotenega gravitacijskega odvoda drenirane vode. Ker ta pogoj v praksi velikokrat ni izpolnjen, se ta rešitev praviloma redko uporablja.

Na zemljišču, kjer prihaja do izrivanja terena v stran, tla lahko ogradimo z **zagatnimi stenami**. Ta rešitev je uporabna na mehkih tleh s homogeno sestavo zemljine.

Na barjanskih tleh je ustrezno čvrstost podlage mogoče zagotoviti z metodo **pilotiranja**. Postopek se izvede z vgradnjo lesenih, betonskih ali kovinskih pilotov, ki se vgradijo ali zabijejo v tla do nivoja dobro nosilne podlage. Nato se jih medsebojno poveže s prečnimi gredami na katere se vgradi cevovod. V primeru kisle reakcije tal , je potrebno poskrbeti za ustrezno protikorozijsko zaščito kovinskih in betonskih delov konstrukcije, lesene dele pa je potrebno zaščititi proti učinkom biološkega razkroja.

Lastnosti tal lahko izboljšamo tudi z **dodajanjem sredstev za poboljšanje podlage.** Ta način je uporaben v primeru, ko je razpoložljivi material prevlažen za vgradnjo, nima zadovoljivih mehanskih lastnosti, ali ni odporen na škodljive učinke vode. Kot sredstva za poboljšanje se uporabljajo cement, elektrofiltrski pepel, žlindra, apno ali njihove medsebojne kombinacije.

Cement, elektrofiltrski pepel in žlindra se uporabljajo za poboljšanje grobo in srednjezrnatih zemljin, pa tudi nizko plastičnih drobno zrnatih zemljin, ki se jih da ustrezno predrobiti in homogeno

premešati. Postopek izvedemo tako, da material posujemo po površini dna gradbene jame in temeljito premešamo s podlago, v nadaljevanju pa zbijemo in uravnamo.

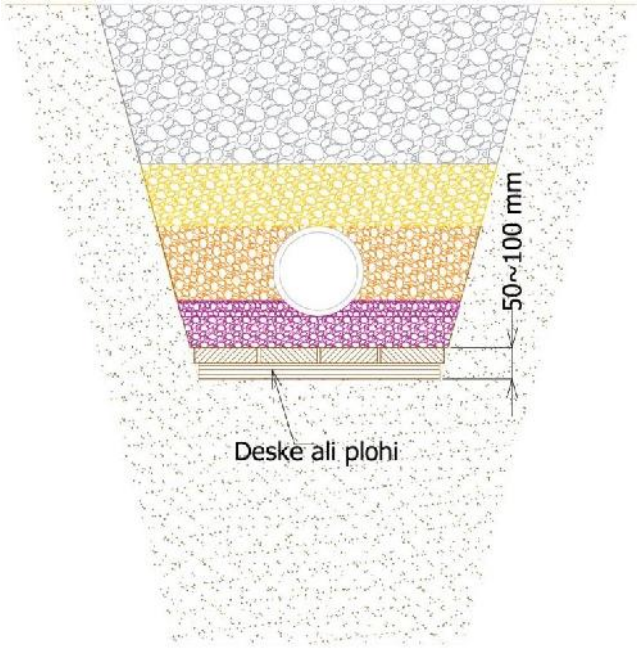
V primeru grobih dobro prepustnih tal učinek poboljšanja lahko dosežemo tudi z vbrizgavanjem cementnega mleka ali injekcijske malte v dno gradbene jame. V tem primeru tla hidravlično utrdijo, in tako bistveno izboljšajo svoje geomehanske lastnosti.

Kadar je podlaga sestavljena iz drobno ali srednje zrnatih plastičnih zemljin (gline in melji), se za poboljšanje lastnosti dodaja hidrirano apno. Navadno se ga doda od 2 do 8 % glede na suho težo zemljine. Še boljši učinek dosežemo z dodatkom žganega apna. Ta ima lastnost, da kemično reagira z vodo in na ta način dodatno osuši podlago. Del apna se lahko nadomesti z elektrofiltrskim pepelom. Ta v kombinaciji z apnom deluje kot neke vrste pospeševalec, ki zagotovi učinkovitejšo zgostitev podlage.

Ustrezno nosilnost temeljnih tal je mogoče zagotoviti tudi z **zamenjavo materiala**. To je način, ki je med gradbeniki najbolje poznan in se zato največkrat uporablja.

Kadar je debelina slabo nosilne plasti manjša od 1 m, pod njo pa se nahaja stabilen teren, se običajno odločimo za izkop in zamenjavo materiala s peščenim tamponom. V ta namen je najbolje uporabiti mešanice gramoza in peska, ki se sicer uporablja pri izdelavi nosilne plasti cestnega telesa. Detajl izvedbe je prikazan na sliki 68.

Slika 68: Temelj pri slabo nosilni podlagi globine < 1,00 m



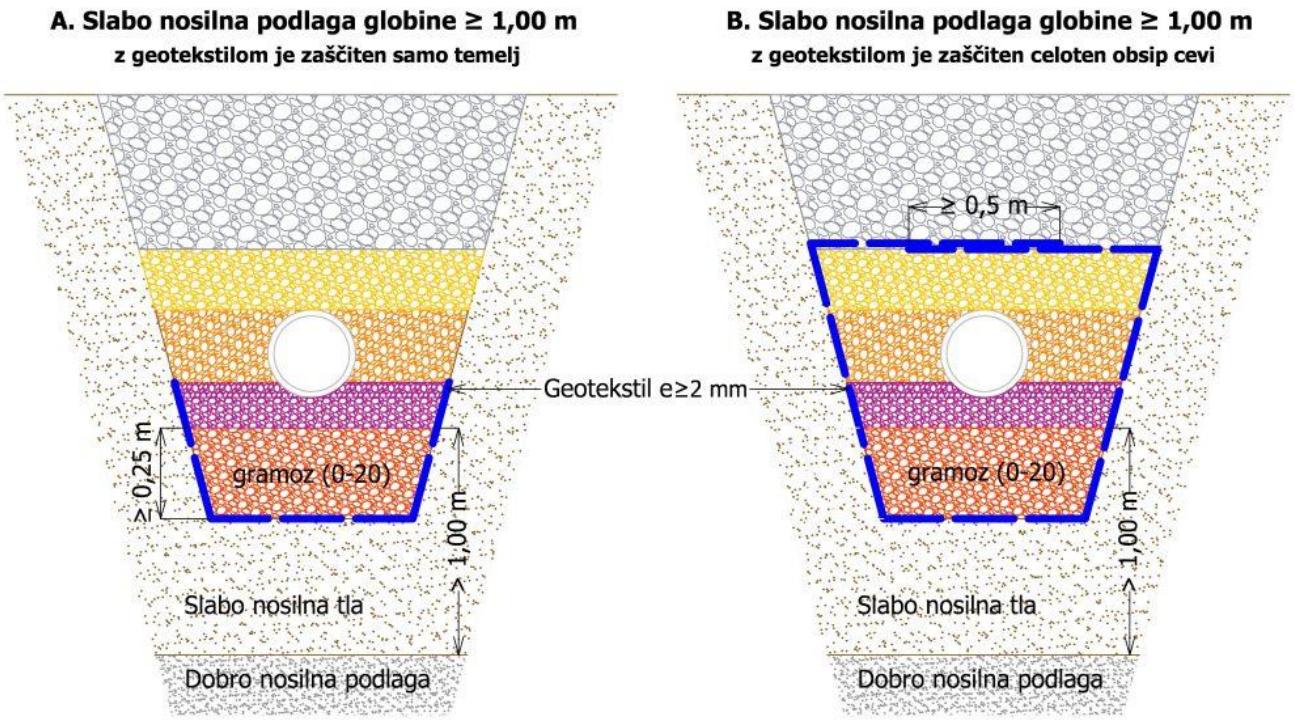
Slika 69: Detajl izvedbe lesene blazine

Namesto peščenega tampona se lahko vgradi tudi podložni beton. To je še zlasti priporočljivo v primeru nehomogene sestave tal in kadar obstaja nevarnost spodjedanja podlage zaradi delovanja podzemne vode.

Če so tla izredno mehka in onemogočajo varno delo, si lahko pomagamo s t.i. leseno blazino. Detajl je razviden iz slike 69. Lesene deske ali plohe (debeline od 2,5 do 5 cm), ki so bili predhodno ustrezno impregnirani, razžagamo in položimo v jarek v prečni smeri. Nanje nato v vzdolžni smeri položimo deske standardne dolžine 4 m. Na tako pripravljeno podlago nasujemo posteljico. Ta rešitev, ki jo priporoča standard SIST ENV 1046, sicer omogoči varno delo in zanesljivo vgradnjo. Ne glede na to pa ostaja odprto vprašanje postopnega razkroja lesene podlage, zaradi česar lahko pride tudi do nenadzorovanega posedanja in deformacije cevovoda.

