

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



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

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

To je izvirna različica zaključnega dela.

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

Turk, D., 2014. Tehnike križanj predvidenih cevovodov z obstoječo infrastrukturo. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Kryžanowski, A.): 91 str.

Datum arhiviranja: 06-01-2015

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



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

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

This is original version of final thesis.

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

Turk, D., 2014. Tehnike križanj predvidenih cevovodov z obstoječo infrastrukturo. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Kryžanowski, A.): 91 pp.

Archiving Date: 06-01-2015

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



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

VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
SMER OPERATIVNO
GRADBENIŠTVO

Kandidat:

DAMIR TURK

**TEHNIKE KRIŽANJ PREDVIDENIH CEVOVODOV Z
OBSTOJEČO INFRASTRUKTURO**

Diplomska naloga št.: 508/SOG

**TECHNOLOGIES OF CROSSING PIPELINES
WITH EXISTING INFRASTRUCTURES**

Graduation thesis No.: 508/SOG

Mentor:

doc. dr. Andrej Kryžanowski

Predsednik komisije:

doc. dr. Tomo Cerovšek

Član komisije:

izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač

izr. prof. dr. Vlatko Bosiljkov

Ljubljana, 22. 12. 2014

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo
-----------------------	-------------------------	----------------	---------------

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani Damir Turk izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom »**TEHNIKE KRIŽANJ PREDVIDENIH CEVOVODOV Z OBSTOJEČO INFRASTRUKTURO**«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, december 2014

Damir Turk

BIBLIOGRAFSKO–DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 628.143(043.2)
Avtor: Damir Turk
Mentor: doc. dr. Andrej Kryžanowski
Naslov: Tehnike križanj predvidenih cevovodov z obstoječo infrastrukturo
Tip dokumenta: Dipl. nal. – VSŠ
Obseg in oprema: 91 str., 8 pregl., 62 sl., 11 pril.
Ključne besede: prekop, kineta, tehnologije gradenj brez izkopov, enostavni preboj s pnevmatsko iglo, preboj z zaščitno kovinsko cevjo, usmerjeno vrtanje z optičnim vodenjem, usmerjeno vrtanje z radijskim vodenjem – HDD, mikrotunaliranje, DIRECT PIPE® - tehnologija neposredne vgradnje cevovoda, vodotok I. reda, primerjava

Izvilleček:

V diplomski nalogi smo predstavili različne tehnologije vgrajevanja predvidenih linijskih vodov (novogradnje) pri križanju z obstoječo infrastrukturo. Predstavil smo tako klasične tehnologije izvedbe križanj kot tudi tehnologije izvedbe križanj brez izkopov, tako imenovane »Trenchless technologies«. Osredotočili smo se na tehnologije, katere so na voljo v Sloveniji in ki se uporabljajo pri izvedbi linijskih vodov. Poleg tega smo predstavili tudi najnovejšo tehnologijo, DIRECT PIPE®.

V praktičnem delu diplomske naloge smo izdelali projektno zasnovo križanja primarnega transportnega cevovoda za oskrbo s pitno vodo z vodotokom I. reda. Projektno zasnovo smo izdelali za primer prečkanja s klasično tehnologijo gradnje in s tehnologijo izvedbe z mikrotuneliranjem.

Na koncu smo obe projektni zasnovi križanja primarnega transportnega cevovoda za oskrbo s pitno vodo z vodotokom I. reda med seboj primerjali. Primerjali smo naslednje elemente: zahtevnost izvedbe glede na geološke razmere, hitrost izvedbe, ceno, zahtevnost izvedbe glede na dostopnost tehnološke opreme, vpliv na okolje in tveganje za prekinitve del.

BIBLIOGRAPHIC–DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 628.143(043.2)
Author: Damir Turk
Supervisor: Assist. Prof. Andrej Kryžanowski, Ph.D.
Title: Techniques of crossings planned pipeline to the existing infrastructure
Document type: Graduation Thesis – Higher professional studies
Scope and tools: 91 p., 8 tab., 62 fig., 11 ann.
Key words open-cut, culvert, trenchless technologies, impact moling, auger boring, directional drilling with optical control, horizontal directional drilling, microtunneling method, DIRECT PIPE®, watercourse I. order, the comparison

Abstract:

In this thesis, we presented various technologies of built-in provided regular lines (new construction) at converging with the existing infrastructure. We presented the classical technology of execution of crosses as well as technology of execution of trenchless crossings, so-called "Trenchless technologies." We focused on the technology, which are available and used in Slovenia, in implementation of regular lines. In addition, we also presented the latest technology DIRECT PIPE®.

In the practical part of the thesis we have made the project design of crucifixion primary conveyor pipeline for drinking water supply with a watercourse I. order. The design was made for the example of crossing with classic construction technology and technology implementation with microtunneling.

In the end we compared both project design of crossing of the primary conveyor pipeline for drinking water supply with a watercourse I. order. We compared the following elements: the complexity of implementation depending on the geological conditions, speed of implementation, cost, complexity of implementation depending on the availability of technological equipment, environmental impact and risk of disruption to work.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem doc. dr. Andreju Kryžanowskem.

Zahvalil bi se rad svojim staršem, ki so mi v vseh letih študija stali ob strani in me podpirali.

Posebej bi se rad zahvalil za spodbudo in razumevanje v času pisanja diplomske naloge soprogi Januši, sinu Luki in hčerki Viti.

Hvala!

KAZALO VSEBINE

Stran za popravke, errata.....	I
Izjava o avtorstvu.....	II
Bibliografsko–dokumentacijska stran in izvleček.....	III
Bibliographic–documentalistic information and abstract.....	IV
Zahvala.....	V
Okrajšave in simboli.....	XII
1 UVOD	1
1.1 Opredelitev problema.....	1
1.2 Namen diplomskega dela.....	1
2 OSNOVNA PROBLEMATIKA	3
3 TEHNOLOGIJE KRIŽANJ	7
3.1 Prekop.....	7
3.1.1 Izvedba prekopa.....	7
3.1.1.1 Odkop obstoječe voziščne konstrukcije (tehnologija).....	8
3.1.1.2 Izkop jarka.....	9
3.1.1.3 Polaganje cevi/vodov.....	10
3.1.1.4 Zasipanje jarka.....	11
3.1.1.5 Izgradnja voziščne konstrukcije.....	13
3.1.2 Pogoji za izvedbo prekopov.....	15
3.1.2.1 Vrste gradbenih materialov.....	15
3.1.2.2 Kakovost materialov.....	15
3.1.3 Prednosti in slabosti.....	16
3.1.3.1 Prednosti.....	16
3.1.3.2 Slabosti.....	16
3.2 Izvedba v kineti.....	17
3.2.1 Projektiranje in izvedba kinete.....	17
3.2.2 Montaža cevovoda.....	20
3.2.3 Prednosti in slabosti.....	21
3.3 Tehnologije gradenj brez izkopov.....	22
3.3.1 Preboji.....	22
3.3.1.1 Enostavni preboj s pnevmatsko iglo (closed-face).....	22
3.3.1.1.1 Izvedba preboja.....	23
3.3.1.1.2 Pogoji za izvedbo.....	24
3.3.1.1.3 Prednosti in slabosti.....	24

3.3.1.2	Preboj s kovinsko zaščitno cevjo (open-face).....	25
3.3.1.2.1	Izvedba preboja	26
3.3.1.2.2	Pogoji za izvedbo	28
3.3.1.2.3	Prednosti in slabosti	28
3.3.2	Usmerjeno vrtanje z optičnim vodenjem.....	29
3.3.2.1	Opis tehnologije	29
3.3.2.2	Izvedba	31
3.3.2.2.1	Priprava gradbene jame	32
3.3.2.2.2	Izdelava pilotne vrtine	33
3.3.2.2.3	Izdelava vrtine	34
3.3.2.2.3.1	Vrtanje z vrtalno glavo in vstavljanje je cevi	34
3.3.2.2.3.2	Vrtanje z vrtalno glavo in vstavljanje ab, grp ali vcp cevi	35
3.3.2.2.4	Odstranitev zaščitnih kovinskih cevi	36
3.3.2.3	Pogoji za izvedbo	37
3.3.2.4	Prednosti in slabosti	37
3.3.3	Usmerjeno vrtanje z radijskim vodenjem - hdd	38
3.3.3.1	Opis tehnologije in izvedba	38
3.3.3.1.1	Načrtovanje, predhodne raziskave	39
3.3.3.1.2	Izbira vrtalne garniture in orodja	40
3.3.3.1.3	Izvedba pilotne vrtine	42
3.3.3.1.4	Povratno razširjanje vrtine.....	45
3.3.3.1.5	Montaža – uvlek cevi.....	46
3.3.3.2	Pogoji za izvedbo	46
3.3.3.3	Posebnosti	47
3.3.3.4	Prednosti in slabosti	48
3.3.4	Mikrotuneliranje (microtunneling)	48
3.3.4.1	Opis tehnologije	49
3.3.4.2	Postopek načrtovanja in izvedbe	53
3.3.4.2.1	Opis izvedbe del	55
3.3.4.2.2	Pripravljalna in predhodna dela	55
3.3.4.2.3	Postopek mikrotuneliranja	58
3.3.4.2.3.1	Vgradnja potisne enote	59
3.3.4.2.3.2	Vgradnja vrtalne glave in navigacije	59
3.3.4.2.3.3	Priklop reciklirne naprave	61
3.3.4.2.3.4	Postavitev in priklop nadzorne kabine	61
3.3.4.2.3.5	Vstavljanje potisnih cevi	62
3.3.4.2.3.6	Izvajanje mikrotuneliranja.....	62

3.3.4.2.4	Zaključna dela	63
3.3.4.2.5	Postopki za zagotovitev vrtanja brez nepotrebnih prekinitev.....	64
3.3.4.3	Pogoji in lastnosti izvedbe	64
3.3.4.4	Posebnosti	65
3.3.4.5	Prednosti in slabosti	65
3.3.5	Tehnologija neposredne vgradnje cevovoda	66
3.3.5.1	Opis tehnologije in izvedba	67
3.3.5.2	Možnosti izvedbe	69
3.3.5.3	Prednosti in slabosti	69
4	PRAKTIČNI PRIMER.....	70
4.1	Splošno	70
4.2	Geološke razmere.....	70
4.3	Izvedba s prekopom vodotoka.....	71
4.3.1	Predvidena rešitev	71
4.3.2	Dostop na gradbišče	73
4.3.3	Zaključna dela	73
4.4	Izvedba s tehnologijo mikrotuneliranja.....	73
4.4.1	Predvidena rešitev	73
4.4.2	Organizacija gradbišča in dostopa na gradbišče	74
4.4.3	Izvedba vstopne in izstopne gradbene jame.....	75
4.4.4	Montaža vrtalne opreme.....	76
4.4.5	Izvajanje mikrotuneliranja	76
4.4.6	Zaključna dela	76
5	PRIMERJAVA KLASIČNE TEHNOLOGIJE GRADNJE S TEHNOLOGIJO IZVEDBE Z MIKROTUNELIRANJEM	79
5.1	Zahtevnost izvedbe glede na geološke razmere.....	79
5.2	Hitrost izvedbe	79
5.3	Cena	80
5.4	Zahtevnost izvedbe glede na dostopnost tehnološke opreme	81
5.5	Vplivi na okolje	82
5.6	Tveganje za prekinitev del.....	82
5.7	Primerjalna tabela in ugotovitve	83
6	ZAKLJUČEK	86
VIRI	88

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Zahtevana zgoščenost vgrajenega materiala [3]	16
Preglednica 2: Dimenzije vstopne jame za cevi dolžine 6 m, [4]	33
Preglednica 3: Tipične lastnosti HDD vrtnih garnitur, [4].....	40
Preglednica 4: Izbor navigacijskega sistema glede na premer in lastnosti mikrotunela, [27]	59
Preglednica 5: Rekapitulacija za klasično tehnologijo - prekop	80
Preglednica 6: Rekapitulacija za tehnologijo mikrotuneliranja	81
Preglednica 7: Primerjalna tabela	83
Preglednica 8: Zahtevnost izvedbe glede na geološke razmere [36].....	84

KAZALO SLIK

Slika 1: Tipično mestno križišče, [1]	5
Slika 2: Prikaz podzemnih komunalnih vodov, [1].....	5
Slika 3: Primer delovišča z izvedbo klasičnega izkopa, [1]	5
Slika 4: Primer delovišča z izvedbo po tehnologiji brez izkopov, [1]	5
Slika 5: Shema prereza prekopa vozne površine [3]	8
Slika 6: Rušenje voziščne konstrukcije, [lasten arhiv].....	9
Slika 7: Razpiranje jarka, [lasten arhiv]	10
Slika 8: Karakteristični prerez jarka za polaganje vodovodne cevi, [lasten arhiv].....	11
Slika 9: Zasipanje in zgoščevanje obsipa in zasipa cevi, [lasten arhiv].....	12
Slika 10: Odrezan in očiščen rob asfalta, [lasten arhiv]	14
Slika 11: Pohodna kineta, [lasten arhiv]	17
Slika 12: Tloris in vzdolžni prerez kinete, [lasten arhiv].....	18
Slika 13: Detajl dilatacije, [lasten arhiv]	19
Slika 14: Prečni prerez kinete, [lasten arhiv].....	20
Slika 15: Podpiranje cevovoda JE 500 mm, [lasten arhiv]	21
Slika 16: Shema preboja s pnevmatsko iglo, [8].....	22
Slika 17: Niveliranje pnevmatske igle v vstopni gradbeni jami, [9]	23
Slika 18: Prikaz vstopne in izstopne gradbene jame, [10].....	24
Slika 19: Shema preboja s kovinsko cevjo, [11]	26
Slika 20: Vstopna gradbena jama, [lasten arhiv]	26
Slika 21: Potisna enota ali raketa, [12]	27
Slika 22: Čiščenje cevi z zrakom pod visokim tlakom, [13].....	27
Slika 23: Usmerjeno vrtanje z optičnim vodenjem, [14]	29
Slika 24: Vrtanje pilotne vrtine, [14].....	30
Slika 25: Vrtalna glava, [32]	30
Slika 26: Polžnica pritrjena na vrtalni stroj, [33]	31
Slika 27: Odstranjevanje zemlje iz gradbene jame z grabilcem, [lasten arhiv]	31
Slika 28: Vstopna gradbena jama, [lasten arhiv]	32
Slika 29: Izdelava pilotne vrtine, [14].....	33
Slika 30: Izdelava vrtine, [14]	34
Slika 31: Izvedba vrtine z zaključno plinovodno cevjo, [lasten arhiv]	35
Slika 32: Izdelava vrtine, [14]	36
Slika 33: Odstranitev kovinskih cevi in vstavljanje potisnih betonskih cevi, [6].....	36
Slika 34: Uvlek cevi, [16].....	38
Slika 35: Projekt vrtine, [16]	39

Slika 36: Mini vrtalne garniture, [18]	40
Slika 37: Midi vrtalna garnitura, [19]	41
Slika 38: Maxi vrtalna garnitura, [20]	41
Slika 39: Vrtalne glave glede na sestavo tal, [21]	42
Slika 40: Prikaz postopka HDD, [17]	43
Slika 41: Reciklirna naprava, [6]	44
Slika 42: Sledenje vrtalni glavi, [16]	44
Slika 43: Oprema za radijsko vodenje vrtalne glave, [22]	45
Slika 44: Razširjevalci, [23]	45
Slika 45: Uvlačenje cevi, [16]	46
Slika 46: Sejalna sita in centrifuga, [2]	48
Slika 47: Potiskanje AB zaščitne cevi, [lasten arhiv]	50
Slika 48: AB potisna cev pripravljena za spust v gradbeno jamo, [lasten arhiv]	50
Slika 49: Vmesna potisna postaja, [25]	51
Slika 50: Splošni postopek mikrotuneliranja, [26]	52
Slika 51: Kontejner za nadzor in krmiljenje ter reciklirna naprava, [lasten arhiv]	53
Slika 52: Spust MTBM v vstopno jamo, [34]	54
Slika 53: Potisk MTBM skozi vhodno tesnilo, [34]	54
Slika 54: Vodilo za potisno enoto, oporna stena in vhodno tesnilo, [lasten arhiv]	57
Slika 55: Sistemi navigacije z ELS, [28]	60
Slika 56: Sistemi navigacije z ELS-HWL, [28]	60
Slika 57: Sistemi navigacije z GNS-P, [28]	61
Slika 58: Računalniška konzola za vodenje in spremljanje vrtanja, [lasten arhiv]	62
Slika 59: Injektiranje vmesnega prostora med potisno in vstavljenjo cevjo, [35]	63
Slika 60: Prikaz gradbišča za vgrajevanje cevovoda po tehnologiji DIRECT PIPE®, [29]	67
Slika 61: Z Direct Pipe® je mogoče cevovode vgraditi v samo enem koraku, [29]	68
Slika 62: Vstopna gradbena jama med potiskom MTBM s pomočjo potiskalca cevi (Angl.: Pipe Truster); v ozadju prvi cevni segmentu postavljen na progo z valji, [29]	68

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

MTBM	Micro Tunneling Boring Machine
UNS (U.N.S.)	Universal Navigation System
HDD	Horizontal Directional Drilling
TCM	Trenchless Construction Method – metoda izgradnje brez izkopa
VCP	Vitrified clay pipe – vitrificirane keramične cevi
PLDP	povprečni letni dnevni promet
AC	avtocesta
HC	hitra cesta
G1	glavna cesta 1. reda
NL	nodularna litina (cevi)
JE	jeklo (cevi)
PVC	polivinilklorid (cevi)
PE/HD, PEHD	high density polietilen – polietilen visoke gostote (cevi)
GRP	glass-reinforced plastic – poliestrske (cevi)
PP	polipropilen (cevi)
ELS	Electronic Laser System – Elektronski laserski sistem
ELS-HWL	Electronic Laser System-Hydrostatic Water Levelling – Elektronski laserski sistem v kombinaciji z hidrostatičnim vodnim izravnavanjem
GNS-P	Gyro Navigation System for Pipe Jacking – Girokopski navigacijski sistem za potiskanje cevi
AB	armiran beton
LTŽ	lito železo
INOX	nerjaveče jeklo
DN	notranji premer cevi (za cevi iz NL, JE, GRP)
D	zunANJI premer cevi (za cevi iz PVC, PEHD)

1 UVOD

1.1 Opredelitev problema

Pri načrtovanju komunalnih ali energetskih vodov se velikokrat srečujemo s križanji predvidenih tras vodov z obstoječo prometno in komunalno infrastrukturo, vodotoki, arhitektonskimi ovirami in zavarovanim območjem naravne in kulturne dediščine.

V preteklosti so se taka križanja izvajala po klasičnem postopku, to je s prekopi, največkrat pa se je takim križanjem, če se je le dalo, izognilo (arhitektonske ovire). V kolikšni meri se lahko oviri na trasi voda izognemo, je odvisno od pomembnosti predvidenega cevovoda in pomembnosti obstoječe infrastrukture. Vsaka deviacija od načrtovane smeri pa pomeni dodaten strošek.

Pri načrtovanju predvidenih vodov se seveda strmi k čim racionalnejši izvedbi in čim lažjemu dostopu za vzdrževanje. To nam narekuje polaganje cevovodov na najmanjši potrebni globini, ki je določena z varnostnimi in drugimi faktorji (globino zamrzovanja tal, ovire na trasi voda, ipd) in zahteva po najkrajši poti do predvidenega cilja. Seveda pa najkrajša pot vselej ni najprimernejša, mogoča in gospodarna.

Ne malokrat nam potrebni koridor pogojujejo tudi stališča upravljavcev predvidenega komunalnega voda in obstoječih komunalnih vodov in prometnic. Tako tudi določajo potrebne odmike med komunalnimi vodi, tako vertikalne kot horizontalne, kot tudi načine in izvedbe potrebnih križanj.

V zadnjih nekaj desetletjih je tehnologija izvedbe križanj močno napredovala. Uveljavljati so se začele tehnologije gradenj brez izkopov. Te tehnologije so bistveno olajšale izvedbe križanj, kar se je začelo upoštevati že med samo fazo določitve trase predvidenih cevovodov.

V diplomski nalogi bom predstavil tako klasične tehnologije izvedbe križanj kot tudi tehnologije izvedbe križanj brez izkopov, tako imenovane »Trenchless technologies«. Omejil se bom na tehnologije, katere so na voljo v Sloveniji in ki se uporabljajo pri izvedbi linijskih vodov. Poleg tega bom predstavil tudi najnovejšo tehnologijo, DIRECT PIPE®, ki pa se v Sloveniji še ni uveljavila.

1.2 Namen diplomskega dela

Namen izdelave te diplomske naloge je predstaviti in primerjati različne tehnologije vgrajevanja predvidenih linijskih vodov (novogradnje) pri križanju z obstoječo infrastrukturo.

Predstavil bom izvedbe križanj na klasičen način, s prekopi, kinetami, in s tehnologijami gradenj brez izkopov.

Na koncu bom izdelal projektno zasnovo križanja primarnega transportnega cevovoda za oskrbo s pitno vodo z vodotokom I. reda. Projektno zasnovo bom izdelal za primer prečkanja s klasično tehnologijo gradnje in s tehnologijo izvedbe z mikrotuneliranjem.

Za obe tehnologiji bom izdelal popis gradbenih del, okvirni stroškovnik in terminski plan izvedbe in ju primerjal med seboj.

S pojmom obstoječa infrastruktura pojmujejo obstoječe komunalne vode in predvsem prometno infrastrukturo (ceste, železnice). Seveda pa to niso edina območja, kjer je gradnja otežena. Sem spadajo tudi vodotoki, ekološko občutljiva območja ter hribovit teren.

2 OSNOVNA PROBLEMATIKA

V praksi se pri križanju predvidenih podzemnih komunalnih vodov z obstoječimi podzemnimi komunalnimi vodi, prometno infrastrukturo, objekti, vodotoki ali okoljsko občutljivimi območji srečujemo z različnimi problemi in pogoji.

Način izvedbe križanja in uporabo primerne tehnologije nam pogojujejo številni dejavniki. To so:

- projektni pogoji upravljavcev komunalnih vodov, prometne infrastrukture, državnih institucij, ... ,
- geološke razmere,
- prostorske omejitve na lokaciji, itd.

V preteklosti so se križanja najpogosteje izvajala po klasičnem postopku, to je s prekopi, kar pa je pomenilo izgubo dragocenega časa in mnogokrat tudi velik strošek. Mnogokrat se je moralo cevovod speljati po trasi, ki je omogočala izvedbo in ne po najkrajši liniji. Nemalo krat se je za prečkanja rek izvedla celo premostitvena konstrukcija oziroma se je cevovod speljal po že obstoječi premostitveni konstrukciji.

Pri izvedbi križanja trase predvidenega cevovoda in obstoječe infrastrukture ali objektov na trasi po klasičnem postopku naletimo na sledeče težave:

- obsežen poseg
- nedopustni prometni zastoji
- ekonomsko neupravičena investicija
- drago (zahtevno) opaženje pri izvedbi v večjih globinah
- arheološka izkopavanja
- problemi pri izkopih v nekoherentnih zemljinah
- težki transporti
- zagotavljanje deponij gradbenih odpadkov (velike količine materiala)
- skoraj nemogoča povrnitev v predhodno stanje (posedki)
- izredno dolgo časovno izvajanje (še posebej pri kategorijah V. in višje kategorije zemljine)
- potrebno izogibanje že vgrajenim inštalacijam
- nedovoljeni posegi na državnih cestah (AC, HC, G1) in železnicah

Pri prečkanju vodotokov po klasičnem postopku pa se pojavljajo naslednje težave:

- izvedba na vodovarstvenem območju (pridobitev potrebnih dovoljenj)
- izvedba v velikih globinah
- izvedba na ekološko občutljivem območju (pridobitev potrebnih dovoljenj)
- negativni vplivi na ekosistem
- nemogoča povrnitev v prvotno stanje
- potrebna gradnja v fazah
- onesnaževanje voda
- izredno počasno in zamudno delo (še posebej v zemljina V. in višje kategorije)
- odvoz materiala

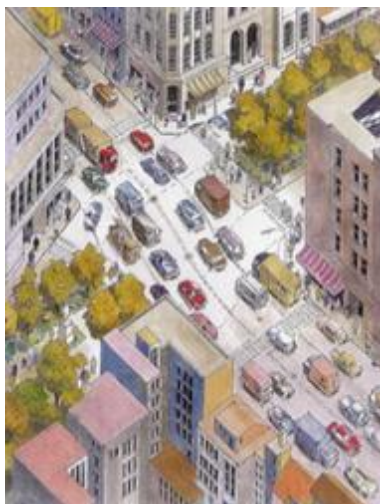
Z izrazom predvidena infrastruktura mislimo predvsem na cevovode, kot so vodovod, kanalizacija, plinovod, kabelska kanalizacija za potrebe telekomunikacijskih in elektroenergetskih vodov, toplovod idr.

Z napredkom tehnologije pa so se v drugi polovici prejšnjega stoletja začele razvijati tudi tehnologije, ki nam omogočajo vgrajevanje cevovodov brez nepotrebnih prekopavanj prometnic, vodotokov in okoljsko občutljivih območij. Te tehnologije so poimenovane tehnologije gradenj brez izkopov (Angl.: Trenchless Technologies ali No-Dig Technologies).

Izvedba po tehnologiji gradenj brez izkopov je še posebej primerna za vgradnjo cevovodov v urbanih okoljih obremenjenimi z gostim prometom ter prepređenimi s številnimi obstoječimi podzemnimi komunalnimi vodi. Tehnologija je zelo primerna za obnovo ali nadomestitev komunalnih vodov pod cestami, železnicami, letališkimi stezami, v pristaniščih, pri prečkanju vodotokov in na okoljsko občutljivih območjih ter na lokacijah, kjer je dostop omejen zaradi obstoječih objektov ali vegetacije.

Pogosto je tehnologija brez izkopov edina realna možnost gradnje, večinoma tudi najcenejša, zagotovo pa tudi najmanj moteča.

Na sliki 1 je lepo razvidno, kakšen je promet v tipičnem mestnem križišču, na sliki 2 pa koliko podzemnih komunalnih naprav je vgrajenih na takšnem območju.



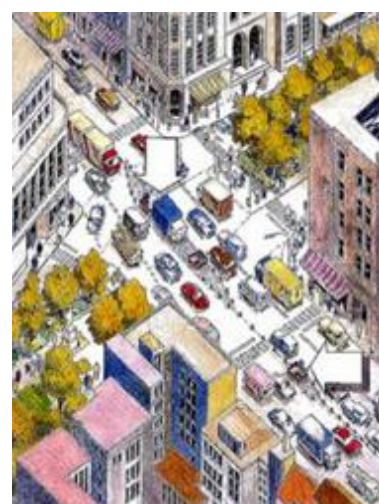
Slika 1: Tipično mestno križišče, [1]



Slika 3: Primer delovišča z izvedbo klasičnega izkopa, [1]



Slika 2: Prikaz podzemnih komunalnih vodov, [1]



Slika 4: Primer delovišča z izvedbo po tehnologiji brez izkopov, [1]

Če primerjamo sliki 3 in 4, vidimo, kakšna je razlika v posegu pri izvedbi del na komunalnem vodu s klasičnim izkopom in z uporabo tehnologij brez izkopov. Delovišče, na katerem se dela izvajajo po klasičnem postopku, namreč zavzema celotno območje od začetne točke do končne točke predvidenega voda. Promet na območju pa je med izvedbo del močno oviran, če ne celo onemogočen. Medtem pa je delovišče za izvedbo del po tehnologiji brez izkopov skrčeno le na območje vstopne in izstopne gradbene jame. Tako je promet na površini bistveno manj oviran.

Tako imenovane tehnologije “brez izkopov” (angl.: NO-DIG) nam ponujajo vrsto prednosti, ki čedalje bolj kažejo na upravičenost njihove implementacije v sodobnih gradnjah, rekonstrukcijah, sanacijah cevovodov. Najpomembnejše so: [2]

-
- možnost znižanja stroškov gradnje v primerjavi s klasičnimi posegi tudi do 50% in več;
 - skrajšanje rokov izvedbe del;
 - tehnologije so okolju prijazne – ne povzročajo motenj v okolju, pretiranega hrupa, grobih gradbenih posegov, nastanka gradbenih odpadkov, ipd.;
 - omogočajo izogibanje dragim posegom na zasebnih zemljiščih;
 - kakovost izvedenih del je enaka ali boljša od klasičnih metod izvedbe...

3 TEHNOLOGIJE KRIŽANJ

V nadaljevanju bom prikazal nekaj najpogosteje uporabljenih metod, ki se uporabljajo pri izvedbi križanj predvidene komunalne infrastrukture s prometnicami in vodotoki. Opise v nadaljevanju smiselno povzemam na osnovi tehničnih priporočil [3].

Omejil se bom na tehnologije, ki se uporabljajo v Sloveniji.

Na koncu bom predstavil še najnovejšo tehnologijo gradnje brez izkopa, ki se šele dobro uveljavlja in razvija, predvsem v smislu njene zmogljivosti v premeru in dolžini cevi, ki se vgrajuje.

3.1 Prekop

Izvedba vgradnje cevovoda s prekopom spada med klasične tehnologije, ki se jih uporablja. Za izvedbo se potrebuje lažje dostopna delovna mehanizacija. Prekop je verjetno najcenejša možnost položitve cevovoda, ima pa velik vpliv na potek prometa med samo izvedbo, kar je v določenih primerih nedopustno.

Prekop (canal, Aufgrabung) pomeni odkop voziščne konstrukcije in izkop materialov pod njo v obliki jarka do načrtovane globine temeljnih tal, ponovno zapolnitev do planuma posteljice in izgradnjo voziščne konstrukcije; pomeni tudi prizadeto območje cestnega telesa (TSC 08.512:2005).

3.1.1 Izvedba prekopa

Da bi bile značilnosti vozne površine na območju prekopa čimbolj podobne onim na bližnjih območjih, je treba upoštevati naslednje splošne pogoje:

- dimenzioniranje voziščne konstrukcije mora praviloma biti izvedeno po ustreznih postopkih,
- kakovost vseh uporabljenih materialov in vgraditve mora v celoti ustrezati uveljavljenim oziroma predpisanim zahtevam,
- stiki vezanih plasti materialov, vgrajenih v obrabni plasti v obstoječi voziščni konstrukciji in na območju prekopa, morajo biti skrbno zatesnjeni,
- obstoječa vozna površina in vozna površina na območju prekopa morata biti čimbolj podobni (še posebno struktura in barva).

