

Franjo Klarić, dipl.ing.el
HEP-ODS d.o.o. Elektroprimorje Rijeka
franjo.klaric@hep.hr

mr.sc. Ivica Radetić, dipl.ing.el.
HEP-ODS d.o.o. Elektroprimorje Rijeka
ivica.radetic@hep.hr

SN PODMORSKI KABELO – PROBLEMATIKA PROJEKTIRANJA I IZVOĐENJA PRIOBALNE ZAŠTITE I POLAGANJA KABELO U SPECIFIČNIM UVJETIMA

SAŽETAK

U proteklih 50 godina većina SN podmorskih kabela koji povezuju otoke na području Elektroprimorja Rijeka je bez problema u pogonu pridonosila stabilnosti opskrbe električnom energijom kupaca. S obzirom na veliku prosječnu dob predmetnih kabela te približavanju predviđenom životnom vijeku istih, u tijeku su pripreme za zahvate u cilju zamjene postojećih kabela, kao i izvedbe novih podmorskih veza na sjevernom Jadranu. Elektroprimorje Rijeka već posjeduje iskustva u projektiranju i izvođenju u smislu primjene novi(ji)h tehnologija izvedbe priobalne zaštite, kao i načina polaganja kabela, koje se znatno razlikuju od vremena polaganja podmorskih kabela tijekom 60-ih i 70-ih godina prošlog stoljeća. Međutim, postoje i specifični slučajevi gdje takve tehnologije iz niza razloga nisu primjenjive u potpunosti. Referat obrađuje pojedine specifične slučajeve zamjene postojećih podmorskih kabela s naglaskom na stečena iskustva pri primjeni projektiranih tehničkih rješenja i tehnologija.

Ključne riječi: Podmorski kabele, vijek trajanja, priobalna zaštita, zamjene

MV SUBMARINE CABLES – ISSUES OF COASTAL PROTECTION AND CABLE LAYING DESIGN AND PERFORMANCE IN SPECIFIC CONDITIONS

SUMMARY

In the past 50 years, most of MV submarine cables that connect the islands of the area of Elektroprimorje Rijeka were contributing without any operation problems to the stability of power supply. Due to the high average age of the aforementioned cables and approaching the planned life of the same, preparations are in progress for projects with the aim of replacing the existing cables, as well as the realization of new submarine connections in the northern Adriatic. Elektroprimorje Rijeka already has experience in designing and carrying out regarding the application of the new(er) technology of coastal protection, as well as ways of laying cables, which are significantly different from the time of the laying of submarine cables during the 60s and 70s of the last century. However, there are specific cases where such technology is not fully applicable because of a number of reasons. The paper deals with specific cases of replacing existing submarine cables with a focus on the experience gained in applying the designed technical solutions and technologies.

Key words: Submarine cables, lifespan, coastal protection, replacement

1. UVOD

U aktualnom se desetljeću intenzivirala rasprava o srednjenaponskim podmorskim kabelima u elektroenergetskom sustavu HEP-ODS-a, prije svega o popravcima, održavanju i zamjeni istih, proizašla iz činjenice da se predmetni kabeli dominantno približavaju granicama vlastitog vijeka trajanja. Takav je slučaj i s podmorskim kabelima u nadležnosti Elektroprimorja Rijeka, te su kroz proteklo petogodišnje razdoblje intenzivirane aktivnosti na zamjeni istih. U procesu planiranja utvrđeno je da svaki pojedini podmorski vod ima svoje specifičnosti, između ostalog uvjetovane trasom, (ne)pristupačnošću i/ili morfologijom priobalja i podmorja, izborom tehnologije polaganja, načinima spajanja krajnjih točaka podmorskih dionica.

Elektroprimorje Rijeka ima iskustva u projektiranju i izvođenju podmorskih kabela u navedenom razdoblju, kroz rješenja zamjene podmorskih kabela, poput projektiranih i realiziranih 35 kV podmorskih veza kopno – Krk i Krk – Cres, odnosno isprojektirane 10(20) kV podmorske veze Lošinj – Ilovik. U navedenim slučajevima su korištena praktički standardizirana rješenja priobalne zaštite bušenjem sa kopna u more, te uvlačenjem neprekinute zaštitne cijevi kroz koju se zatim provlači kabel.