Kadar je debelina slabo nosilne plasti večja od 1 m, se običajno odločimo za kombinirano vgradnjo peščenega tampona in geotekstila. Detajl izvedbe je razviden iz slike 70 A in B. Geotekstil katerega debelina mora biti enaka ali večja od 2 mm se razprostre po dnu gradbene jame. Nato se vgradi peščeni tampon debeline najmanj 25 cm. Sledi vgradnja posteljice ter montaža cevovoda. Pri vgradnji je potrebno biti pazljiv, da ne pride do poškodovanja geotekstilne podlage. Zato za tampon in obsip cevi uporabimo zasipni material z maksimalno debelino zrn 20 mm. Odločitev o tem do

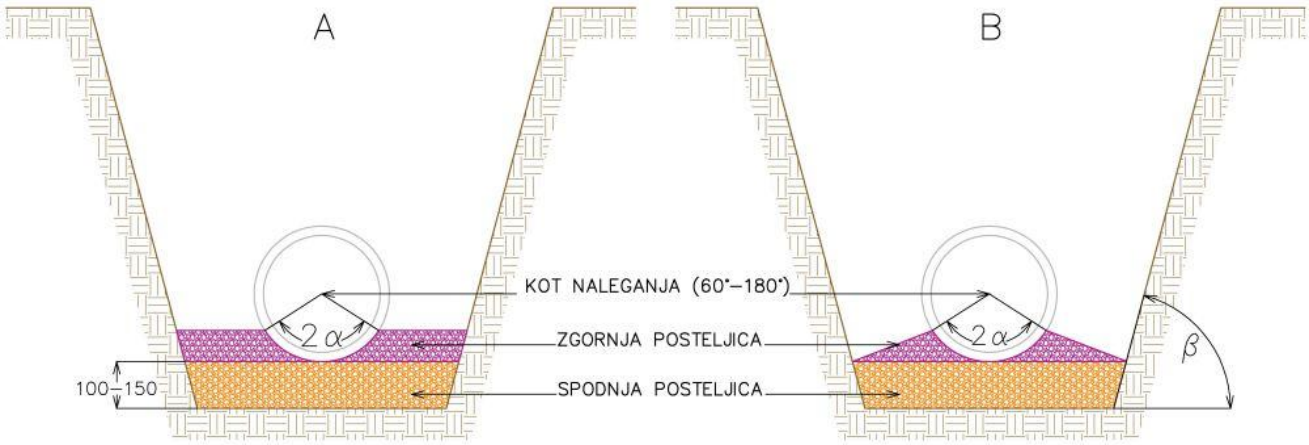
katere višine naj geotekstil prekrije bočne brežine je odvisna od tega ali z njegovo vgradnjo želimo zagotoviti samo boljšo nosilnost temeljnih tal ali istočasno želimo preprečiti tudi infiltracijo okoliškega terena v zasip ter na drugi strani njegovo odplavljanje. V prvem primeru z geotekstilom obložimo bočne stene jarka do višine 5 -10 cm nad niveleto bodočega kanala. V drugem primeru pa bočne stene obložimo do linije cone cevovoda, ali še bolje z njim obvijemo celotni obsip cevovoda. Na ta način cevovod sočasno zavarujemo tudi proti sili vzgona.



Slika 70: Zaščita temelja z geotekstilom

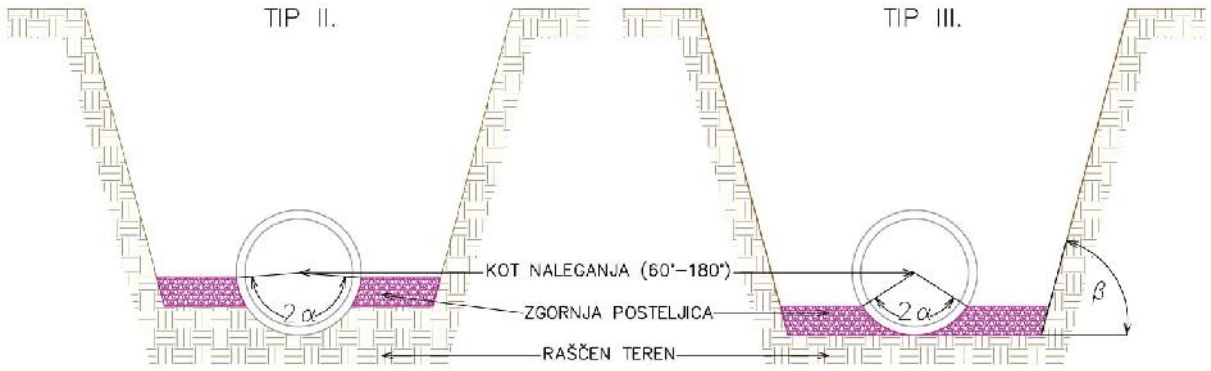
5.4.2. Izvedba posteljice

Standard SIST EN 1610 predvideva tri načine izvedbe posteljice. Klasično obliko (tip I.), ki je prikazana na sliki 71, sestavljata spodnja in zgornja posteljica. Zgornja posteljica ima lahko poleg pravokotnega tudi klinasto oblikovan profil, ki se uporablja predvsem pri vgradnji cevi katerih nazivni premer je enak ali večji od 500 mm.



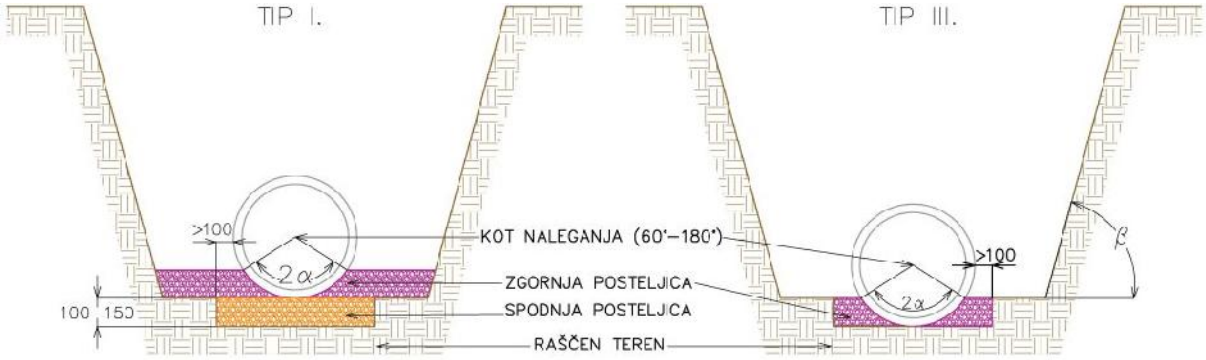
Slika 71: Detajl vgradnje cevi na posteljico tip I. A – s klasično oblikovano zgornjo posteljico
B – s klinasto oblikovano zgornjo posteljico

Tip II. in III. pa se uporabljata takrat, ko se dno gradbene jame nahaja v mehkih tleh s finozrnato strukturo. V tem primeru je mogoče izvesti popolno poravnavo dna gradbene jame in zagotoviti enakomerno naleganje cevi neposredno na dno jarka. Vgradnja spodnje posteljice zato ni več nujno potrebna.



Slika 72: Vgradnja cevi na posteljico tip II. in tip III

Poseben način vgradnje predstavlja t.i. poglobljena posteljica, ki jo priporoča Evropsko združenje proizvajalcev plastičnih cevi in cevnega pribora TEPPFA (Slika 73).



Slika 73: Vgradnja cevi na poglobljeno posteljico tip I. in TIP III.

Izvede se tako, da se ob zaključku izkopa v dno jarka izkoplje žleb pravokotne oblike, ki je globok od 10 do 20 cm in za približno 20 cm širši od zunanjega premera cevi. V poglobljeni del se nato vgradi posteljico in nanjo položi cev. Nadaljnji postopek je enak kot pri klasični izvedbi posteljice tipa I. Če ima dno gradbene jame zadosti mehko in homogeno podlago, pa se lahko izvede tudi fino profiliranje poglobljenega dela izkopa. Nato se vanj položi cev in obsuje z zasipom zgornje posteljice. Utrjevanje se izvede s pomočjo ročnega nabijača. Vsi ostali postopki so enaki kot pri izvedbi klasične posteljice tipa 3.

Prednost tega postopka je manjša poraba materiala za izvedbo posteljice in manjša deformacija cevi kot v primeru klasične izvedbe. Še zlasti se priporoča, kadar je širina dna jarka večja od običajne, npr. pri polaganju vzporednih cevovodov.

Za posteljico vedno uporabimo materiale iz skupine 1 in 2 (G1). Glede maksimalne debeline zrn veljajo enaki pogoji kot za obsip cevovoda.

5.6. Zasip cevi

Kot je bilo pojasnjeno že v poglavju 2.2. je bistveni pogoj za kakovostno izvedbo cevovoda zadostna gostota zasipa v območju cone cevovoda. Želeni učinek dosežemo na mehanski način s pomočjo tresenja, udarjanja, gnetenja ali tlačenja. Z drugimi besedami to pomeni, da zemljino obremenimo s silo, ki je lahko statična ali dinamična.

Primer statične obremenitve je delovanje sile teže, pri čemer pride do tlačenja in gnetenja podlage.

Pri tresenju in udarjanju pa gre za dinamično obremenitev, saj se smer in jakost delovanja sile s časom spreminjata. Pri tem pride do pojava vibracije, ki nastane kot posledica zaporednih udarcev klasičnega ali pnevmatskega kladiva, oziroma zaradi vrtenja ekscentrično vpetih uteži.

Ker je sam postopek kompaktiranja povezan s prenosom sile in s tem tudi vnosom energije v zemljino, ustrezen učinek običajno zagotovimo z uporabo strojne mehanizacije. Na manjših površinah pa je zadovoljive rezultate mogoče doseči tudi z uporabo ročnih nabijačev ali s pomočjo tlačenja z nogami.

5.6.1. Naprave za kompaktiranje

Učinek delovanja naprav za kompaktiranje opredeljujejo naslednji dejavniki: frekvenca, amplituda, statični pritisk ter centrifugalna oz. impulzivna sila.

Frekvenca je merilo za število izvedenih vibracij na časovno enoto. Izraža se z enoto število vibracij na minuto (VPM ali Hz) lahko pa tudi kot število udarcev na minuto (BPM) ali število vrtljajev na minuto (RPM).

Amplituda je višina vertikalnega hoda vibrirajoče naprave v času enega obrata (cikla). Običajno se izraža v milimetrih hoda.

Statični pritisk je učinek delovanja sile teže na ploskovno enoto. Izraža se v enotah kN/m^2 ali MPa.

Izmed naprav, ki so primerne za utrjevanje obsipa cevi je potrebno omeniti nabijače, vibroplošče, reverzibilne vibroplošče in različne izvedbe valjarjev.