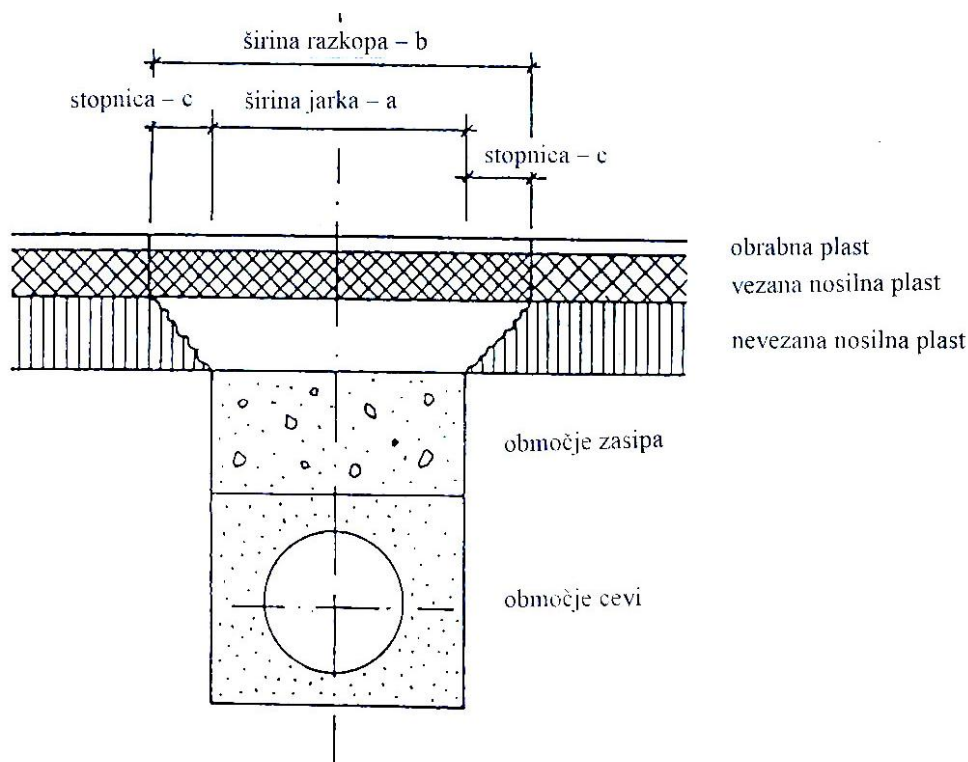
Na manj obremenjenih vozni površinah je praviloma mogoče izvršiti vse faze dela zaporedoma naenkrat. Na bolj obremenjenih vozni površinah pa je priporočljiva izvedba v dveh fazah, posebno,

- če je treba pričakovati posedke in
- če je delo izvajano v mrazu.

V prvi fazi zgrajena začasna ureditev vozne površine mora zagotoviti normalne pogoje uporabe. Za dokončno ureditev vozne površine je treba začasni vrhnji del na primeren način odstraniti in morebitne poškodbe popraviti.

3.1.1.1 Odkop obstoječe voziščne konstrukcije (TEHNOLOGIJA)

Pred pričetkom odkopavanja obstoječe voziščne konstrukcije je treba na obstoječi vozni površini na ustrezen način označiti širino razkopa (b) in zavarovati stanje.



Slika 5: Shema prereza prekopa vozne površine [3]

Robovi razkopa vezanih materialov (asfalt, cementni beton) morajo biti na primeren način odrezani in/ali odrezkani, praviloma pred pričetkom odkopavanja (slika 6).

Za odkop obstoječe voziščne konstrukcije je treba uporabiti primerne stroje.

Ves odkopani material, ki je še uporaben (rezkanec/granulat, zmes kamnitih zrn), je treba na primernem mestu začasno uskladiščiti.

Širina odkopa obstoječe voziščne konstrukcije in izkopa jarka (a) mora zagotoviti potreben prostor za ustrezno izvedbo del pri vgraditvi cevi/vodov.



Slika 6: Rušenje voziščne konstrukcije, [lasten arhiv]

Za odkop obstoječe voziščne konstrukcije je treba uporabiti primerne stroje.

Ves odkopani material, ki je še uporaben (rezkanec/granulat, zmes kamnitih zrn), je treba na primernem mestu začasno uskladiščiti.

Širina odkopa obstoječe voziščne konstrukcije in izkopa jarka (a) mora zagotoviti potreben prostor za ustrezno izvedbo del pri vgraditvi cevi/vodov.

3.1.1.2 Izkop jarka

Izkop jarka mora biti izvajan tako, da je vedno zagotovljena varnost ljudi.

Če značilnosti zemljine v izkopu niso poznane, jih je treba pravočasno preveriti in jim prilagoditi postopek izkopa oziroma tudi morebitno razpiranja jarka.

Praviloma mora biti izkop jarka tako načrtovan, da je vedno zagotovljen odtok vode z območja izkopavanja.

Če je izkopani material primeren, ga je treba ponovno uporabiti za zasip. Začasno uskladiščenje izkopanega materiala mora biti tako urejeno, da ne obremenjuje robov jarka (notranji rob deponije mora biti oddaljen od roba jarka v zamišljeni črti brežine z nagibom 1:1

od dna jarka, vendar pa najmanj 1 m) in da ne zadržuje vode vzdolž izkopanega jarka. Robovi jarka morajo biti v primerni širini vedno pohodni.

Vgrajeni elementi za razpiranje ali podpiranje sten jarka (slika 7) morajo tesno nalegati na raščeno zemljino, da se ta ne bi premaknila. Morebitne praznine je treba takoj zapolniti, v skrajnem primeru tudi s pustim cementnim betonom.



Slika 7: Razpiranje jarka, [lasten arhiv]

Izkopani vezljivi material je treba v primeru začasnega uskladiščenja za ponovno uporabo zaščititi proti padavinam.

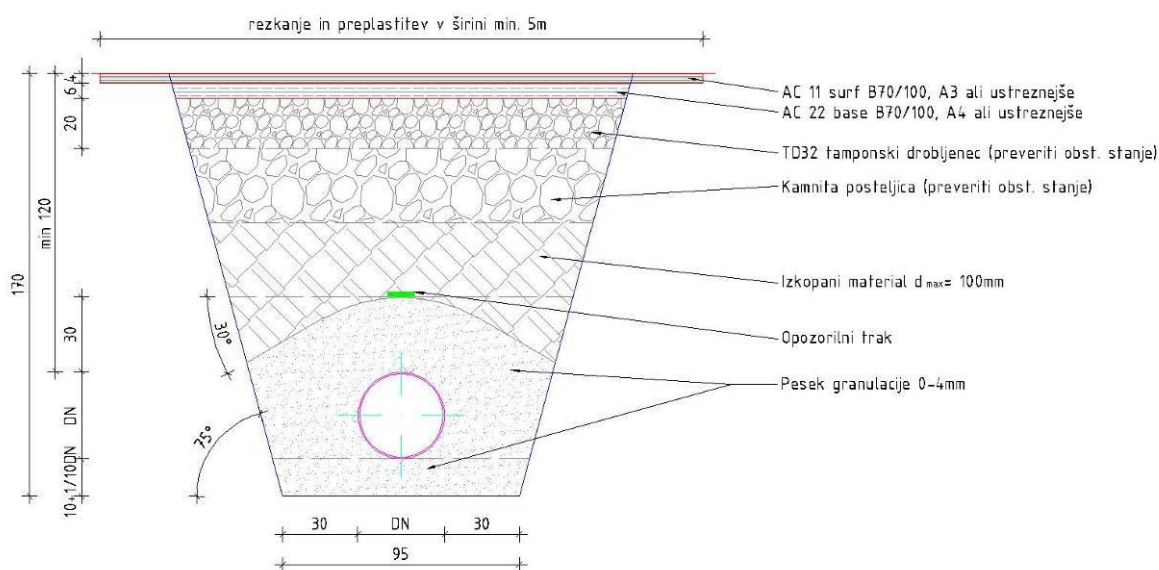
Globina izkopanega jarka mora biti takšna, da je po polaganju cevi višina nadkritja nad temenom cevi minimalno 1,2 m. V kolikor te globine ni mogoče doseči je potrebno pri zasipanju cevi predpisati dodatne ukrepe, ki preprečujejo morebitne poškodbe vgrajene cevi.

3.1.1.3 Polaganje cevi/vodov

Na dno izkopanega jarka mora biti vgrajena ustrezna podlaga = ležišče za cevovod, tj. plast nevezanega ali vezanega materiala (npr. pesek, pusti beton) v načrtovani debelini plasti.

Pred polaganjem cevi/vodov v jarek je treba preveriti, če niso poškodovani. Preveriti je treba tudi, če ni v jarku kakšen oster predmet, ki bi cevovod pri polaganju lahko poškodoval, in ga odstraniti.

**CEVOVOD DN350
KARAKTERISTIČNI PREREZ JARKA
cesta - prečkanje
dim. 170x95cm**



Slika 8: Karakteristični prerez jarka za polaganje vodovodne cevi, [lasten arhiv]

3.1.1.4 Zasipanje jarka

V območju cevi ali vodov mora biti material za zasip v celoti prilagojen pogojem, ki jih je določil proizvajalec cevi ali voda.

Primeren material za obsip in zasip v območju cevi ali vodov mora biti vgrajen v plasteh na obeh straneh cevi ali voda istočasno in skrbno zgoščen (slika 9). Pri tem je treba paziti, da cev ali vod ostane na istem mestu.

V vseh primerih, ko so cevi za zaščito kablov vgrajene pod voziščno konstrukcijo v več vrstah ena nad drugo, je treba praznine med vrstami cevi zapolniti s pustim cementnim betonom ali podobnim materialom. V ostalih primerih je za zapolnitev praznin primeren tudi pesek.

Nad cevmi/vodi mora biti vgrajen neprekinjen opozorilni trak.



Slika 9: Zasipanje in zgoščevanje obsipa in zasipa cevi, [lasten arhiv]

V območju zasipa (zapolnjenja) jarka morajo geomehanske značilnosti uporabljenega materiala (vsebnost vode ne sme biti bistveno drugačna od optimalne) ter njegova zgoščenost v vgrajeni plasti v celoti ustrezati uveljavljenim pogojem za gradnjo nasipov. Višino nasipanja oziroma debelino nasipne plasti materiala je treba določiti v odvisnosti od značilnosti materiala in stroja za zgoščevanje.

S skrbnim zgoščevanjem je treba zagotoviti, da pozneje na območju prekopa ne bodo nastali prekomerni posedki in da bo nadgrajene plasti voziščnih konstrukcij mogoče takoj in kvalitetno vgraditi. Še posebej pa je treba paziti, da pri zgoščevanju ne bi nastale na ceveh in vodih mehanske poškodbe.

V kolikor pri vgradnji cevovoda ni mogoče zagotoviti nadkritja v višini 1,2 m nad cevovodom, je potrebno pri zasipanju cevi predpisati dodatne ukrepe, ki preprečujejo morebitne poškodbe vgrajene cevi. Največkrat se cevovod položi na betonsko posteljico in obbetoniranje cevi, pri zelo majhnem nadkritju pa se lahko predvidi polaganje betonskih ali kovinskih razbremenilnih plošč nad cevjo.

3.1.1.5 Izgradnja voziščne konstrukcije

Voziščna konstrukcija na območju prekopa mora biti v sestavi enaka ali čimbolj podobna obstoječi voziščni konstrukciji ob prekopu.

Pri vgrajevanju zmesi kamnitih zrn za nevezano nosilno plast je treba preprečiti razmešanje in zagotoviti enakomerno sestavo zmesi v vgrajenem stanju.

Uporaba recikliranih zmesi zrn (rezkanca/granulata) je dopustna, če takšna zmes ustreza splošnim zahtevam za nevezane zmesi zrn.

Na območju prekopov je dovoljeno vgrajevati v voziščne konstrukcije samo vroče asfaltne zmesi. Pri ročnem vgrajevanju asfaltnih zmesi mora biti zagotovljen prevoz le-teh v toplotno zaščiteneh vozilih. Pri temperaturah zraka pod +5 °C je dovoljeno vgrajevati v voziščne konstrukcije na prekopih samo začasne krovne plasti iz asfaltnih zmesi.

Stopničenje krovne, tj. obrabne in zgornje vezane nosilne plasti mora biti izvedeno vzporedno z robom jarka in čimbolj pravokotno na vozno površino (ostrorobo). Plast asfaltnih zmesi mora biti – zaradi razrahljanja nevezane zmesi kamnitih zrn v nosilni plasti ob robovih - širša od jarka za obojestransko stopnico (c), tj.

- pri do 2 m širokem jarku širša od jarka za 2 x 15 cm,
- pri ≥ 2 m širokem jarku pa širša za 2 x 20 cm.

Razširitev krovne plasti mora omogočati primerno zgostitev razrahljane zmesi kamnitih zrn v obstoječi nevezani nosilni plasti.

V primeru, da je ostal pri vzdolžnem prekopu ob robu vozišča, tj. med zunanjim robom prekopa in vozišča, samo ozek pas obstoječega asfalta (< 35 cm), ga je treba odstraniti in ustrezno razširiti novo krovno plast čez območje prekopa. Če pa je asfaltna krovna plast vidno zrahljana in poškodovana, je primerno vgraditi novo tudi v večji širini.

Odrezani ali odrezkani robovi obstoječe krovne plasti ob prekopu morajo biti pred obdelavo stika z novo krovno plastjo ustrezno očiščeni (slika 10).



Slika 10: Odrezan in očiščen rob asfalta, [[lasten arhiv]

Širina stika v obrabni plasti med novo in obstoječo plastjo mora znašati najmanj 1 cm, da bo zmes za zapolnitev stika lahko premostila nastopajoče napetosti, ne da bi nastala na območju stika razpoka.

Stik v obrabni plasti je mogoče zatesniti

- z zalitjem naknadno izrezkane rege z ustrezno zmesjo za zapolnitev stikov ali
- z uporabo primernih bitumenskih taljivih trakov za stikovanje.

Neodvisno od načina tesnitve stika pa je treba vse mejne površine obstoječih plasti asfaltnih zmesi predhodno premazati z vročim bitumnom BIT 200 ali kationsko bitumensko emulzijo. Na območju prekopa je dovoljeno vgraditi asfaltno zmes za krovno plast šele, ko se je premaz dovolj posušil.

V primeru izvedbe prekopa na vozni površini s cementnobetonsko krovno plastjo ali tlakovano obrabno plastjo mora biti izgradnja teh plasti izvedena po zahtevah za novogradnjo.

3.1.2 Pogoji za izvedbo prekopov

3.1.2.1 Vrste gradbenih materialov

Gradbeni materiali za izvedbo prekopov na voznih površinah, to je zemljine in kamnine, morajo ustrezati vsem zahtevam, ki so uveljavljene v ustreznih tehničnih specifikacijah za zemeljska dela in voziščne konstrukcije v cestogradnji.

V območje cevi ali voda in v območje zasipa je mogoče vgraditi samo materiale, ki ne omogočajo biokemičnih procesov in ne menjajo svojih mehanskih oziroma geotehničnih lastnosti.

Za morebitno tesnitev dna jarka (glinasti naboj) so uporabne samo ustrezne vezljive zemljine (gline in meljne gline).

Sestava zmesi kamnitih zrn za nevezano nosilno plast na območju prekopa mora v vseh ozirih in v celoti ustrezati zahtevam za novogradnje, tudi če je s preskusi bližnje obstoječe zmesi zrn ugotovljeno, da lastnosti lete v vseh zahtevah več ne ustrezajo. Navedeno smiselno velja tudi za asfaltne zmesi za krovne plasti.

3.1.2.2 Kakovost materialov

Vse vrste nevezanih materialov oziroma zmesi zrn, ki bodo vgrajene na območju prekopov, morajo zadostiti naslednjim pogojem:

- vlažnost materiala mora biti tolikšna, da je pri zgoščevanju v območju prekopa dosegljiva predpisana gostota vgrajenega materiala, opredeljena v razpredelnici 1
- vsebovane humozne primesi ne smejo biti škodljive (raztopina natrijevega luga se sme obarvati največ temno rumeno)
- zrnavost kamnitega materiala za območje cevi/voda in/ali zasipa mora ustrezati debelini vgrajene plasti, vendar pa zrna praviloma ne smejo biti večja od 63 mm.

Če je kamniti nasipni material vgrajen do globine zmrzovanja, sme v neugodnih hidroloških pogojih vsebovati v primerih količnika neenakomernosti zrnivosti

- $U \geq 15$ največ 5 m.-% in če znaša
- $U \leq 6$ največ 15 m.-%

zrn velikosti do 0,063 mm.

V primeru, če z izkopanim materialom ni mogoče zagotoviti v razpredelnici 1 zahtevanih vrednosti, mora biti z njim dosežena vsaj enaka zgoščenost, kot jo ima bližnji raščeni material.

Kjer območja cevi/vodov ni mogoče ustrezno zapolniti, je treba uporabiti primerne drugačne materiale (npr. pusti cementni beton).

Na območju prekopa mora biti obrabna plast vgrajena na višino bližnje obstoječe obrabne plasti ali kvečjemu 2 do 3 mm višje.

Preglednica 1: Zahtevana zgoščenost vgrajenega materiala [3]

Opis dela	Zahtevana zgoščenost		Zahtevana nosilnost	
	Po SPP ¹	Po MPP ²	E_{v2}	E_{vd}
	 %		 MN/m ²	
Zasip do posteljice				
• zemljina	≥ 95	-	-	-
• kamnina	-	≥ 95	-	-
Posteljica				
• kamnina	-	≥ 98	≥ 80	≥ 40

Legenda

- 1 SPP – standardni postopek po Proctorju
2 MPP – modificirani postopek po Proctorju

3.1.3 Prednosti in slabosti

3.1.3.1 Prednosti

- pri cestah nižjega reda ekonomsko upravičena investicija
- enostavna izvedba z uporabo lažje dostopnih delovni strojev

3.1.3.2 Slabosti

- oviranje prometa med gradnjo – nedopustni prometni zastoji na cestah z visokim povprečnim letnim dnevnim prometom (PLDP)
- ekonomsko neupravičena investicija: drago opaženje pri izvedbi v večjih globinah, obsežen poseg, problemi pri izkopih v nekoherentnih zemljinah, težki transporti, zagotavljanje deponij gradbenih odpadkov (velike količine materiala)
- skoraj nemogoča povrnitev v predhodno stanje (posedki)
- izredno dolgo časovno izvajanje (še posebej pri kamninah V. kategorije)

- potrebno izogibanje že vgrajenim inštalacijam
- nedovoljeni posegi na državnih cestah (AC, HC, G1)

3.2 Izvedba v kineti

Polaganje cevovoda v kineto je metoda polaganja, ki nam omogoča najboljši nadzor in vzdrževanje položenega cevovoda. Največkrat se v kineto polaga vodovodne cevi, poleg tega pa se jo istočasno uporabi tudi za umestitev TK in EE napeljav. Bistvo kinete je v tem, da nam omogoča prehod skozi, zato se jim reče tudi pohodne kinete.

Na spodnji sliki (slika 11) je primer pohodne kinete, v kateri je montirana vodovodna cev DN 125 mm ter telekomunakcijske kabel.



Slika 11: Pohodna kineta, [lasten arhiv]

Ker izvedba kinete zahteva prekop prometne poti (ceste, železnice), je primerna za izvedbo le ob novogradnjah ali rekonstrukcijah prometnih poti.

3.2.1 Projektiranje in izvedba kinete

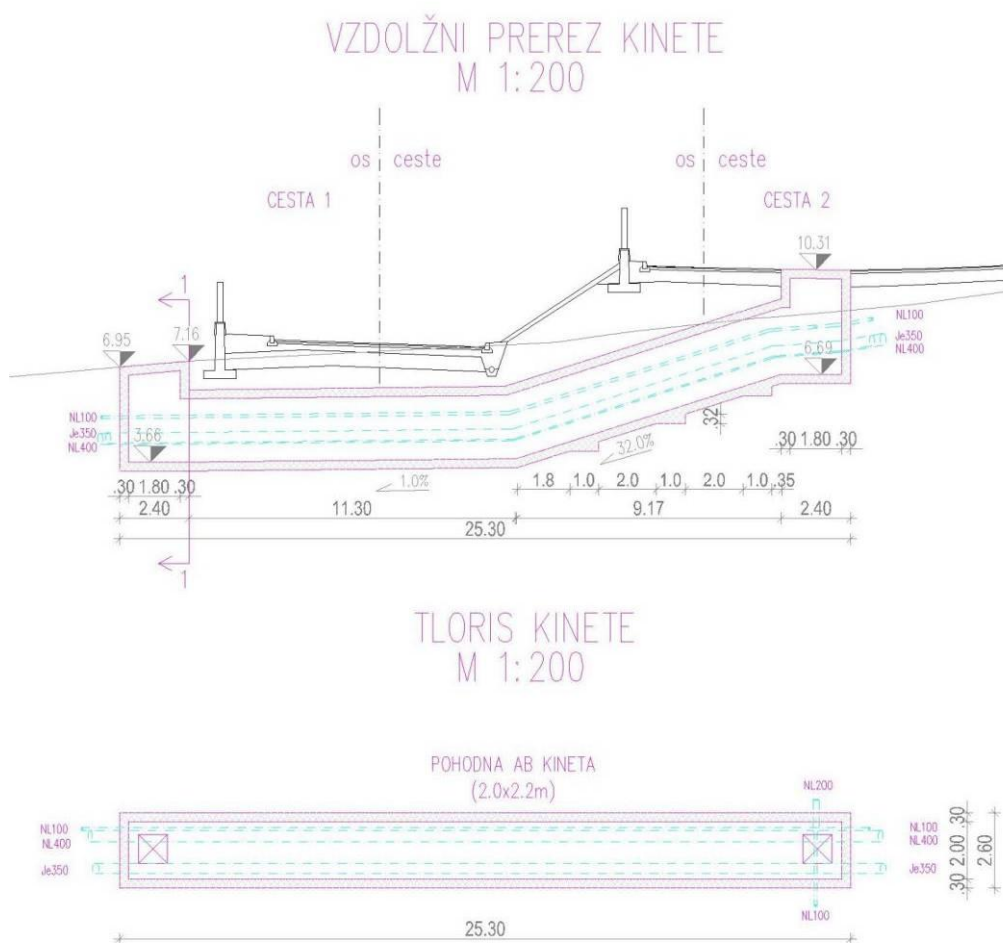
Kineta je armirano-betonski objekt z vstopnim in izstopnim jaškom. Dimenzije kinete določi projektant glede na presek cevovoda oziroma instalacij, ki se jih vanjo vgrajuje. Njena širina mora zadostovati vgradnji vseh predvidenih instalacij in prehodu med njimi. Višina kinete naj bi bila približno 200 cm, kar omogoča hojo v pokončni drži. Višja višina pomeni težji dostop

do vgrajenih instalacij, kar otežuje vzdrževanje. Seveda pa je pri dimenzioniranju upoštevati tudi ekonomski vidik, predvsem pri daljših kinetah.

Kineto se lahko izvede tudi iz prefabriciranih elementov, kar pa kljub kvalitetni izvedbi ne zagotavlja vodotesnosti objekta.

Kvaliteto betona ter debelino sten, stropa in tal določi projektant glede na obremenitve, ki se jih pričakuje na objekt. Uporablja se armiran beton, kjer je pričakovati talno vodo se uporabi vodotesne dodatke v pripravi mešanice.

Pri statičnem izračunu in dimenzioniranju je potrebno upoštevati koristno obtežbo (v odvisnosti od prometa nad njo) in obremenitve z mirnim zemeljskim pritiskom. Uporablja se beton (marka betona najmanj C25/30), potrebna armatura S500, kjer je pričakovati talno vodo se v pripravi mešanice betona uporabi dodatke, ki zagotavljajo vodonepropustnost.



Slika 12: Tloris in vzdolžni prerez kinete, [lasten arhiv]

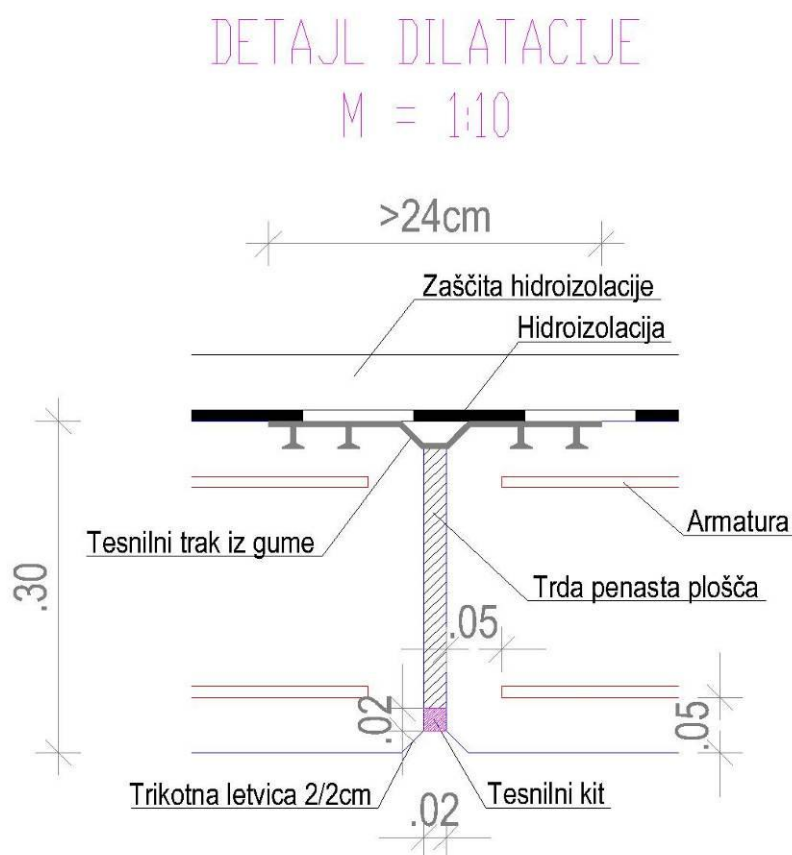
Gradbeno jamo za izvedbo kinete mora pregledati geomehanik in statik. V slučaju dodatnih nepredvidljivih situacij so potrebni dodatni posveti geomehanika, statika in ustreznih inštitucij.

Vsa dela se izvajajo v sušnem obdobju, hitro in brez prekinitev.

V primeru nepredvidljivih dogodkov (plazenje) je potrebno privzeti vse varnostne ukrepe za izvedbo tovrstnih del. Obvezno je sprotno varovanje gradbene jame z odvodom morebitne talne vode in varovanje proti poružitvi (podpiranje).

Zaradi izkopa, ki je potreben za izvedbo kinete, zemljino razbremenimo. Po izvedbi kinete, vključno z obtežbo prometnice in vozil, je novo napetostno stanje približno enako stanju pred razbremenitvijo.

Ovisno od dolžine kinete in zaradi reoloških sprememb betona se izvede dilatacije na približno vsakih 10 m. Dilatacija je širine 2 cm in poteka po celotnem obodu kinete (slika 13). Dilatacija se izvede z dilatacijskim trakom stop water gumo širine 25 cm in se zapolni z dvokomponentnim trajnoelastičnim kitom (tiokit). Dilatacijo se lahko izvede tudi z inox pločevino.



Slika 13: Detajl dilatacije, [lasten arhiv]

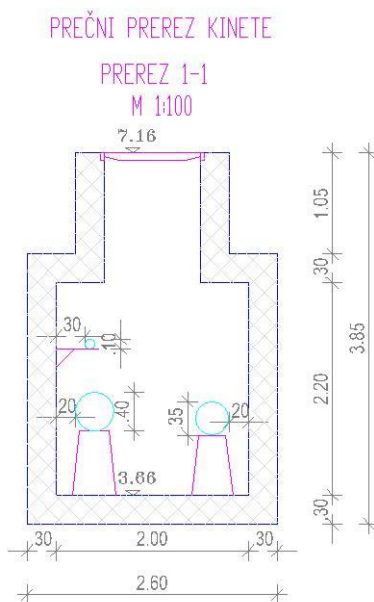
Reologija je veda, ki preučuje deformiranje in tečenje snovi

- Obravnava povezavo med silo, deformacijo in časom
- Snov je v tem primeru lahko karkoli od trdnega (elastičnega) materiala do tekočine
- Podskupina reologije je viskometrija, ki preučuje povezavo med napetostjo in hitrostjo deformiranja. Viskoznost definiramo kot upor proti tečenju oz. upor tekočine proti deformiranju

3.2.2 Montaža cevovoda

Posebno pozornost je pri projektiranju posvetiti tudi sidranju cevovoda na konstrukcijo kinete. Če je cevovod postavljen na dno kinete, se ga podpira z betonskimi podkladami, bloki, ki se jih dimenzionira glede na pričakovane sile, ki jih povzroča pretok medija (vodni udar) in samo obtežbo (cev + medij). Na lomih cevovoda se izvede tako imenovane sidrne bloke, ki se jih dimenzionira za vsak lom posebej, v kolikor so to cevovodi velikega preseka. Pri cevovodih manjšega preseka se sidranje lahko izvede s kovinskimi podporami.

Stično točko, ležišče, je potrebno posebej zaščititi, na primer z gumijastim trakom, da ne pride do poškodovanja cevi.



Slika 14: Prečni prerez kinete, [lasten arhiv]

V primeru gradnje kinete v nagibu je potrebno predvideti ustrezne armiranobetonske pete v talni plošči za preprečevanje zdrsa že v fazi projektiranja. S tem zagotovimo, da bo peta res fiksirana v podlago in da se ne bo zaradi slabe izvedbe premaknila.

V primeru vgradnje cevovoda na višji legi v kineti, se v steno kinete vgradi primerna držala, konzole, ki se jih dimenzionira glede na pričakovane sile in obremenitve. V kolikor se le da, se na konzole obeša cevovode manjšega preseka. Na sliki 11 in sliki 15 lahko vidimo primer podpiranja cevovoda postavljenega na višjo lego v kineti.



Slika 15: Podpiranje cevovoda JE 500 mm, [lasten arhiv]

Prehode cevovoda skozi stene kinete je potrebno izvesti s cevmi s sidrno prirobnico. Najbolje je, da se te elemente cevovoda vgradi že med samo izvedbo kinete (se jih vstavi v opaž). V kolikor se cevovod skozi stene vgrajuje po izvedbi kinete, je potrebno ta mesta dobro izolirati, da se prepreči poškodbe na cevi in kineti. Preboje je potrebno dobro zalikati in med cevjo in betonom zagotoviti čim manjša trenja ter vodotesnost. Seveda je način izvedbe prehoda skozi steno odvisen od materiala, iz katerega je cev narejena (NL, JE, PVC, PE/HD, GRP,.....)

3.2.3 Prednosti in slabosti

Prednost izvedbe v kineti je ta:

- da nam omogoča nadzor in vzdrževanje položenega cevovoda med obratovanjem,
- da nam omogoča enostavno rekonstrukcijo cevovoda (povečanje dimenzije)
- da poleg prvotno mišljenih cevovodov omogoča tudi kasnejšo montažo dodatnih vodov in instalacij v kolikor je dovolj prostora in če se upravljalec s tem strinja.

Slabost izvedbe v kineti je ta, da je izvedba kinete smiselna le ob novogradnji prometnic, saj bi izvedba pod obstoječimi prometnicami pomenila nedopustne zastoje v prometu in s tem veliko ekonomsko škodo. Poleg tega bi posedki na prometni infrastrukturi po izvedbi del vplivali na vozno-dinamične lastnosti.

3.3 Tehnologije gradenj brez izkopov

Tehnologije gradenj brez izkopov (TCM - Trenchless construction methods) pri novogradnjah obsegajo vse metode vgradnje podzemnih vodov brez polaganja v odprti jarek. Uporabljajo se pri vgradnji tlačnih in gravitacijskih cevovodov pod cestami in železnicami, pri prečkanju vodotokov ter pri vgradnji elektroenergetskih in telekomunikacijskih vodov. [4]

3.3.1 Preboji

Preboj (Pipe ramming) je metoda, ki se uporablja pri prečkanju cest, železnic, potokov in drugih ovir pri izgradnji cevovoda. Osnovni postopek poteka po sistemu zabijanja pnevmatske igle ali jeklene zaščitne cevi skozi tla s pomočjo zračnega kompresorja. Metoda nima možnosti usmerjanja med delom. [4]

Pri prebojih poznamo dva postopka; postopek enostavnega preboja s pnevmatsko iglo (closed-face) in postopek z zaščitno kovinsko cevjo (open-face).