Namjera je ovog referata da kroz jedan specifičan primjer razloži navedenu problematiku, u svjetlu konstatacije da se pomnim planiranjem i projektiranjem može predvidjeti većina potencijalnih neposrednih problema pri izvođenju, uz efikasno usuglašavanje planiranog zahvata s neposrednim tehničkim zakonitostima i propisima. Primjer će biti dan na projektu zamjene postojećeg 10 kV podmorskog kabela koji je napajao otočić Košljun odnosno pripadnu TS 10/0,4 kV Košljun do studenog 2015. godine, kad je uspješno realizirana zamjena postojećeg podmorskog kabela s novim 20 kV-nim.

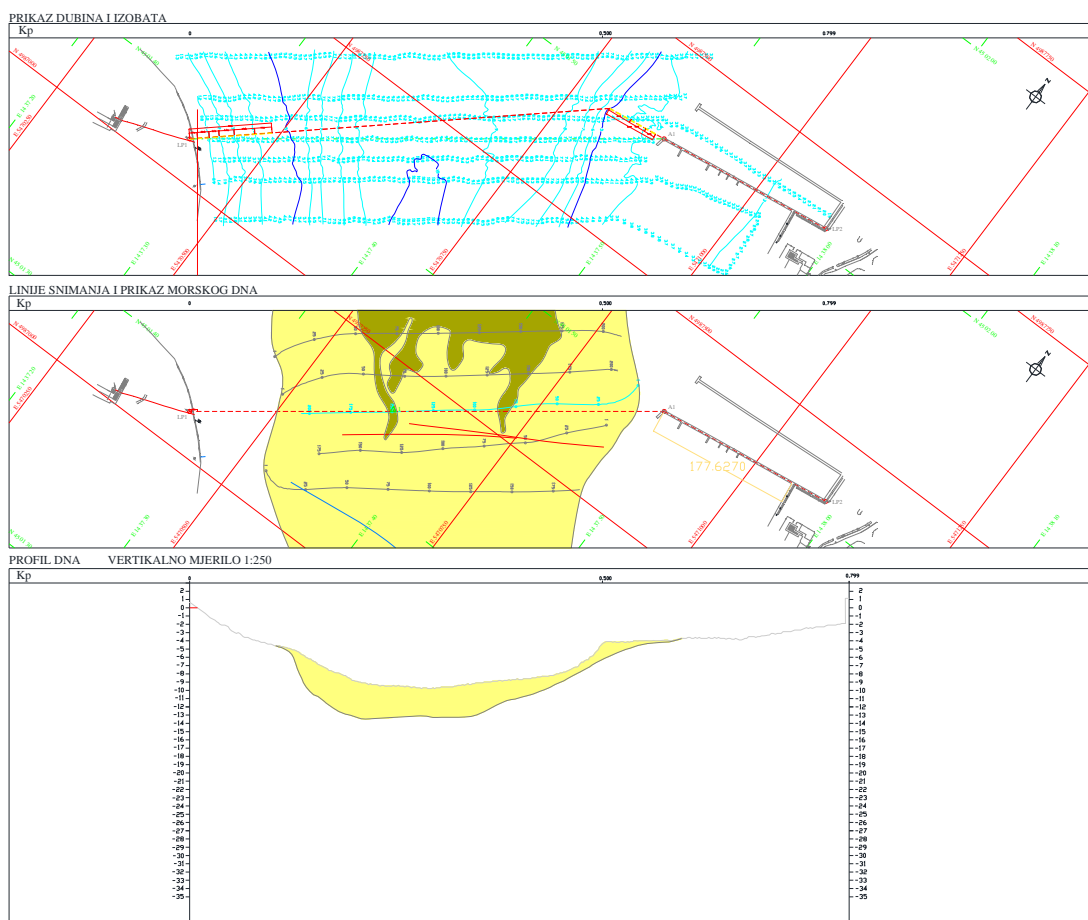
2. PLANIRANJE IZVEDBE

Izgradnjom i puštanjem u pogon TS 110/20 kV Dunat kompletno je područje Pogona Krk prešlo na napajanje na 20 kV naponskom nivou. Izdvojen je ostao problem napajanja otoka Košljun, smještenog u zaljevu Puntarska draga na otoku Krku, napajan 10 kV podmorskim kabelom iz TS 10(20)/0,4 kV Marina u Puntu. Zbog kratkoće rokova u planiranom prelasku kompletne srednjonaponske mreže otoka Krka na 20 kV, izvedbom međutransformacije 0,4/10 kV u predmetnoj TS [3] privremeno je riješeno napajanje Košljuna. Usporedno su se nastavile već započete aktivnosti s planiranjem zamjene predmetnog podmorskog kabela, koji s obzirom na visoku životnu dob (u pogonu od kraja 1960-ih) i naponski nivo nije zadovoljavao, te je na prioritarnoj listi revitalizacije podmorskih kabela u Elektroprimorju Rijeka u doba projektne razrade već bio na visokom četvrtom mjestu.