Nabijači so ročne naprave, ki jih poganja bencinski ali dizelski motor in delujejo na pnevmatskem ali mehanskem (ekscenter) principu. Zato z njimi lahko dosežemo zelo visoke amplitude pri nizkih frekvencah (500 do 750 udarcev na minuto). Še zlasti so uporabni za kompaktiranje vezljivih ali delno vezljivih zemljin (zemljine z vsebnostjo gline in meljev). Učinek kompakltiranja se doseže s kombinacijo udarjanja, vibracije in gnetenja. Uporabni pa so tudi za utrjevanje različnih vrst gramoza. Njihova pomanjkljivost je v tem, da zaradi majhne površine udarne plošče niso primerni za utrjevanje velikih površin. Imajo pa zato prednost, da se jih lahko učinkovito uporabi na mestu ozkih prehodov ali mrtvih kotov. Zaradi tega se z njimi izvaja tudi utrjevanje obsipa cevi ter zasipa jaškov.

Vibroplošče so naprave, ki delujejo pri nizkih amplitudah in visokih frekvencah (od 2500 do 6000 vpm). Učinek kompaktiranja se doseže z vibracijo, ki jo vzbuja hitro vrteča ekscentrično vpeta utež. Največ se uporabljajo pri kompaktiranju granuliranih materialov majhne debeline (asfalt). Zato so zelo primerne tudi za utrjevanje prekrivne cone pri cevovodih, ker zaradi majhne amplitude vibracij ni nevarnosti da bi v fazi zgoščevanja prišlo do premikanja ali celo poškodbe cevovoda. Niso pa primerne za utrjevanje prsti in vezljivih zemljin. Prav tako imajo omejeno uporabnost pri utrjevanju zasipa z vsebnostjo kamenja in ostalih grobih delcev.

Reverzibilne vibro plošče imajo vgrajene dve ekscentrično vpeti uteži z nasprotno smerjo vrtenja. S tem pride do pojava intereference (medsebojnega seštevanja dveh valovanj enakih frekvenc), s čimer je dosežen dodatni učinek kompatiranja. Zato so te naprave primerne tudi za kompaktiranje delno vezljivih in celo vezljivih zemljin.

Valjarji predstavljajo veliko skupino naprav za kompaktiranje, ki se med seboj zelo razlikujejo, tako po velikosti kot tudi učinku delovanja. Po načinu upravljanja so lahko ročni (upravljavec hodi ob stroju), daljinsko vodljivi, ali z voznikom. Po obliki valjev imajo lahko gladke, reliefno oblikovane ali gumijaste valje. Po načinu delovanja so lahko statični ali vibracijski.

Po namembnosti so lahko cestni (za valjanje cestnega tampona ali asfalta), zemeljski in kanalski.

Slika 74: Vibronabijač

Slika 75: Vibroplošča

Slika 76: Reverzibilna vibroplošča

Slika 77: Ročni valjar

Ročni spadajo v skupino naprav z gladkimi valji. V večini primerov so vibracijski s frekvenco delovanja okoli 4000 Hz.

Valjarji z reliefno oblikovanimi valji se v glavnem uporabljajo pri zemeljskih delih. Glavni učinek delovanja je gnetenje. Zato so še zlasti primerni za kompaktiranje vezljivih zemljin iz skupine 3 in 4 (G3 in G4).

Slika 78: Tandemski valjar

Slika 79: Kanalski valjar

Slika 80: Nadgradni stroj

Veliki valjarji poznani tudi pod nazivom **tandem valjarji** (z dvema valjema) ali trojni valjarji (s tremi valji). Upravlja se jih lahko z vozila ali na daljinsko upravljanje. Po učinku delovanja so lahko statični in dinamični. Dinamični princip delovanja temelji na vibraciji ekscentrično vpetih uteži.

Kanalski valjarji so posebna oblika naprav, ki so namenjeni uporabi v jarkih. Zato lahko premagajo tudi ozke prehode ali večje strmine. Običajno se jih upravlja ročno ali s pomočjo daljinskega vodenja. Valji so lahko gladki ali reliefno oblikovani. Po učinku delovanja so lahko statični, dinamični ali kombinirani.

Posebno obliko naprav predstavljajo t.i. **nadgradni stroji**, ki se jih vgradi na ročico bagra ali rovokopača. Obstaja več različic izdelanih v obliki vibro plošče ali valjarja. Delujejo na principu tlačenja, vibriranja in gnetenja.

5.6.2. Določitev pogojev za zagotovitev maksimalnega učinka kompaktiranja

Tako kot je bilo že predhodno ugotovljeno, je za zagotovitev ustreznega učinka kompaktiranja potrebno zagotoviti zadosten vnos energije in ustrezno vlažnost zemljine. Pri dinamičnem postopku kompaktiranja pa je zelo pomembna tudi frekvenca vibracij. Za vsako snov v naravi velja, da ima lastno frekvenco vibracije. Pri tej pride v tako imenovano fazo resonance pri kateri doseže maksimalno amplitudo vibracije. Zato so tudi učinki zgoščevanja materiala bistveno bolj intenzivni kot sicer. V tabeli 9 je prikazanih nekaj tipičnih lastnih frekvenc za različne tipe zemljin. Pri tem je potrebno opozoriti, da se podatki lahko tudi nekoliko razlikujejo od spodaj navedenih, saj na lastno frekvenco poleg kemične sestave zemljine v veliki meri vpliva tudi oblika (geometrija) delcev ter vsebnost vlage.

Vrsta zemljine	frekvenca (VPM)	Frekvenca (Hz)
Graduirani pesek SW	1980	33
Graduirani pesek moker SW	1440	24
Graduirani pesek suh SW	1320	22
Glina CL	1200	20
Glina suha mešana z gramozom GC	1110	19
Gramoz s primesmi peska GW	1500 - 1740	25 - 29
Čvrsti melj MH	1500 - 1740	25 - 29
mehak melj ML	1260 - 1980	21 - 23

Pri postopku kompaktiranja, še zlasti takrat, ko se izvaja tudi s pomočjo vibracije, se učinek zgoščevanja širi tudi v notranjost zasipa. Vendar pa z globino zelo hitro slabi. Zato je zelo pomembno, da izberemo takšno debelino zasipne plasti pri kateri bo učinek zgoščevanja še zadovoljiv. Podatki o priporočeni debelini zasipnih plasti in potrebnem številu prehodov pri kompaktiranju za zemljine iz skupine 1 in 2 (G1) so prikazani v tabeli 10:

Način kompaktiranja	**Masa (kg) ali dinamični učinek (kN/m)**	**Število prehodov potrebnih za zagotovitev kakovosti zasipa kot ga določa SIST ENV 1046:2002**		**Največja dopustna debelina posamezne plasti zasipa glede na vrsto zemljine**				**Minimalno potrebna debelina prekrivne cone (m)**
		W - dobro kompaktirano	**M - delno kompaktirano**	**I.**	**II.**	**III.**	**IV.**	
z nogami	> 50 kg	3	1	0,15	0,10	0,10	0,10	0,20
ročni nabijač	min. 15 kg	3	1	0,15	0,10	0,10	0,10	0,20
vibrirajoči nabijač	min. 70 kg	3	1	0,30	0,25	0,20	0,15	0,30
vibro plošča	50 kg	4	1	0,10	-	-	-	0,15
	100 kg	4	1	0,15	0,10	-	-	0,15
	200 kg	4	1	0,20	0,15	0,10	-	0,20
	400 kg	4	1	0,30	0,25	0,15	0,10	0,30
	600 kg	4	1	0,40	0,30	0,20	0,15	0,50
vibracijski valjar	15 kN/m	6	2	0,35	0,25	0,20	-	0,60
	30 kN/m	6	2	0,60	0,50	0,30	-	1,20
	45 kN/m	6	2	1,00	0,75	0,40	-	1,80
	65 kN/m	6	2	1,50	1,10	0,60	-	2,40
vibracjski tandem valjar	5 kN/m	6	2	0,15	0,10	-	-	0,20
	10 kN/m	6	2	0,25	0,20	0,15	-	0,45
	20 kN/m	6	2	0,35	0,30	0,20	-	0,60
	30 kN/m	6	2	0,50	0,40	0,30	-	0,85
trojni težki valjar (brez vibracij)	min. 50 kN/m	6	2	0,25	0,20	0,20	-	1,00

5.6.3. Izvedba zgornje posteljice

Zgornjo posteljico se vgradi neposredno po montaži cevi s čimer se zagotovi boljše naleganje cevi ob podlago. S tem je izpolnjen prvi pogoj, da bo končna deformacija vgrajenega cevovoda minimalna. Oblika in debelina posteljice je odvisna od t.i. kota naleganja 2α, ki običajno znaša od 60 do 180°. Podatki o debelini posteljice pri danem kotu naleganja so prikazani v tabelah 11 in 12:

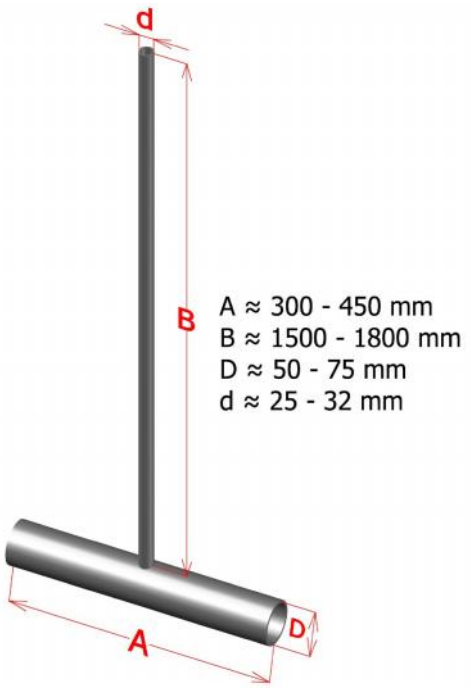
Cev MAPIKAN DN (mm)	**Debelina zgornje posteljice v cm pri kotu naleganja 2α:**												
	60°	**70°**	**80°**	**90°**	**100°**	**110°**	**120°**	**130°**	**140°**	**150°**	**160°**	**170°**	**180°**
160	1	1	2	2	3	3	4	5	5	6	7	7	8
200	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8	9	10
250	2	2	3	4	4	5	6	7	8	9	10	11	13
315	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	14	16
400	3	4	5	6	7	9	10	12	13	15	17	18	20
500	3	5	6	7	9	11	13	14	16	19	21	23	25
630	4	6	7	9	11	13	16	18	21	23	26	29	32
800	5	7	9	12	14	17	20	23	26	30	33	37	40
1000	7	9	12	15	18	21	25	29	33	37	41	46	50
1200	8	11	14	18	21	26	30	35	39	44	50	55	60