3.3.1.1 Enostavni preboj s pnevmatsko iglo (closed-face)

To tehnologijo se uporablja pri krajših in nezahtevnih prečkanjih cest, železnic, potokov in ostale infrastrukture. Tehnologija je primerna za izgradnjo telekomunikacijskih vodov, vodovodov, plinovodov, električnih vodov ter kanalizacij manjših premerov, pri katerih naklon ne presega 1%. [5]



Slika 16: Shema preboja s pnevmatsko iglo, [8]

Pri tej tehnologiji je stožčasta glava privarjena na čelnem koncu prvega segmenta cevi, ki se zabija. Ta glava stisne zemljo v okolici medtem ko prodira naprej in tako ustvari praznino v katero se uvlečejo primerne cevi. Cevi se lahko uvleče takoj ali pozneje. Tehnologijo se uporablja za preboje od premera 32mm do premera 200 mm (pri nas do 160 mm). [4]

3.3.1.1.1 Izvedba preboja

Najprej se izvedeta vstopna in izstopna gradbena jama. V vstopno gradbeno jamo se na izravnana tla postavi t.i. »posteljica«. Posteljica se postavi glede na določeni padec. Maksimalni padec znaša 1%. Če padca ni, se posteljica postavi v vodoravno lego. Na izstopni strani gradbene jame predhodno postavimo v liniji preboja nivelirno palico, ki nam služi za tarčo. Pnevmatško iglo postavimo na posteljico in jo s pomočjo nivelirja postavimo v linijo preboja, kar prikazuje slika 17.



Slika 17: Niveliranje pnevmatske igle v vstopni gradbeni jami, [9]

Ko imamo vse nastavljeno, vpnemo pnevmatsko iglo v ležaj. Ležaj služi za ohranjanje smeri, dokler ni do treh četrtin v zemljini. Ker je pogonski medij zrak, skozi polietilenske cevi napeljemo izhodno cev za seboj. Ta postopek ponavljamo, dokler ne dosežemo izstopne gradbene jame. Ko celotna dolžina pnevmatske igle prebije steno izstopne gradbene jame, jo odklopimo od cevi, ki so narejene iz polietilena visoke gostote (PE-HD). Na vstopni strani gradbene jame izvlečemo pogonske cevi za zrak in postopek je zaključen. [2]



Slika 18: Prikaz vstopne in izstopne gradbene jame, [10]

3.3.1.1.2 Pogoji za izvedbo

Tehnologija ima naslednje omejitve [2]:

- premeri zaščitnih cevi: tehnologija je primerna za izvedbo prečkanj z zaščitnimi cevmi PE/HD ali PVC od premera 32 mm do premera 200 mm
- dolžine prebojev: dolžine prečkanj so mogoče do največ 25 metrov (odvisno od zemljine in premera cevi ter razmika med preboji); dosežene so bile tudi dolžine do 60m
- kategorija zemljine: tehnologija je primerna samo za dela v zemljinah II. do III. kategorije

3.3.1.1.3 Prednosti in slabosti

Poleg tega, da je to najcenejša tehnologija gradenj brez izkopov, ima še sledeče prednosti [2]:

- hitra in učinkovita izvedba,
- zadovoljiva natančnost na kratkih premostitvah,
- ekološko nesporna tehnologija - pogonski medij je zrak,
- sorazmerno majhna vstopna in izstopna gradbena jama,
- ter, kot prej omenjeno, najcenejša izvedba.

Poleg prednosti pa ima tehnologija tudi svoje slabosti [2]:

- za izvedbo moramo zagotoviti varnostni faktor globine izvedbe preboja, ki mora znašati najmanj desetkratnik premera cevi (npr. če imamo preboj Φ 160 mm, mora biti minimalna globina gradbene jame 1.6 metra). V nasprotnem primeru lahko pride do deformacij terena nad prebojem (posedanje ceste ali drugih infrastruktur),
- posledica globljega izkopa je izvedba v zahtevnejših geoloških pogojih, kar pomeni večje kamenje, menjava geomehanskih značilnosti, skale, ipd.,
- metoda ni priporočljiva ali je celo neizvedljiva zaradi premajhne natančnosti ali zaradi omejitve največ 20 metrov dolžine preboja.

3.3.1.2 Preboj s kovinsko zaščitno cevjo (open-face)

Preboj s kovinsko zaščitno cevjo (pri nas je bolj znan izraz podvrtnanje s kovinsko zaščitno cevjo brez usmerjanja) je metoda, ki se uporablja pri prečkanju cest, železnic, potokov in drugih ovir pri izgradnji cevovoda. Podobna je postopku horizontalnega preboja s pnevmatsko iglo, le da je namenjena prebojem večjih premerov. Osnovni postopek poteka po sistemu zabijanja jeklene zaščitne cevi skozi tla s pomočjo zračnega kompresorja. Ta metoda je najbolj primerna za umestitev cevi večjega premera na krajših razdaljah in na minimalnih globinah v več vrstah zemljin, razen v skalnata tla. Največkrat se tehnologija uporablja za izvedbo prebojev pod cestami, železnicami, letališkimi stezami, jezeri, vodotoki, objekti. V zaščitne cevi se lahko vgradi katerakoli komunalni vod, lahko pa se zaščitna cev uporabi kot na primer prehod za živali (pod AC, HC, železnico...)

Pri tehnologiji preboja s kovinsko zaščitno cevjo ustje jeklene cevi ostane odprto in nanj nasadimo rezilo, ki obvaruje zunanji rob cevi. Na cev se pritrdi pnevmatsko kladivo, ki potiska cev naprej. Ko je cev potisnjena dovolj v zemljo, se kladivo odstrani in privari se nov kos cevi. Ta postopek se ponavlja, dokler preboj ni dokončan. Material se odlaga v cevi in se ga po končanem postopku odstrani. [4]

Tehnologijo se uporablja za preboje od premera 114 mm do premera 2400 mm (slovenski trg do 2020 mm) ter dolžine ter dolžine 50 do 60 m v odvisnosti od premera cevi in vrste zemljine, v kateri se ta preboj izvaja. [2]



Slika 19: Shema preboja s kovinsko cevjo, [11]

3.3.1.2.1 Izvedba preboja

Tako kot pri osnovnem preboju s pnevmatsko iglo imamo tudi tukaj vstopno in izstopno gradbeno jamo. Velikost jame je premo sorazmerna velikosti cevi. [2]

Ustrezna dostopnost je bistvenega pomena za uspešno namestitvev. Lokacija vstopne in izstopne gradbene jame se določi z zahtevami predpisov in pogojev Dolžina vstopne jame je določena tako, da se dolžini ene zaščitne cevi (večinoma 6 ali 12 m) prišteje še približno 4 m (odvisno od velikosti hidravlične garniture). Širina dna vstopne jame je približno 2,5m. Globina mora znašati 0,25 m pod niveleto cevi. Seveda je treba vsako vstopno gradbeno jamo prirediti velikosti delovnega stroja. [4]

Na sliki 20 je prikazana vstopna gradbena jama pri zabijanju prvega segmenta cevi pod cesto.



Slika 20: Vstopna gradbena jama, [lasten arhiv]

Izstopna gradbena jama je praviloma širine 2 m in dolžine 3 m.

V vstopno gradbeno jamo na izravnana tla postavimo posteljico, ki jo postavimo v linijo preboja. Posteljici nastavimo tudi padec, če je ta potreben.

Na prvo kovinsko cev nasadimo rezilo, ki obvaruje zunanji rob cevi. Največkrat uporabljamo 6 metrske kovinske cevi, ki jih med seboj varimo. Na konec prve cevi nasadimo segment, v katerega vsadimo potisno enoto ali »raketo« (slika 21). To potisno enoto prav tako poganja stisnjen zrak, ki ga od agregata do potisne enote dovajamo skozi visokotlačne cevi. Potisno enoto in cev postavimo v linijo preboja in nastavimo tudi padec. Potisna enota zabija kovinsko cev v zemljino.



Slika 21: Potisna enota ali raketa, [12]

Prvih 5 m je potrebno zabijati z maksimalno energijo 59%, ker je pri tem lažje spremljati padec cevi. Predviden padec cevi je potrebno sprotno spremljati ter po potrebi korigirati. [6]

Ko potisna enota zabije prvih 6 metrov, segment in potisno enoto odstranimo (premaknemo po posteljici nazaj) in privarimo novo cev. Na to cev ponovno vsadimo segment s potisno enoto vred. Ta postopek ponavljamo do izstopne gradbene jame. [2]

V izstopni gradbeni jami odstranimo rezilo, na vstopni pa potisno enoto, posteljico in segment. Po preboju je cev napolnjena z materialom. Cev lahko očistimo z visokotlačnim izpiranjem, s polžastim transporterjem (svedri) ali pa na vstopno stran na konec cevi namestimo pokrov, skozi katerega spustimo zrak pod visokim tlakom (slika 22). Zrak potisne material skozi cev v izstopno gradbeno jamo, ki jo potem spraznimo in očistimo. Postopek je končan in cev je pripravljena za nadaljnjo uporabo [2].



Slika 22: Čiščenje cevi z zrakom pod visokim tlakom, [13]

3.3.1.2.2 Pogoji za izvedbo

Tehnologija ima naslednje omejitve [2], [4]:

- premeri zaščitnih cevi: tehnologija je primerna za izvedbo prebojev z zaščitnimi jeklenimi cevmi od premera 100 mm do premera 2400 mm;
- dolžine prebojev: dolžine prečkanj so mogoče tudi do 120 metrov, pri nas do 50 – 60 m (odvisno od zemljine in premera cevi ter razmika med preboji);
- izbira zaščitnih cevi: zaščitne cevi so lahko izključno jeklene. Cevi morajo biti sposoben prenesti ponavljajoče obremenitve udarnega kladiva, zato je izbira debeline stene cevi zelo pomembna pri načrtovanju;
- kategorija zemljine: je primerna samo za dela v zemljinah II. do III. kategorije
- vibracije: ob zabijanju prihaja do vibracij, ki so največje v območju rezila na vodilni cevi. Na osnovi spremljanja vibracij na konkretnih primerih, na splošno vpliv vibracij ne škodljivo vpliva na bližnje objekte in podzemne instalacije. Varno razdaljo je potrebno določiti na podlagi projektnih in terenskih pogojev.

3.3.1.2.3 Prednosti in slabosti

Prednosti [2]:

- za izvedbo preboja potrebujemo sorazmerno majhno gradbeno jamo,
- zadovoljivi rezultati natančnosti izvedbe,
- možnost izvedbe več prebojev vzporedno brez medsebojnega horizontalnega ali vertikalnega odmika,
- dolžine prebojev so relativno velike, tudi do 60 m, v odvisnosti od premera in kategorije zemljine,
- izvedba preboja je mogoča v zemljinah II. in III. kategorije,
- s to tehnologijo ne razrivamo ali odvezemamo materiala izpod cestišča, zato so posedki ali raztezki nemogoči. Material, ki teoretično zaseda bodoči preboj, se nalaga v cevi, zato velja, da cev pod cesto vsadimo,
- ekološko nesporna (pogonski medij je zrak).

Poleg prednosti pa ima tehnologija tudi svoje slabosti [2]:

- preboj je mogoč samo z zaščitno kovinsko cevjo,
- se ne da izvesti v IV. in V. kategoriji izkopa (mehke kamnine, kamnine),
- v nekaterih primerih ni mogoče doseči zahtevane natančnosti nivelete preboja, predvsem pri kanalizacijah s padcem, manjšim od 1%.

3.3.2 Usmerjeno vrtanje z optičnim vodenjem

Horizontalno vrtanje ali preprosto vrtanje (Auger Boring oziroma Bore and Jack) je dobro uveljavljena tehnologija gradenj brez izkopa, ki se pogosto uporablja za montažo jeklenih cevi in ohišij pod železniškimi in cestnimi nasipi, pod letališkimi voznimi in vzletno/pristajalnimi stezami ter celo za izvedbo odvodnih kanalov. To je ekonomičen način namestitve cevi, s katerim se izognemo odprtim prekopom prometnic s čimer se zmanjšajo motnje v prometu. Lahko se izvaja v različnih vrstah zemljin in kamnin (III. – V. ktg.). Tehnologija horizontalnega vrtanja je uporabna tudi na okoljsko občutljivih območjih, kot so mokrišča in gozdni rezervati, saj pripomore k zmanjšanju hrupa in onesnaževanja [4].

Pri horizontalnem vrtanju poznamo več različnih postopkov in tehnologij, predvsem v smislu usmerjanja cevi. Izbira postopka in tehnologije je odvisna od dolžine vrtanja.

Osredotočili se bomo na usmerjeno vrtanje z optičnim vodenjem, ki se uporablja tudi pri nas in je tudi najbolj vsestransko in natančno.

3.3.2.1 Opis tehnologije

Pri tej tehnologiji gre za vrtanje horizontalnih vrtin z vrtenjem rezalne glave, medtem ko s pomočjo hidravlične naprave (slika 23) hkratno potiskamo na pilotne jeklene palice (vrtalne palice) (slika 24).



Slika 23: Usmerjeno vrtanje z optičnim vodenjem, [14]



Slika 24: Vrtanje pilotne vrtine, [14]

Ko je pilotna vrtina narejena, se na vrtalne palice pritrdi vrtalno glavo (slika 25).



Slika 25: Vrtalna glava, [32]

Glava za rezanje je pritrjena na polžnico, ki je vgrajena v jeklenem ohišju – potisni cevi. Vrtalni stroj ustvarja navor, ki se prenaša na rezalno glavo preko polžnice položene skozi potisne cevi (slika 26). Za izvedbo vrtine je potrebno izvesti vstopno in izstopno gradbeno jamo. Vrtalna oprema, vključno z vrtalnim strojem, svedri in rezalno glavo, se nahaja v vstopni jami. Zemlja se s pomočjo polžnice transportira v vstopno jamo, kjer jo s primernimi postopki odstranimo iz nje (slika 27) [4].



Slika 26: Polžnica pritrjena na vrtalni stroj, [33]



Slika 27: Odstranjevanje zemlje iz gradbene jame z grabilcem, [lasten arhiv]

3.3.2.2 Izvedba

Tehnologija omogoča izvedbo vrtine premera od 100 do 1800 mm z natančnostjo +/- 2 cm na dolžini do 150 metrov. Zaradi tega je ta tehnologija idealna za gradnjo kanalizacij, v praksi pa se ta tehnologija najpogosteje uporablja tudi za izgradnjo vodovodov, plinovodov in kablovodov daljših dolžin. Na slovenskem tržišču se uporablja mehanizacijo, ki omogoča izdelavo vrtine do premera 1200 mm in dolžine 150 m. To tehnologijo je mogoče izvajati od

III. do V. kategorije zemljine. S to tehnologijo se lahko vgrajujejo zaščitne kovinske cevi, potisne keramične in betonske cevi ter poliestrske potisne cevi [2].

3.3.2.2.1 Priprava gradbene jame

Vstopna gradbena jama je potrebna za postavitve hidravlične garniture za potiskanje cevi. Velikost vstopne gradbene jame je odvisna od dolžine in premera predvidenih cevi. Globina jame mora dosežati globino približno 0,8 m pod osjo cevi, odvisno od vrtalne garniture. Zadnja stran gradbene jame mora biti za potrebe izvedbe vrtanja učvrščena z oporno AB ploščo, po potrebi pa še dodatno z zagatnicami. Dno gradbene jame se zalije s podložnim betonom, ki mora biti v naklonu vrtine oziroma v vodoravni legi, če je vrtina brez padca. Nato se stroj, optična kamera in pilotna palica nastavijo glede na padec. Primer vstopne gradbene jame je viden na sliki 28.

V pilotno glavo se vstavi tarča, ki ima osvetljeno steklo, da ga optična kamera vidi skozi palice in jo prikaže na zaslonu. Tarča na zaslonu je za strojnika instrument za vzdrževanje in popravljanje smeri ter padca. Zaslone prikazuje tudi padec, na katerega je nastavljen pilotna glava in v kakšnem nagibu je v trenutnem položaju. Ko je vse postavljeno in pripravljeno, začnemo z izvedbo pilotne vrtine [2].



Slika 28: Vstopna gradbena jama, [lasten arhiv]

Izstopna gradbena jama se izdelava širine 2 metra in minimalne dolžine 4 metrov, za demontažo vrtnice glave oziroma več, v kolikor so potisne jeklene cevi daljše in se jih po izvedbi odstrani (vgradnja drugih potisnih cevi) [6].

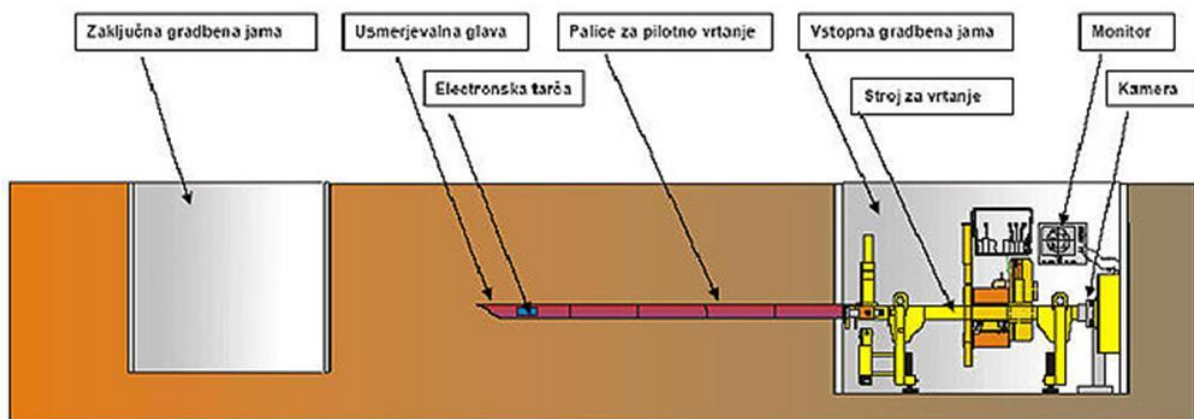
V preglednici 2 so podane okvirne dimenzije vstopne gradbene jame v odvisnosti od premera cevi.

Preglednica 2: Dimenzije vstopne jame za cevi dolžine 6 m, [4]

Dolžina cevi [m]	DN cevi [mm]	Širina vstopne jame [m]	Dolžina vstopne jame [m]
6	100-600	2,5-3	9
	600-800	3	10,5
	900-110	3,5	10,5
	1200-1500	3,5	10,5
	1500-1800	4,5	12

3.3.2.2 Izdelava pilotne vrtine

Sledi izvedba pilotne vrtine ϕ 114 mm. Vrtino lahko krmilimo ter spremljamo z natančnostjo +/- 1 cm na dolžini 150 m. Sama kamera zazna spremembo nivelete 0,001 mm. V sled tega je stroj izredno natančen. Razpolagamo z različnimi izvedenkami vrtnih glav, glede na vrsto vrtane zemljine, tudi skale. Način izvedbe je razviden iz spodnje slike. [14]



Slika 29: Izdelava pilotne vrtine, [14]

Med celotnim potekom dela moramo skrbeti, da se optična kamera ne premakne. Najpogosteje se pritrdi na poseben nosilec, ki je pritrjen na trdno podlago. Palice sestavljamo eno za drugo do želene dolžine. Med seboj jih spajamo s pomočjo navoja ali pa z posebnimi zapirali, odvisno od modela palice.

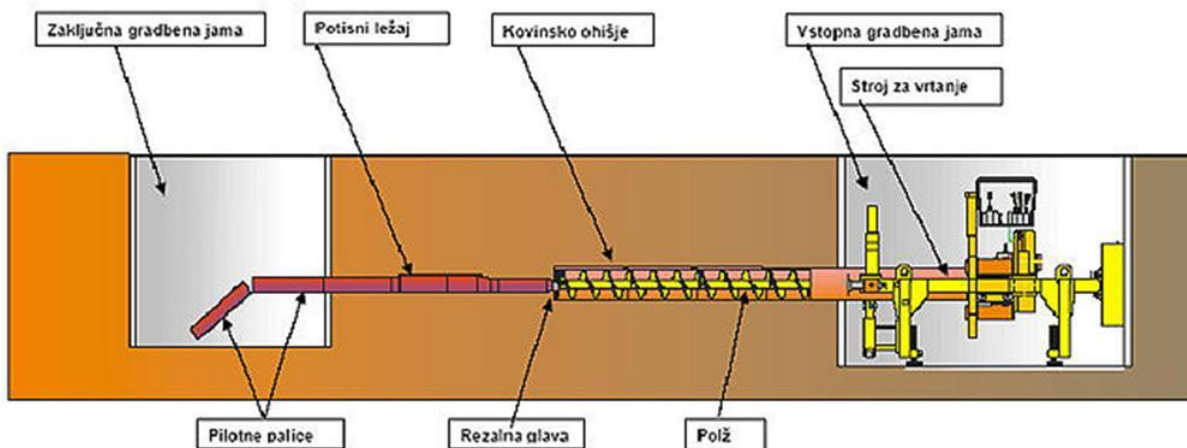
3.3.2.2.3 Izdelava vrtine

Pri izdelavi vrtine želenega premera poznamo dva postopka izvedbe, ki se razlikujeta glede na način vrtnja. Pri prvem se najprej naredi vrtina in se nato vanjo potisne želene cevi, pri drugem postopku pa se to izvaja istočasno.

3.3.2.2.3.1 Vrtnje z vrtalno glavo in vstavljanje JE cevi

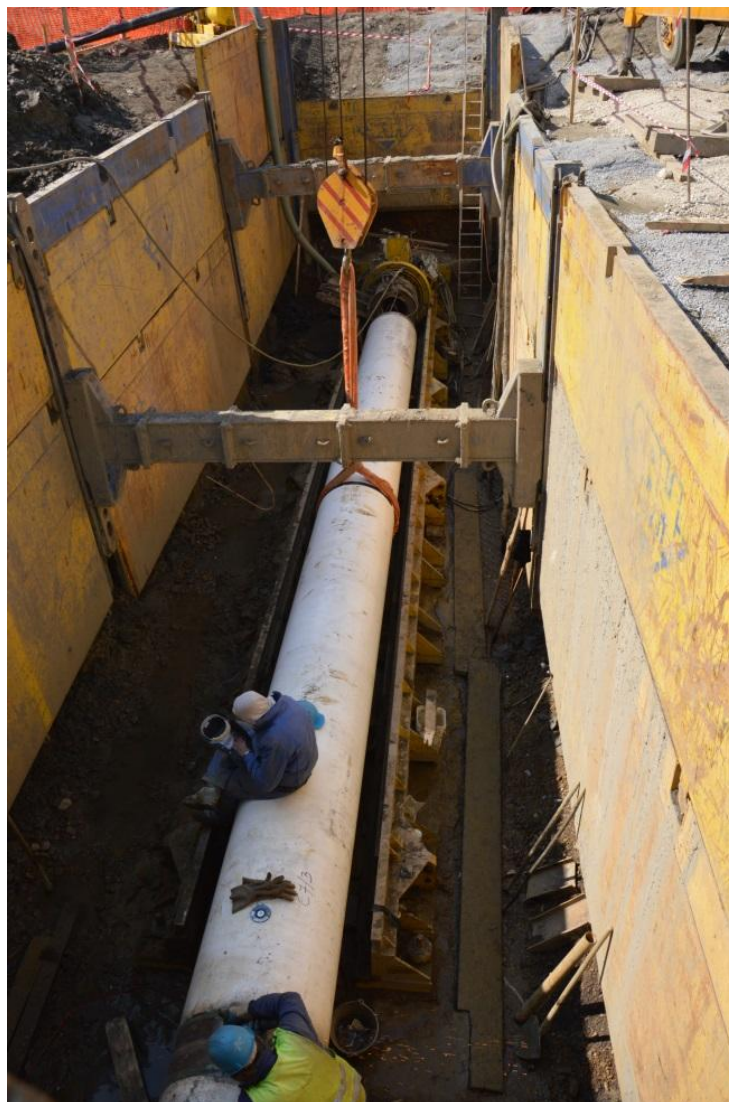
Pri tem načinu je značilno to, da se vrtalno glavo potiska s kovinskimi cevmi, ki po izvedbi ostanejo v zemlji; lahko kot zaščitna cev ali pa že kot glavna cev, na primer plinovodna.

Po končani izvedbi pilotne vrtine se v izstopni gradbeni jami sname pilotna palica. Tarčo se odstrani s pilotne palice, prav tako se odstrani zaslon oz. monitor, ki je v vstopni gradbeni jami. Nato se prične vrtnje velikosti premera vrtine. Za vrtnje se uporablja vrtalna glava, ki se privari na kovinsko cev, hidravlična garnitura pa za njo potiska cev. Izvrtani material se sproti s pomočjo nameščenega polža v cevi transportira v vstopno gradbeno jamo. Iz gradbene jame se material transportira s pomočjo grabilca, ki je nameščen na dvigalu (slika 27). V kolikor je zemljina mehka se ves čas vrtnja v izvrtino dovaja bentonitna mešanica, ki služi za dodatno stabilizacijo vrtine, kakovostnejši iznos izvrtanega materiala in zmanjšuje trenje. Spodnja slika prikazuje naslednjo stopnjo izvedbe vrtine. [6]



Slika 30: Izdelava vrtine, [14]

V izstopni gradbeni jami se pilotne palice zloga v zato namenjen zabojnik. Ta postopek se ponavlja, dokler ne pride vrtalna glava do izstopne jame.

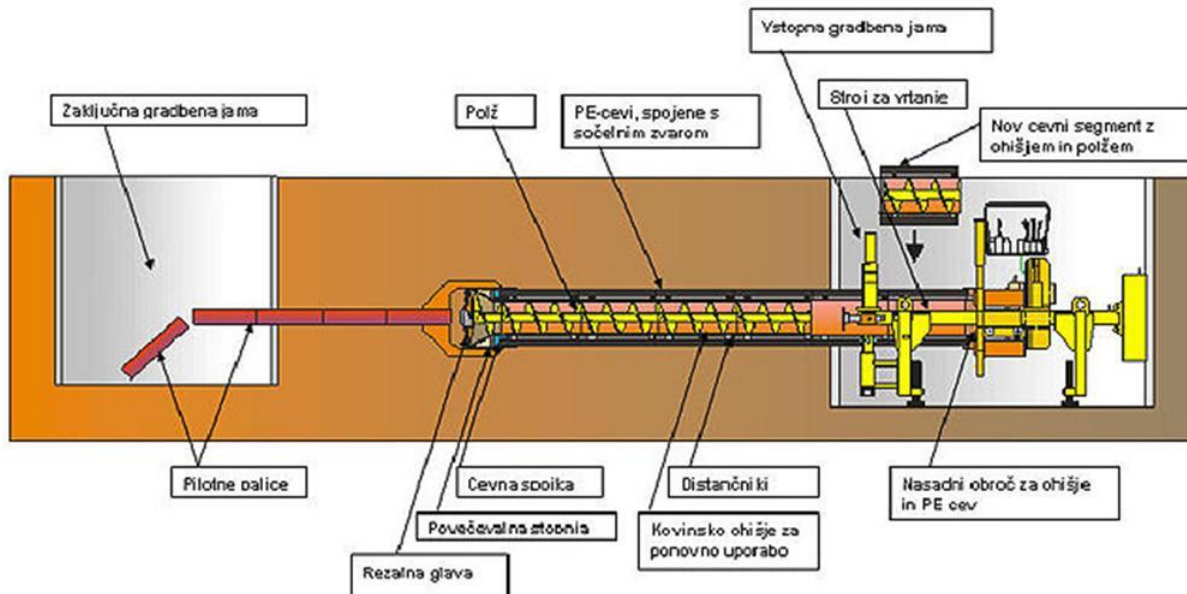


Slika 31: Izvedba vrtine z zaključno plinovodno cevjo, [lasten arhiv]

3.3.2.2.3.2 Vrtanje z vrtalno glavo in vstavljanje AB, GRP ali VCP cevi

Pri tem načinu je značilno to, da se istočasno v vrtino za vrtalno glavo potiska potisne betonske, poliestrske ali keramične cevi.

Ko želimo vstaviti potisne betonske, keramične ali pa poliestrske cevi, vstavimo zaščitno kovinsko cev s polžnico v te cevi. Postopek priklopa na pilotne palice in priklop vrtalne glave na potisni ležaj je enak kot pri prejšnjem postopku. Razlika je samo ta, da je zaščitna kovinska cev s polžnico v potisni betonski, keramični ali poliestrski cevi (slika 32). Material se od glave odvaja skozi zaščitno cev preko polžnice. Ko vrtalna glava doseže gradbeno jamo, se naredi vse enako kot v prejšnji fazi. Razlika je le ta, da skupaj s polžnico povlečemo nazaj v gradbeno jamo tudi zaščitne kovinske cevi. [2]

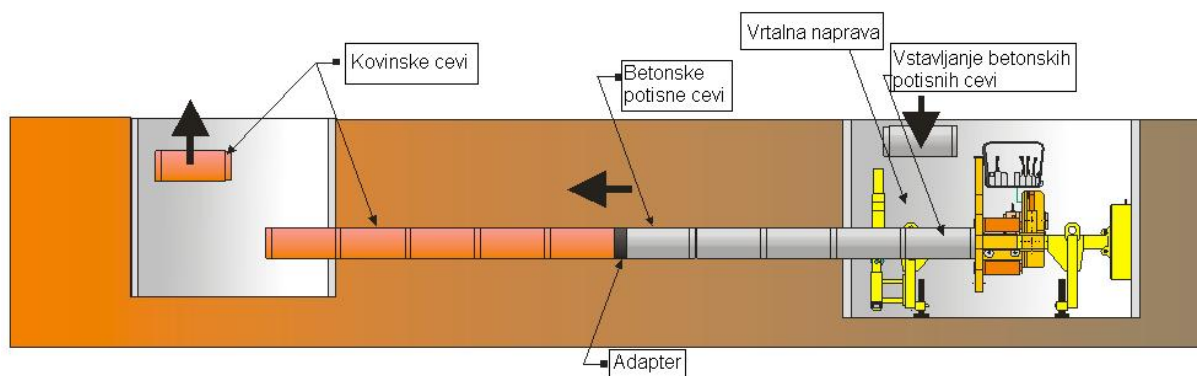


Slika 32: Izdelava vrtine, [14]

3.3.2.2.4 Odstranitev zaščitnih kovinskih cevi

Ko je vrtnje zaključeno, se v izstopni gradbeni jami odstrani vrtilno glavo. Tako je izstopna gradbena jama pripravljena za postavitve jaška ali pa za nadaljnjo izgradnjo cevododa. Ko je vrtilna glava odstranjena, se potegne polžnico nazaj v vstopno gradbeno jamo in z njo tudi material, ki je še ostal v cevi. Po izvlečenju vseh polžnic se odstrani še stroj. Preboj se opere z vodo pod visokim tlakom. Tako je vstopna gradbena jama pripravljena za nadaljnjo gradnjo cevododa ali postavitve jaška. Na koncu pregledniška služba pregleda cev.

