

B.1. 2 HIDRAULIČKI PRORAČUN

PODMORSKI ISPUST OTPADNIH VODA Božava

◆ Sustav odvodnje otpadnih voda »Božava« - Dugi otok ◆

B1. 2.1 UVODNE NAPOMENE

Predmetnim GLAVNIM PROJEKTOM obuhvaćena je izgradnja PODMORSKOG ISPUSTA OTPADNIH VODA NASELJA BOŽAVA na Dugom otoku, u sklopu SUSTAVA ODVODNJE OTPADNIH VODA NASELJA BOŽAVA.

Obrađivano naselje BOŽAVA nalazi se na području Dugog otoka, jednog od tzv. 'vanjskih' otoka Zadarske županije.

Božava nema izgrađeni kanalizacijski sustav. Odvodnja otpadnih voda riješena je tako da se prikupljene kućanske otpadne vode u septičkim jamama uglavnom procjeđuju. Većinu ih je moguće smatrati upojnim jamama, bez ikakvog pročišćavanja. Korektnije izvedene septičke jame povremeno se prazne od taloga, dok se efluent uvijek drenira (filtrira) prema nižim horizontima ili, jednostavno, procjeđuje u tlo. Odvodnja oborinskih voda prepuštena je površinskom otjecanju te otjecanju otvorenim kanalima i rigolima prema moru ili polju. Zbog konfiguracije naselja i karakteristika tla na većem dijelu sliva se ne formiraju površinski tokovi ni kod većih intenziteta oborina. Iz toga slijedi da je visoki stupanj površinskog upijanja te kratkoća tečenja do mjesta upijanja ili mora.

Sagledavajući moguće načine rješavanja odvodnje otpadnih voda obrađivanog područja, valorizirane su 3 varijante **kanalizacijskog sustava Božava**.

USVOJENO VARIJANTNO RJEŠENJE (Varijanta "3") :

Kanalizacijski sustav sa uređajem za pročišćavanje otpadnih voda naselja Božava-Dugi otok na lokaciji prema uvali Strijambok u Zverinačkom kanalu; UREĐAJ "ODGOVARAJUĆEG STUPNJA" PROČIŠĆAVANJA N = 1000 ES I PODMORSKI ISPUST U ZVERINAČKI KANAL („normalno područje“)

Ovom varijantom predviđeno je rješenje kanalizacijskog sustava naselja BOŽAVA na Dugom otoku s uređajem za čišćenje otpadnih voda smještenim na lokaciji prijevoja prema uvali Strijambok u Zverinačkom kanalu te ispuštanje pročišćenih otpadnih voda u akvatorij Zverinačkog kanala putem podmorskog ispusta.

B.1. 2.2. POLAZNE POSTAVKE

Na osnovu rezultata oceanografskih istraživanja Zverinačkog kanala kao prijemnika otpadnih voda te trase samog podmorskog ispusta pročišćenih otpadnih voda sustava odvodnje naselja Božava, određena je potrebna dužina i ostale karakteristike ispusta, kao i opisi i zaključci bitni za projektiranje i izgradnju podmorskog ispusta, uz odluku prema zakonskim odrednicama o potrebnom stupnju pročišćavanja otpadnih voda sustava odvodnje otpadnih voda naselja Božava na Dugom otoku.

Podmorski ispust je kao građevina odmah predviđen za konačno opterećenje, s time da će hidraulički uvjeti tečenja (i za slučaj manjih količina otpadnih voda u prvim razvojnim fazama) biti postignuti doziranjem iz dozažnog bazena putem tzv. leptiraste zaklopke s elektromotornim pogonom u kombinaciji sa odgovarajućim ultrazvučnim senzorom – mjerjačem razine.

Podmorski ispust sastavljen je od kopnene i podmorske dionice, a predviđen je i *Studijom hidrografskih izmjera, geologijom podmorja, oceanografskim i meteorološkim podacima – Rezultati istraživačkih radova trase podmorskog ispusta otpadnih voda mjesta Božava – Dugi otok* (HHI-Split, rujan 2009.g.), te *Studijom zaštite voda Zadarske županije*.

Lokacija kopnenog dijela podmorskog ispusta nadovezuje se na lokaciju uređaja za pročišćavanje otpadnih voda Božava. Kopneni dio trase se nalazi se, dakle, na lokaciji prijevoja prema uvali Strijambok u Zverinačkom kanalu, dok je podmorski dio u akvatoriju Zverinačkog kanala u kursu 42°, prema sredini Zverinačkog kanala.

Trasu podmorskog dijela ispusta čini cjevovod od točke prijelaza sa kopnene dionice (lokacija 'odzračnog okna', na točki LP trase kopnenog dijela cjevovoda) u smjeru sjeveroistoka, tj.sredini Zverinačkog kanala, odnosno kursu 42°.

LP ima slijedeće koordinate u Gauss-Krüger-ovoj projekciji:

$$\begin{aligned} Y &= 5\,493\,017,93; \\ X &= 4\,888\,778,92; \\ Z &= 1,50 \text{ m (m n.m.)}. \end{aligned}$$

Podmorski ispust proračunat je za "konačni" stupanj izgrađenosti predmetnog kanalizacijskog sustava, odnosno za opterećenje: $Q_{\max} = 15,00 \text{ l/s}$

Izrađenim projektima i provedenim analizama, utvrđene su količine i karakteristike otpadnih voda koje će biti dovedene na uređaj za pročišćavanje i podmorski ispust sustava odvodnje otpadnih voda naselja Božava na Dugom otoku.

B.1. 2.3. MJERODAVNE KOLIČINE OTPADNIH VODA

Hidrauličko opterećenje preuzeto je iz elaborata "IDEJNO RJEŠENJE ODVODNJE OTPADNIH VODA NASELJA Božava ("BiEco" d.o.o. Rijeka, srpanj 2001.g.) odnosno

1. faza: 2002.-2012. godina

ZIMSKO RAZDOBLJE (izvan sezone)

* HIDRAULIČKO OPTEREĆENJE:

VRSTA KORISNIKA	BROJ KORISNIKA	SPECIFIČNA KOLIČINA (l/koris, dan)	UKUPNO - Q _{dn} (m ³ /dan)
STANOVNIŠTVO	200	150	30
SVEUKUPNO			30

$$Q_{sr} = \frac{Q}{24 * 3,6} = \frac{30}{24 * 3,6} = 0,35 l / s$$

- koeficijent neravnomjernosti $\rightarrow K = \frac{2,69}{Q_{sr}^{0,121}} = \frac{2,69}{0,35^{0,121}} = 3,05$

$$Q_{max} = K * Q_{sr} = 3,05 * 0,35 = 1,07 l / s$$

LJETNO RAZDOBLJE

* HIDRAULIČKO OPTEREĆENJE:

VRSTA KORISNIKA	BROJ KORISNIKA	SPECIFIČNA KOLIČINA (l/koris, dan)	UKUPNO - Q _{dn} (m ³ /dan)
STANOVNIŠTVO	200	150	30
GOSTI PRIVAT. SMJEŠTAJ	300	150	45
HOTELSKI GOSTI	400	200	80
IZLETNICI (NAUČIČARI)	200	50	10
SVEUKUPNO			165

$$Q_{sr} = \frac{Q}{24 * 3,6} = \frac{165}{24 * 3,6} = 1,91 l / s$$

- koeficijent neravnomjernosti $\rightarrow K = \frac{2,69}{Q_{sr}^{0,121}} = \frac{2,69}{1,91^{0,121}} = 2,49$

$$Q_{max} = K * Q_{sr} = 2,49 * 1,91 = 4,76 l / s \approx 5,00 l / s$$

2. faza: 2025.-2030. godina

ZIMSKO RAZDOBLJE (izvan sezone)

*** HIDRAULIČKO OPTEREĆENJE:**

VRSTA KORISNIKA	BROJ KORISNIKA	SPECIFIČNA KOLIČINA (l/koris, dan)	UKUPNO - Q _{dn} (m ³ /dan)
STANOVNIŠTVO	250	150	37,5
SVEUKUPNO			37,5

$$Q_{sr} = \frac{Q}{24 * 3,6} = \frac{37,5}{24 * 3,6} = 0,52 l / s$$

- koeficijent neravnomjernosti $\rightarrow K = \frac{2,69}{Q_{sr}^{0,121}} = \frac{2,69}{0,52^{0,121}} = 2,91$

$$Q_{max} = K * Q_{sr} = 2,91 * 0,52 = 1,52 l / s$$

LJETNO RAZDOBLJE

*** HIDRAULIČKO OPTEREĆENJE:**

VRSTA KORISNIKA	BROJ KORISNIKA	SPECIFIČNA KOLIČINA (l/koris, dan)	UKUPNO - Q _{dn} (m ³ /dan)
STANOVNIŠTVO	250	150	37,5
GOSTI PRIVAT. SMJEŠTAJ	300	150	45
HOTELSKI GOSTI	400	200	80
IZLETNICI (NAUČIČARI)	200	50	10
SVEUKUPNO			172,5

$$Q_{sr} = \frac{Q}{24 * 3,6} = \frac{172,5}{24 * 3,6} = 2,00 l / s$$

- koeficijent neravnomjernosti $\rightarrow K = \frac{2,69}{Q_{sr}^{0,121}} = \frac{2,69}{2,00^{0,121}} = 2,48$

$$Q_{max} = K * Q_{sr} = 2,48 * 2,00 = 4,96 l / s \approx 5,00 l / s$$

⇒ **UKUPNO (USVOJENO) HIDRAULIČKO OPTEREĆENJE OTPADNIH VODA**

Prema navedenim količinama iz elaborata "IDEJNO RJEŠENJE ODVODNJE OTPADNIH VODA NASELJA Božava" ("BiEco" d.o.o. Rijeka, srpanj 2001.g.) usvojena je MJERODAVNA KOLIČINA:

$$q_{\max.} = 5,00 \text{ l/s}$$

kao hidrauličko opterećenje.