Cev TERAKAN DN (mm)	Debelina zgornje posteljice v cm pri kotu naleganja 2α:												
	60°	**70°**	**80°**	**90°**	**100°**	**110°**	**120°**	**130°**	**140°**	**150°**	**160°**	**170°**	**180°**
200	2	2	3	3	4	5	6	7	8	8	9	10	11
250	2	3	3	4	5	6	7	8	10	11	12	13	15
300	2	3	4	5	6	7	9	10	11	13	14	16	17
400	3	4	5	7	8	10	12	13	15	17	19	21	23
500	4	5	7	8	10	12	15	17	19	21	24	26	29
600	5	6	8	10	12	15	17	20	23	26	29	32	35
800	6	8	11	14	17	20	23	27	31	34	38	42	46
1000	8	11	14	17	21	25	29	34	38	43	48	53	58

Za zgornjo posteljico lahko uporabimo enako vrsto materiala kot za ostali obsip cevovoda (mešanica gramoza in peska skupine 1 in 2 po ameriški oziroma G1 po nemški klasifikaciji).

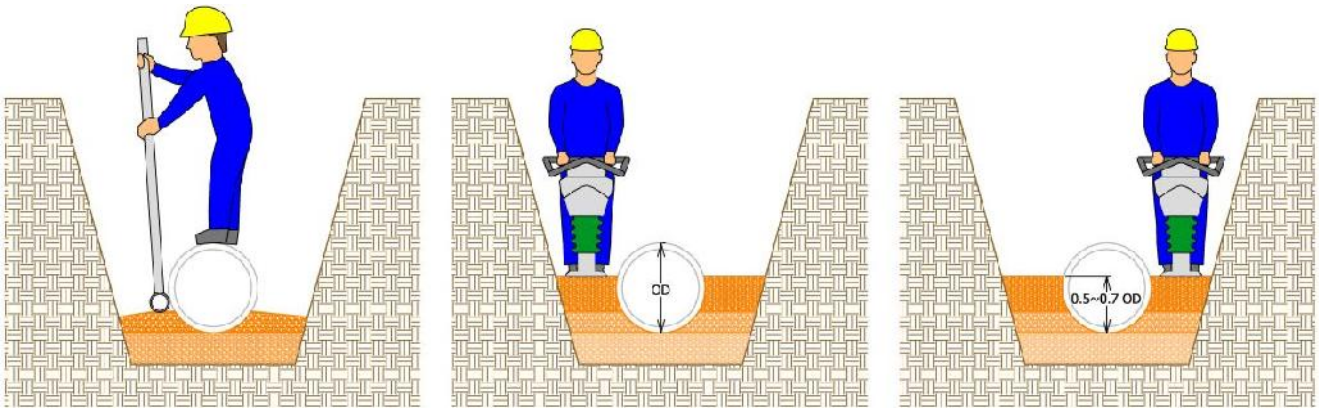
Cevi manjšega profila obsipamo ročno, cevi večjega profila pa lahko tudi strojno pri čemer pazimo, da ne pride do premikanja cevi. Zato ga je potrebno v jamo stresati postopoma in iz čim manjše višine.

V naslednji fazi izvedemo ročno planiranje in kompaktiranje zasipa. Neposredno ob cevi ga potlačimo z nogami, pri čemer je najbolje, da se postopek izvaja istočasno na obeh straneh cevi. To delo lahko izredno učinkovito opravimo tudi z ročnim nabijačem, ki je izdelan iz jeklenih cevi okroglega profila. Podatki o obliki in dimenzijah so razvidni iz slike 81. Pri delu z njim delavec stoji na cevi in z orodjem udarja ob obsip cevi. Na ta način z lastno težo prepreči, da bi prišlo do premikanja cevi. Vendar je pri delu potrebno biti pazljiv, da ne pride do zdrsa, še zlasti v primeru kadar je površina cevi vlažna.



Slika 81: Ročni nabijač

Obsip cevi lahko kompaktiramo tudi strojno, vendar pod pogojem, da njegova višina sega preko polovice cevi, (od 0,5 do 0,7 OD) s čimer preprečimo, da bi zaradi vibracij prišlo do premikanja ali celo dvigovanja cevi.

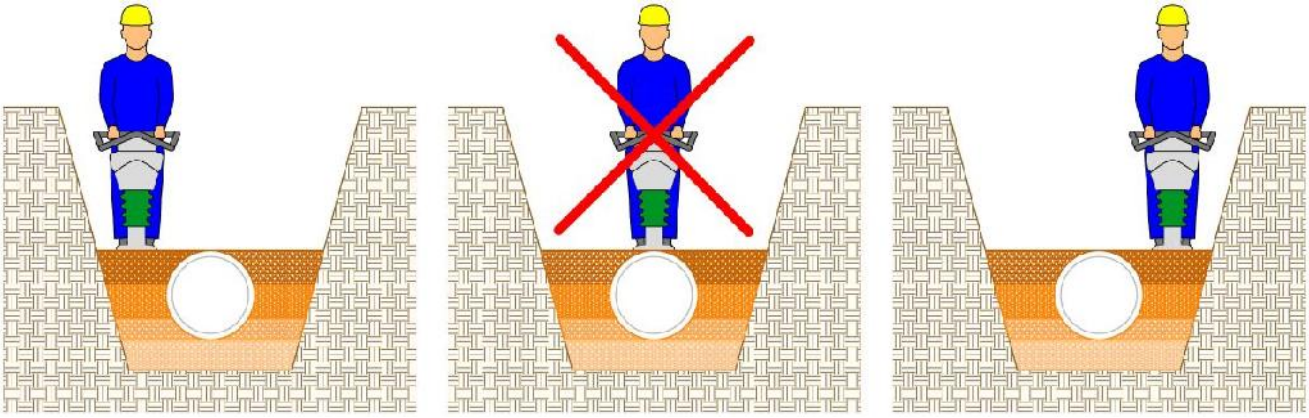


Slika 82: Način izvedbe ročnega in strojnega nabijanja obsipa cevi

5.6.4. Izvedba obsipa cevi

Obsip cevi se vgradi neposredno po izdelavi zgornje posteljice. Pri ceveh manjšega premera ga običajno razprostiramo v enem sloju. Cevi večjega premera pa obsujemo v več plasteh pri čemer upoštevamo, da debelina posameznega sloja ne sme biti večja od 20 cm. Po vgradnji se ga temeljito utrdi, običajno z lahkim strojnim nabijačem. Delo izvajamo izmenično iz ene in druge strani, da ne pride do premikanja ali celo dvigovanja cevi. Istočasno tudi skrbno pazimo, da vibrirna plošča ne udarja neposredno na zunanjo steno cevi. Ko višina zasipa preseže 70 % zunanjega premera cevi,

tisti del, ki se nahaja neposredno ob cevi ne utrjujemo več, pač pa ga samo temeljito zatlačimo z nogami.



Slika 83: Strojno nabijanje obsipa cevi je potrebno izvajati ob straneh in nikdar nad temenom cevi

5.6.5. Izvedba prekrivne cone

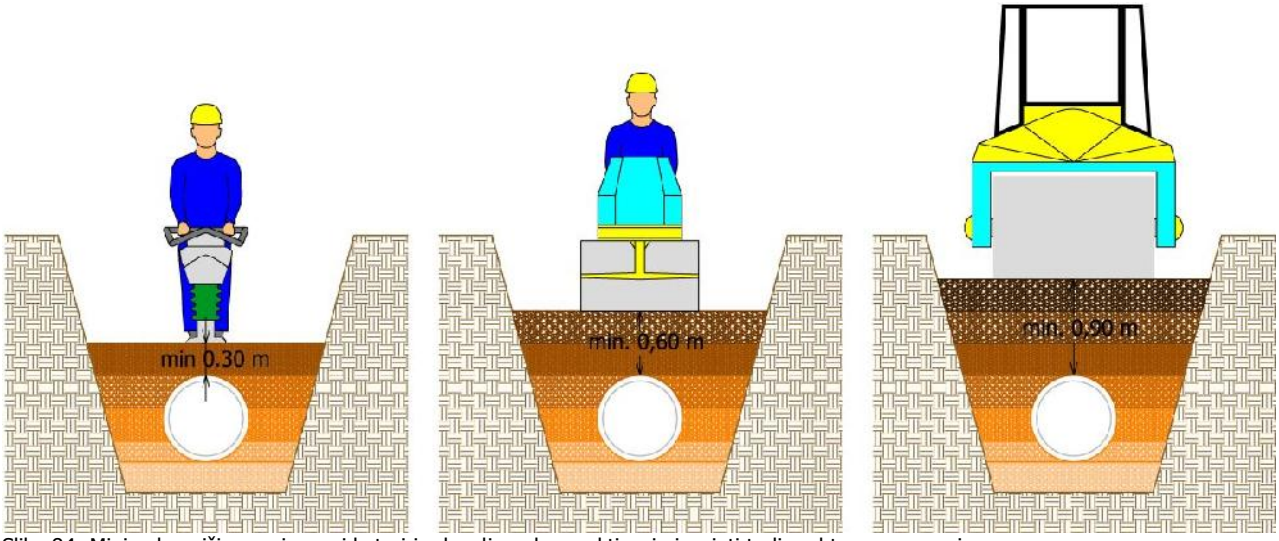
Prekrivna cona cevovoda se izvede neposredno po vgradnji in utrditvi obsipa cevi. Nekateri izvajalci jo ne vgrajujejo kot ločeno plast pač pa kot del obsipa cevi. Tak način vgradnje ni v nasprotju z načeli dobre prakse, pod pogojem, da debelina nasipa ne preseže maksimalno priporočenih vrednosti razvidnih iz tabele 10. V območju prekrivne cone zasip cevovoda lahko strojno utrjujemo samo ob straneh, medtem ko ga neposredno nad temenom cevi samo potlačimo z nogami. Zaključno plast, v kolikor se ta nahaja najmanj 30 cm nad temenom cevi pa že lahko utrjujemo z lažjimi vibracijskim napravami.