Slika 1. Lokacija zahvata

Prilikom izrade projekta 20 kV kablskog voda TS 20/0,4 kV Marina – TS 20/0,4 kV Košljun korišteni su podaci i podloge dobiveni istraživanjima i mjerenjima podmorja između otoka Krka i otoka Košljuna iz 2007. godine, koje je izradio Hrvatski hidrografski institut iz Splita. Te su informacije bile ključne u daljoj razradi izbora trase, priobalne zaštite i tehnologije polaganja, jer su ukazivale na velike specifičnosti koje ovaj zahvat ima. Projekt zamjene je izrađen u Odjelu za projektiranje Elektroprimorja Rijeka i dao je kompletno tehničko rješenje na osnovu kojeg je raspisan natječaj za dobavu i polaganje podmorskog kabela.



Slika 2. Nalazi snimanja predviđene podmorske trase [5]

3. PROBLEMATIKA IZBORA TRASE I PRIOBALNE ZAŠTITE

3.1. Dionice trase unutar zadanih mikrolokacijskih uvjeta

U 50-godišnjem periodu od polaganja postojećeg podmorskog kabela do planiranja zamjene istog izveli su se značajni zahvati u prostoru koji su uvelike uvjetovali odabir potencijalnih tehničkih rješenja zamjene. Prije svega se to odnosi na Marinu Pumat, koja je u vremenu polaganja prvog podmorskog kabela za Košljun bila tek u začecima (10-ak vezova), a u međuvremenu postala jedna od najvećih marina na hrvatskom dijelu Jadrana (850 vezova). Zatečeno stanje krajem prošlog desetljeća, uvjetovali su da se planiranju trase pristupi precizno i koncizno. Na priloženoj je slici vidljivo da je iz tih zahtjeva proizašla redefinirana trasa polaganja koja uvažava sve zatečene zahvate i zahtjeve u prostoru.



Slika 3. Trase postojećeg (označen crvenom bojom) i novog (označen zelenom bojom) podmorskog kabela za otok Košljun

Struktura trase može se podijeliti na tri dijela:

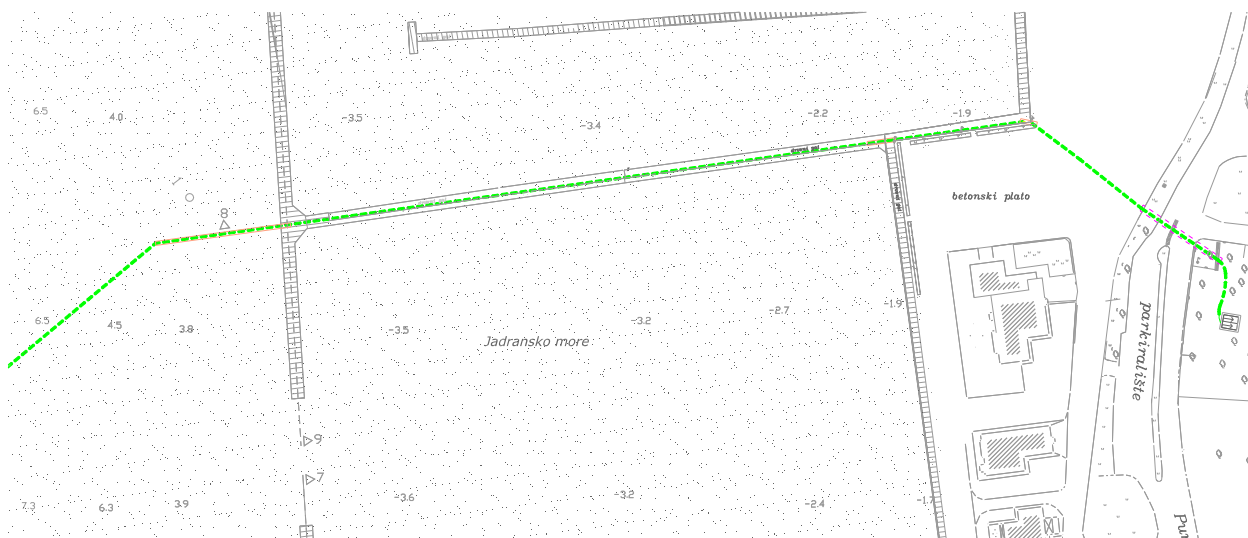
1. Kopnene dionice na otoku Krku i otoku Košljunu
2. Priobalne dionice na otoku Krku i otoku Košljunu
3. Središnja podmorska dionica

U pitanju je ukupna dužina od 1087 m od čega ukupno oko 240 m otpada na obje kopnene dionice.