Čiščenje pod visokim tlakom pa odpade, kadar vstavljamo potisne betonske, keramične in poliestrske cevi. Pri tem se zaščitno cev iz vrtine odstrani in se jo nadomesti s potisno kanalizaciono cevjo ustreznega premera. Za potisne cevi se lahko uporabi potisne betonske, keramične ali poliestrske cevi. Postopek je razviden na sliki spodaj.



Slika 33: Odstranitev kovinskih cevi in vstavljanje potisnih betonskih cevi, [6]

3.3.2.3 Pogoji za izvedbo

Tehnologija je primerna za izvedbo vrtin od premera 100 mm do premera 1800 mm, na našem tržišču pa do preseka 1200 mm. Dolžine prečkanj so mogoče tudi do 150 metrov (najdaljši projekt v tujini je bil dolžine več kot 250 m), ne glede na to ali se vrta v zemljini ali kamnini.

Ker so polžnica v cevi vrti, mora biti zaščitna cev dovolj kakovostna, da se ne obrabi oziroma poškoduje. Zato se za zaščitne potisne cevi uporablja jeklene cevi. Cevi, ki se jih polaga v zaščitno cev, so lahko iz katerega koli materiala, primerne za medij, ki se bo po cevi pretakal (kovinske cevi, PE in PP cevi, betonske, poliestrske ali PVC cevi).

Pri ceveh, ki se jih v vrtino potiska, je priporočeno, da se zaradi morebitnih poškodb zaradi vrtenja polžnice oziroma potiskanja cevi, uporabi cevi z večjo debelino stene. To zadostuje, da ni potrebe po povečani protikorozijski zaščiti od projektirane. [4]

3.3.2.4 Prednosti in slabosti

Glavna prednost tehnologije je v tem, da se sočasno z vrtanjem vstavlja tudi zaščitno cev, kar onemogoča, da bi prišlo do podora vrtine in s tem do posedkov na površini. [4]

Ostale prednosti:

- Premer vrtin do premera 1200 mm.
- Dolžina vrtin do 150 metrov.
- Natančnost izvedbe do ± 2 cm na dolžini 150 m.
- Zanesljivost sledenja, kar omogoča sprotno kontrolo in točnost izvedbe.
- Možnost izvedbe vrtin v vseh vrstah zemljine, vključno s skalo.
- Možnost vgradnje kovinskih zaščitnih cevi.

Poleg prednosti pa ima tehnologija tudi svoje slabosti: [4], [6]

- Tehnologija zahteva za vsako dimenzija zaščitne cevi primerno veliko rezalno glavo in polžnico, kar pomeni precejšnjo naložbo v opremo.
- Tehnologija tudi ni primerna za izvedbo vrtine v nestabilnih ali peščenih tleh in pod vodno črto.
- Izgradnja cevovodov krajših dolžin največkrat ni ekonomsko upravičena.

3.3.3 Usmerjeno vrtanje z radijskim vodenjem - HDD

Uporaba tehnologije usmerjenega vrtanja z radijskim vodenjem – HDD (angl.: horizontal directional drilling) se v današnjem času vse pogosteje uporablja. Pogosto se uporablja za izvedbo cevovodov pod vodotoki in drugimi vodnimi površinami. Seveda pa se lahko uporablja tudi za prečkanje cest, železnic, ipd. za potrebe izgradnje vodovodov, plinovodov, toplovodov, tlačne kanalizacije, telekomunikacij, kablovodov itd. Uporablja se celo za izvedbo cevovodov pod industrijskimi kompleksi in ostalimi objekti.

Tehnologija nam omogoča dolžine do 1,5 km ter premere 1200 mm in več. Primerna je za uporabo v vseh kategorijah zemljin in kamnin. Uvlačimo lahko eno ali več cevi hkrati. Vgrajujemo lahko kovinske, PE-HD in duktilne cevi. [2]

Na spodnji sliki je prikazan uvlek več cevi hkrati v eno vrtino.



Slika 34: Uvlek cevi, [16]

Postopek HDD je izredno prijazen do okolja saj ne povzroča ekološke škode. Minimalne poškodbe so le na vhodni strani vrtine. Zelo je primerna za izvedbo cevovodov v urbanih središčih, saj v primerjavi s klasično vgradnjo lahko zmanjšamo stroške gradnje, skrajšamo čas izvedbe, se izognemo raznim dovoljenjem upravljavcev ostale komunalne infrastrukture, preprečimo erozije tal in ne vplivamo na promet. [15]

3.3.3.1 Opis tehnologije in izvedba

Tehnologija temelji na osnovi vodenja oz. usmerjanja vrtalne glave, kar pomeni da lahko izvedemo planirano vrtino v skladu s predhodno pripravljenim projektom. Dolžine posameznih vrtin so vezane na geološko sestavo terena in posamezne geografske

značilnosti. Klasična izvedba vrtanja poteka v zemljini I. do III. ktg., mogoče pa je tudi delo v kamnini IV. in V. ktg oziroma vrtanje v skali, z uporabo posebnih vrtalnih orodij.

Po končani izvedbi vrtine, se praviloma izvede uvlečenje ene ali več PE/HD ali kovinskih zaščitnih cevi do premera 1200 mm. Bistvenega pomena je, da lahko vsako vrtino izvedemo s horizontalnimi ter vertikalnimi krivinami, polmera >40m, kar omogoča nemoteno izvedbo podvrtanja vseh vrst vodotokov, komunalne, cestne in ostale infrastrukture. [16]

Običajen postopek izvedbe je sledeči:

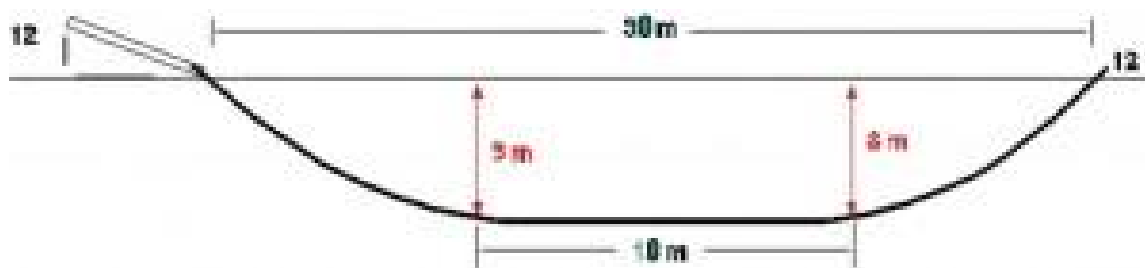
1. Načrtovanje, predhodne raziskave
2. Izbira vrtalne garniture in orodja
3. Izvedba pilotne vrtine z usmerjanjem in spremljanjem
4. Povratno razširjanje vrtine
5. Montaža – uvlek cevi

Koraki 3 do 5 postopka izvedbe so prikazani na sliki 32.

3.3.3.1.1 Načrtovanje, predhodne raziskave

Pred začetkom vrtanja je pomembna faza izdelava projektne dokumentacije vrtine, upoštevajoč vse zahtevane parametre, ki sledijo v nadaljevanju: [13]

- potrebno je izvesti geomehanske raziskave, ki so ključnega pomena za uspešno načrtovanje in izvedbo vrtanja;
- na osnovi izdelanega projekta se izvede računalniška simulacija vrtine, s pomočjo katere pridobimo vse pomembne podatke, potrebne za vrtanje. Uporablja se računalniški program (kot je npr. »Grundo bor« ali podobno);
- za manjše projekte je simulacijo možno narediti tudi ročno.



Slika 35: Projekt vrtine, [16]

Priprava projekta vrtine (slika 35) zajema obdelavo geodetskega posnetka terena. Na podlagi dobjenih podatkov – vzdolžnega profila trase, se pripravi projekt vrtine z zahtevanimi parametri investitorja, ter vsemi podrobnostmi. Tako pripravljen projekt se poda v pregled ter

potrditev. Po potrditvi se izvede vrtina, ki lahko odstopa od projektiranih gabaritov za max. 5%. [16]

3.3.3.1.2 Izbira vrtalne garniture in orodja

Izbira vrtalne naprave je odvisna od dolžine izvrtine, premera cevi za namestitev in kakovosti tal. Vrtalne naprave, glede na njihovo zmogljivost, ločimo na tri vrste. V spodnji preglednici je razvidno, po katerih lastnostih se jih kategorizira.

Preglednica 3: Tipične lastnosti HDD vrtalnih garnitur, [4]

Lastnosti	Parameter	Enota	Mini HDD	Midi HDD	Maxi HDD
Projektne lastnosti	Premer	mm	50 - 300	300 - 600	600 - 1500
	Globina	m	< 10	10 - 25	25 - 60
	Dolžina vrtanja	m	< 180	180 - 270	do 3000
	Tipična uporaba		TK in EE vodi, plinovodi	Prečkanje rek, jezer in prometne infrastrukture	Prečkanje rek, jezer in prometne infrastrukture
Lastnosti stroja	Navor	Nm	< 1300	1200 - 13500	< 170000
	Potisna in vlečna sila	kN	90	90 - 450	450 - 4500+
	Teža mehanizacije	t	< 10	< 20	< 30
	Velikost delovišča *	m	3 x 6	9 x 18	15 x 30 - 30 x 45 **

Za najkrajša in najtanjša vrtanja, na primer pri izvedbi hišnih priključkov ali krajših enostavnih podvrtavanjih ceste, na lokacijah kjer je zares malo prostora, se uporablja najmanjše garniture, katerih največja prednost je njihova kompaktna izvedba, saj v dolžino se merijo več kot 110 cm, širina je približno 50 cm, višina pa približno 35 cm (slika 36).

Za ostala enostavnejša vrtanja v manjših globinah, kjer prostorska omejitev ni tako problematična, se uporabljajo kompaktnejše, imenovane tudi »mini« vrtalne garniture.



Slika 36: Mini vrtalne garniture, [18]

Za vrtanja večjih premerov in večjih globin se uporablja srednje velike vrtalne garniture, tako imenovane »midi« vrtalne garniture, kot na sliki 37. Garniture so različnih zmogljivosti, izbere pa se jih glede na dolžino vrtanja, premer vstavljene cevi in terenske razmere.



Slika 37: Midi vrtalna garnitura, [19]

Za najzahtevnejša vrtanja, tako po dolžini, preseku in globini vrtanja so primerne garniture največje garniture, tako imenovane »maxi« garniture (slika 38). Za te garniture je značilno, da lahko vrtajo vrtine preseka do 1500 mm tudi do 3000 m dolgo in na globinah do 60 m.



Slika 38: Maxi vrtalna garnitura, [20]

Glede na sestavo tal se izbere tudi primerno vrtalno glavo. Glave imajo različna rezila, odvisno v kakšnem materialu se vrta. Za najtrše kamnine imajo vrtalne glave vgrajene tudi razbijalce (udarni element), ki z udarjanjem na rezalno glavo ustvarjajo dodaten pritisk.

Na sliki 39 so prikazane različne vrtalne glave, ki se uporabljajo glede na sestavo tal.

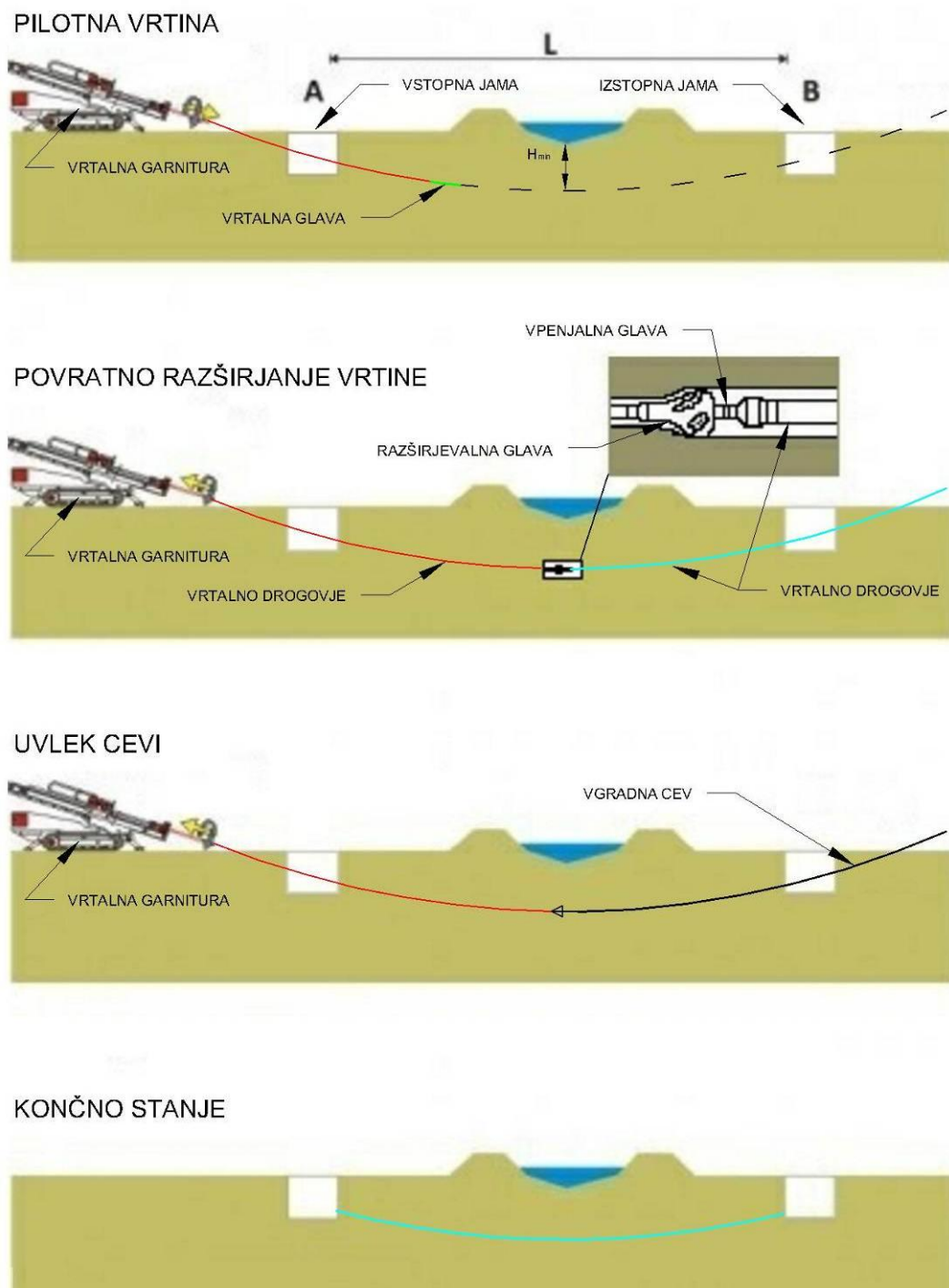


Slika 39: Vrtalne glave glede na sestavo tal, [21]

3.3.3.1.3 Izvedba pilotne vrtine

Vrtalna glava pilotne vrtine se usmerja po predhodno narejenem projektu ter omogoča sprotno spremljanje točnosti smeri in globine vrtanja. Vrtanje (slika 40) se izvaja s sprotim vbrzganjem mešanice bentonita in vode, kar služi varovanju uvlečene cevi proti morebitnim poškodbam. [16]

Pri izvedbi pilotne vrtine je usmerjanje vrtalne glave po vnaprej določeni poti najtežji del postopka, saj lahko vrtalno glavo zaradi geomehanskih lastnosti terena vleče izven predvidenega koridorja. Da bi se temu izognili in omogočili vrtalni glavi lažje prodiranje se uporablja mešanico bentonita, vode in potrebnih dodatkov. Ta mešanica je bistvenega pomena za pravilno ter uspešno izvedbo vrtanja. Za mešanico je značilno, da v vrtini deluje kot izplakovalna tekočina, deluje kot stabilizator vrtine in je nepogrešljiva za sistem hlajenja ter mazanja vrtalnega orodja. Vendar pa so izkušnje pokazale, da se lahko tehnične in ekonomske prednosti HDD pri izvedbi v kamnitem terenu (IV. in V. ktg. tal) ne izidejo. V takih primernih je smiselno uporabiti vrtalna enota opremljeno z razbijalcem (udarna glava). To je kombinacija, ki s pomočjo tekočine (bentonita) pritiska na udarno glavo in s tem omogoča večjo prodorno moč in vodljivost v težavnih razmerah vrtanja v skalo. [15]



Slika 40: Prikaz postopka HDD, [17]

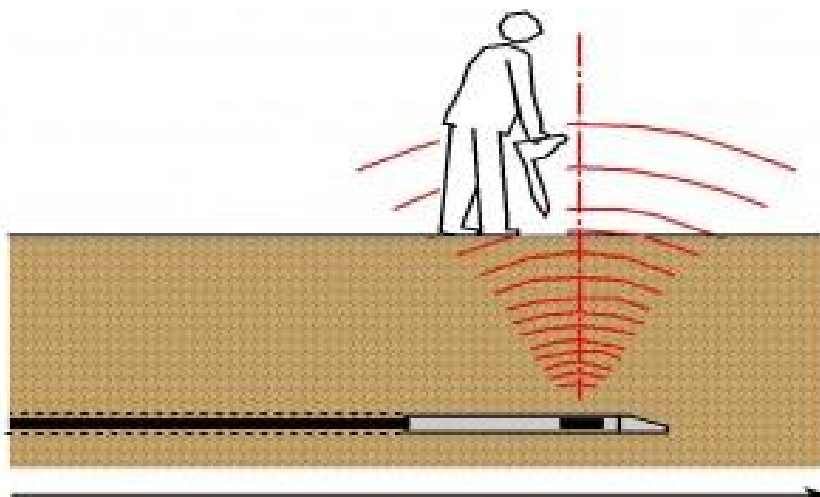
Mešanico bentonita, vode in potrebnih dodatkov ki se uporablja pri vrtanju in se nabira v vstopni gradbeni jami, s pomočjo reciklirne naprave (slika 41) ponovno očistimo.

Reciklirna naprava je namenjena je popolnemu prečiščenju vrtalne tekočine in jo sestavljata 2 sklopa. Prvi služi ponovni uporabi med izvajanjem postopka »recycling unit«, drugega pa tvori sistem za popolno prečiščenje vrtalne tekočine. S tem kot končni produkt pridobimo suho blato ter prečiščeno vodo »filter press«. [17]



Slika 41: Reciklirna naprava, [6]

Visoke zahteve in pričakovanja zahtevajo natančno lociranje (slika 42) in krmiljenje vrtnalke. Lociranje poteka po načelu oddajanja in sprejemanja radijskega signala. Operater ves čas postopka sledi poteku vrtnalke in sporoča upravljavcu delovnega stroja svoje ugotovitve. Vse izmerjene vrednosti in popravke se zapiše v zapisnik. To se lahko zajema tudi elektronsko in se jih neposredno shranjuje na prenosni računalnik, ki nam kasneje omogoča tiskanje zapisnika. [15]



Slika 42: Sledenje vrtnalni glavi, [16]

Pilotno vrtno glavo usmerjamo po predhodno projektno načrtani trasi. V primeru, da se ne držimo načrta vrtine, lahko pri uvleku cevi zaradi prevelikih kotov pride do poškodbe le-teh.



Slika 43: Oprema za radijsko vodenje vrtalne glave, [22]

3.3.3.1.4 Povratno razširjanje vrtine

Po izvedbi pilotne vrtine (slika 40) se na vrtalno drogovje privije povratni razširjevalec (backreamer), s katerim razširimo vrtino do predvidenega premera, ki mora biti vsaj 30% večji od premera uvlečenih cevi (slika 44). V kolikor gre za vrtine večjega premera, se razširjanje vrši postopoma, v več fazah.

Povratno vrtanje oz. razširjevanje vrtine se prav tako izvede z dodajanjem bentonitne mešanice, ki služi za stabilizacijo vrtine ter ščiti cevi pred poškodbami. S tem se okrog uvlečenih cevi ustvari obloga iz bentonita, debeline približno 5 – 10cm. [16]



Slika 44: Razširjevalci, [23]

3.3.3.1.5 Montaža – uvlek cevi

Ko razširjevalec (backreamer) doseže začetek vrtine, se ga očistimo in odvijemo s pilotnega drogovja. Na pilotno drogovje se privije t.i. jajce (zaradi njegove oblike), ki se ga potisne skozi razširjeno vrtino na izstopno stran vrtine. Na izstopni strani se jajce odvijemo in ponovno se privije razširjevalec. Na razširjevalec se z zatičem pritrdi skobec ali skobce, odvisno od števila uvlačenih cevi, kar je prikazano na sliki 45. Cevi se pritrdijo na skobce.



Slika 45: Uvlačenje cevi, [16]

Element, na katerega je skobec pritrjen z zatičem, onemogoča vrtenje cevi med vleko z razširjevalcem, saj bi sicer prišlo do poškodb. PE/HD cevi, ki se uvlačijo, so oplasčene z zaščitnim slojem iz mineralno ojačanega polipropilena (PP). Prednost teh cevi je velika odpornost na mehanske vplive kot tudi na ultravijolično sevanje ter kemijske vplive. Ko razširjevalec doseže vstopno točko vrtine, je delo zaključeno. Odvijemo razširjevalec in odstranimo skobce s cevi. Cevi so pripravljene za uporabo.

Hkrati je mogoče uvleči eno ali več cevi, v odvisnosti od premera izdelane vrtine. Pri sami izvedbi pa se sproti izvaja tudi natančen posnetek vrtine za potrebe izdelave geodetskega posnetka in PID dokumentacije.

3.3.3.2 Pogoji za izvedbo

Tehnologija je primerna za izvedbo vrtin do premera tudi 1200 mm in dolžin tudi nad 1500 m. Najpogosteje se uporablja v zemljinah od I. do III. kategorije, redkeje pa v kamninah (IV. in V. ktg.), saj zaradi dolgotrajnejšega in zahtevnejšega postopka izvedba ni več ekonomsko upravičena.

Cevi za uvleko so največkrat oplašcene PE/HD cevi. Zaščitni plašč je iz mineralno ojačanega polypropylena (PP), katerega prednost je velika odpornost tako na mehanske, kot tudi na UV ter kemijske vplive. Tovrstne cevi ne potrebujejo dodatne zaščitne cevi in so primerne za direktno uvlačenje v vrtino.

Seveda pa se glede na projektne zahteve lahko vgrajujejo tudi jeklene (plinovodi, tlačna kanalizacija) in duktilne cevi (vodovodi).

3.3.3.3 Posebnosti

Sledilni sistem: za sledljivost ter spreminjanje načrtane vrtalne poti se uporablja sledilni sistem. Ta nam omogoča direkten kontakt med vrtalno glavo, operaterjem sistema ter operaterjem vrtalnega stroja. Omogoča nam izvedbo posnetka dejanskega stanja vrtine. Natančnost sistema je odvisna od proizvajalca opreme, materiala ter interference ki obstaja na področju vrtanja. Obstajajo klasični sistemi, s katerim lahko premagujemo globine do 24 m, kabelsko sondni sistemi za doseganje globine vrtanja do 40 m ter magnetno-polni sistemi, ki nam omogočajo sledenje do globine 100 m.

Bentonitna mešanica: pravilna izbrana mešanica bentonita, vode in potrebnih dodatkov (aditivov) je bistvenega pomena za pravilno ter uspešno izvedbo vrtanja. Za mešanico je značilno, da v vrtini deluje kot izplakovalna tekočina, deluje kot stabilizator vrtine, je nepogrešljiva za sistem hlajenja ter mazanja vrtalnega orodja. Receptura mešanice se prilagaja vrsti materiala, v katerem vrtamo. Predhodno je potreben preračun moči gela in predhodna kalkulacija pogojev, ki pokaže potrebo po dodajanju posameznih aditivov. Nujna je sprotna meritev filtrnega kolača v procesu končne reciklaže, ves čas procesa pa se izvaja tudi meritev in kalkulacija faktorja iznosa iz vrtine. [6]

Reciklaža bentonita: pri izvedbi pilotne vrtine in povratnem razširjanju vrtine, pri večjih premerih prihaja do večje količinske porabe mešanice bentonita. Da se ne zavrže še uporabnega bentonita, se ga s pomočjo črpalk prečrpa na sejalna sita ali v centrifugo.

Namen sejalnih sit ali centrifuge (slika 46) je odstranjevanje večjih delcev iz mešanice. To pomeni pesek, večje kose materiala in fine frakcije. Ko se bentonit očisti velikih in finih frakcij, se izmeri viskoznost. Na osnovi viskoznosti se tej mešanici prečiščenega bentonita doda svež bentonit in vodo. S tem se privarčuje pri porabi bentonita, energiji ter zmanjša odpadno embalažo, v kateri je pakiran bentonit.

Končni produkt reciklaže je suho blato ter prečiščena voda, ki se lahko odvaja v vodotoke.



Slika 46: Sejalna sita in centrifuga, [2]

Bentonit: velja za enega glavnih materialov pri tehnologiji HDD. Kot že prej omenjeno, je bentonit stabilizator vrtine. Omogoča tudi iznos materiala in s tem čisti vrtino. Z uporabo bentonita se zmanjša trenje cevi. Deluje kot mazivo. Koliko materiala nam bentonit iznese, je odvisno od njegove viskoznosti. Približno velja, da je poraba bentonitne mešanice med šest in dvanajst-kratnikom volumna izvedene vrtine ter je odvisna od vrste zemljine, v katero se vrta. To pomeni, da lahko ta količina tudi naraste. Masovna poraba je nekje med 18 - 40 kg/m³. Tudi ta se spreminja glede na vrsto zemljine. Bentonitna mešanica se pripravi v mešalni napravi. [2]

3.3.3.4 Prednosti in slabosti

- Postopek vrtanja z uporabo HDD tehnologije je ekonomičen, časovno hitro izvedljiv, ne vpliva na okolje med in po izvajanju ter v okolju ne pušča ekoloških posledic,
- vrtino je mogoče izvesti v večjih globinah, pod gradbenimi in ostalimi objekti in pod naravnimi preprekami kot so reke, ceste, ekološko občutljiva območja ipd.,
- maksimalna dolžina vrtine je do 1,5 kilometra,
- med izvedbo ni nikakršnega vpliva na promet (ni motenj),
- postopek vrtanja lahko izvedemo brez gradbene jame.

Slaba stran izvedbe po HDD tehnologiji je možnost porušitve vrtine med postopkom širjenja vrtine, kar lahko otežuje uvlek cevi.

3.3.4 Mikrotuneliranje (Microtunneling)

Mikrotuneliranje (Angl.: Microtunneling) je tehnologija vgradnje cevi pod zemljo s potiskanjem cevi (Angl.: Pipe Jacking) in daljinsko vodene vrtalne garniture za mikrotuneliranje – MTBM (Angl.: microtunnel boring machine). MTBM, ki je povezan s cevmi, ki jih za njim potiska potisna enota, zagotavlja, da je celotna vrtina v vsakem trenutku podprta in ni možnosti

podrtja vrtine. Najmanjše nadkritje nad vrtino je običajno 1,8 m oziroma 1,5 do 2 kratnik zunanega premera nameščene cevi, kar je večje.

Glede na American Society of Civil Engineers (ASCE) je mikrotuneliranje definirano kot: [4]

.... metoda in ne določa omejitve glede velikosti; zato se lahko tunel šteje za mikrotunel, če gradnja izpolnjuje naslednje značilnosti:

- Daljinsko upravljanje: MTBM se upravlja preko nadzorne plošče, običajno vgrajene v mobilni kabini (gradbiščni kontejner) v bližini vstopne gradbene jame. Sistem hkrati z izkopavanjem tudi potiska cevi v vrtino. Pri izvedbi osebju ni potrebno vstopati v gradbeno jamo.
- Vodenje: za vodenje sistema se navadno uporablja laserski žarek, ki se projicira na tarčo v MTBM. MTBM je sposobna izvesti gravitacijsko kanalizacijo ali druge vrste cevovodov do zahtevane tolerance, tako po smeri kot po naklonu.
- Potiskanje cevi: cevovod je izdelan z zaporednim potiskanjem cevi in MTBM skozi zemljo z uporabo potisne enote.
- Sprotno podpiranje: konstanten pritisk na vgrajene cevi in MTBM, ki ga zagotavlja potisna enota, kompenzira hidrostatične in zemeljske pritiske.

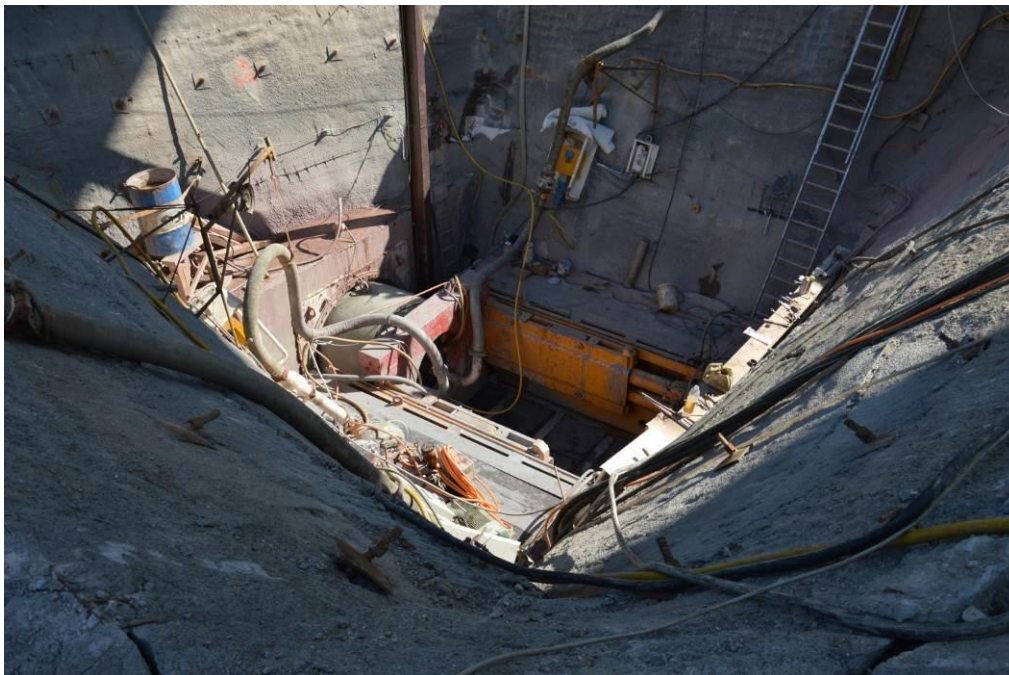
3.3.4.1 Opis tehnologije

Mikrotuneliranje je tehnologija gradnje brez izkopa namenjena gradnji gravitacijskih cevovodov pod površjem v materialu različnih kategorij, ki hkrati zagotavlja natančno vodenje v začrtani smeri in padcu v celotni dolžini vrtanja. Mikrotuneliranje je ponavljajoči se postopek potiskanja cevi. [4]

Tehnologija je primerna predvsem za izdelavo cevovodov večjega premera (od 150 do 3800 mm in več) pa tudi večjih dolžin, ki v določenih pogojih lahko presegajo tudi nekaj kilometrov.

Pomembna razlika med tunelsko gradnjo ter mikrotuneliranjem je ta, da pri slednji gre za daljinsko vodene stroje (MTBM), ki služijo potiskanju cevi v horizontalni smeri (Angl.: Pipe Jacking).