Ob zaključku preverimo lego vgrajene cevi, tako, da z baterijsko svetilko presvetlimo njeno notranjost, pri čemer smo pozorni tudi na morebitne poškodbe notranje stene in na položaj cevi na mestu spoja. V primeru, da je opazna kakršna koli poškodba, ali da je prišlo do nedovoljenega razmikanja na spoju, je najbolje, da se cev odkoplje in ponovno položi. V nasprotnem primeru tvegamo netesnost ali celo predčasno okvaro cevovoda, zaradi česar bo potrebna sanacija, ki lahko tudi za več kot stokrat preseže stroške trenutnega popravila.

5.6.6. Izvedba glavnega zasipa

Glavni zasip se nahaja neposredno nad prekrivno cono, to je zunaj cone cevovoda. Poleg učinka statične obremenitve nima neposrednega vpliva na stanje cevovoda, zato se mu običajno ne posveča več toliko pozornosti, razen na območju utrjenih površin (ceste, parkirišča, dvorišča), kjer je potrebno zagotoviti ustrezno nosilnost in stabilnost podlage.

Za zasipanje se uporablja izkopani ali drug material granulacije od 0 do 300 mm.



Slika 84: Minimalna višina zasipa, pri kateri je dovoljeno kompaktiranje izvajati tudi nad temenom cevi

Zasip se utrjuje v plasteh debeline od 0,2 do 0,5 m, za kar se poleg manjših vibracijskih naprav lahko uporablja tudi ročne, kanalske ali tandem valjarje. Pri tem je potrebno biti pozoren na višino zasipa nad temenom cevi, pri kateri se posamezne vrste naprav za kompaktiranje lahko varno uporabijo. Pri vibro ploščah in vibro nabijačih ta znaša 0,3 m, pri ročnih in kanalskih valjarjih 0,6 m, pri velikih tandem ali trojnih valjarjih pa 0,9 m.

5.6.7. Izvedba zasipa na prometno obremenjenih površinah

Izvajalci del se pri vgradnji cevovodov na prometno obremenjenih površinah (avtoceste, železnica, letališča, parkirišča, tovorni terminali ipd. dostikrat znajdejo v težki situaciji, ko morajo za zagotovitev ustrezne trdnosti tal zagotoviti maksimalno kompaktnost podlage, po drugi strani pa na mestu vgrajenih cevovodov zaradi nevarnosti poškodb lahko uporabijo le omejeno silo kompaktiranja.

Drug problem predstavlja napaka meritve v primeru uporabe dinamičnih metod za preizkus zgoščenosti podlage. Do te običajno pride v kolikor se meritev izvaja neposredno nad temenom cevovoda, kjer zaradi vibriranja in viskoelastičnega upogibanja cevi izmerimo vrednosti, ki so tudi do 5 % nižje od dejanske zgoščenosti podlage.

Za odpravo navedenih pomanjkljivosti je zato priporočljivo izvesti naslednje ukrepe:

- Za zasip skladno z rezultati Proctorjevega preizkusa vedno uporabljajmo material z optimalno vsebnostjo vlage
- Istočasno za zasip uporabimo material v katerem vsebnost delcev manjših od 2,5 mm ni večja od 5 %. Na ta način je za enak učinek kompaktiranja potrebno uporabiti tudi do štirikrat manj energije (sile na ploskovno enoto) kot bi jo v primeru vgradnje standardnih zasipnih materialov.
- Za izvedbo meritev zgoščenosti podlage nad temenom cevovoda namesto dinamičnih postopkov uporabimo eno od alternativnih metod kot je npr. uporaba nuklearnega merilca gostote tal.

Eden od zelo učinkovitih postopkov za zagotovitev ustrezne mehanske stabilnosti obsipa cevovoda je konsolidacija s portlandskim cementom.

V zasipni material z vsebnostjo vlage od 18 do 21 % in z manj kot 5 % deležem zrn manjših od 0,05 mm primešamo od 1 do 2,5 % portlandskega cementa. Z dobljeno zmesjo obsujemo cevovod in ga nato ročno ali s pomočjo vibro nabijača ustrezno kompaktiramo. Obsip v nekaj dneh hidravlično utrdi in na ta način dodatno učvrsti podlago, pri čemer pa tlačna trdnost praviloma ne preseže vrednosti 3 MPa. V primeru tektonskih in ostalih premikov zato razpoka, vendar pri tem ne more poškodovati stene cevovoda, saj razpade v manjše delce še preden bi njegovi odkruški lahko resno poškodovali steno cevi. Istočasno še vedno zadrži ustrezno kompaktnost, volumen in obliko in na ta način cevovodu zagotavlja dolgoročno mehansko stabilnost.

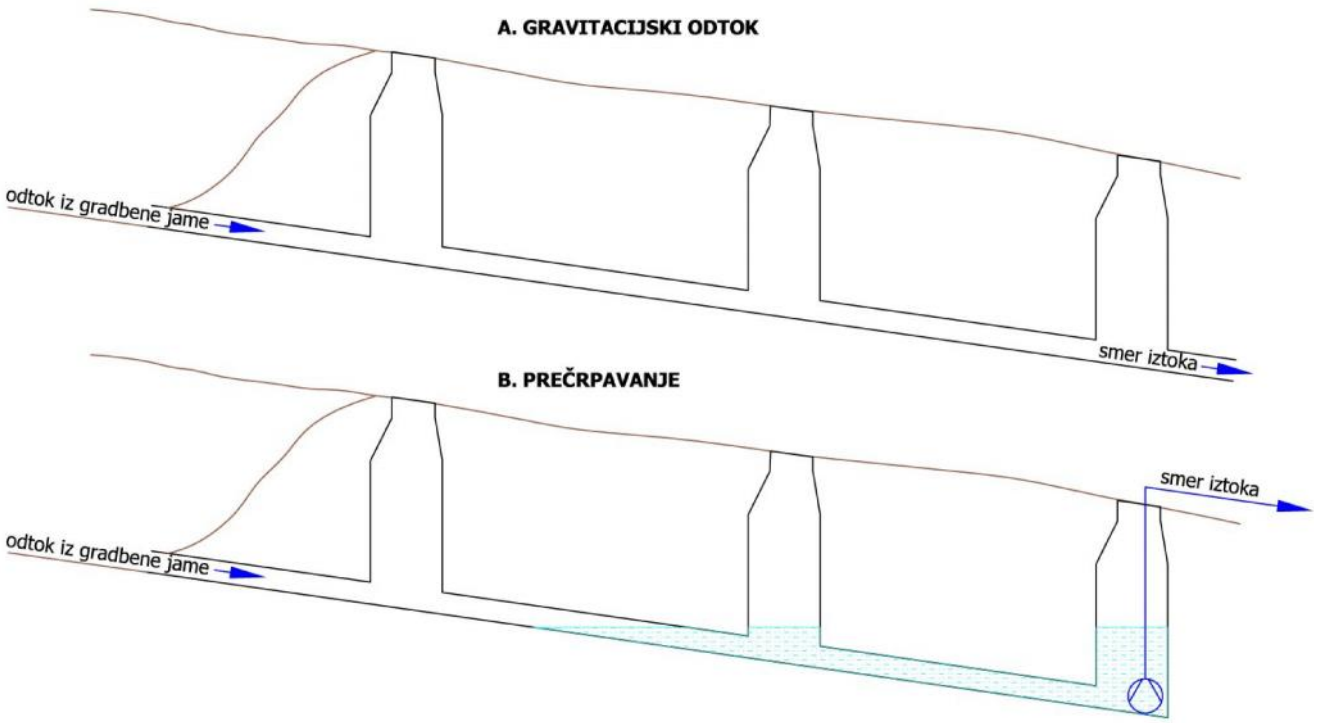
5.6.8. Izvedba zasipa, kadar je v gradbeni jami prisotna voda

Pri izgradnji kanalizacije enega največjih problemov predstavlja prisotnost vode v gradbeni jami. Ta je lahko površinskega izvora (padavinska voda) ali v obliki podtalnice. Voda zmehča površino sten in dna gradbene jame, zato se poveča nevarnost posipanja in istočasno zmanjša trdnost temeljnih tal. Istočasno dodatno navlaži zasip, tako, da ga ni več mogoče kvalitetno kompaktirati. Zaradi vseh navedenih razlogov je v času izvajanja del gradbeno jamo potrebno odvodnjavati.

V kolikor ima kanal ustrezen odtok je odvodnjavanje najlažje izvesti gravitacijsko pri čemer se voda sproti odvaja po novozgrajenem cevovodu. V tem je tudi bistvo priporočila zakaj je kanal potrebno graditi od spodaj navzgor. Tako se ves čas gradnje nahajamo na najvišji točki cevovoda in ima zato voda možnost nemotenega gravitacijskega odtoka. Tudi če kanal še nima urejenega ustreznega iztoka, ga lahko brez dodatnih stroškov preuredimo v začasni zbirni bazen iz katerega vodo prečrpavamo s pomočjo potopne črpalke. Detajl izvedbe je prikazan na sliki 85.