⇒ **BIOKEMIJSKO OPTEREĆENJE:**

$$B = (250 + 300 + 400) \times 0,060 + 200 \times 0,020 = 60,00 \text{ kgBPK}_5 / \text{ dan}$$

⇒ **EKVIVALENTNI STANOVNICI:**

$$N = B / 0,060 = 60,0 / 0,060 = 1000 \text{ ES}$$

Podmorski ispust dimenzioniran je na maksimalne količine otpadne vode u završnoj fazi izgradnje sustava odvodnje otpadnih voda naselja Božava, a uz uvjet ispuštanja količine otpadnih voda iz dožaljnog bvazena u svrhu postizanja brzina u cjevovodu ispusta koje osiguravaju sprečavanje taloženja ⇒ $Q = 15,0 \text{ l/s}$.

Zadatak dozažnog uređaja je da uspostavi takav pogonski režim pri kojem će male brzine istjecanja biti eliminirane, a postignuto turbulentno miješanje na graničnim kontaktima ispuštenog efluenta i morske vode kao medija. Na taj način će biti dobiveni efekti optimalnog razrijeđenja. To će biti postignuto uz uvjet da brzina istjecanja na difuzoru bude oko 2 m/s , a protok kroz "osnovnu" cijev ispusta cca 1 m/s .

U skladu sa usvojenim količinama i uvjetima lokacije (akvatorija) ispuštanja prema istraživačkim i studijskim radovima i elaboratima, **izvesti će se podmorski ispust otpadnih voda ukupne duljine 847,80 m, uključujući 63 m difuzora i 31,00 m kopnene dionice, promjera PEHD cijevi $\varnothing 180/162^2 \text{ mm}$, na dubinu -63 m.**

Materijal izrade PEHD (tvrdi polietilen), PE 100, SDR 26, PN 6,3 bar-a, debljina stijenke cijevi 6,9 mm, jedinična težina oko 3,83 kg/m'.

Podmorski ispust se sastoji od slijedećih tehnoloških dijelova:

1. Kopnena dionica podmorskog ispusta u duljini 13 m - PEHD $\varnothing 180/166^2 \text{ mm}$;
2. Cjevovod podmorskog ispusta - PEHD $\varnothing 180/166^2 \text{ mm}$;
PE 100; SDR 26; PN 6,3 bar-a (dionica bez difuzora 752,8 m)
3. Difuzor 64 m - PEHD $\varnothing 180 \div 125 \text{ mm}$ (SDR 26; PN 6,3 bar-a).

B.1. 2.4. PRORAČUN PODMORSKOG ISPUSTA »BOŽAVA« - Dugi otok

B.1. 2.4.1. PRORAČUN DULJINE PODMORSKOG ISPUSTA

NAPOMENE: - Detaljni podaci o ulaznim parametrima za proračun i projektiranje podmorskog ispusta usvojeni su i prema REZULTATIMA ISTRAŽIVAČKIH RADOVA TRASE PODMORSKOG ISPUSTA OTPADNIH VODA MJESTA BOŽAVA koje je izradilo stručno ovlašteno podozeće/institut - "HHI" - Split, rujan 2009.g.

Podmorski ispust predviđen je s difuzorom na kraju. Početno hidrauličko razrijeđenje otpadne vode u stupcu morske vode iznad difuzora izraženo je kao:

$$S_1 = \frac{Q_v + Q_m}{Q_v}$$

Q_v = količina vode koja istječe iz difuzora;

Q_m = količina vode mora u kojoj se vrši razrijeđenje.

Najmanje razrijeđenje izračunati će se za slučaj da se ne uzima u obzir turbulentna disperzija, koja nastaje utjecanjem jednog fluida u drugi, već samo miješanje u stupcu vode, koji se pomiče uslijed djelovanja morskih struja.

Količina vode mora u kojoj se vrši razrijeđenje jednako je:

$$Q_m = v \times b \times h$$

gdje je: v = brzina struje mora;

b = dužina difuzora;

h = visina stupca vode u kojem se vrši razrijeđenje.

Uz pretpostavku da će ukupna duljina ispusta (od LP1 do difuzora) iznositi 766,80 m, utvrđuje se dubina mora -63,0 do -64,0 m (niveleta cjevovoda difuzorske sekcije na prosječnoj dubini -63,0 m!) uz prosječnu ljetnu visinu sloja termokline 10 m, a kao najnepovoljnije dubina termokline 0 m.

Visina stupca u kojem se vrši razrijeđenje:

$$h = \frac{z}{3} = \frac{(63,00 - 0,00)}{3} = 21,00m$$

Minimalna brzina morskih struja 1,0 cm/s.

Duljina difuzora ovisna je o količini istjecanja otpadne vode, brzini istjecanja te dubini stupca vode.

Količina dotjecanja otpadne vode funkcija je maksimalnog kapaciteta uređaja za pročišćavanje otpadnih voda kanalizacijskog sustava Božava na Dugom otoku, odnosno predviđenom ispuštanju iz dozažnog bazena i iznosi:

$$q_{\max} = 15,0 \text{ l/s} = 0,015 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Pretpostavljeni (predviđeni) otvor difuzora je $\varnothing 40 \text{ mm}$ i brzina istjecanja $v = 2,0 \text{ m/s}$.

Količina istjecanja iz jednog otvora difuzora:

$$q = 2,00 \times \frac{0,040^2 \times \Pi}{4} = 0,00251 \text{ m}^3 / \text{s} (2,51 \text{ l} / \text{s})$$

Potreban broj otvora:

$$n = \frac{0,015}{0,00251} = 5,97 \approx 6$$

Kako je završni otvor difuzora jednak 3-struko površini, **potrebno je 4 otvora** (3+3x1).

Udaljenost između otvora difuzora mora biti tolika da se protok iz pojedinih otvora ne miješa prije termokline (eventualno prije površine).

Razmak (minimalni) otvora bio bi za max termoklinu od 20 m :

$$a = \frac{z}{3} = \frac{63,00 - 20,00}{3} = 14,0 \text{ m}$$

Odabran je razmak otvora difuzora za 'homotermne uvjete' (bez termokline):

$$a = \frac{z}{3} = \frac{21,00 - 0,00}{3} = 21,0 \text{ m}$$

U cilju postizanja povoljnije brzine tečenja, uzimamo zadnji otvor difuzora trostruke veličine, a DULJINA DIFUZORA će biti:

$$b = (n - 1) \times a = (4 - 1) \times 21,00 = 63,00 \text{ m}$$

Količina (minimalna za termoklinu 20,0 m) vode mora u kojoj se vrši razrijeđenje:

$$Q_m = 0,01 \text{ m}^3 / \text{s} \times 63,00 \text{ m} \times (63,00 - 20,00 \text{ m}) = 27,09 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Početno hidrauličko razrijeđenje:

$$S_1 = \frac{0,015 + 27,09}{0,015} = 1807 \text{ puta}$$

Da bi se izvršilo potrebno miješanje otpadne vode u stupcu mora, potrebno je da istjecanje iz difuzora bude u punom presjeku, odnosno Froud-ov broj mora biti veći od 2.

Za konkretne prilike Froud-ov broj iznosi:

$$F = \frac{V_d}{\sqrt{\frac{\Delta\gamma}{\gamma_v} \times g \times d}}$$

$$\Delta\gamma = \gamma_M - \gamma_v = 1,03 - 1,00 = 0,03$$

$$F = \frac{2,00}{\sqrt{\frac{0,03}{1,00} \times 9,81 \times 0,040}} = 18,43 > 2,00$$

Za slučaj stagnacije u moru, može se izračunati početno razrijeđenje iznad otvora difuzora prema Cumming-u:

$$S_1' = 0,144 \times \frac{H}{D}$$

gdje je:

H = dubina mora iznad otvora difuzora

D = promjer otvora difuzora

$$S_1' = 0,144 \times \frac{63,00}{0,040} = 226,80$$

Kod najnepovoljnijih prilika koje se mogu pojaviti i trajati vrlo kratko vrijeme, veličina početnog razrijeđenja iznositi će $S_1' = 226,8$ puta.

Dalje se može izračunati koncentracija zagađivača iznad difuzora prema:

$$C_o = \frac{C_v - C_m}{S_1} + C_m$$

gdje je:

C_v = koncentracija zagađivača u otpadnoj vodi (BPK₅)

C_m = postojeća koncentracija zagađivača u morskoj vodi (BPK₅)

Koncentracija BPK₅ u otpadnoj vodi procijenjena je na:

- $C_v = 240$ mg/l u samo mehanički pročišćenoj vodi, tj. u I.fazi izgradnje sustava, odnosno:

Nije izmjerena srednja koncentracija BPK₅ Zverinačkog kanala, pa se pretpostavlja:

- $C = 2,0$ mg/l!

U slučaju stagnantne situacije koncentracija iznad difuzora biti će:

$$C_o = \frac{240,0 - 2,00}{226,8} + 2,0 = 3,05 \text{ mg / l}$$

U slučaju djelovanja minimalnih morskih struja koncentracija iznad difuzora biti će:

$$C_o = \frac{240,0 - 2,00}{1807} + 2,0 = 2,13 \text{ mg / l}$$

Iz prethodnih podataka vidi se da je koncentracija za vrijeme stagnantnih situacija povećana.

Povećane koncentracije BPK₅ vezane su uz pridneni sloj vode iznad difuzora i naglo padaju s udaljenošću uslijed biološke razgradnje difuzije te su kratkog trajanja.

Obzirom na važnost sanitarnog standarda, izračunati će se vrijednost bakteriološkog zagađenja.

Koncentracija bakterija biti će izračunata na granici branjene zone, uzimajući u obzir difuziju i odumiranje bakterija tijekom transporta od difuzora do branjene zone.