V večini primerov mikrotuneliranja se cev, namenjena za vgradnjo, vstavlja v samo gradbeno jamo ter s pomočjo MTBM stroja potiska v vrtino, kot je prikazano na sliki 47.



Slika 47: Potiskanje AB zaščitne cevi, [lasten arhiv]

Gre za t.i. »Pipe jacking« sistem, ki temelji na uporabi posebnih potisnih cevi (Angl.: Pipe jacking pipes). To so cevi različnih proizvajalcev, ki zagotavljajo odpornost na predvidene potisne sile stroja, kakor tudi zahtevani postopek medsebojnega spajanja brez izbočenih spojnih delov. Priporočljiva je uporaba potisnih cevi iz poliestra in armiranega betona (slika 48), kakor tudi keramičnih potisnih cevi, posebej primernih za kanalizacije.



Slika 48: AB potisna cev pripravljena za spust v gradbeno jamo, [lasten arhiv]

Premer cevi ter dolžina odseka, kakor tudi geološki pogoji, so pogoj za izbiro ustreznega MTBM stroja oz. sklopa vrtalne opreme, še posebej pa ustreznega postopka izdelave tunela.

S povečevanjem dolžine tunela, se povečuje tudi trenje okoli vgrajene cevi. Običajno se poslužujemo dveh osnovnih postopkov, ki to trenje zmanjšujeta.

Pri prvem postopku gre za t.i. rezanje preko predvidenega premera (angl.:Overcut). To pomeni, da se vrtanje izvaja na nekoliko večji premer vrtine od zunanjega premera vstavljenе cevi. S tem dosežemo nastanek vmesne praznine oz. vrzeli, ki onemogoča pretirano trenje. Slednje dosežemo z uporabo posebnih rezalnih koles, s katerimi v stabilnih materialih lahko dosežemo tovrstni učinek.

Drugi postopek je bolj uporaben predvsem v nevezanih zemljinah z manjšo vsebnostjo veznih frakcij, npr. prodnata tla, peski itd. Gre za uporabo ekološko prijaznih vrtalnih muljev, katerih osnova je navadno mešanica bentonita in vode. Ti se vbrizgavajo v vrtalno vrzel. Poleg mazanja, je tlak vbrizgavanja tisti, ki pomaga k stabilizaciji vrtine ter preprečevanju njene zrušitve.

Trenje se seveda na omenjene načine lahko le zmanjša, odpraviti pa se ga ne da, saj je za potiskanje cevi nemalokrat potrebno nekaj sto ton sile. Ta se poleg cevi prenaša tudi na gradbeno jamo, zato je kakovost njene izdelave ključnega pomena za izvedbo tunela.

Za izvajanje daljših odsekov, je predvsem zaradi prevelikega trenja, potrebna izgradnja vmesnih potisnih postaj kot na sliki 49, ki pripomorejo k enostavnejšemu, uspešnemu potiskanju cevi na celotnem odseku. [24]



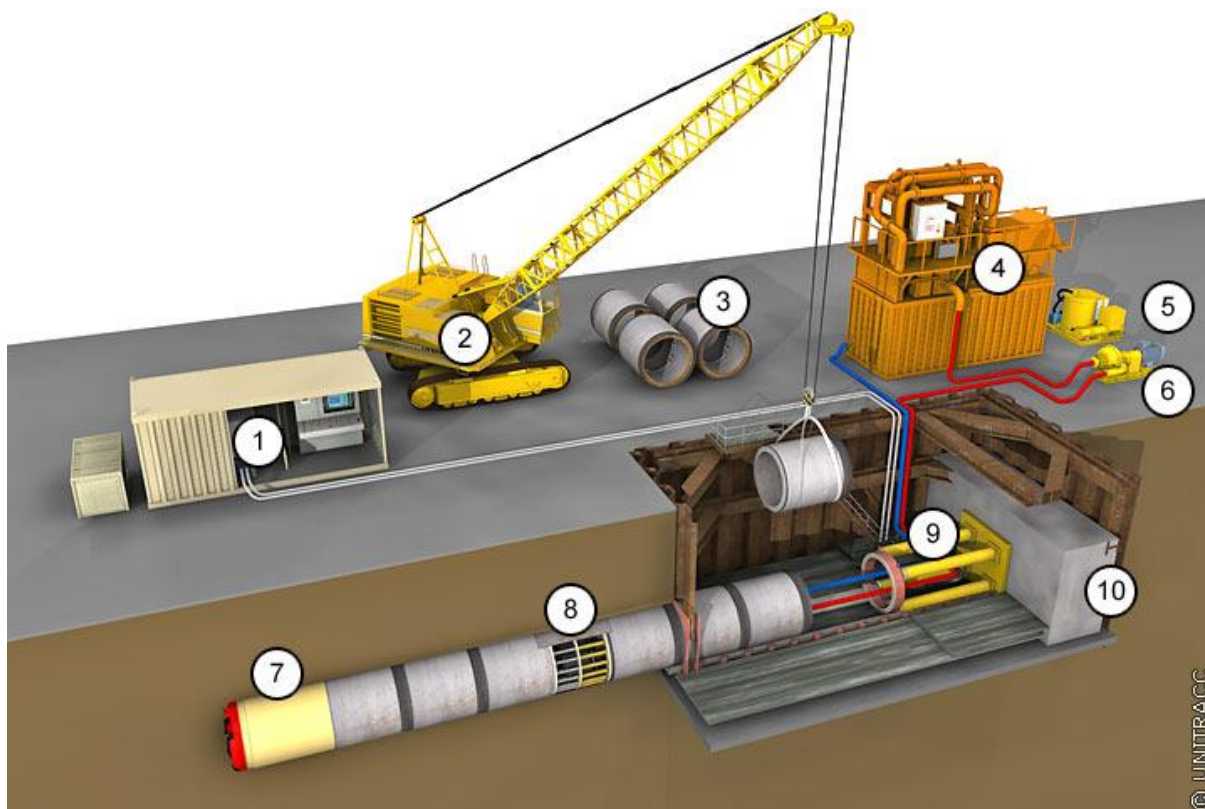
Slika 49: Vmesna potisna postaja, [25]

Tehnologija bazira na daljinsko vodenem postopku vrtnja z MTBM opremo. Celoten postopek dela nadzoruje operater stroja iz mobilne kabine, locirane ob sami gradbeni jami. Preko računalniške konzole ter precizne nadzorne opreme mu je omogočen stalni pritok povratnih informacij o lokaciji ter orientaciji (inklinaciji) vrtalnega orodja, kakor tudi o delu hidravličnih sklopov. Operater lahko na ta način precizno upravlja ter nadzira vse faze vrtnja z MTBM opremo, direktno iz kontrolne kabine.

Splošni postopek izvedbe mikrotuneliranja je prikazan na sliki 50.

Nameščena programska oprema med drugim omogoča tudi konstantno spremljanje in beleženje (log file) vseh pomembnih parametrov. To omogoča tako sprotno, kakor tudi kasnejše analiziranje opravljenih del.

Postopek dela zagotavlja tudi maksimalno varnost operaterja, ki direktno ni v stiku z MTBM strojem.



- | | |
|------------------------------------|---------------------------|
| 1. Nadzor in krmiljenje | 6. Dovodna črpalka |
| 2. Dvigalo (avtodvigalo) | 7. MTBM |
| 3. Potisne cevi | 8. Vmesna potisna postaja |
| 4. Reciklirna naprava / separacija | 9. Potisna enota |
| 5. Mešalna garnitura | 10. Betonska oporna stena |

Slika 50: Splošni postopek mikrotuneliranja, [26]

3.3.4.2 Postopek načrtovanja in izvedbe

Za izvedbo MT z iznosno linijo (angl.: slurry line) za uporabo mešanice bentonita in vode sta potrebna vstopni iz izstopni jašek oziroma gradbena jama. MTBM se postavi na vodila potisne enote v vstopnem jašku. Po tem, ko je MTBM potisnjen v zemljo, se za njim položi na potisno progo prvi segment potisnih cevi. Medtem ko potisna enota potiska na cev, ta potiska na MTBM, ki prodira v zemljino. [4]

Proces mikrotuneliranja lahko opišemo tako: [4]

1. Izkop in priprava vstopnega jaška oziroma gradbene jame.
2. Namestitev vhodnega tesnila. Tesnilo preprečuje, da bi podtalna voda in vrtilna tekočina vdiral v vstopno jamo, medtem ko MTBM in segmente potisnih cevi potiskamo naprej.
3. Postavitev kontejnerja z nadzorno in krmilno opremo ter ostale dodatne opreme na rob vstopne jame. Taka postavitev omogoča vizualni nadzor nad potisno enoto in postopkom vstavljanja potisnih cevi (slika 51).



Slika 51: Kontejner za nadzor in krmiljenje ter reciklirna naprava, [lasten arhiv]

4. Postavitev potisne enote in hidravličnih priključkov.
5. Nastavitev vodilne tračnice in spust MTBM v vstopno (slika 52).



Slika 52: Spust MTBM v vstopno jamo, [34]

6. Vzpostavitev sistema za vodenje in nadziranje poteka vrtenja ter sestava MTBM.
7. Nastavitev iznosne linije in hidravličnih cevi.
8. Potisk MTBM s hkratnim izkopavanjem v zemljo (slika 53).



Slika 53: Potisk MTBM skozi vhodno tesnilo, [34]

9. Ko je MTBM potisnjen v zemljo, se odstrani cevi iznosne linije in hidravlične cevi.
10. Potisno linijo pomakniti nazaj.
11. Spust potisne cevi v jamo.
12. Priključitev cevi za iznosno linijo in hidravliko s cevmi v MTBM.
13. Potisk novega segmenta cevi in MTBM naprej v smeri vrtnja. Koraki od 11 do 13 se ponavljajo, dokler vrtina ni končana (slika 47).
14. Izkop in priprava izstopne jame/jaška.
15. Namestitev tesnila na točki izstopa MTBM v izstopni jami. Tesnilo preprečuje, da bi podtalna voda in vrtalna tekočina vdiral v izstopno jamo, ko MTBM pride v izstopni jašek in zaključi postopek vrtnja.
16. Ponovite korake od 9 do 13, dokler cevovod ni nameščen.
17. Odstranite MTBM iz izstopnega jaška.
18. Odstranite potisno enoto in vso ostalo opremo in vstopnega jaška.
19. Če je potrebno, zapolniti vmesni prostor med potisnimi in vstavljenimi cevmi.
20. Če je potrebno, namestiti jaške na vstopni in izstopni lokaciji.

Pred začetkom vrtnja je pomembna faza izdelava projektne dokumentacije.

Potrebno je izvesti geomehanske raziskave, ki so ključnega pomena za uspešno načrtovanje in izvedbo vrtnja.

Izvajalec del mora narediti tehnični in organizacijski načrt za izvedbo mikrotuneliranja (protokol), ki vključuje:

- opis izvedbe del,
- pripravljalna in predhodna dela,
- opis celotnega postopka mikrotuneliranja.

3.3.4.2.1 Opis izvedbe del

Opis izvedbe del vključuje kratek opis vseh del, ki so predmet naročila oziroma izvajalca mikrotuneliranja.

3.3.4.2.2 Pripravljalna in predhodna dela

Pripravljalna in predhodna dela obsegajo:

- Določitev in zakoličbo lokacije vseh obstoječih podzemnih inštalacij.

Ob prisotnosti predstavnikov upravljavcev tangiranih komunalnih vodov je potrebno določiti natančno lego le teh. Za to se uporabi določene detektorje oziroma se izvede sondažne izkope.

- Zagotovitev dostopnih poti do gradbene jame z ustreznim delovnim platojem, ki zagotavlja varen dostop avto dvigalu. Prazno območje nad delovnim platojem mora omogočati neovirano delo z avto dvigalom.

Transportne poti do vstopne in izstopne gradbene jame je najbolje urediti v območju delovnega pasu predvidenega cevovoda, saj s tem ne dodatno posegamo na zemljišča izven delovnega pasu. Vse je odvisno od lokacije in cestne infrastrukture na območju vstopne in izstopne gradbene jame. Tudi delovni plato je najbolje organizirati tako, da leži na območju delovnega pasu.

Transportne poti in delovni plato je potrebno primerno utrditi, da ne pride do posedanja delovnih in transportnih strojev. Po končanih delih je potrebno območje povrniti v prvotno stanje.

- Izvedbo vseh potrebnih zavarovanj zgradb na območju gradbišča, kakor tudi podzemnih komunalnih in energetskih vodov.

Potrebno je izdelati organizacijsko shemo gradbišča. V skladu s projektno dokumentacijo in upravljalci tangiranih komunalnih vodov se izvede zaščito le teh.

- Zakoličbo, pripravo in kompletno izdelavo gradbenih jam, natančno v skladu s priloženimi detajli izvajalca.

Vstopna gradbena jama je potrebna za postavitve hidravlične garniture za potiskanje cevi. Njena velikost je odvisna od dimenzije cevi. Za cev premera 800 mm je predvidoma dolžine cevi + 3 m, širine na dnu 5 m in globine 1,1 m pod osjo cevi. Po končani izvedbi gradbene jame se izvedejo betonske oporne stene in dno. Zadnja stran gradbene jame mora biti za potrebe mikrotuneliranja učvrščena z oporno AB ploščo in dodatno z zagatnicami. Dno gradbene jame se utrdi z betonom, ki mora biti v naklonu vrtine. Na sprednji strani gradbene jame se prav tako izdelata oporni zid, na katerega se pričvrsti vhodno tesnilo, ki preprečuje vdor vrtalne tekočine nazaj v jamo.

Lokacija opornega zidu mora biti določena natančno v osi zelene smeri potiska, saj se s tem omogoči tekoče potiskanje cevi in prepreči dodatne obremenitve pri potiskanju. V primeru neravnin na steni gradbene jame se lahko odstopanja med steno in obročem zapolni s peno. Vhodni obroč s tesnilom brez puščanja zagotavlja, da je mazanje

zadostno in trenje minimalno. Tesnilo mora biti na steno gradbene jame trdno pritrjeno, da lahko prenaša pričakovani tlak vode na drugi strani. Vhodni obroč omogoča tudi podmazovanje potiskanja cevi z bentonitom od samega začetka vrtanja.



Slika 54: Vodilo za potisno enoto, oporna stena in vhodno tesnilo, [lasten arhiv]

Na sliki 54 je prikazan vstopni jašek pripravljen za postavitev vrtalne garniture. Levo je lepo vidna oporna stena, desno pa vgrajeno vhodno tesnilo. Na dnu je že postavljeno vodilo za potisno enoto.

Izstopna gradbena jama mora biti širine 4 m in dolžine minimalno 5 m, za demontažo vrtalne glave.

Priprava vstopne in izstopne gradbene jame zahteva določena zemeljska in gradbena dela. Za izkopni material, ki se ga po izvedbi del ponovno uporabi za zasip gradbene jame, je potrebno zagotoviti začasno deponijo odvečnega izkopnega materiala čim bližje gradbišču (najbolje v območju delovnega pasu), za viške materiala pa je potrebno določiti zemljišče, za katera je potrebno pridobiti okoljevarstveno dovoljenje za odlaganje zemeljskega izkopa.

- Zakoličbo osi predvidenega cevovoda.

Potrebno je zakoličiti traso predvidenega cevovoda, da se lahko natančno določi smer vrtanja.

- Ureditev in zavarovanje prometa med izvedbo del, kompletno z morebitnimi cestnimi zaporami ipd..

V skladu z zakonodajo je potrebno pripraviti elaborat cestne zapore in postaviti vse potrebne zaščitne elemente na tangiranih prometnicah, v kolikor leži gradbišče ob njih in vpliva na varnost prometa.

- Zagotovitev za sprotno in končno čiščenje ter ponovno vzpostavitev prvotnega stanja na gradbišču.

V kolikor izvedba del povzroča iznos umazanije na tangirane prometnice, je le-te potrebno sprotno čistiti. Po izvedbi vseh del je potrebno tangirane prometni dokončno očistiti, sanirati morebitne poškodbe in odstraniti začasno prometno signalizacijo. Ravno tako je potrebno rekultivirati območje gradbišča in delovnega pasu.

- Zagotovitev potrebnega prostora na gradbišču za potrebe skladiščenja materiala in vrtalne opreme.

Potrebni prostor se zagotovi na območju gradbišča, kar se prikaže v elaboratu organizacije delovnega gradbišča.

- Zagotovitev vodovodnega in elektro priključka na gradbišču.

Tehnologija izvedbe zahteva stalni dotok čiste vode in električno energijo. Za dotok vode je potrebno izvesti cevovod s potrebnim merilcem pretoka za obračun porabljene vode. Ravno tako je potrebno izvesti gradbiščni priključek za električno energijo. Oskrbo z električno energijo lahko zagotavlja tudi generator primerne moči.

- Zagotovitev konstantnega črpanje vode iz gradbene jame, v kolikor je to potrebno.

Poskrbeti moramo, da iz gradbene jame sprotno črpamo vso talno vodo, v kolikor ta vdira v jamo, da ne pride do električnega udara in poškodovanja ali uničenja delovnih strojev.

- Izvedbo vseh ostalih manjših del, potrebnih za zagotovitev nemotene izvedbe del.

Vsako gradbišče je drugačno, zato lahko pride pri postavitvi le-tega do raznih, nepredvidenih del, ki so nujna za pravilno izvedbo.

3.3.4.2.3 Postopek mikrotuneliranja

Opis celotnega postopka mikrotuneliranja je prirejen za vsako posamezno vrtanje.

3.3.4.2.3.1 Vgradnja potisne enote

Potisna enota se postavi na pripravljeno podlogo v gradbeni jami. Potisna enota se pred pričetkom del smerno ter višinsko nivelira. Za stabilizacijo potisne enote je potrebno zadnjo steno zabetonirati, da se lahko potisna enota upre.

3.3.4.2.3.2 Vgradnja vrtalne glave in navigacije

Vrtalna glava se postavi na čelo gradbene jame na vodila oziroma nivelirno podlogo, katera služi za nivelacijo le-te. Po končani nivelaciji se vrtalno glavo s pomočjo hidravlične garniture in kovinskih cevi potisnilo v material. Glede na razne moderne načine navigacije mikrotuneliranja je možna navigacija ne samo v ravnih linijah, ampak tudi v raznih krivuljah.

V osnovi poznamo tri sisteme navigacije, katerega izberemo pa je odvisno od lastnosti mikrotunela, ki ga bomo izvedli:

- elektronski laserski sistem (ELS),
- elektronski laserski sistem v kombinaciji z hidrostatskim vodnim izravnovanjem (ELS-HWL) in
- giroskopski navigacijski sistem (GNS-P).

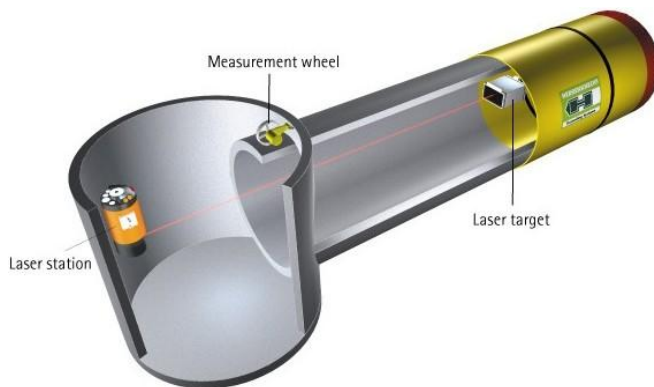
Preglednica 4: Izbor navigacijskega sistema glede na premer in lastnosti mikrotunela, [27]

Sistem navigacije	ELS	ELS-HWL	GNS-P
$\Phi < 800$ mm	++	++	(+)
$\Phi > 800$ mm	++	++	++
Lastnosti vrtine			
Kratka, ravna < 200 m	++	+	(+)
Ravna < 400 m	(+)	++	+
Ravna > 400 m	-	(+)	++
V krivini	-	-	++
V padcu	-	-	++

++ priporočeno, + primerno, (+) pogojno primerno, - neprimerno

Elektronski laserski sistem (ELS)

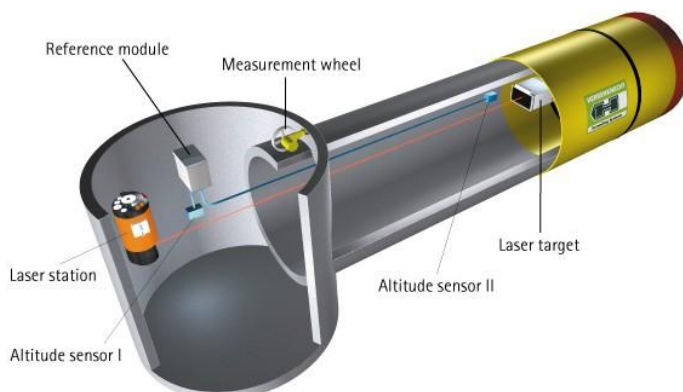
ELS (Angl.: Electronic Laser System) je namenjen za izvedbo mikrotunela v ravni liniji v dolžini do približno 200 m. Maksimalna dolžina tunela je odvisna tako od vrste laserja kot od refrakcije svetlobe v tunelu. Položaj in smer MTBM se določa neprekinjeno. Sistem je sestavljen iz laserske tarče vgrajene na MTBM in laserja vgrajenega v vhodni gradbeni jami, kot je to prikazano na sliki 55.



Slika 55: Sistemi navigacije z ELS, [28]

Elektronski laserski sistem v kombinaciji z hidrostatičnim vodnim izravnavanjem (ELS-HWL)

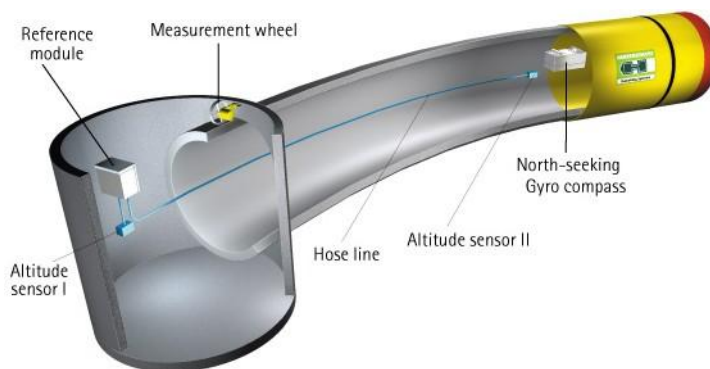
ELS-HWL je nadgradnja sistema ELS in dodatno obsega sistem HWL (Angl.: Hydrostatic Water Levelling). Sistem je primeren za dolge in ravne izvedbe mikrotunela do dolžine 400m. HWL sistem neprestano zagotavlja spremljanje vertikalne pozicije preko referenčnega modula, ki je vgrajena v vstopnem jašku in preko senzorja za nadmorsko višino, ki je nameščen v MTBM. Laser se uporablja za določitev točne smeri, kar omogoča neprestano in natančno spremljanje in krmiljenje (slika 56).



Slika 56: Sistemi navigacije z ELS-HWL, [28]

Girokopski navigacijski sistem (GNS-P)

GNS-P (Gyro Navigation System for Pipe Jacking) je zasnovan za izvedbo mikrotunelov v različnih radijih krivine. Sistem se lahko uporablja v predorih z minimalnim notranjim premerom 800 mm. Ker v vrtini ni vgrajen noben del navigacijske opreme, za delovanje ni potrebna vidna linija. Žiroskopski kompas je nameščen v MTBM in vedno išče smer severa. Vsakih 1 do 3 m glede na os MTBM izračunava smer proti severu. HWL sistem zagotavlja neprestano spremljanje vertikalne pozicije. Sprotni se izračunava približen položaj MTBM.



Slika 57: Sistemi navigacije z GNS-P, [28]

Vsi podatki o izvedbi vrtine se sprotno beležijo in omogočajo vpogled v vse bistvene parametre sistema. Pozicija vrtalne glave se periodično tudi geodetsko preverja.

Operater sistema dnevno pripravi poročila s podatki o datumu in uri zajema podatkov, izvrtani dolžini do dne zapisa, horizontalna in vertikalna odstopanja, tlak črpalke za dovod vode in odvod izvrtanega materiala ipd.

Izvajalec geodetskega preverjanja o vsakem preverjanju napiše poročilo, ki se ga posreduje investitorju in nadzoru. Po končanem vrtanju se izdela končno poročilo o smernem odstopanju mikrotunela.

3.3.4.2.3.3 Priklop reciklirne naprave

Istočasno s postavitvijo potisne opreme in napeljav v gradbeno jamo se lahko prične z montažo reciklirne naprave ob gradbeni jami. Pri tem je potrebno paziti, da se izpusti iz reciklirne naprave lahko nemoteno odstranjujejo ne da bi pri tem onemogočali oziroma ustavljali vrtanje. Usedalniki in rezervoarji za obdelavo se postavijo na mesto in povežejo med seboj. Usedalnike je potrebno postaviti na utrjeno vodoravno podlago, da se prepreči ugrezanje in morebitne zaplete med obratovanjem. Po montaži usedalnikov je potrebno postaviti enoto za odstranjevanje trdnih delcev. Sestavne dele enote za odstranjevanje trdnih delcev je potrebno postaviti na usedalnike in jih privijačiti skupaj. Na njih se pritrdi transportne napeljave in črpalke. Pred zagonom napeljave vode je potrebno vizualno preveriti vse spoje.

3.3.4.2.3.4 Postavitev in priklop nadzorne kabine

Nadzorna kabina se postavi ob gradbeno jamo na vodoravno podlago pod takim kotom, da je operaterju omogočen pogled na potisno enoto. Nadzorno kabino je potrebno priklopiti na električno napeljavo in ostale napeljave strogo skladno z navodili proizvajalca. Po priklopu vseh napeljav je potreben ponoven vizualni pregled vseh povezav in preizkus pogona.

Na sliki 58 je prikazana računalniška konzola za vodenje in spremljanje vrtanja z vsemi potrebnimi prikazovalniki in gumbi potrebnimi za upravljanje MTBM.



Slika 58: Računalniška konzola za vodenje in spremljanje vrtanja, [lasten arhiv]

3.3.4.2.3.5 Vstavljanje potisnih cevi

Po končani nivelaciji in začetnem potisku vrtalne glave se vstavi cev. Cev se potisne v celotni dolžini cevi, nato pa se vstavi nova cev. Postopek s potiskanjem se ponavlja. Ves čas vrtanja se v izvrtino dovaja bentonitna mešanica, katere namen je dodatna stabilizacija vrtine in kakovostnejši iznos izvrtanega materiala. Transport izvrtanega materiala se vrši s pomočjo vrtalne tekočine, ki se s pomočjo črpalk transportira do reciklirnega stroja na površini. Transportne cevi se sestavljajo poljubno glede na dolžino mikrotuneliranja. Položene so na dno potisnih cevi, kjer se nahajajo tudi hidravlične cevi, ki služijo delovanju vrtalne glave. Pri potiskanju cevi se venomer spremlja sila in čas potiska.

3.3.4.2.3.6 Izvajanje mikrotuneliranja

Po potisku začetka vrtalne glave preko vhodnega tesnila je potrebno ponovno preveriti hidravlične in električne napeljave ter reciklrno napravo in nato se lahko celotno vrtalno glavo potisne naprej. Po vizualnem pregledu betonske cevi, ki je pripravljena za potisk se lahko le-to vstavi v potisno enoto. Vstavijo in povežejo se vse napeljave in nato se prične s potiskanjem.

Pri večjih dolžinah je potrebno zaradi velikega trenja na določenih razdaljah vstaviti vmesne potisne enote. Le-te služijo potisku kompozicije cevi pred seboj, ob tem pa se upirajo na cevi

za seboj. Po končanem potisku se vmesna enota vrne v prvotno stanje, sekcijo za to enoto pa potisne naslednja, dokler zadnje sekcije ne potisne glavna potisna enota.

Ko je vrtina končana, se v izstopni gradbeni jami odstrani vrtalna glava, betonske cevi pa se potisnejo do zahtevane stacionaže, v skladu s projektno dokumentacijo.

V kolikor se med izvedbo uporablja vmesne potisne enote, se le-te odstranijo. Najprej se odstrani prvo enoto in sekcijo betonskih cevi za njo pritismo do prve sekcije z drugo vmesno potisno enoto in tako naprej do glavne potisne enote.

V vstopni gradbeni jami se nato izvlečejo hidravlične in kovinske transportne cevi.

Na koncu se še odstrani potisna enota in s tem je mikrotuneliranje zaključeno.

3.3.4.2.4 Zaključna dela

Po izvedbi mikrotuneliranja se ustreznost izvedbe preveri z geodetskim posnetkom temena začetka in konca podvrtane cevi. Notranjost mikrotunela se pregleda in po potrebi očisti, izčrpa se morebitna voda na dnu tunela. Po prejemu pozitivnih poročil o ustreznosti geometrije izvedenega mikrotuneliranja in po uspešno opravljenem pregledu sledil uvlek potrebnih cevi in injektiranje mikrotunela z injekcijsko maso, v kolikor je mikrotunel temu namenjen.



Slika 59: Injektiranje vmesnega prostora med potisno in vstavljenjo cevjo, [35]

Nato se odstrani podložni beton. Gradbeni jami se nato zasuje, odstrani se gradbiščna ograja ter vzpostavi prvotno stanje na območju delovnega pasu oziroma območju, na katerem se je med gradnjo posegalo.

Zasip gradbene jame se izvede na način, ki je predviden za zasip jarka na trasi cevovoda.

3.3.4.2.5 Postopki za zagotovitev vrtnanja brez nepotrebnih prekinitev

Za neprekinjeno vrtnanje in potiskanje cevi je potrebno zagotoviti redno dobavo zahtevanih materialov na gradbišče in shranjevanje oziroma odvoz izvrtanega materiala. Ob tem je potrebno redno nadzorovati naslednje:

- redna dobava betonskih cevi,
- zadostna količina cevi in ostalih elementov za transportne napeljave, hidravlične napeljave, kable itd.,
- zadostna količina pripravljene mešanice bentonita,
- zaloga hidravličnega olja in mazalne masti,
- pravočasna priprava vmesnih potisnih enot.

Za preprečitev neželenih težav je potrebno skrbeti za reden nadzor med obratovanjem. Oseba, ki je zadolžena za nadzor med posamezno izmeno, mora opravljati naslednje naloge:

- preverjanje gostote, viskoznosti in kvalitete bentonitne mešanice,
- preverjanje reciklirne naprave,
- preverjanje sestavnih delov izpostavljenih obrabi na vrtalni glavi,
- nadzor količine olja in analiza kvalitete olja,
- mazanje vseh drsečih delov z mastjo,
- spremljanje in ugotavljanje pozicije vrtalne naprave,
- preverjanje pritrilnih mest za dovajanje bentonita in čiščenje le-teh po potrebi.

3.3.4.3 Pogoji in lastnosti izvedbe

Tehnologija je primerna za izvedbo vrtine premera od 400 mm do 4200 mm.

Ker je tehnologija daljinsko vodena iz površja, teoretično ni omejitev glede globine vrtnanja. Vendar pa je zaradi tega, da se prepreči vdor zemljine nad vrtino in da se prepreči uhajanje bentonitne mešanice na površje, najmanjše nadkritje nad vrtino običajno 1,8 m oziroma 1,5 do 2 kratnik zunanjšega premera nameščene cevi, kar je večje.