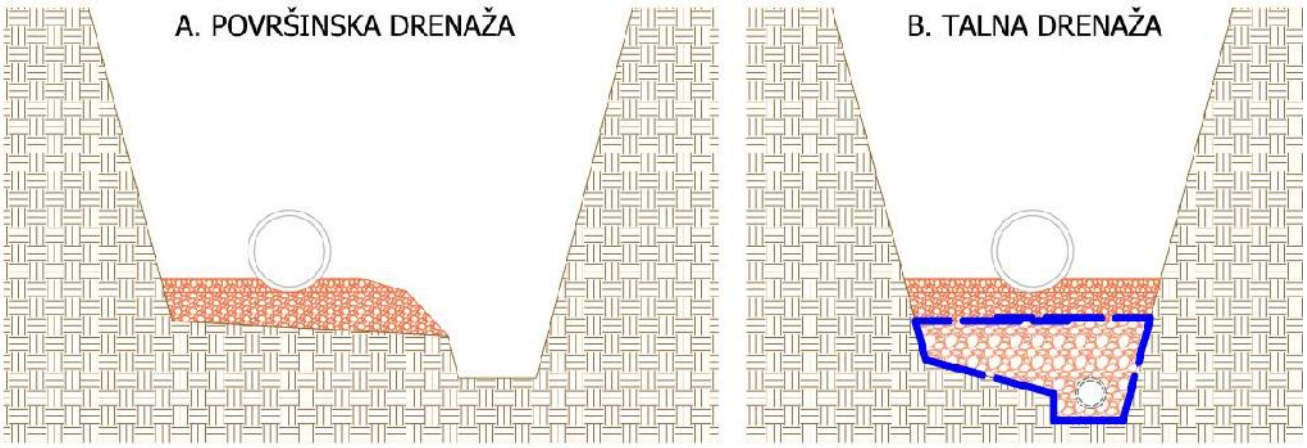
V primeru, ko kanal gradimo v smeri od zgoraj navzdol pa se ves čas gradnje nahajamo na najnižji točki cevovoda. Zato moramo ob vsaki vgrajeni cevi na njenem podaljšku izkopati zbiralno jamo v katero se steka voda iz območja izkopa.

Največji problem nam predstavlja voda, ki v jamo vdira na dnu in bokih izkopa in jo je zato potrebno drenirati vzdolž celotne trase cevovoda. Odvajamo jo preko površinske ali talne drenaže, ki jo uredimo vzporedno z osjo novozgrajenega kanala.



Slika 85: Načini odvodnjavanja vode iz gradbene jame preko novozgrajenega kanala

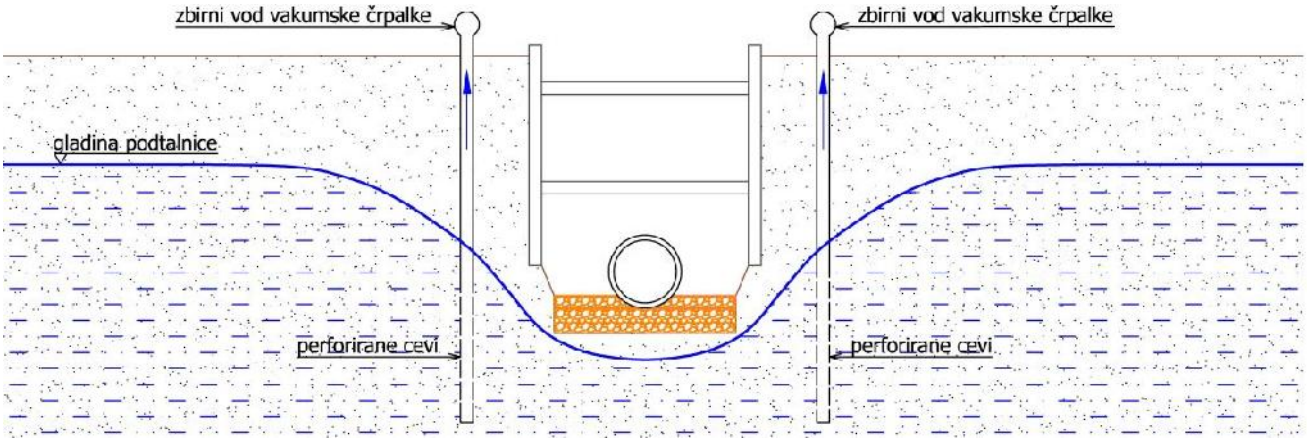
Najcenejša je izvedba površinske drenaže, ki jo uredimo po dnu gradbene jame v obliki poglobljenega kanala (razvidno iz slike 86, primer A). Pomanjkljivost te rešitve je v tem, da zahteva razširitev izkopa, zaradi česar se poveča tudi širina zasipa in s tem posredno poveča možnost deformacije cevovoda.



Slika 86: Detajl izvedbe površinske in talne drenaže

Dražjo rešitev predstavlja vkopana drenaža, pri kateri izkop dodatno poglobimo (običajno od 0,4 do 1 m). Nato po dnu položimo drenažno cev in jo obsujemo z drenažnim peskom. Na to plast razprostremo posteljico. Ta ne sme vsebovati finih delcev, da ne pride do izplavljanja v drenažo, zato je najbolje, da je izdelana iz enakega materiala kot drenažna plast. S takim načinom odvodnjavanja zagotovimo enakomeren odtok vode vzdolž celotne trase kanala. Površina na katero polagamo cevi je zato praktično osušena in tako zagotavlja optimalne pogoje za učvrstitev obsipa cevi. Pomanjkljivost te rešitve je v povečanju stroškov izvedbe ter nevarnosti erozije posteljice in okoliškega zasipa. To v veliki meri preprečimo, če drenažno plast obvijemo z geotekstilom. Detajl izvedbe je razviden iz slike 86, primer B.

Gradbeno jamo lahko odvodnjavamo tudi s pomočjo vakumskega izčrpavanja. Možno ga je uporabiti, kadar višina črpanja ne preseže 7 m in vodopropustnost tal ni večja od 10^{-5} m/s. Detajl izvedbe je prikazan na sliki 87.



Slika 87: Detajl izvedbe sistema za vakumsko odvodnjavanje gradbene jame

Na sliki 88 in 89 pa je prikazana postavitev takšne naprave na gradbišču. Izvede se tako, da se na zunanji strani izkopa v tla uvrtajo ali zabijejo cevi (vodnjaki), pri katerih je spodnji del perforiran in sega od 1 do 3 m pod dno gradbene jame. Gostota postavitve cevi znaša od ena do dve na meter dolžine. Vodnjake nato priklopimo na horizontalno postavljeno zbirno cev, ki je povezana z vakuumsko črpalko. Ta v cevovodu vzpostavi podtlak, zato se voda prične dvigovati in odtekati v smeri črpalke. Zaradi tega se v okolici črpalnih cevi gladina podtalnice prične zniževati in s tem posledično tudi v gradbeni jami.

Slika 88in 89: sistem za vakumsko odvodnjavanje podzemne vode

Obstaja tudi podoben način odvodnjavanja, pri katerem se namesto vakumske črpalke uporabljajo potopne črpalke, ki se jih namesti neposredno v vodnjake. Gostota postavitve cevi je v tem primeru 2 do trikrat manjša, vendar mora zato biti večja globina črpanja in se zato črpalke nahajajo od 3 do 6 m pod koto dna gradbene jame.

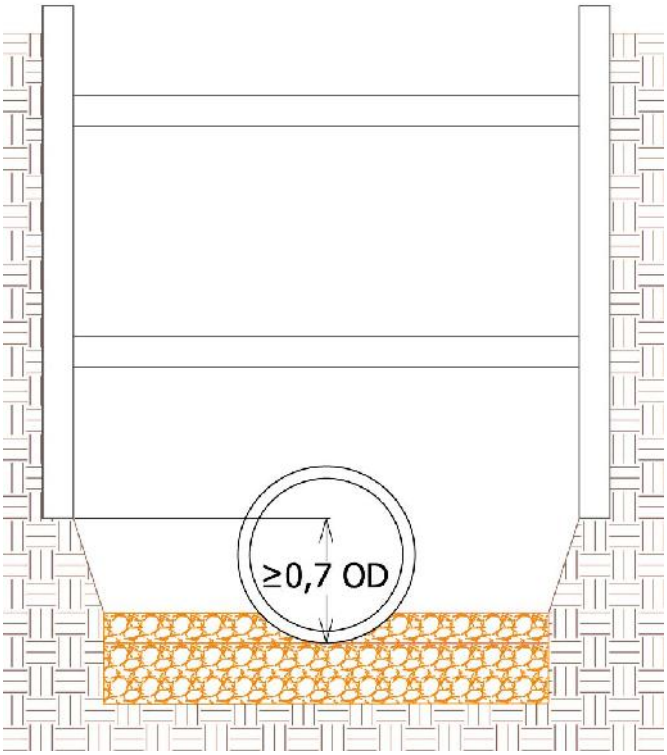
Kljub temu, da sodobna tehnika nudi veliko raznovrstnih rešitev pa se pri izbiri najustreznejše rešitve vedno pojavi problem tehničnih omejitev kakor tudi stroškov izvedbe. Zato v primeru, kadar pridemo v takšno situacijo, upoštevajmo vsaj naslednja priporočila:

1. Pri izkopu uporabljajmo zaščitni opaž iz zagatnih sten. S tem tudi v dobro propustnih tleh preprečimo da bi prišlo do večjega pocejanje vode skozi boke izkopa.
2. Za zasip uporabljajmo material granulacije od 2 do 20 mm. Tega je mogoče zadovoljivo utrditi tudi primeru, ko se ob vgradnji prepoji z vodo.
3. Zasip cevi zaščitimo s plastjo geotekstila. S tem preprečimo erozijo obsipa ter izplavljanje okoliškega materiala v zasip. Istočasno cevovod dodatno zaščitimo proti sili vzgona.
4. Kadar kljub vsem navedenim ukrepom zasipa cevi ni mogoče ustrezno utrditi, v prvi fazi izvedemo samo obsip cevi. Nato na vtok in iztok namestimo gumijaste čepe in kanal do kote raščenega terena, lahko pa tudi višje napolnimo z vodo. V nadaljevanju sledi vgradnja glavnega zasipa. Vodo v kanalu pustimo še nekaj dni, da se teren okoli cevi dodatno umiri. S tem načinom tudi v neidealnih pogojih vgradnje dosežemo, da je temenska deformacija cevovoda vsaj polovico nižja kot bi bila sicer.