Rješenje diferencijalne jednačbe za smanjenje koncentracije otpadne tvari prema Brooks-u za zadane granične uvjete glasi:

$$C_{\max} = C_o \exp\left(\frac{kx}{u}\right) \operatorname{erf}\left(\frac{3/2}{(1 + 2/3\beta \times b)^3 - 1}\right)^{1/2}$$

$$\beta = \frac{12 \times E_y}{u \times b}$$

gdje je:

x = udaljenost difuzora od granične linije; maksimalna koncentracija od raspršivača (m);

u = brzina morskih struja (m/s);

k = utjecaj morske vode na odumiranje bakterija;

E_y = koeficijent dispozicije;

b = duljina difuzora (m).

Koncentracija bakterija iznad difuzora, ne računajući s učinkom prethodnog čišćenja, kao najnepovoljniji slučaj:

Ukupno koliformnih bakterija : $9,9 \cdot 10^6 \div 9,9 \cdot 10^8$ b.c. / 100 ml

$$C_o = \frac{9,90 \times 10^7}{1807} = 0,548 \times 10^5 \text{ b.c./100ml}$$

Kontrola bakterija vrši se za ljetno razdoblje, kada je izvršena stratifikacija, pa se transport vrši ispod termokline. Najčešća (srednja) brzina na dubini -60 m (= ASS-1!) iznosi 5,20 cm/s ili 3,12 m'/min. Koeficijent disperzije može se izračunati prema:

$$E_y = 0,01 \times b^{4/3} = 0,01 \times 6300^{4/3} = 1160 \text{ cm}^3 / \text{sec}$$

$$\beta = \frac{12 \times 1160}{5,20 \times 63,00} \times (60 / 10000) = 0,255$$

Prema brojnim istraživanjima na Mediteranu može se, s dovoljno sigurnosti, računati sa:

$$K = \frac{2,3}{2,5} \text{ sati}^{-1}$$

$$t_{90} = 2,5 \text{ h}$$

Pretpostavljena duljina ispusta od "branjenog obalnog pojasa" od 300 m do prvog otvora difuzora (uz prethodnu provjeru iteracijom s primjenom računalnih aplikacija!):

$$x = 816,80 - 3,80 - 300,00 - 63,00 = 450,00 \text{ m}$$

gdje je:

- 300 m: branjeni obalni pojas;
- 3,80 m: lokacija LP1 (odzračno okno) do obalne crte;
- 63 m: duljina difuzora;
- 450 m: najbliža udaljenost otvora difuzora od branjenog obalnog pojasa;
- 816,8 m: ukupna duljina cjevovoda podmorskog ispusta (uključivo i difuzorsku sekciju).

$$C_{\max} = 0,548 \times 10^5 \exp\left(\frac{2,3 \times 450,0}{2,50 \times 5,20}\right) \operatorname{erf}\left(\frac{3/2}{(1 + 2/3 \times 0,255 \times 450,00 / 63,00)^3 - 1}\right)^{1/2}$$

$$C_{\max} = 0,548 \times 10^5 \exp(-72,62) \operatorname{erf}(0,152)$$

$$C_{\max} = 0,548 \times 10^5 \times 0,0109052 \times 0,835 = 499 \text{ b.c./100ml} < 500 \text{ b.c./100ml}$$

Kod duljine $x = 450,0$ m od difuzora do branjene zone, najvjerojatniji broj koliformnih bakterija bio bi 499 b.c./100 ml, što je ispod propisanog minimuma od 500 b.c./100 ml. Ovo znači da je odabrana duljina podmorskog dijela ispusta zadovoljavajuća, odnosno iznosi:

$$L = 300,0 + 3,80 + 450,0 + 63,0 = \boxed{816,80 \text{ m}}$$

B.1. 2.4.2. KONTROLA HIDRODINAMIČKIH PARAMETARA PODMORSKOG ISPUSTA BOŽAVA« - Dugi otok-

Maksimalni dotok je $Q = 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$

Od izlaznog okna iz uređaja za pročišćavanje otpadnih voda "Božava" do podvodnog dijela ispusta predviđena je polietilenska (PEHD; PE100) tlačna cijev $\varnothing 180/166^2$ mm (PN 6,3; SDR 26).

$$F = 0,1662^2 \times \Pi \times 0,25 = 0,02169 \text{ m}^2$$

a podmorski ispust također kao polietilenska (PEHD; PE 100) tlačna cijev $\varnothing 180/166^2$ mm (PN 6,3; SDR 26).

Brzina protjecanja u ispustu:

$$v = \frac{0,015(0,17)}{0,02169} = 0,70(0,80) \text{ m/s}$$

Maksimalna visina plime, mjerena od geodetske nule, iznosi za proračun 1,20 m (ekstremno kolebanje mora iznad geodetske nule, mareograf Split 1955÷1995.g.).

Dubina (max) mora (cijevi ispusta) na mjestu ispusta otpadne vode iznosi -63,0 m.

Kota piezometarske linije, na izlasku iz cijevi, biti će:

$$Z_1 = (1,20 + 63,00) \times 1,03 - 63,00 = 3,13 \text{ mn.m.}$$

Gubitak u cjevovodu uslijed trenja izračunati će se prema Darcy - Weisbachu:

$$h_v = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g}$$

Koeficijent λ biti će izračunat iz Moody-evog dijagrama prema Prandtl-Colebrook-u.

Za temperaturu $T = 20^\circ \text{C}$:

- kinematski koeficijent viskoznosti je $\nu = 1,1 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

- a viskoznost tekućine: $\nu = 1,31 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

Koeficijent hrapavosti za kopneni i podmorski cjevovod bez priključaka izveden od zavarenih polietilenskih cijevi pretpostavlja se $K_B = 0,25 \text{ mm}$.

Gubici na ukupnoj duljini podmorskog ispusta biti će izračunat prema :

$\varnothing 180/166^2 \text{ mm}$

$$R_e = \frac{v \times D}{\nu} = \frac{0,80 \times 0,1662}{1,1 \times 10^{-6}} = 1,21 \times 10^5$$

$$D / K = 166,2 / 0,25 = 664,8$$

Koeficijent otpora iz dijagrama $\rightarrow \lambda = 0,0220$

Gubitak u cijevi duljine $L = 13,0 + 816,80 - 63,0 = 766,80 \text{ m}$:

$$h_r = 0,0220 \times \frac{766,80}{0,1662} \times \frac{0,80^2}{19,62} = 3,31$$

Gubici na difuzoru:

Gubici na difuzoru računaju se sumiranjem linijskih gubitaka i gubitaka nastalih pri istjecanju iz otvora difuzora, prema jednadžbama:

$$h_r = \lambda \times \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2 \times g} \quad (\text{Darcy Weisbach}) \quad \text{i} \quad q = C_D \times B \times \sqrt{2 \times g \times H}$$

Krajnji otvor na difuzoru jednak je trostrukoj površini osnovnog otvora:

$$F_o = 3 \times \frac{0,040^2 \times \Pi}{4} = 3 \times 0,0012566 = 0,0037699 \text{ m}^2 \rightarrow F_o = 6,93 \text{ cm}; \text{ odabrano } \varnothing 7$$

cm

$$q_1 = 0,015 : 6 = 0,0025 m^3 / s = 2,50 l / s$$

$$q_o = 3 \times q_1 = 3 \times (0,015 : 6) = 0,0075 m^3 / s = 7,5 l / s$$

$$v = \frac{0,0075}{0,0037699} = 1,99 m / s$$

Presjek cijevi difuzora po stacionažama te ukupni gubitak na difuzoru izračunat je pomoću računala - aplikacija "Submar 2" i računom (gubici između svakog otvora i u svakom profilu cijevi).

Ukupni gubici za difuzor (17,0 l/s): 3,87-3,27 = **0,60 m**.

Ukupni gubici od uređaja za pročišćavanje do kraja podmorskog ispusta su:

$$Z = 3,31 + 0,60 = \mathbf{3,91\ m}$$

Kota nivelete cijevi na ulazu u kopneni dio ispusta, a time u vezi i kota lokacije uređaja za pročišćavanje otpadnih voda treba biti ista ili veća od 4,0 m n. m. da bi bio omogućen normalan rad (tlačno-gravitacijsko istjecanje) projektiranog ispusta.

Svi poklopci kopnene dionice podmorskog ispusta koji imaju apsolutnu visinsku kotu manju od 4,0 m n. m. trebaju biti vodonepropusno zabrtvljeni (zbog tlaka vode), a ostali mogu biti 'obični' kanalizacijski poklopci.

B.1. 2.5. PRORAČUN STABILITETA CJEVOVODA

B.1. 2.5.1. PRORAČUN STABILITETA U EKSPLOATACIJI

Na cjevovod, koji je položen na morsko dno, djeluje sila unutarnjeg pritiska te sile nastale uslijed vanjskog utjecaja. Cjevovod mora na sve te sile imati odgovarajuću otpornost. Otpornost može biti postignuta bilo kriterijem debljine stijenke, bilo uz pomoć dodatnih opteživača ili pomoću načina polaganja cjevovoda.

Čimbenici usko povezani sa stabilitetom cjevovoda jesu:

- uzgon cjevovoda
- morske struje
- valovi
- unutrašnji tlak vode
- promjena temperature
- nejednoliko nalijeganje na dno

Utjecaj svakog od tih čimbenika bit će razmotren dalje kako slijedi:

B.1. 2.5.2. UZGON CJEVOVODA

Specifična težina tvrdog polietilena (PEHD) manja je od specifične težine morske vode pa bi cjevovod ispunjen morskom ili slatkom vodom još uvijek plivao. Stoga je cjevovod potrebno sidriti betonskim utezima da bi bio otkonjen utjecaj uzgona.