Najpogostejša dolžina vrtnanja je med 500 in 1500 metri, odvisno od premera cevi, ukrivljenosti vrtine, vrste tal in izkušenosti izvajalca.

Tehnologija zahteva ustrezen delovni prostor in izvedbo vstopne gradbene jame ali jaška, da lahko vgradimo potrebno opremo in materiale za izvedbo mikrotunela. Velikost vstopne gradbene jame se določi glede na zunanji premer in dolžino MTBM, velikost potisne enote, dolžino cevnega segmenta, ki se ga potiska, velikost vhodnega tesnila, podpornega bloka in potrebnega delovnega prostora. Velikost gradbišča (delovnega platoja) je odvisna od velikosti MTBM, velikosti ter števila potisnih cevi na gradbišču, vrste in velikosti podporne opreme (dvigalo (žerjav), reciklirna naprava, razna potrebna vozila (bager, tovornjak, prikolica), hidravlična enota, generator, črpalke, mešalna naprava,...) in seveda terenskih pogojev.

Velika izbira rezalnih glav omogoča vrtanje v vseh vrstah tal, vključno s skalo. Najzahtevnejše je vrtanje v teren, ki je sestavljen iz kamena velikosti več kot 1/3 premera rezalne glave, v prodnatih tleh in v mešanih tleh, kjer se srečujemo z materiali različnih karakteristik.

Skupina 4 – 8 operaterjev lahko v 8 urni izmeni napreduje od 10 do 25 m, odvisno od izurjenosti skupine, vrste zemljine in ostalih pogojev.

Postopek mikrotuneliranja je zelo natančen. Laserski sistem za kontrolo smeri in naklona omogoča vrtanje z natančnostjo $\pm 1,0$ palca (približno 2,5 cm), ki je odvisna pogojev vrtanja, vrste opreme, ki se uporablja in izkušenj operaterja MTBM in izvajalca. [4]

3.3.4.4 Posebnosti

Med izvedbo mikrotunela ves material, ki ga glava zmelje, po iznosni liniji prečrpamo na separacijo. Na separaciji se onesnažena voda očisti po treh postopkih. Najprej gre skozi velika sita, kjer se izločijo največji delci. Zatem sledijo srednje velika in drobna sita in na koncu še cikloni, ki izločijo najmanjše frakcije.

To prečiščeno vodo skozi dovodno linijo črpamo v glavo in izpiramo material, ki ga ponovno vlečemo skozi iznosno linijo na separacijo. Material, ki se izloča, se nabira pred separacijo in ga odvažamo na deponijo. Ta postopek je zaprt krožni sistem. [2]

3.3.4.5 Prednosti in slabosti

Mikro tuneliranje je mogoče izvajati v vseh tipih zemljine, od sipkih, nevezanih peskov, preko gline in kompaktnih zemljin, do najtrših skalnih gmot. Tehnologija je torej primerna tudi v primerih, ko je izvajanje del po drugih postopkih onemogočeno ali celo neizvedljivo. [24]

Poleg tega ima tehnologija tudi druge prednosti: [4]

- Tehnologija omogoča zelo natančno vodenje, tako po horizontalni kot po vertikalni smeri.
- Tehnologija je uporabna tudi terenu z visoko talno vodo, saj je vodenje hidravlično.
- Velika prednost je v tem, da pri izvedbi izvajalcem ni potrebno vstopati v tunel.
- S primernimi vgradnimi cevmi se lahko mikrotunel izvede brez zaščitnih potisnih cevi.

Poleg prednosti pa ima tehnologija tudi svoje slabosti:

- Slabosti sistema so vezane predvsem na visoke fiksne stroške, ki tehnologijo MTBM naredijo ekonomsko neučinkovito predvsem v primerih krajših odsekov ter manjših premerov cevovodov. Gre namreč za sorazmerno visok strošek pripravljalnih del ter izvedbe gradbene jame. [24]
- Ena od glavnih omejitev je ta, da je za izvedbo cevovoda potrebna uporaba visokokvalitetnih cevi, ki so načeloma zelo drage. [4]

3.3.5 Tehnologija neposredne vgradnje cevovoda

Za izvedbo križanj predvidenih tlačnih cevovodov z obstoječo infrastrukturo se uporablja dve metodi, uporabljajo pa jeklene ali PE cevi. Ti metodi sta mikrotunaliranje (potiskanje cevi) in HDD. Pri mikrotuneliranju gre za izvedbo tunela s potiskanjem zaščitnih cevi in poznejšo vgradnjo zelenega cevovoda v ta zaščitni tunel. Pri HDD metodi pa se najprej izvede pilotna vrtina, ki se nato postopno razširja in se nato vanjo povleče zeleni cevovod.

Veliko se je vlagalo v razvoj Easy-pipe tehnologije, ki deluje po postopku izvedbe mikrotunela s potiskanjem jeklenih zaščitnih cevi, ki so med seboj tesno povezane, proti izstopni gradbeni jami. Tam se MTBM odstrani in se na zaščitne jeklene cevi pritrdi cevi, ki je namenjena vgradnji. Nato se vse skupaj potegne v obratni smeri vrtanja; nazaj prosti vstopni gradbeni jami, kjer se zaščitne cevi odstranijo.

Za vse te metode je značilno, da do končnega stanja vodi večstopenjski proces.

Večpostopkovnost teh metod in vprašanje o stroških in hitrosti je privedlo do razvoja DIRECT PIPE® tehnologije – tehnologije neposredne vgradnje cevovoda: tako je zdaj prvič omogočena hitra in učinkovita neposredna vgradnja jeklene ali PE cevi v enem koraku.

Metoda temelji na predpostavkah, kot so izvedba vgradnje cevi v enem koraku, zagotovitev učinkovite alternative obstoječim metodam, zmanjšanje gradbiščnih površin in zmanjšanje geoloških tveganj (na primer podor vrtine). Metoda je kombinacija tehnologije HDD in mikrotuneliranja ob souporabi potiskalca cevi. [29]

To je najnovejša tehnologija, ki jo je razvilo nemško podjetje HERRENKNECHT AG, ki je tudi vodilno podjetje na področju mikrotuneliranja, tuneliranja in HDD tehnologije.

Z razvojem te tehnologije je podjetje HERRENKNECHT doseglo preboj pri vgradnji cevovodov. Ta kombinacija dveh že preizkušenih tehnologij je pokazala svojo vrednost zlasti v hitrosti namestitve cevovoda. Istočasno tehnologija manj škodljivo vpliva na okolje, predvsem zato, ker se cevovod lahko namesti v enem samem koraku.

Tehnologija omogoča namestitve, npr. plinovodne, cevi v vseh vrstah tal. Ta način združuje prednosti mikrotuneliranja in HDD tehnologije. Tehnologija omogoča hkratno vgradnjo cevovoda in izdelavo potrebne vrtine. To omogoča hitro in zelo gospodarno vgradnjo cevovodov v dolžino več kot 1500 m. [30]

3.3.5.1 Opis tehnologije in izvedba

Za izdelavo vrtine se uporablja MTBM, ki za iznos zemljine uporablja bentonitno mešanico. To mešanico se izčrpa preko odvodnih cevi, ki so postavljene v vgrajeni cevi, do separacije, ki je ob vstopni jami. Cevovod potrebne dolžine, ki je predhodno zvarjen in položen na progo podprto z valji, je privarjen na MTBM. Potrebno potisno silo, ki je potrebna za potiskanje MTBM in cevovoda v smeri vrtnja, zagotavlja potiskalec cevi (Angl.: Pipe truster). Ta potisne MTBM naprej skupaj s cevovodom - s potisno silo do 7500 kN v korakih po 5 metrov. Potisna sila se preko vpenjalne glave prenaša na cevovod in nato na MTBM. Med izkopavanjem se smer rezalne glave lahko neprestano in natančno kontrolira tudi v heterogenih, vodo prepustnih tleh. Z uporabo natančnega sistema vodenja (U.N.S.) se lahko vrta tako navzgor kot navzdol ter v krivinah [29].

Vsa tehnologija in potrebne cevi se nahajajo na delovišču pri vstopni gradbeni jami, kot je prikazano na sliki 60.



Slika 60: Prikaz gradbišča za vgrajevanje cevovoda po tehnologiji DIRECT PIPE®, [29]

Logistični stroški in stroški povezani z izvedbo izstopne gradbene jame so tako minimalni. Zato je ta tehnologija idealna za izgradnjo izlivov v vodo (morje, jezero, reko), kjer cevovod poteka iz kopnega in se zaključi v vodi. Ko se doseže načrtovano dolžino oziroma točko izliva, se MTBM preprosto dvigne na površje [29].



Slika 61: Z Direct Pipe® je mogoče cevovode vgraditi v samo enem koraku, [29]

Ko je postopek izvedbe zaključen, se iz cevovoda odstrani dovodni in odvodni cevovod za bentonitno mešanico ter hidravlične cevi. Tako je cevovod postavljen v enem samem koraku.



Slika 62: Vstopna gradbena jama med potiskom MTBM s pomočjo potiskalca cevi (Angl.: Pipe Thruster); v ozadju prvi cevni segmentu postavljen na progo z valji, [29]

3.3.5.2 Možnosti izvedbe

Tehnologija je primerna za delo v vseh vrstah zemljin in kamnin za premere cevi od 800 mm do 1500 mm. Tehnologija je primerna za izvedbo [31]:

- cevovoda med vstopno in izstopno gradbeno jamo,
- cevovoda med vstopno jamo in jaškom,
- cevovoda z iztokom na prosto oziroma pod vodo (izliv v morje, jezero, reko).

3.3.5.3 Prednosti in slabosti

Prednosti izvedbe cevovoda po tehnologiji DIRECT PIPE® so sledeče [29], [30]:

- Izvedba vrtine in potisk cevi v enem samem koraku, v nasprotju z vsemi običajnimi metodami, ki so se do sedaj uporabljale.
- Vrtina je med celotnim postopkom podprta – ni možnosti porušitve, v nasprotju s tehnologijo vgradnje HDD.
- Rezalno glavo na MTBM je mogoče prilagoditi za vse geoloških pogoje, kar je velika prednost v primerjavi s tehnologijo HDD.
- Minimalne zahteve po potrebnem delovnem prostoru na začetni izvajanja: prednost pred drugimi metodami (mikrotuneliranje potrebuje velik skladiščni plato za potisne cevi; HDD potrebuje veliko prostora na izstopni strani za cev, ki se jo uvleče; Easy pipe metoda potrebuje veliko prostora na obeh straneh). Za izvedbo zadostuje plitva vstopna in izstopna gradbena jama, kar zmanjšuje stroške izvedbe.
- Zaradi majhnega nadrezanja (Angl.: overcut) se porabi manj bentonitne mešanice.
- Visoka stopnja učinkovitosti - zaradi uporabe potiskalca cevi in možnosti vgradnje in preizkusa celotnega odseka cevovoda naenkrat (neposredna vgradnja prej zvarjenih in tlačno preizkušanih daljših odsekov cevovoda).
- MTBM, ki je opremljen z UNS navigacijsko tehnologijo in giro-kompasom, zagotavlja visoko natančnost izvedbe (mogoče natančno krmiljenje tako v horizontalni kot vertikalni smeri in izvedbe v krivinah).

4 PRAKTIČNI PRIMER

Za praktični primer smo si izbrali primer križanja primarnega transportnega vodovoda za oskrbo s pitno vodo z vodotokom I. reda:

- Prikazali bomo izvedbo po klasičnem postopku, to je s prekopom, in tehnologijo izvedbe z mikrotuneliranjem.
- Za oba primera izvedbe bomo izdelali projektno zasnovo s potrebnimi grafikami, popisom del z okvirnim predračunom in terminskim planom izvedbe (glej priloge B, C, D, E, F, G, H, I, J in K).
- Izvedbi bomo med seboj primerjali.

Vsi vhodni podatki so predstavljeni za splošni primer izvedbe prečkanja vodotoka: območje, podatki o vodotoku, robni pogoji, geološke razmere, predvidena rešitev.

4.1 Splošno

Na trasi predvidenega primarnega transportnega vodovoda DN 300 prečkamo vodotok širine približno 55,5 m (priloga B).

Struga vodotoka se na mestu prečkanja zoži, brežine vodotoka so v naklonu 10 – 30°. Obvodni svet je poraščen z drevesi.

Dostop do lokacije je možen z obeh strani vodotoka preko obstoječih cestnih povezav. Na levi strani vodotoka (gledano v smeri toka) je stanovanjski objekt s parkiriščem in dostopno cesto, na desni strani pa je območje gozda, preko katerega poteka makadamska pot (priloga C in G).

4.2 Geološke razmere

Temeljni sloj na odseku do prečkanja vodotoka tvorijo permokarbonske kamenine s krovnim slojem iz mlajšega pleistocenskega in holocenskega prodnega zasipa, katerega prekriva od 0,5 do 2,0 m debela plast peščeno meljne glin s prodniki. Največji del izkopa bo izveden v glinastih in prodnih materialih (priloga D in H).

Podtalna voda ne bo ovirala poteka gradnje, ker se nahaja pod dnom izkopa, razen na območju prečkanja vodotoka. Teren je suh, stabilen in dobro nosilen.

Kategorija izkopa: 1. kategorija = 10 %, 3. kategorija = 90 %.

Na lokaciji prečkanja vodotoka bo izkop preko reke pod gladino vode v trdih permokarbonskih kamninah, ki jih predstavljajo skrilavi glinavci z vložki meljevca in peščenjaka.

Podtalna voda je na globini vodotoka in niha glede na vodostaj v strugi.

Struga je prekrita s ca. 0,5 – 1,0 m prodnega nanosa.

Na trasi od prečkanja vodotoka naprej so odloženi recentni in pleistocenski prodni nanosi. Prod je srednje do grobo zrnat z vložki peska in melja ter posameznimi bloki konglomerata velikosti do 50 cm. Prodni nanos prekriva do 1,5 m debela plast drobnega peska, melja, le redkoma peščene gline.

Na lokaciji prečkanja vodotoka, je bila na levem bregu vodotoka, na mestu predvidene gradbene jame, izvrtana vrtina **V**. V vrtini je do globine 0,7 m poplavni sediment, do globine 3,6 m peščen prod. V globino sledi kremenov peščenjak in plasti meljevca in glinavca. Pri prečkanju vodotoka bo izkop izveden v menjavanju plasti skrilavega glinavca, meljevca in kremenovega peščenjaka. Gre za trdo kamnino delno 4. in pretežno 5. kategorije.

4.3 Izvedba s prekopom vodotoka

Prečkanje bomo izvedli na klasičen način, to je s prekopom vodotoka.

Za potrebe izgradnje vodovoda, ki prečka vodotok, bomo v izdelani jarek položili vodovodne cevi DN 300 iz nodularne litine (NL). Lokacijo prečkanja smo označili na pregledni situaciji (priloga B).

4.3.1 Predvidena rešitev

Gradnjo v vodotoku izvedemo s prekopom v odprtem jarku širine 1,5 m v suhi gradbeni jami. Suho gradbeno jamo izdelamo z nasipom vzvodno in nizvodno od osi cevovoda ter jo čelno zapremo, pravokotno na os cevovoda, v strugi vodotoka, do dveh tretjin širine struge. Nasip za varovanje gradbene jame hkrati služi za začasno preusmeritev reke. Po kroni nasipa širine najmanj 5,0 m izvajamo transport gradbene mehanizacije in vrtalne garniture. Rahljanje matične zemljine se izvede z miniranjem. Na nasprotnem bregu izvedemo začasno razširitev struge z zajedo v brežino za prevajanje ustreznega pretoka reke. Zajeda v brežini nam istočasno služi za dostop gradbene mehanizacije v strugo vodotoka. Za potrebe komunikacije gradbene mehanizacije z nasprotnim bregom v vodotoku zgradimo transportno pot.

Teme cevi predvidenega cevovoda je na globini približno 2,5 m do 3,5 m pod dnom obstoječe struge (dnom skalnate podlage), ki je predvidoma nadkrita s ca. 0,5 – 1,0 m prodnega nanosa. Teme cevi je na globini najmanj 1,5 m še vsaj 15,0 m od zgornjega roba brežine na obeh bregovih.

Po položitvi odseka cevovoda do polovice struge, opravljenem tlačnem preizkusu, zasutju cevi in izvedeni protierozijski zaščiti dna struge, gradbišče zrcalno preslikamo.

Vodovodno cev polagamo na peščeno posteljico. Posteljica za cev mora biti zravnana ter očiščena kamnov in predmetov, ki bi lahko poškodovali izolacijo cevovoda. Posteljico pripravimo iz peska granulacije 0/4 mm v višini DN+10 cm. Na približno 3 m v jarek prečno položimo vreče napolnjene s suho cementno mešanico sestavljeno iz peska granulacije 0/8 mm in cementa. Vreče položimo tudi ob strani in nad cevjo, približno 30 cm nad temenom cevi. Vreče služijo kot stabilizacija in obtežba cevi proti izplavanju pred zasipom le te, v kolikor se jarek napolni z vodo.

Zasip cevi se izvede do višine 30 cm nad cevjo, prav tako iz materiala granulacije 0/4, nad tem pa cev zasujemo s prodom s premerom zrna do ϕ 15 cm.

V višini 50 cm nad temenom cevi položimo opozorilni trak z induktivno nitko širine 10 cm z napisom "VODOVOD".

Cev, ki jo polagamo v jarek, v izogib poškodovanju izolacije, dodatno zaščitimo z PE mrežo (Rock shield). Rock shield je mreža, ki jo z metriskimi trakovi ovijamo okoli cevi in služi kot mehanska zaščita. Dolžina prekritja mora znašati najmanj 20 cm.

Protierozijsko zaščito dna struge na območju križanja izvedemo v jarku (priloga D). Nad vodovodno cevjo zasuto s prodom s premerom zrna do ϕ 15 cm, vgradimo dva ali več sloja zaklinjenega lomljenca premera ϕ 0,8 - 1,0 m v betonu, v debelini 1,8 m do 2,7 m, na katerega nasujemo material od izkopa oz. material, ki je po sestavi čimbolj podoben sestavi posteljice dna vodotoka. Na ta način omogočimo, da se kar najhitreje lahko vzpostavi stanje, ki je bilo v strugi vodotoka pred gradnjo. Pri izvedbi moramo potrebno paziti, da ne spreminjamo nivelete dna vodotoka.

Protierozijsko zaščito brežin struge na območju križanja izvedemo 5,0 m gorvodno, dolvodno zaščito brežin izvedemo v dolžini 10,0 m, kot je to prikazano v situaciji (priloga C). Zaščito brežine izvedemo z zaklinjenim lomlencem v betonu ϕ 0,8 - 1,0 m - zaradi konfiguracije terena in kategorije zemljine. Za preprečevanje izpiranja prodno gramozne podlage pod

zaklinjenim lomljencem položimo ločilni geotekstil. Pri izdelavi brežine sledimo naravni konfiguraciji brežine, da ne zmanjšujemo pretočnosti struge.

Zaradi narave in zahtevnosti dela, prekop vodotoka izvajamo v času najnižjih pretokov, ko je omogočen vstop mehanizacije v vodotok.

4.3.2 Dostop na gradbišče

Za dostopno pot (priloga C) do območja prečkanja na desnem bregu vodotoka uporabimo obstoječe cestne povezave na območju. Uredimo jo od izvoza z regionalne ceste in nato po lokalnih cestah ter po makadamski poti, ki poteka vzporedno z vodotokom. Makadamska pot je široka približno 3 m. Pot bomo primerno uredili tako, da bomo obstoječo podlago najprej splanirali in nato nasuli tamponski material v debelini min. 20 cm. Tako nastalo makadamsko pot bomo nato dodatno utrdili. Po končanih delih bomo pot popravili, v kolikor bo to potrebno.

Do lokacije ob levem bregu vodotoka poteka obstoječa asfaltna javna pot na oddaljenosti približno 20 m. Od poti do delovišča bomo uredili začasno makadamsko pot v širini približno 3 m. Na lokaciji izvedemo tudi makadamsko površino za potrebe delovišča. Pot in območje delovišča bomo primerno uredili tako, da bomo najprej odstranili humus v debelini približno 30 cm. Planum splaniramo ter nasujemo s tamponskim materialom v debelini min. 40 cm. Tako nastalo makadamsko površino nato dodatno utrdimo. Po končanih delih bomo humus uporabili za vzpostavitev območja v prvotno stanje.

4.3.3 Zaključna dela

Po položitvi drugega odseka cevovoda izvedemo tlačni preizkus na celotni liniji vgrajenega cevovoda.

Ko zaključimo vsa dela, območje gradbišča povrnemo v prvotno stanje. Območje humusiramo in zatravimo.

4.4 Izvedba s tehnologijo mikrotuneliranja

Mikrotuneliranje omogoča direktno vgradnjo betonskih potisnih cevi s potiskanjem cevi s pomočjo hidravlične naprave. Pri mikrotuneliranju uporabimo zaščitne betonske potisne cevi DN 800 dolžine 3 m v skupni dolžini 72 m. Za potrebe izgradnje vodovoda, ki prečka vodotok, v izdelani mikrotunel uvlečemo vodovodne cevi DN 300 iz nodularne litine (NL).

4.4.1 Predvidena rešitev

Na odseku primarnega transportnega vodovoda notranjega preseka DN 300 je potrebno prečkati vodotok. Prečkanje izvedemo s tehnologijo mikrotuneliranja. Izvedemo mikrotunel s

tehnologijo potiskanja zaščitnih cevi DN 800 mm. Po izvedbi mikrotunela v zaščitne cevi uvlečemo vodovodno cev iz nodularne litine notranjega preseka DN 300 mm.

Struga vodotoka je na mestu prečkanja zelo globoka glede na okoliški teren. Za potrebe izvedbe mikrotunela moramo izvesti vstopno in izstopno gradbeno jamo. Lokacija gradbene jame je minimalno 5 m od roba vodnega zemljišča.

Pri projektiranju moramo upoštevati sledeče robne pogoje:

- Minimalno nadkritje nad zaščitno potisno cevjo naj bo približno 3 m
- Odmik od roba brežine vodotoka naj bo minimalno 5 m

Z upoštevanjem teh pogojev smo določili lokacijo in globino gradbenih jam. Vstopno gradbeno jamo zaradi razpoložljivosti terena za organizacijo gradbišča izvedemo na desni strani vodotoka. Rob gradbene jame je približno 8 m od roba brežine. Globina vstopne gradbene jame je približno 14,5 m. Izstopno gradbeno jamo izvedemo na drugi strani vodotoka, približno 7m od roba brežine vodotoka. Globina jame je približno 17 m. Lokacijo gradbenih jam smo prikazali v situaciji (priloga G) in vzdolžnem profilu (priloga H).

Gradbeni jami služita za spust in dvig vrtalne garniture ter vodovodnih cevi. Po izvedbi mikrotunela in montaži cevovoda vstopno gradbeno jamo v celoti zasujemo, na izstopni pa izvedemo betonski pokrov z vstopno odprtino. Izstopna gradbena jama bo služila kot vodovodni jašek – blatnik.

4.4.2 Organizacija gradbišča in dostopa na gradbišče

Za dostopno (priloga G) pot do vstopne gradbene jame uporabimo obstoječe cestne povezave na območju. Uredimo jo od izvoza z regionalne ceste in nato po lokalnih cestah ter po makadamski poti, ki poteka vzporedno z vodotokom. Makadamska pot je široka približno 3 m. Pot bomo primerno uredili tako, da bomo obstoječo podlago najprej splanirali in nato nasuli tamponski material v debelini min. 20 cm. Tako nastalo makadamsko pot se bomo nato dodatno utrdili. Po končanih delih bomo pot popravili, v kolikor bo to potrebno.

Mimo lokacije izstopne gradbene jame poteka obstoječa asfaltna javna pot na oddaljenosti približno 20 m. Od poti do jame bomo uredili začasno makadamsko pot v širini približno 3 m. Ob gradbeni jami izvedemo makadamsko površino za potrebe delovišča. Pot in območje delovišča bomo primerno uredili tako, da bomo najprej odstranili humus v debelini približno 30 cm. Planum splaniramo ter nasujemo s tamponskim materialom v debelini min. 40 cm. Tako nastalo makadamsko površino nato dodatno utrdimo. Po končanih delih bomo humus uporabili za vzpostavitev območja v prvotno stanje.

Na desni strani vodotoka, kjer bomo uredili vstopno gradbeno jamo, organiziramo gradbiščni plato. Gradbiščni plato organiziramo tako, da bo na njem mogoče postaviti vso potrebno mehanizacijo potrebno za izvedbo mikrotunela, vključno z reciklrno napravo in skladiščnim prostorom za potrebne potisne cevi.

Gradbiščni plato bomo uredili, kot je prikazano na organizacijski shemi gradbišča (priloga I).

4.4.3 Izvedba vstopne in izstopne gradbene jame

Glede na geološke raziskave na območju, za vstopno in izstopno gradbeno jamo predvidevamo izvedbo vodnjaka (priloga H).

Vstopni vodnjak bo premera 8 m, kar nam omogoča montažo potisne enote za izvedbo mikrotunela ter poznejšo vgradnjo cevi iz nodularne litine dolžine 5,0 m.

Izstopni vodnjak bo premera 3,4 m, kar nam omogoča demontažo vrtalne glave MTBM.

Za potiskanje betonskih cevi pri gradnji mikrotunela bomo uporabili stroj tipa AVN800XC. Potrebni premer vodnjaka za montažo MTBM in izvedbo mikrotunela je 4,57 m, vendar moramo zaradi vgradnje vodovodne cevi, katere posamezna cev meri 5 m v dolžino, izvesti vstopni vodnjak premera 8 m. Globina vodnjaka bo 14,50 m oziroma 0,7 m pod osjo cevi.

Po izvedbi vodnjaka bomo dno gradbene jame uredili s podložnim betonom, ki mora biti v naklonu vrtine. Ob gradbeni jami bomo namestili dvigalo za spuščanje opreme in betonskih cevi v gradbeno jamo. Površino, na katero bomo postavili dvigalo, bomo nasuli s tamponskim materialom in utrdili.

Na vstopni točki MTBM moramo izdelati oporni zid iz armiranega betona, na katerega bomo pričvrstili vhodni obroč s tesnilom. Tesnilo na vhodnem obroču je namenjeno preprečevanju vdora vrtalne tekočine nazaj v jamo. Predvideti moramo tudi način vstopa in izhoda iz vodnjaka s potrebnimi varovali. Okoli gradbene jame postavimo trdno varnostno ograjo v višini najmanj 1 m. Na dnu vodnjaka izvedemo poglobitev za montažo črpalke za črpanje natečene vode iz gradbene jame.

Izstopni vodnjak bo premera 3,4 m, globina vodnjaka bo 17,0 m oziroma 0,7 m pod osjo cevi. Okoli gradbene jame bomo postavili trdno varnostno ograjo v višini najmanj 1 m. Na dnu vodnjaka bomo izvedli poglobitev za montažo črpalke za črpanje natečene vode iz gradbene jame. Ker bomo vodnjak po izvedbi mikrotunela ohranili za potrebe praznjenja vodovodne cevi (blatnik), moramo na dnu izvesti AB ploščo iz vodotesnega armiranega betona.

4.4.4 Montaža vrtalne opreme

Ko so vodnjaki pripravljene, vanje spustimo in montiramo potrebno opremo za potiskanje cevi ter napeljemo vso potrebno instalacijo za potrebe delovanja potisne enote in MTBM (hidravlične cevi, dotočne in odtočne cevi za bentonitno mešanico, komunikacijske napeljave za spremljanje delovanja naprav,...). Namestitev opreme izvede izvajalec del v skladu z zahtevami proizvajalca MTBM.

Najprej v jamo na pripravljeno podlago spustimo potisno enoto, ki jo višinsko in smerno niveliramo. Nato na čelo gradbene jame postavimo vrtalno enoto. Vzpostavimo tudi navigacijo.

Vzpostavimo cevne navezave na reciklrno napravo, ob rob gradbene jame postavimo nadzorno kabino. Vse potrebne komunikacijske kable navežemo na nadzorno kabino.

Sledi izvedba mikrotunela.

4.4.5 Izvajanje mikrotuneliranja

Mikrotuneliranje omogoča direktno vgradnjo betonskih potisnih cevi s potiskanjem cevi s pomočjo hidravlične naprave. Postopek vrtanja z MTBM je daljinsko voden. Pri mikrotuneliranju bomo uporabili betonske potisne cevi DN 800 v dolžini 72 m. V izdelani tunel bomo vgradili vodovodne cevi iz nodularne litine DN 300.

Ko je vrtalna garnitura vgrajena, lahko pričnemo s postopkom vrtanja. Vrtamo neprekinjeno. Za zagotavljanje neprekinjenega vrtanja, moramo na gradbišču deponirati ves potrebni materiali (cevi, zaloge bentonita,...).

Med izvajanjem kontrolor ves čas spremlja napredovanje izvedbe na monitorjih v kontrolni kabini.

Ko z vrtanjem zaključimo, v izstopni gradbeni jami odstranimo vrtalno glavo, betonske cevi pa potisnemo do zahtevane stacionaže. V vstopni gradbeni jami nato izvlečemo hidravlične in kovinske transportne cevi.

Na koncu odstranimo še potisno enoto.

4.4.6 Zaključna dela

Po zaključku mikrotuneliranja in dvigu MTBM iz izstopne gradbene jame preverimo, ali je mikrotunel izveden v skladu s projektno dokumentacijo. Iz notranjosti očistimo morebitne ostanke izvrtanega materiala in bentonita ter izčrpamo vodo.

Nato pripravimo gradbeno jamo za potrebe uvleka potrebnih cevi. Sledi vgradnja vodovodne cevi iz nodularne litine DN300. Pri montaži moramo uporabljati ustrezne distančnike, ki preprečujejo, da bi se cevi med potiskanjem poškodovale.

Po uvleki cevi izvedemo tlačni preizkus na vodovodni cevi.

Vmesni prostor med betonskimi in vstavljenimi cevmi bomo po končanih delih zapolnil z injektirno maso z dodatkom elektrofiltrskega pepela. Injektirno maso bomo pripravili iz mešanice elektrofiltrskega pepela, cementa in vode. Injektiranje bomo izvajali brez prekinitev. Med injektiranjem bodo odvzeti vzorci, ki bodo nato poslani na analizo.

Pred pričetkom injektiranja bomo na vsaki strani tunela prostor med betonsko in vodovodno cevjo zapolnil z betonom v dolžini 1,5 m. Tako bomo izvedli čep, ki bo preprečeval iztekanje injektirne mase iz tunela med zapolnjevanjem.

Zalivanje mikrotunela z injektirno maso bo potekalo s pomočjo predhodno nameščenih cevi. V mikrotunel bomo istočasno z vodovodno cevjo uvlekli cev za injektiranje. Cev bo segala od najnižje točke mikrotunela do izhoda iz njega. S pomočjo avtomešalca bomo preko te cevi v mikrotunel začeli dovajati injektirno maso. Med polnjenjem bomo nadzirali količino dovedene mase in s tem nivo zapolnjenosti tunela. Glede na nivo zapolnjenosti tunela bomo cevi za injektirno maso počasi izvlačili in odstranjevali iz mikrotunela.