5.6.8. Izvedba zasipa v primeru opaženega izkopa

Pri uporabi opaženega izkopa se ob zasipu gradbene jame vedno pojavi vprašanje kako odstraniti opaž, ne da bi pri tem prišlo do deformacije cevovoda. Pri izvleku se namreč med steno izkopa in novo vgrajenim zasipom tvori prazen prostor, zaradi česar pride do horizontalnega prerazporejanja notranjih plasti zasipa. Pri tem do delnega prerazporejanja pride tudi v območju obsipa cevi, zaradi česar lahko pride do občutne temenske deformacije cevovoda. Da se to ne bi zgodilo, je smiselno upoštevati naslednja priporočila:

1. Pri izkopu je potrebno uporabljati takšne vrste opaža, ki omogočajo sprotno dvigovanje ali varno odstranjevanje opažnih elementov od spodaj navzgor. S tem se zasip že v fazi vgradnje neposredno spoji s stenami izkopa.
2. Kadar nam razmere to omogočajo za zaščito uporabimo zagatne plošče, ki imajo v primerjavi z ostalimi vrstami opaža minimalno debelino in zato po izvleku za seboj pustijo minimalno praznino.
3. Na terenu, kjer pri izkopu ni nevarnosti bočnega pocejanja vode opaž vgradimo samo do določene globine, ki je od dna cevovoda dvignjena za najmanj 70 % zunanjega premera cevi. Tako se po izvleku pretežni del deformacij zgodi v glavnem zasipu, medtem ko na območje cone cevovoda nima več bistvenega vpliva. Detajl izvedbe takšnega opaža je prikazan na sliki 90.



Slika 90: Detajl izvedbe dvignjenega opaža

6. ZAKLJUČNA DELA

Ob zaključku gradbenih del, ki obsegajo čiščenje in urejanje okolice gradbišča, se med drugim izvede tudi čiščenje notranjosti kanala. Iz jaškov se ročno odstrani morebitne ostanke gradbenega materiala. Nato se kanal opere, najbolje s kamionom vrste kanal-jet. Optimalne pogoje čiščenja se zagotovi, kadar ima šoba čistilne glave od 120 do 150 barov pritiska. Umazanijo, ki se izplavlja pri čiščenju je potrebno posesati iz kanala.

7. KONTROLA IZVEDENIH DEL

Ob zaključku izgradnje kanala se opravi končna kontrola izvedenih del. Ta obsega: vizuelni pregled kanala, prehodnost kanala, pregled kanala s kamero in preizkus tesnosti kanala.

Pri vizuelnem pregledu kanala opravimo kontrolo zunanjosti in notranjosti jaškov, in presvetlitev cevovoda.

Pri pregledu zunanjosti jaškov preverimo način odpiranja in zapiranja pokrovov, ter njegovo naleganje na okvir. Pokrov se mora ob uporabi priročnega orodja odpirati in zapirati brez uporabe pretirane sile. Pri zapiranju mora enakomerno sesti na rob okvirja. Če ga pohodimo ali povozimo se ne sme premikati in pri tem oddajati zvoka. V primeru da temu ni tako, ga je potrebno zamenjati.

V notranjosti jaškov preverimo stanje površine jaškov pri čemer smo pozorni na morebitne poškodbe ali razpoke. V primeru plastičnih jaškov je te možno sanirati z varjenjem.

Prehodnost cevovoda preverimo tako, da ga presvetlimo z baterijsko svetilko in če v sosednjem jašku opazimo njen žarek zaključimo, da je kanal prehoden. Omenjeni način ni možno uporabiti, kadar je med jaškoma izveden zavoj ali vgrajeno koleno.

V kanalu lahko preverimo tudi stopnjo deformacije cevovoda. Skozi kanal večkrat povlečemo testni kaliber in mu pri tem postopoma povečujemo velikost. Ko se zatakne ob steno kanala, odčitamo njegovo velikost in potem to vrednost primerjamo z nazivnim notranjim premerom cevi.

Pri pregledu s kamero opravimo pregled notranjosti cevovoda. Pri tem lahko opazimo tudi morebitne skrite poškodbe cevi, napake na spojih, in kadar pride do vdora tuje vode tudi mesto puščanja cevovoda.

Najpomembnejši del kontrole predstavlja preizkus vodotesnosti. Tega običajno izvede s strani investitorja pooblaščeni neodvisni preizkuševalec. Ne glede na to pa za lastno kontrolo preizkus tesnosti opravi tudi izvajalec del in na ta način sproti ugotavlja in odpravlja morebitne nepravilnosti na cevovodu.

7.1. Izvedba preizkusa tesnosti

Preizkus se izvede po zasipu cevi in odstranitvi zaščitnega opaža skladno z navodili standarda SIST EN 1610.

Obstajata dva načina preizkušanja:

1. Preizkus z zrakom – postopek L
2. Preizkus z vodo – postopek W

V obeh primerih za izvedbo potrebujemo napihljive gumijaste čepe.

Pri preizkusu z vodo vrednost tlaka ocenimo na podlagi izmerjene višine vodnega stolpca, izražene v cm in pri tem upoštevamo ustrezen pretvornik v kPa (kilopaskale), ki pri 20°C znaša 0,098 kPa/cm. Za preizkus z zrakom pa za določitev tlaka uporabimo analogne ali digitalne manometre. Pri meritvi potrebujemo še uro, s katero določimo začetek in konec preizkusa.

Izvedba preizkusa z zrakom (metoda L)

Preizkus z zrakom (L) lahko izvajamo pri štirih različnih tlakih. Postopek LA izvajamo pri 10 mbar, LB pri 50 mbar, LC pri 100 mbar in LD pri 200 mbar. Na splošno velja, da se pri ceveh manjšega premera izbere postopek LC ali LD pri ceveh večjega premera, kjer zaradi velikosti gumijastih čepov lahko pride do nesreče z resnimi posledicami pa postopek LA ali LB. Čas trajanja preizkusa se za cevi Terakan 200 in Mapikan DN 160 in 200 določi na osnovi enačbe

$$t=0{,}058 \times \ln(p_0/(p_0-\Delta p))$$

Za vse ostale profile pa se uporabi enačba

$$t=(12/ID) \times \ln(p_0/(p_0-\Delta p))$$

pri čemer velja

t čas trajanja preizkusa v minutah

ID notranji premer cevi v milimetrih

p_0 začetni tlak v milibarih

Δp maksimalno dopustni padec tlaka času trajanja preizkusa

Izraz **ln** v enačbi predstavlja t.i. naravni logaritem z osnovo e=2,7182.

Podatki za cevi Mapikan in Terakan so podani v spodnji tabeli:

Tabela 13: Preizkus tesnosti SIST EN 1610 postopek L, trajanje preizkusa v minutah

SIST EN 1610	MAPIKAN Čas trajanja preizkusa (min) pri metodi:				TERAKAN čas trajanja preizkusa (min) pri metodi			
DN (mm)	**LA**	**LB**	**LC**	**LD**	**LA**	**LB**	**LC**	**LD**
p_0 (mbar)	10	50	100	200	10	50	100	200
Δp (mbar)	2,5	10	15	15	2,5	10	15	15
160	5	4	3	1				
200	5	4	3	1	5	4	3	1
250	5	4	3	1	6	5	3	2
300					7	6	4	2
315	6	5	4	2				
400	8	6	5	2	10	8	5	3
500	10	8	6	3	12	10	7	3
600					15	11	8	4
630	13	10	7	3				
800	16	13	9	4	20	15	11	5
1000	20	16	12	6	25	19	14	7
1200	25	19	14	7				

Na kanalizacijskem odseku, kjer se izvaja preizkus je najprej potrebno temeljito očistiti stene vseh odprtin, ki bodo v času preizkusa zatesnjene z gumijastimi čepi. Pri tem moramo še posebej biti pozorni na ostanke grobih delcev (peska in malte) zaradi katerih lahko pride do puščanja in s tem do lažnega negativnega rezultata. Po opravljenem čiščenju se vstavi čepe in se jih napolni z zrakom (čepe manjšega profila do 2,5 bara, čepe nad 600 mm premera pa do 1,5 bara). V nadaljevanju se priključi cevi za dovod zraka v notranjost cevovoda in do merilne naprave. Notranjost cevovoda se napolni z zrakom do deklarirane vrednosti in počaka 5 minut, da pride do izenačenja temperature in umiritve pritiska. Nato se po potrebi doda še nekaj zraka in po dveh minutah izvede preizkus, pri čemer se zabeleži začetni tlak. Nato se ob zaključku meritve zabeleži še končni tlak. V kolikor je padec tlaka manjši od maksimalno dovoljene vrednosti, se preizkušani kanalizacijski odsek deklarira kot tesen, v nasprotnem primeru pa kot netesen.

Izvedba preizkusa z vodo (metoda W)

Na kanalizacijskem odseku kjer se izvaja preizkus se najprej izvede temeljito čiščenje stene odprtin, v katere se v nadaljevanju vstavijo gumijasti čepi. Nato se notranjost cevovoda napolni z vodo do višine, pri kateri je na temenu cevi dosežen tlak med 10 in 50 kPa (približno od 1 do 5 m vodnega stolpca). Preizkus mora trajati 30 minut. Po zaključku preverimo nivo vode na kontrolnem mestu

(običajno v enem od jaškov) in v primeru potrebe z dodajanjem do prvotne oznake določimo izgube. Zahteva preizkusa je izpolnjena, če prostornina dodane vode ni večja od naslednjih vrednosti:

0,15 l na m^2 omočene površine po 30 minutah za cevovode

0,20 l na m^2 omočene površine za cevovode vključno z jaški

0,15 l na m^2 omočene površine za jaške in revizijske komore

Omočeno površino cevovoda določimo na osnovi enačbe:

A= 3,14xID xL

pri čemer velja

A – omočena notranja površina v m^2

ID – notranji premer cevi v m

L – dolžina cevi v m

Za lažji izračun so podatki o notranjih premerih, dolžinah cevi ter omočenih notranjih površinah prikazani v **tabeli 14**:

DN	MAPIKAN SN 4 IN SN 8				TERAKAN SN 8				TERAKAN SN 16			
	L (m)	ID (m)	A (m^2/m	A (m^2/cev	L (m)	ID (m)	A (m^2/m	A (m^2/cev	L (m)	ID (m)	A (m^2/m	A (m^2/cev
160	6	0,138	0,433	2,601								
200	6	0,176	0,553	3,317	6	0,200	0,628	3,769	6	0,198	3,732	0,622
250	6	0,216	0,678	4,071	6	0,250	0,785	4,712	6	0,250	4,712	0,785
300		0,000	0,000	0,000	6	0,300	0,942	5,654	6	0,296	5,578	0,930
315	6	0,271	0,851	5,107								
400	6	0,343	1,077	6,464	6	0,406	1,275	7,651	6	0,394	7,425	1,238
500	6	0,427	1,341	8,047	6	0,511	1,605	9,630	6	0,495	9,329	1,555
600		0,000	0,000	0,000	6	0,612	1,922	11,534	6	0,592	11,157	1,859
630	6	0,535	1,680	10,083								
800	6	0,678	2,130	12,778	6	0,816	2,563	15,378	6	0,790	14,888	2,481
1000	6	0,851	2,673	16,038	6	1,026	3,223	19,336	6	0,992	18,695	3,116
1200	6	1,030	3,235	19,411								

Omočena površina jaška je odvisna od njegove oblike in velikosti. Poleg tega je pomembno do katere višine je napolnjen z vodo. Zato jo je mogoče določiti šele potem, ko smo kanal napolnili z vodo.

Ker kontrola tesnosti cevovoda velikokrat privede do lažnega negativnega rezultata, je pri izvedbi preizkusa potrebno upoštevati naslednja priporočila:

1. Pri delu vedno uporabljajmo brezhibno opremo, ki smo jo neposredno pred preizkusom umerili in preverili na tesnjenje.
2. V primeru negativnega rezultata, odstranimo čepe, ponovno očistimo odprtine na katere nalegajo čepi in ponovimo preizkus.
3. Kadar v času preizkusa v cevovodu sploh ni mogoče vzpostaviti nadtlaka, preverimo, da morda ta nima vgrajenih stranskih cevnih priključkov preko katerih prihaja do tlačnih izgub.
4. V primeru kadar kljub dvem ponovljenim preizkusom tesnosti po metodi L dobimo negativne rezultate, lahko izvedemo še preizkus vodotesnosti po metodi W. Če je meritev v mejah predpisanih vrednosti, skladno z določili standarda SIST EN 1610 privzamemo, da je kanal vodotesen. V nasprotnem primeru je potrebno ugotoviti vzrok puščanja in izvesti sanacijo cevovoda.

8. SEZNAM UPORABLJENIH STANDARDOV S PODROČJA CEVNIH SISTEMOV

Pri pripravi tega gradiva so bili upoštevani naslednji standardi s področja cevnih sistemov za odvajanje odpadne vode

SIST EN 476:1997 - Splošne zahteve za elemente težnostnih cevnih sistemov za odvod odpadne vode - General requirements for components used in discharge pipes, drains and sewers for gravity systems

SIST ENV 1046:2002 - Cevni sistemi iz polimernih materialov - Sistemi zunaj stavb za transport vode ali kanalizacije - Postopki za vgradnjo nad zemljo in pod njo - Plastics piping and ducting systems - Systems outside building structures for the conveyance of water or sewage - Practices for installation above and below ground

SIST EN 1610:2001 - Gradnja in preskušanje vodov in kanalov za odpadno vodo - Construction and testing of drains and sewers

SIST ISO 8772:1995 - Cevi in fitingi iz polietilena visoke gostote (PE - HD) za zakopane drenažne in kanalizacijske sisteme - Specifikacije - High density polyethylene (PE HD) pipes and fittings for buried drainage and sewerage systems – Specifications

SIST EN 12666-1:2006 - Cevni sistemi iz polimernih materialov za odpadno vodo in kanalizacijo, ki delujejo po težnostnem principu in so položeni v zemljo - Polietilen (PE) – 1. del: Specifikacije za cevi, fitinge in sistem - Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Polyethylene (PE) - Part 1: Specifications for pipes, fittings and the system

SIST-TS CEN/TS 12666-2:2006 - Cevni sistemi iz polimernih materialov za odpadno vodo in kanalizacijo, ki delujejo po težnostnem principu in so položeni v zemljo – Polietilen (PE) – 1. del: Navodilo za ugotavljanje skladnosti - Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Polyethylene (PE) - Part 2: Guidance for the assessment of conformity

SIST EN 13476-1:2007 - Cevni sistemi iz polimernih materialov za odvodnjavanje in kanalizacijo, ki delujejo po težnostnem principu in so položeni v zemljo - Cevni sistemi s strukturirano steno iz nemehčanega polivinilklorida (PVC-U), polipropilena (PP) in polietilena (PE) - 1. del: Splošne zahteve in zahtevane lastnosti - Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) - Part 1: General requirements and performance characteristics

SIST EN 13476-2:2007 - Cevni sistemi iz polimernih materialov za odvodnjavanje in kanalizacijo, ki delujejo po težnostnem principu in so položeni v zemljo - Cevni sistemi s strukturirano steno iz nemehčanega polivinilklorida (PVC-U), polipropilena (PP) in polietilena (PE) - 2. del: Specifikacije za cevi in fitinge z gladko notranjo in zunanjo površino in sistem, tip A - Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) - Part 2: Specifications for pipes and fittings with smooth internal and external surface and the system, Type A

SIST EN 13476-3:2007 - Cevni sistemi iz polimernih materialov za odvodnjavanje in kanalizacijo, ki delujejo po težnostnem principu in so položeni v zemljo - Cevni sistemi s strukturirano steno iz nemehčanega polivinilklorida (PVC-U), polipropilena (PP) in polietilena (PE) - 3. del: Specifikacije za cevi, fitinge z gladko notranjo in profilirano zunanjo površino in sistem, tip B - Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) - Part 3: Specifications for pipes and fittings with smooth internal and profiled external surface and the system, Type B

SIST-TS CEN/TS 13476-4:2009 - Cevni sistemi iz polimernih materialov za odvodnjavanje in kanalizacijo, ki delujejo po težnostnem principu in so položeni v zemljo - Cevni sistemi s strukturirano steno iz nemehčanega polivinilklorida (PVC-U), polipropilena (PP) in polietilena (PE) - 4. del: Navodilo za ugotavljanje skladnosti - Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and

sewerage - Structured-wall piping systems of unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) - Part 4: Guidance for the assessment of conformity

SIST ISO 3126:1996 - Plastične cevi - Merjenje dimenzij - Plastic pipes - Measurement of dimensions

SIST EN 14525:2005 - Spojke in prirobnične prilagoditve široke uporabe za cevi iz različnih materialov: duktilne litine, sive litine (z lamelastim grafitom), jekla, PVC-U, PE, vlaknatega cementa - Ductile iron wide tolerance couplings and flange adaptors for use with pipes of different materials: ductile iron, Grey iron, Steel, PVC-U PE, Fibre-cement

SIST ISO 3607:1996 - Polietilenske (PE) cevi - Tolerance zunanjih premerov in debeline sten - Polyethylene (PE) pipes - Tolerances on outside diameters and wall thicknesses

SIST EN ISO 9080:2003 - Cevni in kanalski sistemi iz polimernih materialov - Določanje dolgotrajne hidrostatične trdnosti termoplastičnih materialov za cevi z metodo ekstrapolacije (ISO 9080:2003) - Plastics piping and ducting systems - Determination of the long-term hydrostatic strength of thermoplastics materials in pipe form by extrapolation (ISO 9080:2003)

SIST ISO/TR 9080:1995 - Plastomerne cevi za transport tekočin - Metode ekstrapolacije podatkov o prelomih, nastalih zaradi hidrostatične obremenitve, za določitev dolgotrajne hidrostatične trdnosti plastomernih materialov za cevi - Thermoplastics pipes for the transport of fluids - Methods of extrapolation of hydrostatic stress rupture data to determine the long-term hydrostatic strength of thermoplastics pipe materials

SIST EN ISO 13479:1999 - Cevi iz poliolefinov za transport fluidov - Ugotavljanje odpornosti proti širjenju razpoke - Metoda za preskus počasnega širjenja razpoke na zarezani cevi (notch test) (ISO 13479:1997) - Polyolefin pipes for the conveyance of fluids - Determination of resistance to crack propagation - Test method for slow crack growth on notched pipes (notch test) (ISO 13479:1997)

oSIST prEN 13598-2:2007 - Cevni sistemi iz polimernih materialov za odpadno vodo in kanalizacijo, ki delujejo po težnostnem principu in so položeni v zemljo - Nemehčan polivinilklorid (PVC-U), polipropilen (PP) in polietilen (PE) - 2. del: Specifikacije za vstopne in revizijske jaške na javnih površinah in globoko položene napeljave - Plastics piping systems for non-pressure underground drainage and sewerage - Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U), polypropylene (PP) and polyethylene (PE) - Part 2: Specifications for manholes and inspection chambers in traffic areas and deep underground installations

SIST EN 14830:2007 - Plastomerni revizijski jaški in vstopne baze – Preskusne metode za odpornost proti uklonu - Thermoplastics inspection chamber and manhole bases - Test methods for buckling resistance

SIST-TS CEN/TS 15223:2008 - Cevni sistemi iz polimernih materialov - Veljavni parametri za načrtovanje plastomernih cevnih sistemov, položenih v zemljo - Plastics piping systems - Validated design parameters of buried thermoplastics piping systems

Mapi pipe d.o.o., Gorenjska cesta 9, 1234 Mengeš
Cevni sistem Mapikan in Terakan – navodila za skladiščenje, transport in vgradnjo cevi
Zbral in uredil: Janez Valjavec
3. izdaja, junij 2013