Cijev : $\varnothing 180 / 166,2$ mm

Površina stijenke:
$$F = \frac{(0,180^2 - 0,1662^2) \times \Pi}{4} = 0,0037523m^2$$

Težina cijevi po m':
$$T_C = 0,0037523 \times 9650 = 38,30 \text{ N/m'}$$

($\gamma_C = 9650-10270 \text{ N/m}^3$)

Težina vode u cijevi:
$$T_V = \frac{0,1662^2 \times \Pi}{4} \times 10000 = 217 \text{ N / m'}$$

($\gamma_V = 10000 \text{ N/m}^3$)

Težina istisnute morske vode:
$$T_M = \frac{0,180^2 \times \Pi}{4} \times 10300 = 262 \text{ N / m'}$$

($\gamma_M = 10300 \text{ N/m}^3$)

Uzgon cijevi ispunjene zrakom
$$U_O = T_M - T_C = 262 - 38,30 = 223,70 \text{ N/m'}$$

Uzgon cijevi ispunjene vodom:
$$U_P = U_O - T_V = 223,70 - 217 = 6,70 \text{ N/m'}$$

Težina "primarnog opteživača":
- na "suhom" cca 70,0 kg
- u moru cca 38,0 kg

Razmak "primarnih opteživača": 3,0 m

Težina po m' "primarnog opteživača" u moru:
 $12,67 \text{ kg/m' } = 126,7 \text{ N/m' } > 4 \times 6,70 = 26,80 \text{ N/m'}$ (cjevovod ispunjen vodom tone!)

126,7 N/m' < 223,70 N/m' (cjevovod ispunjen zrakom ne tone!)

B.1. 2.5.3. UTJECAJ MORSKIH STRUJA

Na podmorski cjevovod pritisak vrše i morske struje, čija je veličina određena u elaboratu istraživačkih radova.

Na početnom dijelu podmorskog ispusta, cjevovod će biti ukopan u rov i ubetoniran do dubine -10,0 m te ukopan u rov (i dijelom nasipan) do dubine -15,0 m, te je utjecaj morskih struja eliminiran.

Kao mjerodavna veličina u obzir se uzima pretpostavljeni maksimalni iznos pretpostavljene pridnene morske struje na dubini od -60 m (63,0-3,0 = mjereno 3 m iznad morskog dna) od $v_t = 0,31$ m/s!).

Veličine sile tlaka uslijed djelovanja morskih struja je :

$$P_{xt} = 0,60 \times \frac{\gamma_m}{g} \times d_v \times v_t^2$$

Uvrštenjem poznatih vrijednosti dobije se:

$$P_{xt} = 0,60 \times \frac{10300}{9,81} \times 0,180 \times 0,31^2 = 10,90 \text{ N / m'}$$

B.1. 2.5.4. UTJECAJ VALOVA MORA

Glavni činitelji za oblikovanje određenog valnog modela su:

- brzina i smjer vjetra;
- vrijeme trajanja vjetra određenog smjera;
- veličina prostranstva nad kojim vjetar puše.

Predmetna lokacija, u ovom slučaju, je specifična s ograničenim prostranstvom. Bez obzira na jačinu i smjer vjetra i vrijeme njegovog trajanja, rijetko nailazimo na model potpuno razvijenog živog mora u Zverinačkom kanalu.

U svakom slučaju, vjetrovi smjera SE (dugotrajno olujno jugo), kao i NE (bura) oblikovati će valni model s najkarakterističnijim elementima valova za proračun. Val koji ima maksimalne elemente, pretpostavljen je od vjetra smjera SE maksimalne visine $H = 3,50$ m, dok je iz smjera bure maksimalna visina $H = 2,10$ m.

Proračun sila, koje nastaju uslijed djelovanja valova, biti će izvršen prema normama za proračun stabilneta cjevovoda. Iz tog razloga uvodi se oznaka za visinu vala "h" te za duljinu "λ".

Proračun sila uslijed djelovanja valova po stacionažama izračunat je pomoću računala - aplikacija "Submar 3".

Osiguranje cjevovoda može biti izvedeno na dva načina: ukopavanjem, odnosno postavljanjem betonskih utega.

Cijev ispunjena vodom (uzgon $U_p = 6,70 \text{ N/m}'$) bez utega bi još uvijek plivala. Stoga, cjevovod mora biti opterećen "osnovnim" opterećenjem tako da bi, ispunjen vodom, mogao biti potopljen.

Osnovno opterećenje se odabire tako da ono predstavlja i konačnu težinu utega, počevši od neke proračunske dubine. Cjevovod se ukopava u rov te betonira u slučaju dubina manjih od proračunske.

Proračunska dubina do koje će cjevovod biti ukopan, odnosno težina utega (iz tablice min. G, povećan za koeficijent sigurnosti $K = 1,3$) biti će odabrani prema uvjetima potapanja cjevovoda.

B.1. 2.5.5. KONTROLA NAPREZANJA KOD POTAPANJA

Kritično naprezanje cjevovoda od tvrdog polietilena pojavljuje se, upravo kod potapanja. Uz pretpostavku da će biti primijenjeno "punjenje vodom" kao način potapanja, tada, uz poznate karakteristike cijevi, zadanu maksimalnu dubinu potapanja i poznate dozvoljene deformacije, veličina kratkotrajnog maksimalnog naprezanja ovisi isključivo o odnosu ukupne težine cjevovoda ispunjenog vodom i ukupne težine cjevovoda ispunjenog zrakom.

Težina cijevi i težina vode su funkcija osnovnih dimenzija cjevovoda, pa je, za daljnji proračun bitna /isključivo!/ težina utega, odnosno, osnovnog opterećenja.

Potapanje će biti vršeno punjenjem cjevovoda morskom vodom, nakon postavljanja u predviđenu trasu.

Punjenje morskom vodom započeti će s kopnene strane, nakon pričvršćenja početka cjevovoda. Na kraju cjevovoda kontrolirano će biti ispuštan zrak, tako da se u cjevovodu osigura potreban pritisak zraka prema proračunu.

Kontrola naprezanja biti će izvršena prema metodi Lars-Eric Jansona "Plastic Pipes for Water Supply and Sewage Disposal" (1972.g.), uz korištenje diagrama za taj način proračuna.

Za cjevovod vanjskog promjera $D = 0,180 \text{ m}$, klase cjevovoda PE100, PN 6,3 bar-a te koeficijenta opterećenja $a = 0,25$, dubina do koje vrijedi proračun "1" iznosi $H=20,0 \text{ m}$.

Maksimalna dubina potapanja iznosi $H = -63,0 \text{ m}$, pa je potrebno primijeniti proračun "2".

Za $H = 63,0$ m, odnosno, $R/D > 75$ veći je od kritičnog $(R/D) \cdot k$ te neće doći do ispuščenja cijevi.

Radius zakrivljenosti cjevovoda kod potapanja iznositi će $R = 0,180 \cdot 75 = 13,50$ m.

U dijelu cjevovoda ispunjenog zrakom, tijekom potapanja potrebno je održavati pritisak od:

$$P = 0,50-0,70 \text{ bar}$$

Za koeficijent opterećenja $a=0,25$ opterećenje pod vodom, usmjereno prema dolje, iznositi će:

$$q_1 = 10 \times a \times \Pi \times d^2 \cdot 0,25$$

$$q_1 = 10 \times 0,25 \times \Pi \times 0,180^2 \times 0,25 = 0,0636 \text{ kN/m'}$$

Temeljna pretpostavka proračuna naprezanja cjevovoda prilikom potapanja je linearni odnos između momenta i savijenosti.

Učinjene greške su na strani sigurnosti, jer su izračunati radiusi manji od stvarnih; ne postoji linearan odnos između napona i deformacije kod plastičnih materijala; kod savijanja poprečni presjek cjevovoda postaje ovalan.

Za kratkotrajno stanje savijenosti cijevi (do 3 min.) napon može biti izračunat prema:

$$W = \frac{\Pi}{32} \times D^3 \times \left(1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right) = \frac{\Pi}{32} \times 18,0^3 \times \left(1 - \left(\frac{16,62}{18,0}\right)^4\right) = 156,40 \text{ cm}^3$$

$$J = \frac{W \times D}{2} = \frac{156,4 \times 18,0}{2} = 1408 \text{ cm}^4$$

$$\frac{1}{R} = \frac{M}{E \times J} \Rightarrow M = \frac{E \times J}{R}$$

$$M = \frac{90000 \times 1408}{1350} = 93867 \text{ Ncm}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{93867}{156,80} = 600 \text{ N/cm}^2 < 1000 \text{ N/cm}^2$$

B.1. 2.5.6. RAZMAK BETONSKIH UTEGA (OPTEŽIVAČA)

B.1. 2.5.6.1. RAZMAK 'PRIMARNIH' BETONSKIH UTEGA

U cilju spriječavanja veće lokalne zakrivljenosti cijevi od one proračunske, **potrebno je da minimalni razmak 'primarnih' utega iznosi:**

$$C = 10 \times D \times (2 - D)$$

- OSNOVNA CIJEV ISPUSTA Ø 180/166,2 mm:

$$C = 10 \times 0,180 \times (2 - 0,180) = 3,27 \text{ m}$$

Odabrano: 3,0 m

- POČETNE CIJEVI DIFUZORA ⇒ MINIMALNI RAZMAK 'PODMETAČA':

Ø 180/166,2 mm:

$$C = 10 \times 0,180 \times (2 - 0,180) = 3,27 \text{ m}$$

Ø 160/147,6 mm:

$$C = 10 \times 0,160 \times (2 - 0,160) = 2,95 \text{ m (+0,25 m = ležište cijevi na podmetaču!)}$$

Odabrano: 3,0 m

- ZAVRŠNE CIJEVI DIFUZORA ⇒ MINIMALNI RAZMAK 'PODMETAČA':

Ø 140/129,2 mm:

$$C = 10 \times 0,140 \times (2 - 0,140) = 2,60 \text{ m (+0,25 m = ležište cijevi na podmetaču!)}$$

Ø 125/115,4 mm:

$$C = 10 \times 0,125 \times (2 - 0,125) = 2,34 \text{ m (+0,25 m = ležište cijevi na podmetaču!)}$$

Odabrano: 2,50 m

Prema naprijed proračunatim težinama utega, uvrštenjem koeficijenta sigurnosti $K = 1,3$, izračunato opterećenje kod potapanja odgovara težini utega za dubinu veću od -10,0 m. Za dubine manje od -10,0 m cjevovod će biti ukopan i betoniran u rovu.