Izvek cevi za injektiranje bo omogočen s posebno pritrditvijo le-teh. Na prvo objemko prve sekcije, ki bo uvlečena v mikrotunel, bomo s pomočjo objemke fiksno pritrdili prvo cev za injektiranje. Na vseh ostalih objemkah bomo cev za injektiranje pritrdili z drsno objemko. Ko bomo cevne sekcije v celoti uvlekli v mikrotunel, bomo prvo objemko, s katero bo cev za injektiranje fiksno pritrjena, odvijali in cev za injektiranje lahko izvlekli.

Injektirno maso bomo na gradbišče dovažali z avtomešalci kapacitete približno 5 m³. Doziranje injektirne mase bomo izvajali avtočrpalko, ki bo postavljena ob vstopni gradbeni jami mikrotunela in bo priključena na cevno sekcijo uvlečeno v mikrotunel.

Vstopno gradbeno jamo bomo po uvleki cevi, izvedenem tlačnem preizkusu in injektiranju zasuli. Za zasip bomo uporabili izkopni material. Obsip cevi bomo izvajali v plasteh po 30 cm, na vseh straneh cevi hkrati, s peščenim materialom 0-4 mm z ročnim nabijanjem oziroma z utrjevanjem z lahkimi komprimacijskimi sredstvi. Cevi morajo biti ustrezno sidrane. Preostali izkop bomo zasuli z izkopanim materialom, ki pa ne sme vsebovati zrn večjih od 30 - 100 mm.

Na lokaciji izstopne gradbene jame ohranimo vodnjak. V vodnjaku uredimo vertikalno vodovodno povezavo. Cevi morajo biti ustrezno sidrane. Na vrhu jaška izvedemo AB ploščo z vstopno odprtino. Na odprtini vgradimo dvojni LTŽ pokrov dimenzije 1000x600 mm, z zaklepom, nosilnega razreda D400 po SIST EN 124. Na dnu vodnjaka ohranimo poglobitev za montažo potopne črpalke (izvedena že za potrebe mikrotuneliranja). Za spust v jašek izvedemo kovinsko vstopno lestev (INOX) z zaščito proti padcu. Prezračevanje jaška izvedemo iz INOX cevi DN 200. Ena cev sega do dna jaška, druga je montirana tik pod krovno ploščo. Nad ploščo izvedemo INOX prezračevalne glave.

Območje izstopnega vodnjaka moramo po končanih delih zaščititi z mrežno ograjo višine 2 m. Dostop se vrši skozi enokrilna ograjna vrata z zaklepom.

Ko zaključimo vsa dela, območje gradbišča povrnemo v prvotno stanje. Območje humusiramo in zatravimo.

5 PRIMERJAVA KLASIČNE TEHNOLOGIJE GRADNJE S TEHNOLOGIJO IZVEDBE Z MIKROTUNELIRANJEM

V tem poglavju bomo primerjali primera prečkanja vodotoka, ki smo ju obdelali v poglavju 4. Primerjali bomo naslednje elemente:

- zahtevnost izvedbe glede na geološke razmere,
- hitrost izvedbe,
- ceno,
- zahtevnost izvedbe glede na dostopnost tehnološke opreme,
- vpliv na okolje in
- tveganje za prekinitve del.

5.1 Zahtevnost izvedbe glede na geološke razmere

Na obravnavani lokaciji so temeljna tla sestavljena iz plasti skrilavega glinavca, meljevca in kremenovega peščenjaka, ki se izmenjujejo. Gre za trde kamnine delno IV. in pretežno V. kategorije. Geotehnični profil vrtine **V** je prikazan v prilogah D in H.

Izkop v takem terenu velja za zelo zahtevnega v primerjavi z izkopom v zemljini I. II. In III. kategorije. Matično kamnino moramo najprej razrahljati in nato izkopati jarek. Razrahljanje izvajamo z miniranjem in/ali s pikiranjem.

Vrtanje v terenu IV. in V. kategorije za tehnologijo mikrotuneliranja ne predstavlja posebnega problema, le hitrost napredovanja je manjša.

5.2 Hitrost izvedbe

Hitrost izvedbe prekopa je odvisna predvsem od razpoložljive mehanizacije in delovne sile, ki nam je na voljo. Nekatera dela lahko izvajamo istočasno, predvsem dela na dostopnih poteh in ureditvi gradbišča. Sam potek prekopa izvajamo zaporedno. Ker dela izvajamo v suhi gradbeni jami, moramo najprej izvesti nasip vzvodno, nizvodno ter čelno na os cevovoda, na desni strani pa izvedemo začasno razširitev struge z zajedo v brežino za prevajanje ustreznega pretoka reke. Najprej izvedemo vsa potrebna dela na levi strani vodotoka, nato pa na desni. Dela izvajamo zaporedno, da s tem omogočimo pretok reke.

Terminski plan za izvedbo del s klasično tehnologijo je v prilogi F.

Hitrost izvedbe s tehnologijo mikrotuneliranja je odvisna predvsem od izurjenosti delovne skupine, ki izvaja mikrotuneliranje. Zaradi postopkov, ki si sledijo po točno določenem zaporedju nimamo veliko manevrskega prostora za pohitritev izvedbe del. Tri petine

celotnega časa predvidenega za dokončanje del je namenjenega izdelavi vstopnega in izstopnega jaška ter dostavi, montaži in po izvedeni vrtini odstranitvi MTBM iz izstopnega jaška. Vrtanju in potiskanju zaščitne cevi je namenjenega petina vsega predvidenega časa za dokončanje del. Hitrost vrtanja v terenu IV. in V. kategorije je približno 6,5 m na dan.

Terminski plan za izvedbo del s klasično tehnologijo je v prilogi K.

Ugotovili smo, da je za dani primer izvedba prečkanja vodotoka hitrejša ob uporabi klasične tehnologije, to je s prekopom.

5.3 Cena

Stroškovno primerjavo klasičnega postopka in tehnologije mikrotuneliranja bomo prikazali na primeru križanja primarnega transportnega vodovoda za oskrbo s pitno vodo z vodotokom I. reda. Projektno smo oba primera obdelali v poglavju 4. Dolžina računane odseka cevovoda je 83 metrov, kar je prikazano v vzdolžnem profilu obeh primerov (glej prilogi D in H).

Pri stroškovni primerjavi bomo zajeli komplet vsa dela, kot so zajeta v popisu del (glej prilogi E in J). V primerjavo smo zajeli samo gradbena dela in dela, ki so neposredno vključena v posamezno tehnologijo. V primerjavi niso zajete vodovodne cevi in armature, so pa v popisu del izvedbe s tehnologijo mikrotuneliranja zajeta montažna dela za cevi. Ta dela predstavljajo približno 5 % cene investicije in v našem primeru bistveno ne vplivajo na primerjavo.

Vse vrednosti v izračunih so zaradi poslovnih skrivnosti in konkurence pomnožene z enakim faktorjem in so si med seboj realno primerljive.

Preglednica 5: Rekapitulacija za klasično tehnologijo - prekop

REKAPITULACIJA - PREKOP			
I.	PRIPRAVA GRADBIŠČA	17.815	EUR
II.	ZEMELJSKA DELA	88.657	EUR
III.	DOSTOPNA POT (LEVA IN DESNA STRAN)	3.413	EUR
IV.	NEPREDVIDENA DELA 5%	5.494	EUR
SKUPAJ:		115.378	EUR

V preglednici 5 je prikazana rekapitulacija za dela, ki so zajeta v popisu del za izvedbo prečkanja vodotoka s prekopom obdelanega v 4. poglavju. Rekapitulacija za dela izvedena

po tehnologiji mikrotuneliranja je prikazana v preglednici 6. Popisa del sta v prilogi E oziroma v prilogi J.

Preglednica 6: Rekapitulacija za tehnologijo mikrotuneliranja

REKAPITULACIJA - MIKROTUNEL			
I.	PRIPRAVA GRADBIŠČA	17.815	EUR
II.	VZDRŽEVANJE GRADBIŠČA	14.569	EUR
III.	DODATNE GEOLOŠKE RAZISKAVE	4.813	EUR
IV.	NAČRTOVANJE IZVEDBE	15.050	EUR
V.	ZEMELJSKA DELA IN GRADBENE JAME	109.596	EUR
VI.	IZVEDBA MIKROTUNELINGA	124.871	EUR
VII.	MONTAŽNA DELA	15.813	EUR
VIII.	KONTROLA KAKOVOSTI	2.016	EUR
IX.	RAZNA DELA	7.256	EUR
X.	DOSTOPNA POT (VSTOPNA IN IZSTOPNA GRADBENA JAMA)	3.413	EUR
XI.	NEPREDVIDENA DELA 5%	15.761	EUR
SKUPAJ:		330.971	EUR

Iz preglednice 6 lahko razberemo, da tretjino stroškov (33%) pri izvedbi s tehnologijo mikrotuneliranja predstavljajo zemeljska dela in dela potrebna za izvedbo vstopnega in izstopnega jaška.

Dobro tretjino stroškov (38%) predstavlja izvedba vrtine in potiskanje betonski potisnih cevi. Potisne betonske cevi so v primerjavi z navadnimi betonskimi cevmi istega nazivnega premera približno deset krat dražje. Nezanemarljivi pa so tudi stroški del neposredno vezanih na tehnologijo. Ta dela so vzdrževanje gradbišča, dodatne geološke raziskave, načrtovanje izvedbe, montažna dela, kontrola kakovosti in preostala dela, med katere spada tudi trajno polnjenje zaščitne betonske cevi z injekcijsko maso. Ti stroški predstavljajo 18% cene investicije.

Vrednost stroškov priprave gradbišča in ureditve dostopne poti so v obeh primerih isti, saj gre za isto lokacijo prečkanja.

Kot vidimo je izvedba prečkanja vodotoka s tehnologijo mikrotuneliranja približno tri krat dražja od izvedbe s klasičnim prekopom.

5.4 Zahtevnost izvedbe glede na dostopnost tehnološke opreme

Pri izvedbi s prekopom uporabimo mehanizacijo, ki je lažje dostopna. Za dovoz in odvoz materiala uporabimo tovorna vozila, za izkop materiala in urejanje protierozijske zaščite

struge in brežin uporabimo bagerje primerne velikosti. Razrahljanje matične kamnine izvajamo z miniranjem, za kar je potrebno v matično kamnino najprej izvrtati luknje v katere vstavimo eksploziv. Izvajalcev s primernimi stroji za izvedbo vrtin in miniranja je na slovenskem tržišču kar precej več.

Za izvedbo prečkanja po tehnologiji mikrotuneliranja moramo najprej izvesti vstopni in izstopni jašek. Jašek izvajamo z miniranjem in pikiranjem. Jašek v celotni višini opažimo in betoniramo, za kar potrebujemo primeren opaž in primerno dvigalo za spust materiala v jašek. Sledi izvedba mikrotunela. Tehnologija mikrotuneliranja je specifična, natančno načrtovana za vsak primer vrtnja posebej. Na našem tržišču se redko uporablja, ponuja jo le en izvajalec.

Izvedbo s klasičnim prekopom lahko izvajalec izvede z uporabo širše dostopnih delovnih strojev, zato je ta izvedba primernejša.

5.5 Vplivi na okolje

Vpliv na okolje je pri klasični izvedbi zelo velik. Še posebej to velja v času izvedbe, medtem ko je v času uporabe vpliv nekoliko manjši. Sam poseg v strugo vodotoka pomeni grob poseg v življenje v strugi in na brežinah. Lokalno prihaja do uničenja habitatov v strugi in ob njej. Vodotok v naravnem stanju predstavlja zvezni ekosistem in opravlja funkcijo koridorja, z prečnim posegom bistveno vplivamo na oboje. Med izvedbo del v vodotoku prihaja do onesnaženja vodotoka. Drobne frakcije organskega in anorganskega materiala se ob izkopu izpirajo dolvodno in vplivajo zlasti na kalnost vode in na porabo kisika v vodi. Običajno se zaradi tega časovno omejuje fizične posege v strugah vodotokov.

Pri izvedbi s tehnologijo mikrotuneliranja posega v strugo in brežine vodotoka ni. Odpadni material, ki nastane pri izvedbi del se deloma reciklira, ostalo pa se odpelje na primerno deponijo.

Z vidika negativnih vplivov na okolje je izvedba s tehnologijo mikrotuneliranja primernejša.

5.6 Tveganje za prekinitev del

Pri izvedbi prečkanja s prekopom je pomembno, da se dela izvajajo v primernem letnem času, ko so vodostaji konstantni in s tem tudi tveganje manjše. Pri izvedbi je potrebno upoštevati tudi čas drstenja vseh vrst rib v vodotoku ter morebitni vpliv na ostale v in ob vodi živeče organizme.

Ob upoštevanju vseh dejavnikov pridemo do dejstva, da je čas primeren za izvedbo v večini primerov zelo omejen. Veliko tveganje predstavljajo nepričakovane spremembe vodostajev.

Zlasti na hudourniških vodotokih lahko nepredvideni padavinski dogodki hitro vplivajo na porast vodne gladine, kar lahko ogrozi gradbišče.

Pri izvedbi s tehnologijo mikrotuneliranja posega v strugo in brežine vodotoka ni, tako da višina gladine vode v vodotoku nima vpliva na izvedbo del. Možen je dotok vode v vstopni in izstopni jašek, kar pa lahko reguliramo s črpanjem vode s pomočjo potopnih črpalk.

Z vidika tveganja prekinitve del je ugodnejša izvedba s tehnologijo mikrotuneliranja.

5.7 Primerjalna tabela in ugotovitve

Preglednica 7: Primerjalna tabela

Primerjalni element	PREKOP	MIKROTUNELIRANJE
Zahtevnost izvedbe glede na geološke razmere (trda kamnina)	VISOKA	SREDNJA
Komentar	Za izdelavo jarka je potrebno miniranje in pikiranje.	Izvedba v heterogenih ali zelo trdih kamninah je mogoča, vendar zahtevnejša od izvedbe v ostalih vrstah tal.
Hitrost izvedbe	SREDNJE HITRA	POČASNA
Komentar	Določeni postopki izvedbe se lahko izvajajo istočasno, kar pospeši izvedbo del. Z uporabo več mehanizacije hkrati lahko postopek izvedbe še dodatno pospešimo.	Zaradi postopkov, ki si sledijo po točno določenem zaporedju. Hitrost vrtnja v materialu IV. - V. kategorije je približno 6,5m/dan.
Cena	NIZKA	VISOKA
Komentar	Pri izvedbi se uporablja mehanizacijo, ki je širše dostopna.	Zaradi specifičnosti območja - vstopni in izstopni jašek - in mehanizacije.
Zahtevnost izvedbe glede na dostopnost tehnološke opreme	NIZKA	VISOKA
Komentar	Uporaba mehanizacije, ki je enostavnejša za upravljanje.	Uporaba specifične mehanizacije, katere upravljanje zahteva specifična znanja.
Vpliv na okolje	VISOK	NIZEK
Komentar	Vpliv na vodotok in življenje v njem.	Pri izvedbi ni posegov v vodotok.
Tveganje za prekinitve del	SREDNJE	NIZKO
Komentar	V primeru dviga vodostaja med izvedbo pride do zaustavitve del, v najslabšem primeru do uničenja gradbišča.	Dvig vodostaj nima vpliva na potek del.

Iz primerjave variant križanja primarnega transportnega vodovoda za oskrbo s pitno vodo z vodotokom I. reda, obdelanih v 5. poglavju ugotovimo, da je primernejša izvedba križanja po klasični metodi.

Največja in najpomembnejša prednost pred izvedbo s tehnologijo mikrotuneliranja je cena, druga prednost pa je zahtevnost izvedbe glede na dostopnost tehnološke opreme, kar ima neposreden vpliv na ceno.

Hitrost izvedbe je lastnost, ki v tem primeru ni tako bistvena, saj če predpostavljamo, da je obravnavano križanje le del celotnega predvidenega primarnega transportnega vodovoda, nekoliko daljši čas izvedbe prečkanja ne bo imel vpliva na končni rok izvedbe.

Izvedba v trdi kamnini je zahtevna tako s tehnologijo mikrotuneliranja kot po klasični metodi. Če primerjamo izvajanje mikrotunela v različni kategorijah zemljin in kamnin po spodnji preglednici, vidimo da je naš primer uvrščen med srednje težko izvedbo, medtem ko je izvedba po klasičnem postopku v trdi kamnini najtežja v primerjavi z izvedbo v ostalih vrstah geologije, zato smo jo tudi ocenili kot visoko zahtevno.

Preglednica 8: Zahtevnost izvedbe glede na geološke razmere [36]

Kriterij primerjave	MIKROTUNELIRANJE
Izvedba v enostavni zemljini Gline, peski, melji	LAHKA
Izvedba v nezahtevni zemljini Prodec, prod, skale < 300mm	LAHKA
Izvedba v zahtevni zemljini Mehka kamnina (50-100 Mpa)	LAHKA
Izvedba v zelo zahtevni zemljini Trda kamnina (>100-200 Mpa)	SREDNJE TEŽKA
Izvedba v ne heterogeni zemljini Od zemlje do skale in obratno	SREDNJE TEŽKA
Komentar	Izvrtnina je trajno podprta z zaščitnimi cevmi in medprostor je zapolnjen z bentonitom, tako da ni mogoča porušitev. Tehnologija je zelo prilagodljiva glede geoloških razmer.

Prednost izvedbe po tehnologiji mikrotuneliranja je majhen vpliv na okolje z vidika rečnega ekosistema in nizko tveganje za prekinitev del. Med izvedbo ostane struga vodotoka intaktna, v vodotok se izpuščajo le prečiščene odpadne vode. Občasno se pojavlja motnost

in obarvanost na izpustu, kar je odvisno od materiala v katerega vrtamo in ima običajno zanemarljiv vpliv.

Vpliv na okolje na območju izvedbe vstopnega in izstopnega jaška pa je primerljiv z vplivom pri izvedbi po klasičnem postopku. Poškodovana območja po izvedbi saniramo in s časom ni več vidnih poškodb.

6 ZAKLJUČEK

Pri načrtovanju komunalnih ali energetskih vodov se velikokrat srečujemo s križanji predvidenih tras vodov z obstoječo prometno in komunalno infrastrukturo, vodotoki, arhitektonskimi ovirami in zavarovanim območjem naravne in kulturne dediščine.

V preteklosti so se taka križanja izvajala po klasičnem postopku, to je s prekopi, največkrat pa se je takim križanjem, če se je le dalo, izognilo (arhitektonske ovire). V kolikšni meri se lahko oviri na trasi voda izognemo, je odvisno od pomembnosti predvidenega cevovoda in pomembnosti obstoječe infrastrukture. Vsaka deviacija od načrtovane smeri pa pomeni dodaten strošek.

Pri načrtovanju predvidenih vodov se seveda strmi k čim racionalnejši izvedbi in čim lažjemu dostopu za vzdrževanje. To nam narekuje polaganje cevovodov na najmanjši potrebni globini, ki je določena z varnostnimi in drugimi faktorji in zahteva po najkrajši poti do predvidenega cilja.

Z napredkom tehnologije pa so se v drugi polovici prejšnjega stoletja začele razvijati tudi tehnologije, ki nam omogočajo vgrajevanje cevovodov brez nepotrebnih prekopavanj prometnic, vodotokov in okoljsko občutljivih območij. Te tehnologije so poimenovane tehnologije gradenj brez izkopov (Angl.: Trenchless Technologies ali No-Dig Technologies).

V zadnjih nekaj desetletjih je tehnologija izvedbe križanj močno napredovala. Uveljavljati so se začele tehnologije, ki nam omogočajo vgrajevanje cevovodov brez nepotrebnih prekopavanj prometnic, vodotokov in okoljsko občutljivih območij. Te tehnologije so poimenovane tehnologije gradenj brez izkopov (Angl.: Trenchless Technologies ali No-Dig Technologies). Te tehnologije so bistveno olajšale izvedbe križanj.

V diplomski nalogi smo predstavili različne tehnologije vgrajevanja predvidenih linijskih vodov (novogradnje) pri križanju z obstoječo infrastrukturo. Predstavil smo tako klasične tehnologije izvedbe križanj kot tudi tehnologije izvedbe križanj brez izkopov, tako imenovane »Trenchless technologies«. Osredotočili smo se na tehnologije, katere so na voljo v Sloveniji in ki se uporabljajo pri izvedbi linijskih vodov. Poleg tega smo predstavili tudi najnovejšo tehnologijo, DIRECT PIPE®, ki pa se v Sloveniji zaenkrat še ni uveljavila.

V praktičnem delu diplomske naloge smo izdelali projektno zasnovo križanja primarnega transportnega cevovoda za oskrbo s pitno vodo z vodotokom I. reda. Projektno zasnovo smo izdelali za primer prečkanja s klasično tehnologijo gradnje in s tehnologijo izvedbe z mikrotuneliranjem.

Za obe tehnologiji smo izdelal tehnični opis izvedbe del, popis gradbenih del, okvirni stroškovnik, terminski plan izvedbe ter potrebne risbe.

Na koncu smo obe projektni zasnovi križanja primarnega transportnega cevovoda za oskrbo s pitno vodo z vodotokom I. reda med seboj primerjali. Primerjali smo naslednje elemente: zahtevnost izvedbe glede na geološke razmere, hitrost izvedbe, ceno, zahtevnost izvedbe glede na dostopnost tehnološke opreme, vpliv na okolje in tveganje za prekinitve del.

V primerjavi smo ugotovili, katera varianta izvedbe je cenovno ugodnejša, katera je hitrejša, katera je zahtevnejša, kakšno je tveganje prekinitve del, kakšna je zahtevnost izvedbe posamezne tehnologije gradnje glede na geološke razmere na lokaciji izvedbe in kakšen vpliv na okolje predstavlja posamezna tehnologija gradnje.

Ugotovili smo, da je za izvedbo prečkanja v zelo zahtevnem terenu, v našem primeru kamnini V. kategorije, primernejša izvedba prečkanja po klasični tehnologiji.

Največja in navsezadnje najpomembnejša prednost izvedbe s prekopom pred izvedbo s tehnologijo mikrotuneliranja je cena gradbenega posega. Iz primerjave smo ugotovili, da je izvedba mikrotunela zelo draga. Tehnologijo naredijo drago predvsem dela povezana z izvedbo vstopnega in izstopnega jaška.

Kljub visoki ceni pa ima tehnologija mikrotuneliranja velik potencial, mogoče ne pri izvedbi prečkanj vodotokov in pri izvedbi na kratkih razdaljah, temveč pri izvedbi daljših podvrtanj, predvsem na hribovitem območju, večjih presekih podvrtanja in na območjih, kjer del z uporabo ostalih tehnologij ne bi bilo mogoče izvesti.

VIRI

- [1] ISTT - The International Society For Trenchless Technology.2014.
(<http://www.istt.com/why-trenchless-no-dig> (Pridobljeno 8. 2. 2014.))
- [2] Kolar, M., Jazbec, A., Končan, L. 2013. Tehnologije gradenj brez izkopov in njihov vpliv na okolje. Šolski center Celje, Srednja šola za gradbeništvo in varovanje okolja: str. 7, 18, 36, 37.
- [3] Tehnični odbor za pripravo tehničnih specifikacij za javne ceste TO 08. 2005. TSC 08.512: 2005. Ljubljana, DRSC - Direkcija Republike Slovenije za ceste: str. 4-7.
- [4] Mohammad, N. 2013. Trenchless technology: planning, equipment and methods. New York, McGraw-Hill Companies, Inc.: str. 4, 17, 264, 273, 274, 286-290.
- [5] Vilkoograd.2014.
(<http://www.vilkograd.com/dejavnosti/izdelava-prebojev-s-pnevmatsko-iglo/> (Pridobljeno 8. 2. 2014.))
- [6] Bricman, S. 2012. Tehnologije gradnje cevovoda in stroškovna primerjava. Diplomaska naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo (samozaložba S. Bricman): str. 10.
- [7] Žmavc, J., Kavčič, L., Slekovec A., Vilhar M. 1989. Popis del in posebni tehnični pogoji za zemeljska dela in temeljenje, SCS - Skupnost za ceste Slovenije: DOPOLNITEV: Henigman S. 2001. DOPOLNILA splošnih in tehničnih pogojev - dopolnjena izdaja, Ljubljana: DDC - Družba za državne ceste: str. 5.
- [8] Nodig-construction.com.2014.
(http://www.nodig-construction.com/index.cfm?cmd=techniques&object_id=15 (Pridobljeno 23. 4. 2014.))
- [9] Speedy Hire plc. 2014.
(https://www.speedyservices.com/08_2501-h-mole-55mm (Pridobljeno 23. 4. 2014.))
- [10] Moleing Services South East Limitedltd.2014.
(<http://www.molingsevicesoutheast.co.uk/moling-services-kent.php> (Pridobljeno 23. 4. 2014.))
- [11] Vilkoograd.2014.

<http://www.vilkograd.com/dejavnosti/izdelava-podvrtanja-s-kovinsko-zascitno-cevjo-brez-usmerjanja/> (Pridobljeno 22. 4. 2014.)

[12] Do it trenchless.2014.

<http://nodignews.wordpress.com/pipe-ramming/> (Pridobljeno 23. 4. 2014.)

[13] Groundforce.2014.

<http://www.groundforce.uk.com/Trenchless+Technology/products/ramming> (Pridobljeno 23. 4. 2014.)

[14] Vilkograd.2014.

<http://www.vilkograd.com/dejavnosti/usmerjeno-vrtanje-z-opticnim-vodenjem/> (Pridobljeno 23. 4. 2014.)

[15] Nodig-construction.com.2014.

http://www.nodig-construction.com/index.cfm?cmd=techniques&object_id=13 (Pridobljeno 24. 4. 2014.)

[16] Vilkograd.2014.

<http://www.vilkograd.com/dejavnosti/horizontalno-usmerjeno-vrtanje-z-radijskim-vodenjem-hdd-metoda/horizontalno-vodeno-usmerjeno-vrtanje-hdd/> (Pridobljeno 24. 4. 2014. in 9. 10. 2014.)

[17] Do it trenchless.2014.

<http://nodignews.wordpress.com/hdd-horizontal-directional-drilling/> (Pridobljeno 24. 4. 2014.)

[18] DTA-technik.2014.

<http://test.dta-technik.pl/wp-content/uploads/2013/02/image029.jpg> (Pridobljeno 25. 4. 2014.)

[19] Tracto-Technik.2014.

<http://pipelaying.tracto-technik.com/10-XP-15-XP> (Pridobljeno 25. 4. 2014.)

[20] Nawitwl.2014.

<http://www.nawitel.pl/index.php/pDoclid/28/pCmd/1/pMenuId/5> (Pridobljeno 26. 4. 2014.)

[21] Tracto-Technik.2014.

<http://www.directional-drilling-accessories.com/index.cfm?menuID=1&p=17> (Pridobljeno 25. 4. 2014.)

[22] DTA-technik.2014.

<http://test.dta-technik.pl/wp-content/uploads/2013/02/image013.jpg> (Pridobljeno 25. 4. 2014.)

[23] AT-boretec.2014.

<http://www.at-boretec.de/Products.html> (Pridobljeno 25. 4. 2014.)

[24] Vilkoograd.2014.

<http://www.vilkograd.com/dejavnosti/mikro-tuneliranje/> (Pridobljeno 28. 4. 2014.)

[25] Akkerman.2014.

<http://www.akkerman.com/products-pipe-jacking-tunneling.php> (Pridobljeno 28. 4. 2014.)

[26] Unitracc.2014.

http://web.unitracc.com/_popup/picture.vm;jsessionid=6B82D99BBB4BA6AD3AA77F25248EC067?name=0000098586&pageName=0000098458&lang=en (Pridobljeno 28. 4. 2014.)

[27] Herrenknecht.2014.

http://olc.herrenknecht.com/kundenbereich/datenblaetter/Datenblatt_UNS_De.pdf

(Pridobljeno 29.4.2014.)

[28] Unitracc.2014.

<http://www.unitracc.com/aktuelles/artikel/trenchless-installation-of-utility-tunnels-en>

(Pridobljeno 29. 4. 2014.)

[29] Herrenknecht.2014. Direct Pipe ®: Latest innovation in pipeline construction - technology and references. Author: Dr. Marc Peters.

<http://www.pipeline-conference.com/sites/default/files/papers/2.2%20Peters.pdf> (Pridobljeno 3. 5. 2014.)

[30] Herrenknecht.2014.

<http://www.herrenknecht.com/en/products/core-products/tunnelling-pipelines/direct-pipe.html>

(Pridobljeno 3. 5. 2014.)

[31] Nodig-construction.com.2014.

http://www.nodig-construction.com/index.cfm?cmd=techniques&object_id=30 (Pridobljeno 3. 5. 2014.)

[32] Bohrtec.2014.

<http://www.bohrtec.com/en/products/front-steer.html> (Pridobljeno 12. 8. 2014.)

[33] Claude H. Nix Construction.2014.

http://www.chnix.com/services_auger_boring.html (Pridobljeno 12. 8. 2014.)

[34] Vilkoograd.2014.

<http://www.vilkograd.com/2014/02/14/mikrotuneliranje-v-kraju-sentozbolt/> (Pridobljeno 13. 8. 2014.)

[35] Geofill.2014.

http://www.geofill.com/applications/annular_space_grouting/ (Pridobljeno 13. 8. 2014.)

[36] Iploca.2014.

<http://wiki.iploca.com/display/rtswiki/7.1+Trenchless+Crossings> (Pridobljeno 17. 11. 2014.)

Ta stran je namenoma prazna

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: RAZVRSTITEV ZEMLJIN IN KAMNIN

PRILOGA B: PREGLEDNA SITUACIJA

PRILOGA C: SITUACIJA PREČKANJA VODOTOKA

PRILOGA D: VZDOLŽNI PREREZ PREČKANJA VODOTOKA

PRILOGA E: POPIS DEL

PRILOGA F: TERMINSKI PLAN

PRILOGA G: SITUACIJA PREČKANJA VODOTOKA – MIKROTUNEL

PRILOGA H: VZDOLŽNI PREREZ PREČKANJA VODOTOKA – MIKROTUNEL

PRILOGA I: ORGANIZACIJSKA SHEMA GRADBIŠČA – MIKROTUNEL

PRILOGA J: POPIS DEL – MIKROTUNEL

PRILOGA K: TERMINSKI PLAN – MIKROTUNEL

PRILOGA A: RAZVRSTITEV ZEMLJIN IN KAMNIN

Kate- gorija	Naziv kategorije	Opis materiala	Zrnavost materiala	Način izkopa	Ocena uporabnosti
1	Plodna zemljina	Nahaja se na površini terena: humus in ruša, s primesmi gramoza, peska, melja in/ali gline	-	buldožer, bager	Primerno samo kot osnova za ozelenitve; ni nosilna niti stabilna niti odporna proti eroziji
2	Slabo nosilna zemljina	Je v lahko gnetni do židki konsistenci ($lc \leq 0,5$); lahko vsebuje organske snovi (šoto, preperine)	> 15 m.-% $\Phi < 0,063$ mm	buldožer, bager	V naravnem stanju ni uporabna
3	Vežljiva in nevezljiva zrnata zemljina	Nahaja se pod plodno zemljino - v srednjegnetni do trdni konsistenci (zemljina, preperina) ali - v zbitem stanju (pesek, grmoz, grušč., jalovina)	> 15 m.-% $\Phi > 0,063$ mm < 15 m.-% $\Phi > 0,063$ mm < 30 m.-% $\Phi > 63$ mm	buldožer, bager, buldožer z rijačem (občasno)	V naravnem stanju in ustreznem vremenu uporabna za nasipe; nosilnost in stabilnost sta odvisni od zunanjih vplivov
4	Mehka kamnina	Lapor, fliš, skrilavec, tuf, konglomerat, breča ter razpokani, drobljivi in prepereli peščenjak, dolomit in apnenec	> 30 m.-% (m/m): $\Phi > 63$ mm $\Phi < 300$ mm	buldožer z rijačem, bager s konico, rezkanje, miniranje (občasno)	Praviloma dobro nosilna in stabilna; ustrezne zrnavosti je primerne za nasipe in posteljico.
5	Trdna kamnina (sedimentnega porekla) ¹⁾	Apnenec, kompaktni dolomit ali materila z nad 50 m. % kosov $\Phi >$ 600 mm, ki jih je treba minirati	raščena hribina $\Phi > 600$ mm	miniranje, rezkanje (izjemoma)	Ustrezne zrnavosti je zelo dobro nosilna in stabilna ter primerna za nasipe in/ali predelavo.