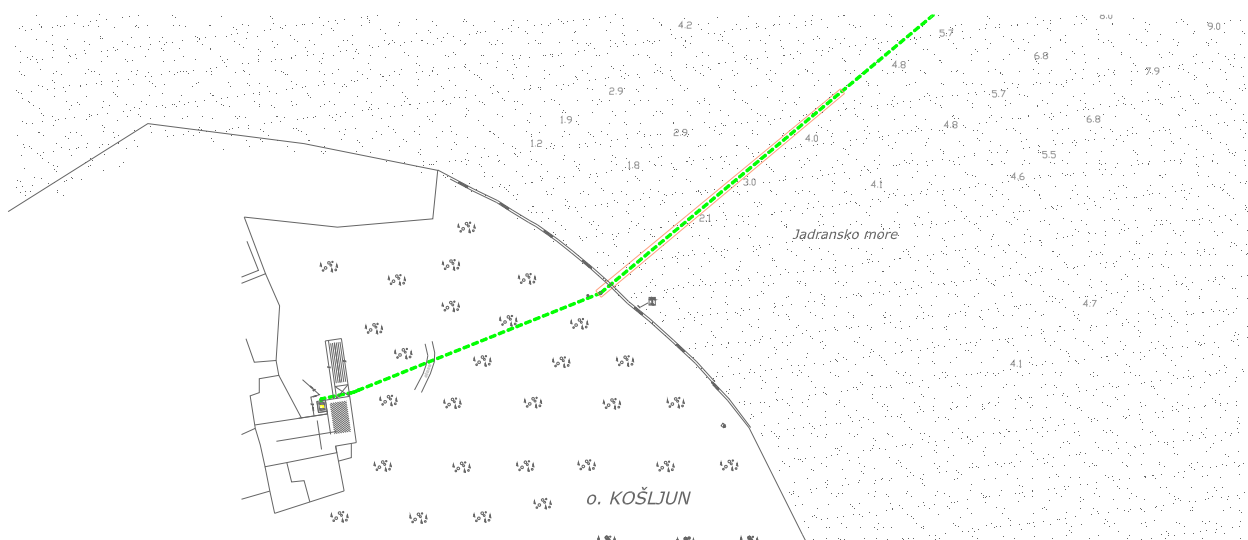
Dok je planiranje i izvedba kopnenih dionica bila karakteristična samo po odluci da se, zbog blizine krajnjih točaka priključenja predmetnog voda, u potpunosti koristi podmorski energetski kabel, bez izvedbe prijelaza u kopneni energetski kabel, a središnje podmorske dionice bilo uvjetovano neuobičajeno plitkim morem (u rasponu do 9 m), izvedba priobalnih dionica je u mnogočemu bila specifična zbog okruženja u kojemu se planirao zahvat.

3.2. Priobalne zaštite u specifičnim uvjetima

Ključna tematika razrade ove zamjene je bilo efikasno planirati i izvesti priobalne dionice. S jedne strane je u pitanju aktivna pomorska marina na ulazu u naselje Punat, s trajno definiranim i zadanim stanjem: izvedenim pontonskim gatovima za sidrenje brodova, izvedenim vanjskim priobalnim gatovima namijenjenim sidrenju brodova većih gazišta, i s tim povezanim izvedenim zahvatima u podmorju za osiguranje sidrenja brodova. S druge strane je u pitanju stjenoviti otočić s postepenim povećanjem dubine morskog dna, iznimno čvrste kategorije zemljišta. Obje dionice su bile izuzetno zahtjevne te je u oba slučaja priobalna dionica podmorskog kabela morala biti razrađena detaljnije od uobičajenog eliminacije štetnih utjecaja uslijed djelovanja mora.



a)

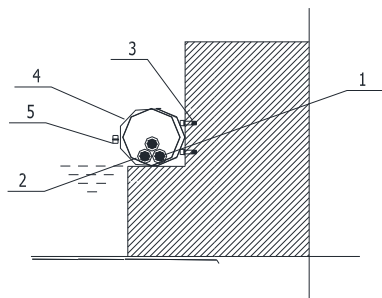


b)

Slika 4. Priobalne dionice na strani otoka Krka (a) i otoka Košljuna (b)

S obzirom na navedene zahtjeve trase na prostoru Marine Punat kabel križa parkiralište kompleksa, skreće prema moru te se vodi u zaštitnoj cijevi ispod početne dionice pontonskog gata (slika 5.a). Na tom dijelu trase u donjem dijelu obalnog zida postoji izbočenje koje se iskoristilo za smještaj zaštitne PEHD cijevi, koja se obujmicama za isti pričvrstila. Obujmice su riješene na način da su prethodno pričvršćene po obalnom zidu, a po postavljanju cijevi su njihovi krajevi čvrsto povezani. Na taj način je efikasno riješena mehanička zaštita kabela od utjecaja mora u priobalnom dijelu. Na kraju obalnog zida kabel se spušta u more te se vodi ispod gata cijelom njegovom dužinom (slika 5.b). Izlaskom iz područja ispod gata nastavlja u zadanom smjeru do točke loma. Radi vezanja brodova na rubove vanjskog priobalnog gata kabel je dodatno štićen od kraja gata prema otvorenom moru u dužini od 40 m (slika 5.c). Kabel nastavlja prema otoku Košljunu, pravocrtno prema karakterističnoj izlaznoj točki.

KARAKTERISTIČNI PRESJEK KABELSKOG KANALA
NA "ZUBU" DONJEG DIJELA OBALNOG ZIDA

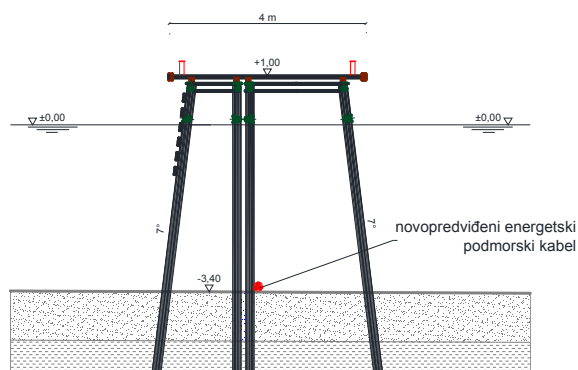


LEGENDA:

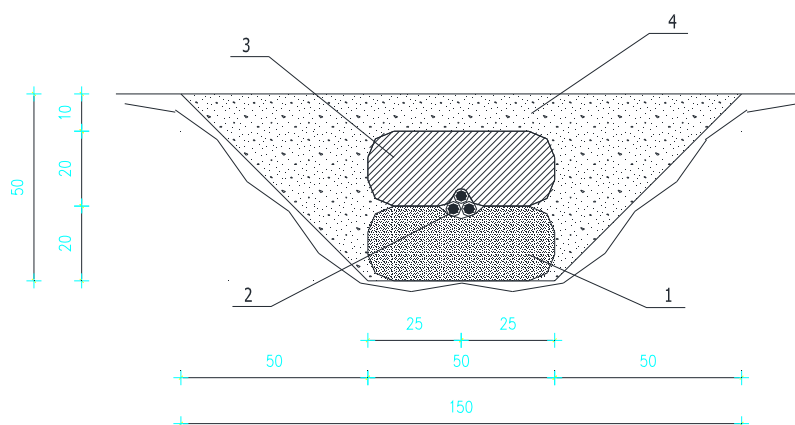
1. SN KABEL
2. PEHD CIJEV Ø 160 mm
3. SIDRENI VIJAK SA TIPLOM ZA BETON (INOX)
4. OBUJMICA OD INOXA
5. MANŽETA ZA STEZANJE OBUJMICE

a)

Karakteristični poprečni presjek gata B1-I



b)



LEGENDA:

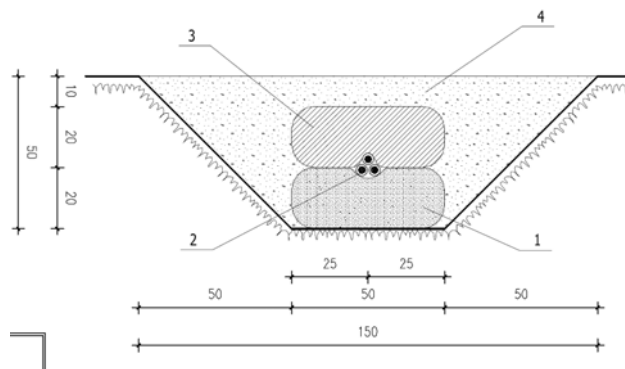
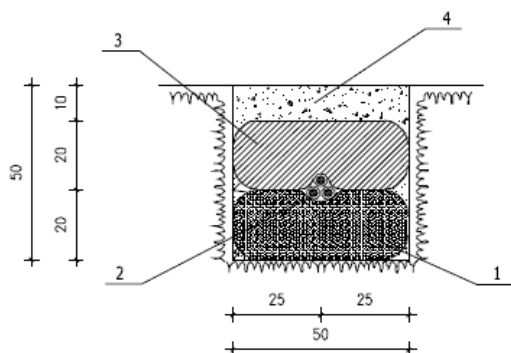
1. JUTENE VREĆE S PIJESKOM
2. PODMORSKI KABEL
3. JUTENE VREĆE SA SMJESOM
NULE I CEMENTA U OMJERU 1:1
4. MATERIJAL IZ ISKOPA

c)

Slika 5. Rješenje zaštite podmorskog kabela u priobalnoj dionici sa strane otoka Krka – a) zaštita u kopnenom dijelu ispod pontona; b) polaganje u podmorskom dijelu ispod pontona; c) zaštita u podmorskom dijelu ispred vanjskog gata

Priobalna zaštita se na specifičan način izvela i sa strane otoka Košljuna. Detalji zahvata su prikazani na slici 6. Iznimno kompaktno kopneno tlo i morsko dno uvjetovalo je da se priobalna zaštita neposredno do ulaska u more izvede zabetoniranom zaštitnom cijevi, a po ulasku u more na obalnoj crti izvede iskopom definiranog podmorskog kabelskog kanala u kojima je podmorski kabel štićen vrećama s pijeskom, odnosno pijeskom i cementom (slika 6.a i b). Na taj način je u dužini 40 m od obale Košljuna prema moru izvedena priobalna zaštita. Kompletan profil ovog rješenja priobalne je prikazan na slici 6.c).

KARAKTERISTIČNI PRESJEK KABELSKOG KANALA
PRIOBALNE ZAŠTITE U TERENU I V- V KAT. ("B")

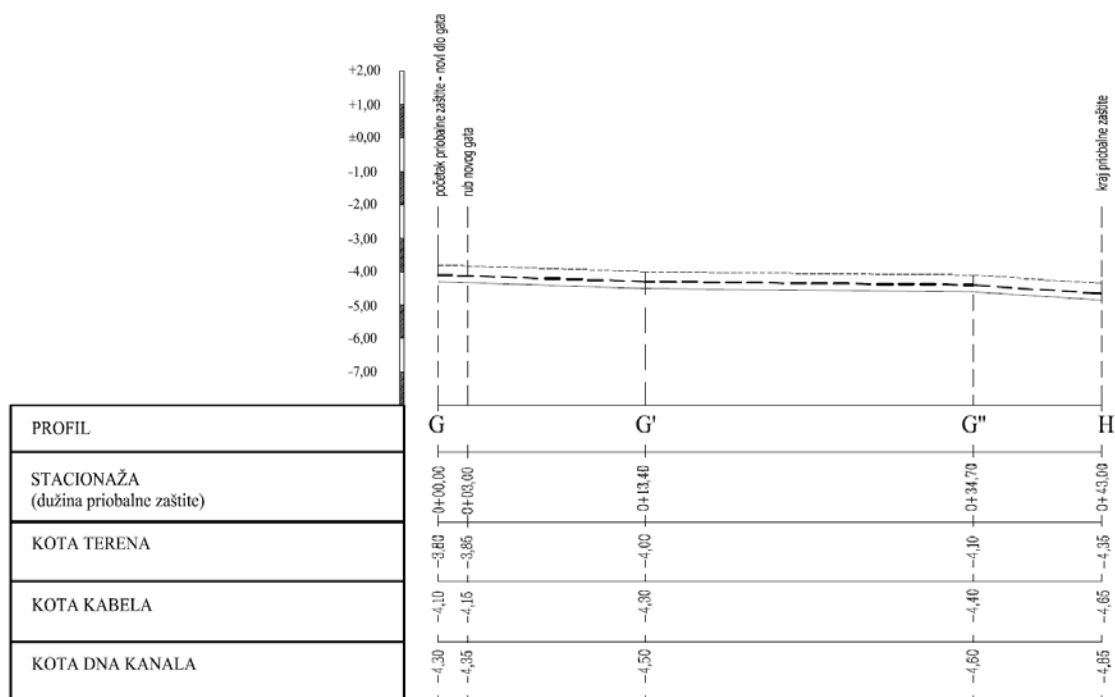


LEGENDA:

- 1, JUTENE VREĆE S PIJESKOM
- 2, PODMORSKI KABEL
- 3, JUTENE VREĆE SA SMJESOM
NULE I CEMENTA U OMIJERU 1:1
- 4, MATERIJAL IZ ISKOPA

a)

b)



c)

Slika 6. Rješenje zaštite podmorskog kabela u priobalnoj dionici sa strane otoka Košljuna – a) zaštita u morskom dnu visoke kategorije tla; b) zaštita u pješčanom morskom dnu; c) uzdužni profil priobalne zaštite

4. ISKUSTVA PRI IZVEDBI

Već pri projektnoj razradi rješenja bilo je jasno da će, po izvedenoj građevinskoj pripremi kopnene trase i priobalnih dionica planiranih građevinskom pripremom prija polaganja, za samo polaganje kabela biti potrebno vrlo pomno planiranje načina izvedbe polaganja. Najvažniji faktori, odnosno uvjeti polaganja je paralelno ostvarivanje specifičnih priobalnih zaštita navedenih u prethodnom poglavlju, kako bi u trenutku polaganja bilo moguće položiti podmorski energetska kabel u jednom komadu, u ukupnoj dužini od 1087 m. Posebno je zahtjevana bila problematika izvođenja podmorskih građevinskih radova na strani otoka Košljuna, zbog specifične dubine mora, koje su bile premale za neposrednu upotrebu plovila, a opet se nije mogla izbjeći upotreba istih. Aktualizirala se i nerazpoloživost građevinskih strojeva u neposrednoj okolini, a kako u pitanju zapravo nisu radovi većeg obima, generalno je bilo neisplativo dovoditi plovila i strojeve s udaljenih mjesta. Zbog kratkih i preciznih rokova realizacije, uvjetovanih i vremenskim prilikama na moru, iznalaženje rješenja ovih problema je moralo biti efikasno. Dijelom se pribjeglo i ručnom izvođenju podmorskih radova.

Prije početka polaganja podmorskog kabela potrebno je imati na umu da se radovi odvijaju na moru, te da se more i morske čudi treba posebno uvažavati. Ukoliko dođe do iznenadnih promjena vremena potrebno je prolongirati dan polaganja kabela. Samu radnu operaciju uključivali su: izbor broda polagača, izbor broja i veličine pratećeg brodovlja, osiguranje i na kritičnim mjestima dupliranje bežične veze za komunikaciju, osiguranje vitla za izvlačenje krajeva kabela, osiguranje jastuka za površinsko održavanje krajeva kabela, i osiguranje ronilačke ekipe s iskustvom na sličnim poslovima. Posebnu pažnju treba posvetiti načinu sidrenja broda polagača kod izvlačenja krajeva kabela. Ovo su najdelikatnije operacije. Ako nije moguće učvršćivanje broda polagača privezivanjem na obalu, tada bi trebalo biti spremno spustiti i sidra. Obavezna sidrenja se preporučaju na oba kabela kraja.

Nakon što je trasa u potpunosti bila pripremljena za polaganje kabela, dopremio se podmorski kabel sa svom potrebnom opremom. Kabel se dovezao u krug poslovnog kompleksa Marine Punat na jednom bubnju i ukrcao na brod-polagač. Isti se usidrio ispred priobalnog gata B1-1. S tog mjesta se energetska kabel vitlom razvlačio ispod gata, kroz priobalnu zaštitu i po otvorenom kopnenom kabelskom kanalu uz pomoć samorotirajućih valjaka do TS Marina. Potom se pristupilo polaganju na moru, gdje se isti razvlačio uz pomoć plutajućih jastuka i polagao putem broda-polagača. U slučaju kvarova na kabelu na području samoga mora, kabeli se uobičajeno izvlače na površinu mora, te se potom izvode popravci. Da bi se to omogućilo na mjestu slobodnog polaganja kabela na morsko dno položila se dodatna dužina kabela - dvije dužine najdubljeg dijela, u ovom slučaju dodatnih 20 m.

Na morsko dno kabel su spuštali ronici. Dolaskom na kopno otoka Košljuna kabel se vitlom položio u otvorene i pripremljene kabelske kanale sve do TS Košljun. Po spuštanju kabela na dno, slijedila je izvedba dovršetka priobalne zaštite u podmorskom dijelu sukladno navedenim zahtjevima, te preron kompletne trase sa snimanjem izvedenog stanja, za slučaj mogućih zahtjeva na korekciju trase (izmještanjem kabela s neravnina gdje je moguće njegovo oštećenje).

Voditelji ovakvih radova u svakom slučaju moraju biti u stalnoj koordinaciji s izrađivačima tehničkog rješenja radi iznalaženja najefikasnijeg načina izvedbe u cilju sigurnog i optimalnog dovršenja posla. Jedan od primjera takvih detalja s predmetne izvedbe je bio način polaganja kabela kroz priobalnu zaštitu na strani otoka Krk - uvlačenje kroz zaštitnu cijev ispod pontona u dijelu spoja s betonskim kopnenim gatom odnosno način efikasnog zavješanja cijevi pri polaganju kabela prije konačno smještaja i učvršćenja na predviđenu poziciju.

5. ZAKLJUČAK

Elektroprimorje Rijeka ima iskustva u projektiranju i polaganju podmorskih kabela u proteklom petogodišnjem razdoblju. Osim polaganja novih 35 kV podmorskih veza kopno – Krk i Krk – Cres krajem 2013. godine [4], tijekom proljeća 2015. se zbio nesvakidašnji kvar na polovici podmorskog dijela trase 10(20) kV podmorskog kabela Vele Srakane – Unije, koji je uspješno saniran uz angažiranje ljudskih i materijalnih resursa u većem obimu. Svakako su stečena iskustva bila od koristi pri razradi daljih planiranih zahvata na podmorskim kabelima u ingerenciji Elektroprimorja, pa tako i na predmetnom podmorskom vodu. Pri tome se tehnologija izvedbe priobalne zaštite bušenjem pokazala po svim parametrima kao najprihvatljivija u neposrednim planovima izvedbe.

Na prvi pogled, uvjeti polaganja ovog podmorskog voda su natprosječno povoljni u podmorskom dijelu, s obzirom na plitkost i zaklonjenost uvale od izloženosti jakim vjetrovima, međutim specifičnosti priobalnih dijelova trase su praktički odmah u projektiranju tražili iznalaženje drugačijih rješenja od onih

primijenjenih u nedavno izvedenim zahvatima [4]. Prije svega se to odnosi na specifičnu problematiku priobalne zaštite u okolišu koji je iznadprosječno opterećen pomorskim prometom i sidrenjima. Na ovom primjeru je pokazano da se uz odgovarajuću prilagodbu osnovnih postulata (dodatnog) mehaničkog štíćenja energetskog kabela može na zadovoljavajući način isto postići, bez neopravdanog doslovnog pridržavanja usvojenim standardnim principima rješavanja priobalne zaštite.

6. LITERATURA

- [1] Podmorski 20 kV kabelski vod TS 20/0,4 kV Marina - TS 20/0,4 kV Košljun, Tehničko rješenje, TR-VS-100-12, HEP ODS d.o.o, Elektroprimorje Rijeka, Služba za izgradnju, Odjel za projektiranje, rujan 2012.
- [2] S. Aljinović, L. Štrbac, „Sigurnost Napajanja Jadranskih otoka električnom energijom u svjetlu stanja kabelske infrastrukture“, 11. savjetovanje HRO CIGRE, Cavtat, Hrvatska, studeni 2013., B1-03
- [3] F. Klarić, I. Radetić, A. Hajdu, „Rješenja napajanja 10 kV potrošača pri prelasku područne mreže na 20 kV napajanje“, 8. savjetovanje HRO CIGRE, Cavtat, Hrvatska, studeni 2007., C6-01
- [4] F. Klarić, M. Volarić, I. Radetić, M. Mijić, M. Biondić, „Projektiranje i izvođenje zamjene 35 kV podmorskih kabela kopno – Krk i Krk – Cres“, 4.(10.) savjetovanje HO CIRED, Trogir, Hrvatska, svibanj 2014., SO1-9
- [5] Hidrografsko-geološko snimanje podmorja za trasu polaganja podmorskog 10(20) kV kabela Punat – o. Košljun, Hrvatski hidrografski institut, Split, srpanj 2007.