B.1. 2.5.6.2. RAZMAK 'SEKUNDARNIH' BETONSKIH UTEGA

Potreba za sekundarnim opteživačima izračunata je na osnovu proračuna opterećenja uslijed najvećih pridnenih struja (N/m' - tablica "3") uz koeficijent sigurnosti 1,3 → $G \times 1,3$, za konkretne stacionaže cijevi, uz osiguranje stabilnosti cjevovoda u "dubokom moru".

Proračun sila uslijed djelovanja valova po stacionažama izračunat je pomoću računala - aplikacija "SUBMAR 3" → vidi "PRILOG" uz hidraulički proračun.

Ugradnja "sekundarnih" opteživača nije potrebna jer proračun pokazuje dovoljnu stabilnost cjevovoda kod ugradnje predviđenih "primarnih" opteživača na svakih 3,0 m'!

B.1. 2.5.7. KONTROLA NAPREZANJA CJEVOVODA U EKSPLOATACIJI

B.1. 2.5.7.1. NAPONI USLIJED UNUTRAŠNJEG TLAKA

Maksimalni tlak, koji može nastati u cjevovodu kod najnepovoljnijih prilika, iznosi ~ 1,0 bar.

$$r_v = 9,00 \text{ cm}$$

$$r_u = 8,31 \text{ cm}$$

$$P_{\max} = P_{NT} \times \frac{\left(\frac{r_v^2}{r_u^2}\right) + 1}{\left(\frac{r_v^2}{r_u^2}\right) - 1} = 10,00 \times \frac{\left(\frac{9,00^2}{8,31^2}\right) + 1}{\left(\frac{9,00^2}{8,31^2}\right) - 1} = 125,60 \text{ N/cm}^2$$

B.1. 2.5.7.2. NAPONI USLIJED PROMJENE TEMPERATURE

U poprečnom smjeru:

→temperatura 12° C

→temperatura otpadne vode 30° C

$$\Delta T = 30 - 12 = 18^\circ \text{ C}$$

$$E_k = 20000 \text{ N/cm}^2$$

$$\alpha_T = \frac{2 \times 10^{-4}}{C^\circ}$$

$$\sigma = \Delta T \times \alpha \times E_k \times \frac{1}{2} = 18 \times 2 \times 10^{-4} \times 20000 \times \frac{1}{2} = 36,00 \text{ N/cm}^2$$

U uzdužnom smjeru:

$$\sigma = \Delta T \times \alpha \times E_k = 18 \times 2 \times 10^{-4} \times 20000 = 72,0 \text{ N/cm}^2$$

B.1. 2.5.7.3. NAPONI USLIJED NEJEDNOLIKOG NALIJEKANJA

$$W = \frac{\Pi}{32} \times D^3 \times \left(1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right) = \frac{\Pi}{32} \times 18,0^3 \times \left(1 - \left(\frac{16,62}{18,0}\right)^4\right) = 156,4 \text{ cm}^3$$

$$q = T_c - U_p = 36,20 - 6,70 = 29,50 \text{ N/m'}$$

$$M = \frac{q \times L^2}{8} = \frac{29,50 \times 3,00^2}{8} = 33,19 \text{ Nm}$$

(L= razmak "primarnih opteživača")

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{3319}{156,40} = 21,22 \text{ N / cm}^2$$

B.1. 2.5.7.4. NAPONI USLIJED UZGONA IZMEĐU BLOKOVA

(Slučaj 'otkačivanja' dva bloka)

$$U_p = 6,70 \text{ N/m'}$$

$$M = \frac{q \times L^2}{8} = \frac{6,70 \times 3,00^2}{8} = 7,54 \text{ Nm}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{754}{156,4} = 4,82 \text{ N / cm}^2$$

B.1. 2.5.7.5. NAPONI USLIJED DJELOVANJA STALNE STRUJE

$$P_{XT} = 13,89 \text{ N/m'}$$

$$M = \frac{q \times L^2}{8} = \frac{13,89 \times 3,00^2}{8} = 15,63 \text{ Nm}$$

$$\sigma = \frac{M}{W} = \frac{1563}{156,4} = 9,99 \text{ N / cm}^2$$

B.1. 2.5.7.6. KONTROLA GLAVNIH NAPONA

Normalni napon u poprečnom smjeru:

$$\sigma_x = 125,60 + 36,0 = 161,60 \text{ N/cm}^2$$

U uzdužnom smjeru:

$$\sigma_y = 72,0 + 21,22 + 4,82 + 9,99 = 108,03 \text{ N/cm}^2$$

Napon smicanja:

$$\tau = \frac{1}{2} \times (161,60 - 108,03) = 26,79 \text{ N/cm}^2$$

Glavni napon:

$$\sigma_1 = \sqrt{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)} = \sqrt{(161,60^2 + 108,03^2)} = 120,18 \text{ N/cm}^2$$

Podmorski cjevovod će biti izveden od tvrdog polietilena (PEHD PE 100), kod kojeg se dimenzioniranje stijenke vrši prema dozvoljenim naponima kod trajanja opterećenja u vremenu od 50 godina.

Dozvoljeni napon od 400-500 N/cm² vrijedi uz uvjet da temperatura u cijevi ne prelazi 20° C!

Cjevovodom će teći otpadna voda temperature do 30° C pa je potrebno odrediti reduciranu vrijednost dozvoljenih napona u eksploataciji.

Dozvoljeni napon biti će određen na osnovu naprezanja popuštanja nakon 50 godina, uz koeficijent sigurnosti $n = 1,3$ / za temperaturu 30° C /.

$$\sigma_{dozv} = \frac{400}{1,3} = 307 \text{ N/cm}^2$$

Pojedine dionice cijevi biti će zavarivanjem spojene u cjevovod.

Postignuta sigurnost čvrstoće kod zavarivanja vara iznositi će $s = 0,95$.

Smanjeni dozvoljeni napon na mjestu zavarivanja:

$$\sigma_{dozv} = 307,0 \times 0,95 = 292 \text{ N/cm}^2$$

Maksimalni napon u eksploataciji manji je od dozvoljenog:

$$\sigma_p = 120,18 \text{ N/cm}^2 < 292 \text{ N/cm}^2$$

B.1. 2.5.7.7. KONTROLA NAPREZANJA KOD TRANSPORTA I MANIPULACIJE

Cijevi su proizvedene u dionicama ('štapovima') duljine 12 m.

Predviđeno je transportiranje vozilima čija dužina omogućuje nalijeganje cijevi po čitavoj dužini.

Prilikom manipulacije pojedinih dionica, cijevi će biti zakvačene na dva kraja dizalicom.

Za kratkotrajno naprezanje dozvoljeni napon iznosi:

$$\sigma_{\text{dozv}} = 1000 \text{ N / cm}^2, \text{ a } E_k = 90000 \text{ N / cm}^2$$

Težina cijevi: $T_c = 38,30 \text{ N/m}'$

(Trgovačka težina, uz uračunata odstupanje debljine stijenki)

Visina dizanja jednog kraja

$$\sigma = \frac{M_{\text{max}}}{W} \Rightarrow L_{\text{max}} = \sqrt{\left(\frac{2 \times \sigma_{\text{max}} \times W}{q}\right)} = \sqrt{\left(\frac{2 \times 1000 \times 156,40}{0,3830}\right)} = 903 \text{ cm} = 9,03 \text{ m}$$

Cijev može slobodno biti podizana na jednom kraju, uz uvjet da manipulacija ne traje duže od tri minute.

Kod svih normalnih radova koji traju duže od 5 minuta, visina dizanja smije iznositi:

$$L_{\text{max}} = \sqrt{\frac{(1500 \times 156,40)}{0,3830}} = 782 \text{ cm}$$

Za slučaj da se vrši dizanje već spojenih dionica cjevovoda, na koji je postavljeno osnovno opterećenje, maksimalni razmak između zahvata dizalicom smije iznositi:

$$q = T_c + G = \left(38,30 + \frac{700}{3}\right) \times \left(\frac{24000}{24000 - 10300}\right) = 476 \text{ N / m}'$$

$$L_{\text{max}} = \sqrt{\frac{(1500 \times 156,40)}{4,76}} = 222 \text{ cm} = 2,22 \text{ m}$$

B.1. 2.5.7.8 KONTROLA NAPREZANJA KOD PRIDRŽAVANJA U PRAVAC PRIJE POTAPANJA

Cjevovod se deformira pod pritiskom morskih struja. Kod pridržavanja cjevovoda brodovima na razmaku "L", deformacija cjevovoda iznosi:

$$\delta = \frac{(\sigma \times L^2)}{(16 \times E_k \times D)}$$

Dozvoljeno naprezanje i modul elastičnosti (puzanja) biti će određeni za navedenu operaciju, uz uvjet da se postupak vrši na temperaturi manjoj ili jednakoj 20° C i da trajanje radnje nije dulje od 20 sati.

Za ove uvjete dozvoljeno naprezanje i modul napreznja biti će:

$$\sigma = 450 \text{ N/cm}^2$$

$$\varepsilon = 1 \%$$

$$E_k = 450 / 0,01 = 45000 \text{ N/cm}^2$$

Deformacije trebaju biti izračunate za razmak brodova:

$$L_1 = 50 \text{ m}$$

$$L_2 = 100 \text{ m}$$

$$L_3 = 200 \text{ m}$$

$$\delta_1 = \frac{\left(\frac{450}{16 \times 45000}\right) \times 50^2}{0,180} = 8,68m$$

$$\delta_2 = \frac{\left(\frac{450}{16 \times 45000}\right) \times 100^2}{0,180} = 34,72m$$

$$\delta_3 = \frac{\left(\frac{450}{16 \times 45000}\right) \times 200^2}{0,180} = 138,90m$$

Veličina opterećenja koje djeluje na cjevovod iznosi:

$$q = \frac{6 \times \Pi \times E_k \times (D^4 - d^4)}{L^4} \times \delta$$

a veličina sila izazvana morskim strujama:

$$P_{xT} = 0,6 \times \frac{\gamma_m}{g} \times d \times v_r^2$$

Izjednačenjem izraza te uvrštavanjem poznatih veličina slijedi:

$$V_{xT} = \frac{1}{L^2 \times \sqrt{\left(\frac{10 \times \Pi \times E_k \times (D^4 - d^4) \times \delta}{\frac{\gamma_m}{g} \times d} \right)}}$$

$$V_{xT} = \frac{1}{L^2 \times \sqrt{21451 \times \delta}}$$

Za pretpostavljene razmake brodova, maksimalna brzina struje smije iznositi:

$$V_{1T} = \frac{1}{50^2 \times \sqrt{(21451 \times 8,68)}} = 0,172 \text{ m/s}$$

$$V_{2T} = \frac{1}{100^2 \times \sqrt{(21451 \times 34,72)}} = 0,086 \text{ m/s}$$

$$V_{3T} = \frac{1}{200^2 \times \sqrt{(21451 \times 138,90)}} = 0,043 \text{ m/s}$$

Potreban broj bodova za pridržavanje biti će određen ovisno o veličini morske struje.

B.1. 2.5.7.9. DOŽAŽNI UREĐAJ

Dožajni uređaj je građevina koja služi za uspostavu takvog pogonskog režima pri kojem su brzine istjecanja usmjerene na optimalne uvjete, tj. eliminiranje mogućih malih brzina (eliminiranje laminarnog režima istjecanja iz difuzora) i uspostavu turbulentnog miješanja na graničnim kontaktima ispuštenog efluenta i morske vode kao medija.

Ovo se postiže uz uvjet da brzina istjecanja na difuzoru bude oko 2 m/s.

Dozažni spremnik predviđen je kao podzemna građevina armiranobetonske konstrukcije. Spremnik je pravokutnog oblika, svjetle dužine 500 cm i širine 300 cm.

Na cijevi izlaznog dijela biti će ugrađena leptirasta zaklopka sa elektromotornim upravljanjem. Putem zaklopke biti će doziran protok iz dozažnog spremnika u cjevovod podmorskog ispusta „Božava“, radi postizanja efekata optimalnog razrjeđenja.

Vezano na izložene uvjete, za predmetno rješenje je predviđena izvedba dozažnog bazena volumena $16,5 \text{ m}^3$, što odgovara cca 21 % ukupnog volumena cjevovoda podmorskog ispusta „Božava“ te predstavlja vrijednost koja se kreće u okvirima optimalnih (20 – 30 %) vrijednosti.

**B.1. 2.6. REZULTATI IZRAČUNA ELEMENATA PODMORSKOG ISPUSTA
PRIMJENOM RAČUNALNE APLIKACIJE
"Submar"**

PROGRAM "SUBMAR1"

PRORAČUN RAZRIJEĐENJA NA PODMORSKOM ISPUSTU ZA PROJEKT:

"Podmorski ispust BOŽAVA"

VARIJANTA 1.:

- TERMOKLINA 0,00 (homotermni uvjeti)
- DUBINA MORA -63,0 m
- $t_{90} = 2,5$ h

1. PRORAČUN DIFUZORA:

Protok otpadne vode Q_{OTP} u (l/s) =	15,00
Brzina istjecanja na otvorima difuzora V_{IST} u (m/s) =	2,00
Promjer otvora difuzora D_{OD} u (cm) =	4,0
Površina otvora difuzora A_{OD} u (m ²) =	0,001257
Protok na 1 otvoru difuz.-na prvom trostruko Q_{OD} (l/s) =	2,51
Broj otvora difuzora N_{OD} =	4
Dubina mora na mjestu difuzora H_M u (m) =	-63,00
Dubina termokline H_T u (m) =	0,00
Udaljenost od termokline do dna mora Y_0 u (m) =	63,00
Udaljenost među otvorima difuzora L_{OD} u (m) =	21,00
Dužina difuzora L_D u (m) =	63,00

2. PRORAČUN PRIMARNOG RAZRIJEĐENJA:

Jedinična protoka po difuzoru Q_D u $(l/s)/m$ =	0,24
Gustoća mora R_{OM} u (kg/m^3) =	1029,00
Gustoća otpadne vode R_{OV} u (kg/m^3) =	1000,00
Relativna gravitacija u moru G_{REL} u (m/s^2) =	0,28
Brzina morskih struja za primarno razrijeđenje V_1 u (m/s) =	0,052

Za dva para vrijednosti Y (udaljenost od termokline) i H (udaljenost od dna mora) proračunati su S_1 (stupanj primarnog razrijeđenja) i Q_M (protok mora za primarno razrijeđenje):

l	$Y(l)$	$S_{1Y}(l)$	$Q_{MY}(l)$	$H(l)$	$S_{1H}(l)$	$Q_{MH}(l)$
1	58.00	325.40	4.87	5.00	1093.00	190.01
2	5.00	3774.61	56.60	58.00	12668.00	190.01

Analitički je određeno presjecište gornja dva pravca a zatim i :

Visina sloja mora za primarno razrijeđenje H_H u (m) =	14,46
Protok mora za primarno razrijeđenje Q_M u (l/s) =	47,37
Stupanj primarnog razrijeđenja S_1 =	3158,98

Redom će se ispisati koncentracije za 5 štetnih tvari i to za:

- Ukup.colli (NVB/l)
- BPK₅ (mg/l)
- Ulja, masti (mg/l)
- Susp.tvari (mg/l)
- Vidljiva tvar (l/l):

Početna	%Proč.	Pročišč.	U moru	Na difuz.	Ilktg.	Illktg.
.11E+09	15.	.95E+08	0.	30136.	5000.	100000.
.25E+03	10.	.23E+03	2.	2.	3.	6.
.40E+02	60.	.16E+02	1.	1.	1.	10.
.26E+03	20.	.21E+03	3.	3.	30.	80.
.10E+00	70.	.30E-01	1.	1.	1.	10.

3. PRORAČUN NAKNADNOG RAZRIJEĐENJA :

Naknadno razrijeđenje računati će se za koliformne organizme po modificiranom Brooks-ovom modelu (uz odumiranje bakterija), a :

Vrijeme odumiranja 90 % bakterija T_{90} u (h) = 2,50

Konstanta za račun koef. difuzije E_{YK} u $((\text{cm}^{**}(2/3))/\text{s}) = 0,0100$

Koeficijent difuzije $E_Y = E_{YK} * L_D^{**}(4/3)$ u $(\text{cm}^{**}2/\text{s}) = 1163,55700$

Brzina morskih struja za naknadno razrijeđenje V_2 u (m/s) = 0,085

BETA = $12. * E_Y / V_2 / L_D = 0,26074$

Dalje će se tablično računati koncentracija Ukup.colli (NVB/l)

za različite dužine puta razrijeđenja. Značenje parametara je:

$A = \text{EXP}(-2.3/T_{90} * L_P/V_2)$, $B = (1 + 2/3 * \text{BETA} * L_P/L_D)^{**}3 - 1$, $C = S_{\text{QRT}}(1.5/B)$

$D = C * S_{\text{QRT}}(2)$, $E = \text{ERF}(D)$, funkc.ERF je Gauss-integral vjerojatnosti

KONCENTRACIJA NAKON RAZRIJEĐENJA = KONCENTR.NA DIFUZORU * A * E

L_p (m)	A	B	C	D	E	KONCENTR.
100	.7403	1.0771	1.1801	1.6689	.9049	20189.
200	.5481	2.7371	.7403	1.0469	.7049	11643.
300	.4058	5.1059	.5420	.7665	.5566	6807.
375	.3239	7.4235	.4495	.6357	.4750	4636.< 5000/l

Na **375 metara udaljenosti od difuzora** (u smjeru dominantne morske struje) biti će postignuta II vrsta mora prema mikrobiološkim pokazateljima »Uredbe o standardu kakvoće voda«.

PROGRAM "SUBMAR1"

PRORAČUN RAZRIJEĐENJA NA PODMORSKOM ISPUSTU ZA PROJEKT:

"Podmorski ispust BOŽAVA"

VARIJANTA 2.:

- TERMOKLINA -10,00
- DUBINA MORA -63,0 m
- $t_{90} = 2,5$ h

1. PRORAČUN DIFUZORA:

Protok otpadne vode Q_{OTP} u (l/s) =	15,00
Brzina istjecanja na otvorima difuzora V_{IST} u (m/s) =	2,00
Promjer otvora difuzora D_{OD} u (cm) =	4,0
Površina otvora difuzora A_{OD} u (m ²) =	0,001257
Protok na 1 otvoru difuz.-na prvom trostruko Q_{OD} (l/s) =	2,51
Broj otvora difuzora N_{OD} =	4
Dubina mora na mjestu difuzora H_M u (m) =	-63,00
Dubina termokline H_T u (m) =	-10,00
Udaljenost od termokline do dna mora Y_0 u (m) =	53,00
Udaljenost među otvorima difuzora L_{OD} u (m) =	17,70
Dužina difuzora L_D u (m) =	53,10

2. PRORAČUN PRIMARNOG RAZRIJEĐENJA :

Jedinična protoka po difuzoru Q_D u ((l/s)/m) =	0,28
Gustoća mora R_{OM} u (kg/m^3) =	1029,00
Gustoća otpadne vode R_{OV} u (kg/m^3) =	1000,00
Relativna gravitacija u moru G_{REL} u (m/s^2) =	0,28
Brzina morskih struja za primarno razrijeđenje V_1 u (m/s) =	0,052

Za dva para vrijednosti Y (udaljenost od termokline) i H (udaljenost od dna mora) proračunati su S_1 (stupanj primarnog razrijeđenja) i Q_M (protok mora za primarno razrijeđenje) :

I	Y(l)	$S_{1Y}(l)$	$Q_{MY}(l)$	H(l)	$S_{1H}(l)$	$Q_{MH}(l)$
1	48.00	290.35	4.34	5.00	921.40	132.54
2	5.00	2787.31	41.79	48.00	8836.84	132.54

Analitički je određeno presjecište gornja dva pravca a zatim i :
 Visina sloja mora za primarno razrijeđenje H_H u (m) = 12,71

Protok mora za primarno razrijeđenje Q_M u (l/s) = 35,08

Stupanj primarnog razrijeđenja S_1 = 2339,85

Redom će se ispisati koncentracije za 5 štetnih tvari i to za:

- Ukup.colli (NVB/l)
- BPK₅ (mg/l)
- Ulja, masti (mg/l)
- Susp.tvari (mg/l)
- Vidljiva tvar (l/l):

Početna %Proč. Pročišč. U moru Na difuz. IIktg. IIIktg.

.11E+09	15.	.95E+08	0.	40686.	5000.	200000.
.25E+03	10.	.23E+03	2.	2.	3.	6.
.40E+02	60.	.16E+02	1.	1.	1.	10.
.26E+03	20.	.21E+03	3.	3.	30.	80.
.10E+00	70.	.30E-01	1.	1.	1.	10.

3. PRORAČUN NAKNADNOG RAZRIJEĐENJA :

Naknadno razrijeđenje računati će se za koliformne organizme po modificiranom Brooks-ovom modelu (uz odumiranje bakterija), a :

Vrijeme odumiranja 90 % bakterija T_{90} u (h) =	2,50
Konstanta za račun koef. difuzije E_{YK} u $((\text{cm}^{**}(2/3))/\text{s}) =$	0,0100
Koeficijent difuzije $E_Y = E_{YK} * L_D^{**}(4/3)$ u $(\text{cm}^{**}2/\text{s}) =$	926,38780
Brzina morskih struja za naknadno razrijeđenje V_2 u (m/s) =	0,085
$BETA = 12. * E_Y / V_2 / L_D =$	0,2463

Dalje će se tablično računati koncentracija Ukup.colli (NVB/l) za različite dužine puta razrijeđenja. Značenje parametara je:

$$A = \text{EXP}(-2.3/T_{90} * L_P/V_2), \quad B = (1 + 2/3 * BETA * L_P/L_D)^{**}3 - 1, \quad C = S_{QRT}(1.5/B)$$

$$D = C * S_{QRT}(2), \quad E = \text{ERF}(D), \quad \text{funkc.ERF je Gauss-integral vjerojatnosti}$$

$$\text{KONCENTRACIJA NAKON RAZRIJEĐENJA} = \text{KONCENTR.NA DIFUZORU} * A * E$$

L_p (m)	A	B	C	D	E	KONCENTR.
100	.7403	1.2441	1.0980	1.5529	.8796	26494.
200	.5481	3.2393	.6805	.9623	.6641	14809.
300	.4058	6.1631	.4933	.6977	.5146	8496.
400	.3004	10.1928	.3836	.5425	.4125	5042.
425	.2787	11.3939	.3628	.5131	.3921	4445. < 5000/l

Na **425 metara udaljenosti od difuzora** (u smjeru dominantne morske struje) biti će postignuta II vrsta mora prema mikrobiološkim pokazateljima » »Uredbe o standardu kakvoće voda«.

PROGRAM "SUBMAR1"

PRORAČUN RAZRIJEĐENJA NA PODMORSKOM ISPUSTU ZA PROJEKT:

"Podmorski ispust BOŽAVA"

VARIJANTA 3.:

- TERMOKLINA -20,00
- DUBINA MORA -63,0 ÷ 64,0 m
- $t_{90} = 2,5$ h

1. PRORAČUN DIFUZORA:

Protok otpadne vode Q_{OTP} u (l/s) =	15,00
Brzina istjecanja na otvorima difuzora V_{IST} u (m/s) =	2,00
Promjer otvora difuzora D_{OD} u (cm) =	4,0
Površina otvora difuzora A_{OD} u (m ²) =	0,001257
Protok na 1 otvoru difuz.-na prvom trostruko Q_{OD} (l/s) =	2,51
Broj otvora difuzora N_{OD} =	4
Dubina mora na mjestu difuzora H_M u (m) =	-63,00
Dubina termokline H_T u (m) =	-20,00
Udaljenost od termokline do dna mora Y_0 u (m) =	43,00
Udaljenost među otvorima difuzora L_{OD} u (m) =	14,30
Dužina difuzora L_D u (m) =	42,90

2. PRORAČUN PRIMARNOG RAZRIJEĐENJA :

Jedinična protoka po difuzoru Q_D u ((l/s)/m) =	0,35
Gustoća mora R_{OM} u (kg/m^3) =	1029,00
Gustoća otpadne vode R_{OV} u (kg/m^3) =	1000,00
Relativna gravitacija u moru G_{REL} u (m/s^2) =	0,28
Brzina morskih struja za primarno razrijeđenje V_1 u (m/s) =	0,050

Za dva para vrijednosti Y (udaljenost od termokline) i H (udaljenost od dna mora) proračunati su S_1 (stupanj primarnog razrijeđenja) i Q_M (protok mora za primarno razrijeđenje) :

I	Y(l)	$S_{1Y}(l)$	$Q_{MY}(l)$	H(l)	$S_{1H}(l)$	$Q_{MH}(l)$
1	38.00	251.86	3.76	5.00	744.60	84.77
2	5.00	1914.11	28.70	38.00	5652.36	84.77

Analitički je određeno presjecište gornja dva pravca a zatim i :

Visina sloja mora za primarno razrijeđenje H_H u (m) = 10,87

Protok mora za primarno razrijeđenje Q_M u (l/s) = 24,26

Stupanj primarnog razrijeđenja S_1 = 1618,22

Redom će se ispisati koncentracije za 5 štetnih tvari i to za:

- Ukup.colli (NVB/l)
- BPK₅ (mg/l)
- Ulja, masti (mg/l)
- Susp.tvari (mg/l)
- Vidljiva tvar (l/l):

Početna %Proč. Pročišć. U moru Na difuz. lllktg. lllktg.

.11E+09	15.	.95E+08	0.	58830.	5000.	200000.
.25E+03	10.	.23E+03	2.	2.	3.	6.
.40E+02	60.	.16E+02	1.	1.	1.	10.
.26E+03	20.	.21E+03	3.	3.	30.	80.
.10E+00	70.	.30E-01	1.	1.	1.	10.

3. PRORAČUN NAKNADNOG RAZRIJEĐENJA:

Naknadno razrijeđenje računati će se za koliformne organizme po modificiranom Brooks-ovom modelu (uz odumiranje bakterija), a:

$$\text{Vrijeme odumiranja } 90 \% \text{ bakterija } T_{90} \text{ u (h) = } 2,50$$

$$\text{Konstanta za račun koef. difuzije } E_{YK} \text{ u } ((\text{cm}^{**}(2/3))/\text{s}) = 0,0100$$

$$\text{Koeficijent difuzije } E_Y = E_{YK} * L_D^{**}(4/3) \text{ u } (\text{cm}^{**}2/\text{s}) = 697,07020$$

$$\text{Brzina morskih struja za naknadno razrijeđenje } V_2 \text{ u (m/s) = } 0,085$$

$$\text{BETA} = 12. * E_Y / V_2 / L_D = 0,22939$$

Dalje će se tablično računati koncentracija Ukup.colli (NVB/l) za različite dužine puta razrijeđenja. Značenje parametara je:

$$A = \text{EXP}(-2.3/T_{90} * L_P / V_2), \quad B = (1 + 2/3 * \text{BETA} * L_P / L_D)^{**}3 - 1, \quad C = S_{\text{QRT}}(1.5/B)$$

$$D = C * S_{\text{QRT}}(2), \quad E = \text{ERF}(D), \text{ funkc.ERF je Gauss-integral vjerojatnosti}$$

$$\text{KONCENTRACIJA NAKON RAZRIJEĐENJA} = \text{KONCENTR.NA DIFUZORU} * A * E$$

L_p (m)	A	B	C	D	E	KONCENTR.
100	.7403	1.4960	1.0013	1.4161	.8433	36728.
200	.5481	4.0262	.6104	.8632	.6120	19732.
300	.4058	7.8625	.4368	.6177	.4632	11057.
400	.3004	13.2766	.3361	.4754	.3655	6459.
450	.2585	16.6603	.3001	.4243	.3287	4998. < 5000/l

Na **450 metara udaljenosti od difuzora** (u smjeru dominantne morske struje) biti će postignuta II vrsta mora prema mikrobiološkim pokazateljima »Uredbe o standardu kakvoće voda«.

UKUPNA DULJINA PODMORSKOG DIJELA ISPUSTA:

- Branjena zona od obalne crte: 300,00 m
- Udaljenost do prvog otvora difuzora do branjene zone: .. 450,00 m
- Duljina difuzora (za varijantu bez termokline): 63,00 m
- UKUPNO: **813,00 m**

UKUPNA DULJINA KOPNENOG DIJELA PODMORSKOG ISPUSTA:

- Udaljenost od izlaznog okna uređaja do odzračnog okna: 31,00 m
- Udaljenost od odzračnog okna do obalne crte: 3,80 m
- UKUPNO: **16,80 m**

SVEUKUPNA DULJINA PODMORSKOG ISPUSTA:

847,80 m

PROGRAM "SUBMAR2"

HIDRAULIČKI PRORAČUN PODMORSKOG ISPUSTA I DIFUZORA

ZA PROJEKT :

»Podmorski ispust BOŽAVA«

USVOJENA VARIJANTA:

- TERMOKLINA: 0,00 ÷ -20,0 m
- DUBINA MORA: -63,0 m
- ŠIRINA BRANJENOG POJASA: 300 m
- $t_{90} = 2,50$ h

ULAZNI PODACI ZA PRORAČUN SU:

Gustoća mora (kg/m^3) =	1029,00
Gustoća otpadne vode u (kg/m^3) =	1000,00
Viskoznost otpadne vode u (m^2/s) =	0,131E-05
Koef.pogonske hrapavosti stjenki ispusta u (mm) =	0,25
Protoka otpadne vode u (l/s) =	17,00 (15,00)
Visina plime u (m n.m.) =	1,20
Dubina mora na završetku difuzora u (m) =	-63,00
Dužina difuzora u (m) =	63,00
Pad difuzora prema završnom otvoru u (%) =	0,05
Broj otvora difuzora =	4
Tip otvora difuzora (1=oštrobridni otvor, 2=zaobljeni otvor) =	2.
Brzina istjecanja na završnom otvoru difuzora u (m/s) =	2,00
Dužina podmorskog ispusta bez difuzora u (m) = (847,80 – 63,00 = 766,80 m)	784,80

**TABLIČNO SU DATI REZULTATI PRORAČUNA
UZ ZNAČENJE OZNAKA:**

I - redni broj otvora difuzora (završni otvor je broj 1)

H_M - dubina mora na mjestu otvora difuzora u (m)

D_{OD} - promjer otvora difuzora u (cm)

V_{OD} - brzina istjecanja na otvoru difuzora u (m/s)

D_D - promjer dionice difuzora uzvodno od otvora difuzora u (mm)

Q_D - protoka na dionici uzvodno od otvora difuzora u (l/s)

V_D - brzina tečenja na dionici uzvodno od otvora u (m/s)

E - potrebna energetska kota na otvoru difuzora u (m n.m.)

I	H_M (m)	D_{OD} (cm)	V_{OD} (m/s)	D_D (mm)	Q_D (l/s)	V_D (m/s)	E (m n.m.)
1	63.00	7.4	2.00	110.8	8.50	.88	3.27
2	62.97	3.5	2.90	124.0	11.33	.94	3.49
3	62.98	3.2	3.54	141.8	14.17	.90	3.70
4	62.97	3.0	3.98	159.6	17.00	.85	3.87

Gubitak energije na trenju kroz 784,80 m podmorskog ispusta je:

$$H_{TR} = 4,22 \text{ (m)}$$

Minimalna nadmorska visina sa koje će biti moguće istjecanje je:

$$H = 3,87 + 4,22 = 8,09 \text{ (m n.m.)}$$

NAPOMENA: proračun je izrađen za protoku 17,0 l/s, a za 15,0 l/s minimalna nadmorska visina sa koje će biti moguće istjecanje iznosi 4,70 m n.m. što, obzirom na definirane smještajne mogućnosti završnog objekta uređaja (dozažnog spremnika!), odgovara maksimalnoj nadmorskoj visini vodenog lica i kod maksimalne plime!



PROGRAM "SUBMAR3"

**PRORAČUN STABILNOSTI PODMORSKOG CJEVOVODA ZA PROJEKT:
"Podmorski ispust BOŽAVA"**

USVOJENA VARIJANTA:

- DUBINA MORA: – 63,0 m
- DULJINA DIFUZORA: 63,0 m
- ŠIRINA BRANJENOG POJASA: 300 m
- DULJINA ISPUSTA (od obale do difuzora): 750 m

Vanjski promjer cjevovoda (mm) =	180,00
Unutarnji promjer cjevovoda (mm) =	166,20
Gustoća materijala cjevovoda PE100 (kg/m ³) =	1040,00
Gustoća mora (kg/m ³) =	1028,00
Gustoća otpadne vode (kg/m ³) =	1000,00
Težina cjevovoda (N/m) =	38,30
Težina vode u cjevovodu (N/m) =	212,82
Težina istisnutog mora (N/m) =	256,62
Uzgon cjevovoda ispunjenog zrakom (N/m) =	220,28
Uzgon cjevovoda ispunjenog vodom (N/m) =	7,46
<hr/>	
Maximalna pridnena morska struja V_{XT} (m/s) =	0,31
Sila pritiska uslijed morske struje P_{XT} (N/m) =	10,67
<hr/>	
Visina osnovnog vala HA_{OSN} (m) =	3,50
Dužina osnovnog vala DUZ_{OSN} (m) =	35,00

Koeficijent nejednovremenosti djelovanja sila po cjevovodu AKSN = 0,80

Kut između normale na trasu i smjera valova FI = 0.

Kut između normale na trasu i smjera struja BETA = 0.

Koeficijenti opterećenja su:

$M_1 = 1,00$

$M_2 = 1,05$

$M_3 = 0,95$

$M_4 = 0,90$

Koeficijent utjecaja trenja utega o tlo $1./NF = 1./1.65$

Dalje se tablično daju rezultati proračuna potrebnih opterećenja podmorskog cjevovoda uz koeficijent sigurnosti: $K_S = 1,3$

TABLICA 1

STACIONAŽA (m)	DUBINA MORA (m)	VISINA VALA (m)	DULJINA VALA (m)	Pxi (N/m)	Pxs (N/m)
40.00	5.00	1.68	18.65	78.14	90.93
60.00	10.00	2.38	26.38	39.89	31.82
79.00	15.00	2.91	32.31	23.49	13.36
95.00	20.00	3.36	37.31	14.98	6.26
111.00	25.00	3.76	41.71	10.07	3.16
124.00	30.00	4.12	45.69	7.03	1.69
137.00	35.00	4.44	49.35	5.05	0.94
154.50	40.00	4.75	52.76	3.72	0.54
162.50	45.00	5.04	55.96	2.78	0.32
180.00	50.00	5.31	58.98	2.12	0.20
213.00	55.00	5.57	61.86	1.63	0.12
244.00	60.00	5.82	64.61	1.27	0.08
250.00	61.00	5.87	65.15	1.21	0.07
267.00	62.00	5.92	65.68	1.16	0.07
297.00	63.00	5.96	66.21	1.10	0.06
358.00	64.00	6.01	66.73	1.05	0.06
516.00	64.50	6,03	66.99	1.03	0.05
728.00	64.10	6,02	66.79	1.05	0.05
766.80	64.00	6,01	66.73	1.05	0.06

TABLICA 2

STACIONAŽA (m)	Pxi (N/m)	Pxs (N/m)	A	Px max (N/m)	Pz (N/m)
40.00	78.14	90.93	0.86	107.72	74.14
60.00	39.89	31.82	1.25	44.33	19.32
79.00	23.49	13.36	1.76	23.68	3.04
95.00	14.98	6.26	2.40	14.98	.00
111.00	10.07	3.16	3.19	10.07	.00
124.00	7.03	1.69	4.17	7.03	.00
137.00	5.05	0.94	5.38	5.05	.00
154.50	3.72	0.54	6.84	3.72	.00
162.50	2.78	0.32	8.61	2.78	.00
180.00	2.12	0.20	10.74	2.12	.00
213.00	1.63	0.12	13.28	1.63	.00
244.00	1.27	0.08	16.30	1.27	.00
250.00	1.21	0.07	16.97	1.21	.00
267.00	1.16	0.07	17.66	1.16	.00
297.00	1.10	0.06	18.37	1.10	.00
358.00	1.05	0.06	19.11	1.05	.00
516.00	1.03	0.05	19.49	1.03	.00
728.00	1.05	0.05	19.19	1.05	.00
766.80	1.05	0.06	19.11	1.05	.00

TABLICA 3

STACIONAŽA (m)	DUBINA MORA (m)	Px rac (N/m)	Pz rac (N/m)	Gmin (N/m)	Gx1,3 (N/m)
40.00	5.00	96.84	65.71	262.08	340.71
60.00	10.00	46.13	21.86	117.95	153.33
79.00	15.00	29.62	8.83	72.47	94.22
95.00	20.00	22.66	6.40	56.88	73.94
111.00	25.00	18.73	6.40	49.68	64.58
124.00	30.00	16.30	6.40	45.22	58.79
137.00	35.00	14.71	6.40	42.32	55.01
154.50	40.00	13.64	6.40	40.35	52.46
162.50	45.00	12.90	6.40	38.99	50.68
180.00	50.00	12.36	6.40	38.01	49.41
213.00	55.00	11.98	6.40	37.30	48.49
244.00	60.00	11.69	6.40	36.77	47.80
250.00	61.00	11.64	6.40	36.68	47.69
267.00	62.00	11.59	6.40	36.60	47.58
297.00	63.00	11.55	6.40	36.52	47.48
358.00	64.00	11.51	6.40	36.45	47.38
516.00	64.50	11.49	6.40	36.41	47.33
728.00	64.10	11.51	6.40	36.44	47.37
766.80	64.00	11.51	6.40	36.45	47.38

Travanj 2016.g.

PROJEKTANT
HRVATSKA KOMORA INŽENJERA GRAĐEVINARSTVA
Nataša Todoric Rex
dipl. ing. građ.
Ovlaštenje inženjer građevinarstva

G 3084
Nataša Todoric Rex, dipl.ing.građ.