1) Silikatne kamnine eruptivnega porekla niso razvrščene

(Vir: Henigman S. 2001. DOPOLNILA splošnih in tehničnih pogojev - dopolnjena izdaja,
Ljubljana: DDC - Družba za državne ceste: str. 5.)

PRILOGA B: PREGLEDNA SITUACIJA

PRILOGA C: SITUACIJA PREČKANJA VODOTOKA

PRILOGA D: VZDOLŽNI PREREZ PREČKANJA VODOTOKA

PRILOGA E: POPIS DEL

3/1 POPIS DEL - GRADBENA DELA

G GRADBENA DELA

Cena na enoto in znesek so v EUR brez DDV!

Poz.	Opis postavke	Enota	Količina	Cena	Vrednost
I. PRIPRAVA GRADBIŠČA					
I. 1	Priprava gradbišča Priprava gradbišča v skladu z razpisnimi pogoji. Kompletni stroški za pripravo platoja gradbišča z vsemi utrditvami in stabilizacijo gradbiščnih površin, ograjo, gradbiščnimi objekti, komunalno opremljenostjo z oskrbo energije, vode itd. Lokacijo je treba natančno pregledati in prilagoditi na lokalne pogoje v soglasju s pristojnimi organi (občina, upravljavci cest, upravljavci komunalne infrastrukture itd.)	<i>kpl</i>	1		
I. 2	Priprava gradbišča Enako kot postavka I.1, le na lokaciji izstopne gradbene jame.	<i>kpl</i>	1		
I. 3	Odstranitev gradbišča Komplet odstranitev gradbišča, vključno z objekti, sanacijo gradbiščnih površin vključno z humusiranjem, rahljanjem rodovitne zemlje in vrnitvijo zemljišča v prvotno stanje (sejanje trave).	<i>kpl</i>	1		
SKUPAJ:					
II. ZEMELJSKA DELA					
II. 1	Priprava transportne poti, oba bregova Priprava transportne poti na obeh bregovih za dostop do struge vodotoka z izkopom brežine do 1 m pod koto pretoka. Komplet izkop z odmetom na stran ali odvozom znotraj delovnega pasu. Zemeljska dela se obračunavajo v raščinem oziroma utrjenem stanju.				
	Izkop v I. ktg.	<i>m3</i>	3		
	Izkop v III. ktg.	<i>m3</i>	23		
	Izkop v IV. ktg.	<i>m3</i>	145		
	Izkop v V. ktg.	<i>m3</i>	580		
	Zasip	<i>m3</i>	751		
II. 2	Priprava gradbene jame v vodotoku, levi breg	<i>m3</i>	1.375		

	Komplet priprava dostopnega platoja v vodotoku za izdelavo jarka v vodotoku. Ščitenje z nasipom vzvodno in nizvodno za osušitev prve polovice struge kompletno z vsemi deli, dobavo, vgradnjo in odstranitvijo vsega potrebnega materiala, do kote približno 281,3 m, naklon stranic nasipa 1:1,5, širina v kroni nasipa 5 m, iz zaklinjenega lomljenca, z nasipom skal fi 80 - 100 cm. Količina je ocenjena! Obračun po dejanski količini vgrajenega materiala!		
II. 3	Priprava gradbene jame v vodotoku, desni breg Komplet priprava dostopnega platoja v vodotoku za izdelavo jarka v vodotoku. Ščitenje z nasipom vzvodno in nizvodno za osušitev prve polovice struge kompletno z vsemi deli, dobavo, vgradnjo in odstranitvijo vsega potrebnega materiala, do kote približno 281,3 m, naklon stranic nasipa 1:1,5, širina v kroni nasipa 5 m, iz zaklinjenega lomljenca, z nasipom skal fi 80 - 100 cm. Količina je ocenjena! Obračun po dejanski količini vgrajenega materiala!	m3	1.270
II. 4	Razrahljanje matične kamnine Komplet razrahljanje matične kamnine z miniranjem, z dovozom, premiki in odvozom vrtnalnice, izdelavo vrtnin in vsemi deli, materiali in dokumentacijo, ki zadevajo miniranje.	kpl	2
II. 5	Izkop jarka za cevovod Komplet izkop jarka za cevovod v strugi in na brežinah vodotoka z odmetom maksimalno do roba delovnega pasu ali odvozom na deponijo znotraj delovnega pasu, v širini in globini, ki jo predvideva načrt. Izkop jarka na priobalnem zemljišču z odmetom na stran. Dno je potrebno izravnati (pikiranje) in očistiti zrn večjega premera. Zemeljska dela se obračunavajo v raščenenem oziroma utrjenem stanju. Vsa dela za vzdrževanje jarka do položitve cevovoda, vključno z morebitnim čiščenjem proda iz jarka, je potrebno vkalkulirati v ceno izkopa. Obračun po dejanskih količinah.		
	Izkop v I. ktg.	m3	13
	Izkop v III. ktg.	m3	117
	Izkop v IV. ktg.	m3	59
	Izkop v V. ktg.	m3	236
II. 6	Kontrola globine jarka Ročna kontrola globine jarka in (morebitni podvodni s sonarjem) optični pregled jarka. Izvesti po naročilu nadzornika z vpisom v gradbeni dnevnik.	kpl	1
II. 7	Izdelava posteljice z vrečami Izdelava posteljice z vrečami (tkane, polipropilenske), napolnjenimi s suho cementno mešanico (pesek granulacije 0-8 mm). Razdalja med vrečami a=ca. 2m. Vreče se položijo v prečni smeri. Masa vreč je ca. 50 kg. Količina je ocenjena.	t	8

II. 8	Dobava in nasipanje peska granulacije 0 - 4 mm Dobava in nasipanje peska granulacije 0 - 4 mm za posteljico, obsip cevi in zasip do 30 cm nad temenom cevi. Pesek mora biti brez ostrih robov, ki bi lahko poškodovali izolacijo. Količina je ocenjena. OPOMBA: peščena posteljica v deb. 0,10 m1 iz peska granulacije 0-4 mm se izdelava v celotni širini jarka.	m3	77
II. 9	Zasip jarka - vodotok Zasip jarka v vodotoku po plasteh, kot je določeno v tehničnem poročilu. V zasip 50 cm nad cevjo je potrebno položiti opozorilni trak, ki ga dobavi dobavitelj opreme. izbran material od izkopa - prod debeline do fi 0,15 m	m3	71
II. 10	Zasip jarka - priobalno zemljišče Zasip jarka po plasteh, kot je določeno v tehničnem poročilu. V zasip 50 cm nad cevjo je potrebno položiti opozorilni trak, ki ga dobavi dobavitelj opreme. izbran material od izkopa - zemlja III. ktg izbran material od izkopa - zemlja I. ktg	m3 m3	8 69
II. 11	Zavarovanje dna vodotoka Zavarovanje dna vodotoka s tlakovanjem iz zaklinjenega lomljenca fi ca. 0,8 - 1,0 m, v dveh ali več slojih. zaklinjen lomljenec od fi 0,8 m do fi 1,0 m beton C16/20	m3 m3	135 41
II. 12	Zavarovanje brežine Zavarovanje brežine vzdolžno in nizvodno s strojno zloženim zaklinjenim lomljencem v betonu premera od fi 0,8 m do fi 1,0 m, vključno z ločilnim geotekstilom. Priprava podlage z utrjevanjem v slojih, prebran material od izkopa 0/32. Obračun po m3 vgrajenega materiala. podlaga zaklinjen lomljenec od fi 0,8 m do fi 1,0 m ločilni geotekstil beton C16/20	m3 m3 m2 m3	99 330 330 99
II. 13	Plačilo odškodnine za pogin rib Plačilo odškodnine pristojni ribiški družini za pogin rib.	kpl	1
II. 14	Zaščita vodovodne cevi		

Polietilenska mreža "Rock Shield"	<i>m2</i>	110
-----------------------------------	-----------	------------

SKUPAJ:

III. DOSTOPNA POT (LEVA IN DESNA STRAN)

OPOMBA: Uporabijo se obstoječe dostopne poti na lokaciji in dostop v okviru delovnega pasu vodovoda. V kolikor je potrebno se obstoječe poti dodatno očisti, razširi na širino 3m in primerno utrdi (makadam).

III. 1	Ureditev dostopnih poti	<i>m2</i>	600
--------	--------------------------------	-----------	------------

Planiranje, dobava in vgradnja komplet makadamskega ustroja (tampon, zaključna plast), utrjevanje, potrebni poseki in izkopi, odvozi, odvodnjavanje, popravilo po končanih delih.

SKUPAJ:

IV. NEPREDVIDENA DELA

IV. 1	Nepredvidena dela	<i>%</i>	5
-------	--------------------------	----------	----------

Nepredvidena dela, predvidoma 5% od celotne vrednosti gradbenih del.

SKUPAJ:

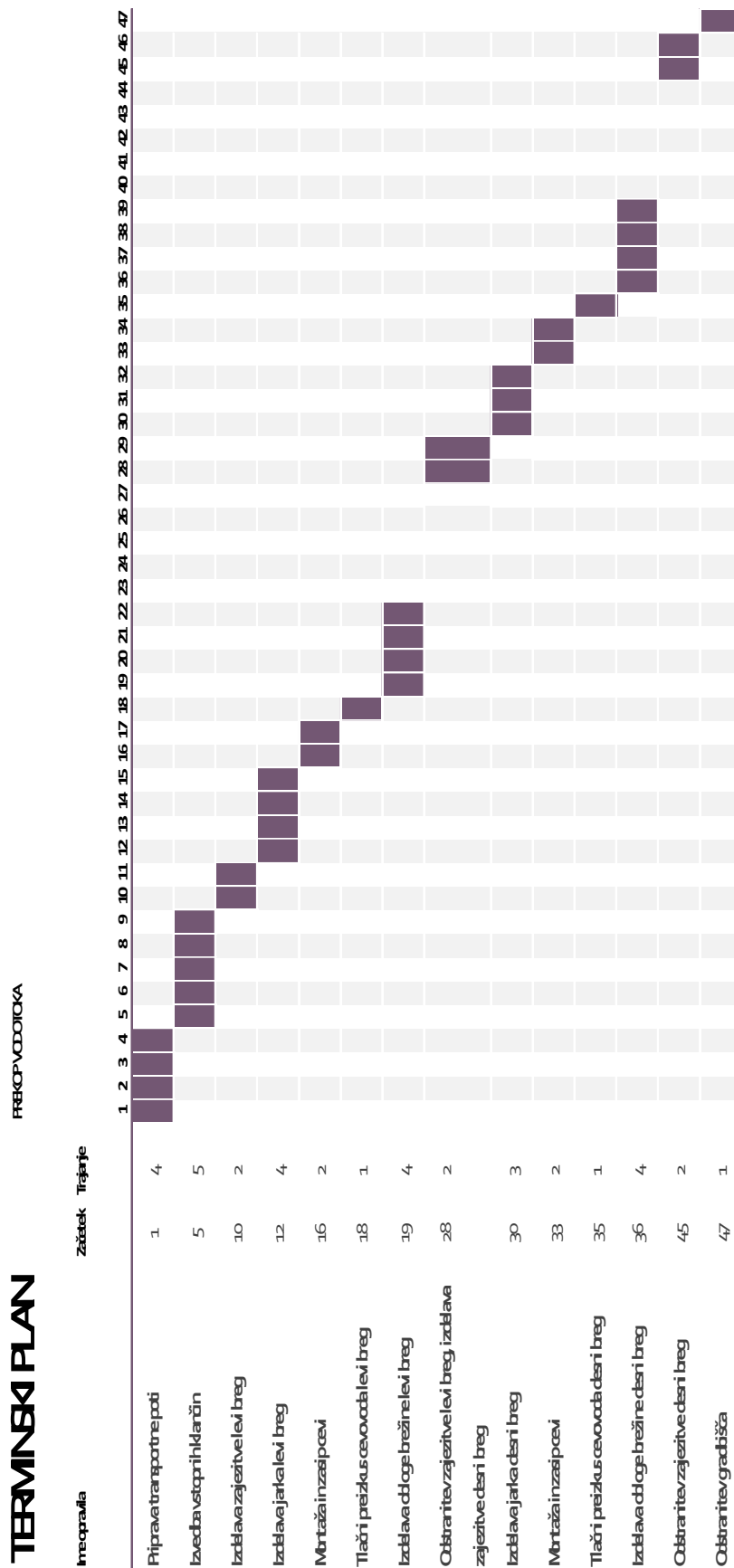
REKAPITULACIJA - GGRADBENA DELA

Cena na enoto in znesek so v EUR brez DDV!

- I. PRIPRAVA GRADBIŠČA**
 - II. ZEMELJSKA DELA**
 - III. DOSTOPNA POT (LEVA IN DESNA STRAN)**
 - IV. NEPREDVIDENA DELA**
-
-

SKUPAJ:

PRILOGA F: TERMINSKI PLAN



PRILOGA G: SITUACIJA PREČKANJA VODOTOKA – MIKROTUNEL

PRILOGA H: VZDOLŽNI PREREZ PREČKANJA VODOTOKA – MIKROTUNEL

PRILOGA I: ORGANIZACIJSKA SHEMA GRADBIŠČA – MIKROTUNEL

PRILOGA J: POPIS DEL – MIKROTUNEL

3/2 POPIS DEL - GRADBENA DELA

MT GRADBENA DELA

Cena na enoto in znesek so v EUR brez DDV!

Poz.	Opis postavke	Enota	Količina	Cena	Vrednost
I. PRIPRAVA GRADBIŠČA					
I. 1	Priprava gradbišča Priprava gradbišča v skladu z razpisnimi pogoji. Kompletni stroški za pripravo platoja gradbišča z vsemi utrditvami in stabilizacijo gradbiščnih površin, ograjo, gradbiščnimi objekti, komunalno opremljenostjo z oskrbo energije, vode itd. Lokacijo je treba natančno pregledati in prilagoditi na lokalne pogoje v soglasju s pristojnimi organi (občina, upravljavci cest, upravljavci komunalne infrastrukture itd.)	<i>kpl</i>	1		
I. 2	Priprava gradbišča Enako kot postavka I.1, le na lokaciji izstopne gradbene jame.	<i>kpl</i>	1		
I. 3	Odstranitev gradbišča Komplet odstranitev gradbišča na lokaciji vstopne in izstopne gradbene jame, vključno z objekti, sanacijo gradbiščnih površin vključno z humusiranjem, rahljanjem rodovitne zemlje in vrnitvijo zemljišča v prvotno stanje (sejanje trave).	<i>kpl</i>	1		
SKUPAJ:					
II. VZDRŽEVANJE GRADBIŠČA					
II. 1	Vzdrževanje gradbišča na lokaciji vstopne gradbene jame Vzdrževanje gradbišča na lokaciji vstopne gradbene jame med celotnim obdobjem gradnje. Nadzor in osvetlitev gradbišča, še posebej jam in začetka ter konca zaščitne cevi v smislu zaščite pred vstopom in prehodom ljudi in večjih živali. Obdobje vzdrževanja bo predvidoma trajalo koledarskih tednov (določi izvajalec).	<i>kpl</i>	1		
II. 2	Vzdrževanje gradbišča na lokaciji izstopne gradbene jame Enako kot postavka III.2 le vzdrževanje na lokaciji izstopne gradbene jame. Obdobje vzdrževanja bo predvidoma trajalo koledarskih tednov (določi izvajalec).	<i>kpl</i>	1		
II. 3	Vzdrževanje gradbišča zaradi višje sile ali na zahtevo naročnika	<i>dan</i>	15		

Vzdrževanje gradbišča preko celega obdobja izgradnje in nadzora gradbišča v primeru ustavitve del zaradi višje sile ali na zahtevo naročnika, vendar ne zaradi vremenskih pogojev ali montaže cevi. Obračun na delovni dan z vpisom v gradbeni dnevnik. Količina je ocenjena!

II. 4	Vzdrževanje gradbišča na zahtevo naročnika	<i>dan</i>	15
	Vzdrževanje vstopne gradbene jame na zahtevo naročnika do montaže cevi in spojitve na linijo. Obračun na delovni dan z vpisom v gradbeni dnevnik. Količina je ocenjena!		

SKUPAJ:

III. DODATNE GEOLOŠKE RAZISKAVE

III. 1	Geološke raziskave	<i>kpl</i>	1
	Dodatne geološke raziskave zemljišča pred izvedbo vrtanja, za katere izvajalec meni, da so še nujno potrebne glede na že izdelane raziskave in podane rezultate v geološkem poročilu in za katere naročnik meni, da so potrebne. Pozicija zajema raziskave kompletno z vrtinami, sondažnimi odkopi, laboratorijskimi analizami in izdelavo geološko-geomehanskega poročila v štirih izvodih.		

SKUPAJ:

IV. NAČRTOVANJE IZVEDBE

IV. 1	Načrtovanje	<i>kpl</i>	1
	Kompletna izdelava načrta izvedbe predmetnih del (organizacije gradbišča, izvedba gradbenih jam za podprtavanje, izvedba mikrotunelina, uvlečenje vodovodne cevi itd.), priprava in predstavitev naročniku vseh dokumentov, dokazil in izračunov, potrebnih za izvedbo.		

SKUPAJ:

V. ZEMELJSKA DELA IN GRADBENE JAME

OPOMBA:

Izkopani zemeljski material, ki se ponovno vgradi, se deponira v območju delovnega pasu.

Izkopani material, ki se ne uporabi, se odpelje na končno deponijo, ki jo priskrbi izvajalec v skladu z zakonodajo, ki ureja ravnanje z odpadki.

Izkopna dela se obračunajo po prostornini v raščenenem stanju, nasipna dela pa po prostornini v vgrajenem stanju.

V. 1	Vrtanje pod vodotokom (vodovod)	<i>kos</i>	2
	Ročni odkop podzemnih komunalnih vodov v območju gradbišča, vključno s sondiranjem.		
V. 2	Izkop v vodnjaku globine do 4,2 m	<i>m3</i>	330

	Izkop v vodnjaku notranjega premera 8 m in 3,4 m v zemljini III.-IV.ktg in globini do 4,2 m, dvig na površino, nakladanje in odvoz na deponijo znotraj delovnega pasu.		
V. 3	Izkop v vodnjaku globine nad 4,2 m Izkop v vodnjaku notranjega premera 8 m v zemljini IV.-V.ktg in globini od 4,2 m, dvig na površino, nakladanje in odvoz na deponijo znotraj delovnega pasu.	m3	840
V. 4	Opaž Komplet opaženje, razopaženje in čiščenje enostranskega opaža višine 100 cm.	m2	602
V. 5	Ureditev dna gradbene jame Ureditev dna gradbene jame za vrtnje s podložnim betonom C12/15, vključno z vgradnjo in dobavo.	m3	20
V. 6	Dobava in vgrajevanje betona Dobava in vgrajevanje vodotesnega armiranega betona C25/30 z oteženim vgrajevanjem	m3	195
V. 7	Dobava in vgrajevanje betona Dobava in vgrajevanje armiranega betona C25/30 z oteženim vgrajevanjem za oporno steno za vrtno garnituro.	m3	10
V. 8	Dobava in montaža armature Dobava in vgradnja armature RA 400/500-2, prereza fi 14 mm in več	kg	20.100
V. 9	Izdelava črpalnega jaška Izdelava črpalnega jaška na dnu vodnjaka iz AB cevi za črpanje vode vključno v vsemi pomožnimi deli in materialom.	kpl	2
V. 10	Pokrov na izstopnem vodnjaku Izdelava pokrova na izstopnem vodnjaku iz betonske plošče C25/30, debeline 30 cm, v kateri se izvede odprtino za dostop iz LTŽ dvojnega pokrova dim. 100x60 cm z zaklepom, nosilnega razreda D400 po SIST EN 124. Za dostop dobaviti in vgraditi lestev z varovalnim ledvenim delom iz INOX materiala (17m), vključno z vsemi pomožnimi deli in materialom.	kpl	1
V. 11	Zasip vstopnega vodnjaka - 1. Zasip vstopnega vodnjaka z izkopnim materialom.	m3	700
V. 12	Vgradnja lestve Dobava in vgradnja lestve z varovalnim ledvenim delom iz pocinkanega jekla (17m +15m), vključno z vsemi pomožnimi deli in materialom (dostop v vodnjak med izvedbo del).	m	32
V. 13	Prezračevalne cevi Izdelava prezračevanja vodnjaka z dovajanjem zraka po ceveh, vključno z dobavo, montažo in vsemi pomožnimi deli.	kpl	1

SKUPAJ:**VI. IZVEDBA MIKROTUNELINGA**

VI. 1	Zaščitne cevi Dobava, transport in deponiranje zaščitnih betonskih cevi DN 800 mm iz armiranega betona na gradbišču, kompletno s tesnjenjem in vodilnim obročem za priključek cevi. Dolžina cevi 3m.	m1	72
VI. 2	Izvedba podvrtavanja Kompletna izvedba podvrtavanja z vgradnjo betonskih zaščitnih cevi po tehnologiji "mikrotuneling". Vrste in plasti zemljine na lokaciji so opisane v geološkem poročilu in dodatnih geoloških raziskav. Naslednji maksimalni odkloni od predpisanih naklonov ali od naklona, ki ga načrtuje izvajalec in odobri naročnik, se ne smejo preseči, za kar je odgovoren izvajalec. Maksimalni odkloni: Vodoravni odklon: 500 mm Navpični odklon: 500 mm Prazen prostor, ki nastane okrog zaščitne betonske cevi (nadprofil), je treba stalno polniti s suspenzijo bentonita, prilagojeno na lokalne geološke pogoje. V izogib trenju in za zapolnitev vseh praznin in lukenj polnjenje poteka med celotnim trajanjem uvrtačenja. Potisno silo in silo krmiljenja kot tudi pozicijo vrtalne glave (MTBM stroja) je treba stalno nadzorovati in beležiti. Vse podatke o MTBM stroju, ki se beležijo in posredujejo na krmilno ploščo, je treba registrirati v skladu s programom o zagotavljanju kakovosti (po zahtevah naročnika) in vsak dan predstaviti ali zagotoviti nadzornemu osebju naročnika na gradbišču v elektronski obliki. Zaščitna betonska cev mora biti popolnoma prazna in vodotesna, njene notranje površine pa morajo biti gladke. Cena na enoto mora vsebovati vsa dodatna in naknadna dela ter storitve, potrebne za uvrtačenje. To vključuje vse zahteve iz razpisnih pogojev, dobavo in montažo vseh strojev in opreme, potrebne za hidravlično uvrtačenje, namestitve in odstranitve MTBM stroja, oskrbo z elektriko in vodo, dobavo, namestitve, obratovanje, vzdrževanje in odstranitev separacijske enote, ko se kot nosilna tekočina uporablja bentonit, kot tudi preverjena statika tunela za predmetno zaščitno cev. V ceni so zajeti vsi stroški za vmesne postaje. Izvajalec določi vrsto in količino vmesnih postaj za narivanje betonske cevi, pri tem mora upoštevati njihovo dobavo, montažo, obratovanje in vrsto ter nadzor prehoda tlaka med posameznimi cevmi in cevni nastavki za mazanje bentonita. Cena mora zajemati tudi vsa potrebna dela v zvezi z nadzorom ter odstranjevanjem morebitnih prepek (skalnih samic, drevesnih debel, opečnih in betonskih konstrukcij (armirani beton) in kosov, katerih velikost od enega konca do drugega ne presega ≤ 0.5 m. Izmera po dolžinskem metru vgrajene zaščitne cevi.	m1	72

VI. 3	Izpad vrtnanja po naročilu naročnika Morebitni strošek za čas izpada vrtnanja po naročilu naročnika (stojnina). Obračun po koledarskih dnevih.	<i>dan</i>	10
VI. 4	Prezračevanje mikrotunela Izvedba prezračevanja mikrotunela v času vgrajevanja betonskih zaščitnih cevi in ob vstavljanju vodovodne cevi (50l/min), vključno z montažo, demontažo, vsemi deli in materialom.	<i>m1</i>	72
VI. 5	Zapiranje in tesnitev koncev zaščitnih cevi Zapiranje in tesnitev vstopnega in izstopnega konca zaščitnih cevi v času, ko se vrtnanje ne izvaja (nočni čas, nepredvidene prekinitve) za preprečitev dostopa v mikrotunel in vdor voda, vključno z vsakokratno montažo in demontažo. Velja za čas od začetka vrtnanja do končane gradnje. Tip zaščite predvidi izvajalec del.	<i>kpl</i>	1
VI. 6	Vzdrževanje tesnjenja Vzdrževanje tesnjenja iz nepredvidenih razlogov po naročilu investitorja.	<i>mesec</i>	1
VI. 7	Osvetlitev mikrotunela Osvetlitev mikrotunela v času gradnje in uvleka cevi, vključno z montažo, demontažo, vsemi deli in materialom.	<i>kpl</i>	1

SKUPAJ:

VII. MONTAŽNA DELA

OPOMBA: Izvajalec podvrtavanja (mikrotunelinga) je odgovoren tudi za montažo celotne vodovodne cevi in kablskih cevi kot tudi za izvedbo montažne proge (tirnic/distančnikov) znotraj zaščitne cevi vključno z vso strojno opremo za tehnično pravilno vgradnjo vodovodne cevi.

VII. 1	Dobava in montaža kovinskih distančnikov Dobava in montaža kovinskih distančnikov, ki ščitijo vodovodno cev in kablsko cev pred poškodbami. Razdalja ne sme presegati 4,0 m. Izvajalec mora zagotoviti dokaz o zadostnih dimenzijah in nosilnosti/odpornosti na obrabo distančnikov in zahtevanih montažnih delov. Tračnice morajo biti izvedene tako, da se prepreči kakršnakoli nadaljnja poškodba vodovodne cevi in zaščitne kablške cevi. Obračun po dolžinskem metru vrtine.	<i>m1</i>	72
VII. 2	Montaža vodila Montaža vodil (tirnice) na dnu zaščitne betonske cevi, kot to določi izvajalec. Vodila morajo omogočati varno narivanje vodovodne cevi v zaščitno betonsko cev. Vodila so oblikovana za montažo na dno zaščitne betonske cevi, tako da skupaj z distančniki omogočajo vstavljanje vodovodne cevi in onemogočajo spremembe njene smeri med narivanjem v zaščitno betonsko cev. Določi izvajalec: Vrsta vodila in vrsta montažnih delov: Obračun po dolžinskem metru vodila.	<i>m1</i>	72

VII. 3	Montaža vodovodne cevi	<i>m1</i>	72
<p>Montaža vodovodne cevi v zaščitno betonsko cev v skladu s programom montaže, ki ga naredi izvajalec. Program montaže mora predhodno potrditi naročnik. Montažo je treba izvajati v tesnem sodelovanju z izvajalcem montažerjem, ki je odgovoren za strokovno pripravo vodovodne cevi. Vodovodno cev je treba potisniti v zaščitno betonsko cev tako, da se preprečijo poškodbe na zunanji površini cevi. Obračun po dolžinskem metru vrtine.</p>			

SKUPAJ:

VIII. KONTROLA KAKOVOSTI

VIII. 1	Kontrola položaja in smeri vrtalne glave	<i>m1</i>	72
<p>Kontrola položaja in smeri vrtalne glave s strani nevtralne geodetske inštitucije, dnevno poročanje naročniku s prikazom koordinat x,y,z v numerični in grafični obliki (situacija, vzdolžni profil) ter izdelava končnega poročila.</p>			

SKUPAJ:

IX. RAZNA DELA

IX. 1	Injektiranje	<i>m1</i>	72
<p>Trajno polnjenje DN 800 zaščitne betonske cevi brez preostalih praznin po funkcionalnem preizkusu vodovodne cevi in zaščitne kabelske cevi z injekcijsko maso in vključno s trajnim zapiranjem koncev zaščitne betonske cevi. Stroški polnjenja zajemajo dobavo in montažo potrebnih polnilnih cevi znotraj zaščitne betonske cevi. Določiti je treba vrsto, dolžino in montažo polnilnih cevi. Razviti je treba postopek polnjenja in ga dostaviti naročniku v odobritev 14 dni pred izvedbo. V izogib upogibanju je treba PE-cevi med polnjenjem napolniti z vodo ali v njih vzdrževati pritisk. Cevi za zaščito kablov je treba naročniku dostaviti suhe (brez vode). Izmera po dolžinskem metru injektiranja.</p>			
IX. 2	Injektiranje	<i>kpl</i>	1
<p>Izdelava dokumentacije o izvedenih delih, priprava risb in dokumentov izvedenih del.</p>			
IX. 3	Označba trase vodovoda	<i>kpl</i>	1
<p>Označba trase vodovoda na terenu, geodetski posnetek označb, vključno z vsemi meritvami (koordinat x,y,z) in materialnimi stroški.</p>			

SKUPAJ:

X. DOSTOPNA POT (VSTOPNA IN IZSTOPNA GRADBENA JAMA)

OPOMBA: Uporabijo se obstoječe dostopne poti na lokaciji in dostop v okviru delovnega pasu vodovoda. V kolikor je potrebno se obstoječe poti dodatno očisti, razširi na širino 3m in primerno utrdi (makadam).

X. 1	Ureditev dostopnih poti	m2	600
	Planiranje, dobava in vgradnja komplet makadamskega ustroja (tampon, zaključna plast), utrjevanje, potrebni poseki in izkopi, odvozi, odvodnjavanje, popravilo po končanih delih.		

SKUPAJ:

XI. NEPREDVIDENA DELA

XI. 1	Nepredvidena dela	%	5
	Nepredvidena dela, predvidoma 5% od celotne vrednosti gradbenih del.		

SKUPAJ:

REKAPITULACIJA - MT GRADBENA DELA

Cena na enoto in znesek so v EUR brez DDV!

- I. PRIPRAVA GRADBIŠČA**
- II. VZDRŽEVANJE GRADBIŠČA**
- III. DODATNE GEOLOŠKE RAZISKAVE**
- IV. NAČRTOVANJE IZVEDBE**
- V. ZEMELJSKA DELA IN GRADBENE JAME**
- VI. IZVEDBA MIKROTUNELINGA**
- VII. MONTAŽNA DELA**
- VIII. KONTROLA KAKOVOSTI**
- IX. RAZNA DELA**
- X. DOSTOPNA POT (VSTOPNA IN IZSTOPNA GRADBENA JAMA)**
- XI. NEPREDVIDENA DELA**

SKUPAJ:

