

PODMORSKI ENERGETSKI KABELI - NOVA TEHNOLOGIJA IZVEDBE PRIOBALNIH ZAŠTITA I MOGUĆA KOORDINACIJA MEĐU KORISNICIMA PODMORSKIH TRASA

Ivo S a n t i c a, Split

UDK 621.315.2:621.516.6
STRUČNI ČLANAK

Od mehaničkih oštećenja podmorske energetske kabele u priobalju štitimo priobalnom zaštitom. Nakon kratkog pregleda zahtjeva i načina dosadašnje izvedbe zaštite dan je prikaz nove tehnologije. Ovakvim načinom izvedbe priobalne zaštite i grupiranjem podmorskih instalacija u podmorske instalacijske koridore uveliko pridonosimo zaštiti okoliša priobalja i podmorja.

Ključne riječi: energetski podmorski kabeli, priobalna zaštita, podmorski koridori, podmorsko dobro, zaštita okoliša.

1. UVOD

Prve podmorske kabelaške veze datiraju iz druge polovice 19-og stoljeća. Već u to doba dio priobalja i otoka bio je povezan podmorskim telegrafskim kabelima.

Strateški značaj ovih veza potkrijepit ćemo podatkom, da je potrebna informacija o položaju neprijatelja, što je ujedno bio i znak za početak jedne od najvećih klasičnih pomorskih bitaka "Bitka pod Visom" 1866. godine prenesena telegrafskim kabelom, čime je tijek i ishod bitke za otok Vis promijenjen.

Zasigurno su ovako važne veze zahtijevale svu ozbiljnost u pripremi, polaganju, održavanju i zaštiti.

Uvidom u dio tadašnje projektne dokumentacije za polaganje i otklanjanje kvarova zadivljuje nas pedantnost izradbe.

Zahtjevnost u pogledu pripremnih radnji podmorskih instalacija danas postaje posebno složena. Korištenje pomorskog dobra obvezuje korisnika na uvažavanje svih relevantnih čimbenika presudnih za određivanje izlaznih točaka i koridora kabelaške trase. Postojeće instalacije, urbanističke planove priobalja, tranzitne nautičke i nautičko-turističke putove, ribarstvo, kulturološke navike stanovništva i dr. treba uvažiti u tijeku pripremnih radnji.

Naravno, zaštita okoliša priobalja i podmorja postavlja posebne zahtjeve. Ponekad su ovi zahtjevi u koliziji s elektroenergetskim zahtjevom da trasa bude najkraća udaljenost između ishodišnih točaka.

Detalniji oceanografski podaci, stečeno iskustvo, građevinske mogućnosti i nove tehnologije vremenom mijenjaju koncepciju izvedbe priobalne zaštite, jednog od najvažnijih segmenata za sigurnost podmorske instalacije.

2. SVRHA PRIOBALNE ZAŠTITE PODMORSKIH ENERGETSKIH KABELA I ZAHTJEVI KOJE ONA TREBA ISPUNITI

Priobalna zaštita je građevinski zahvat čija je temeljna zadaća zaštita energetskog kabela od svih vrsta mogućih mehaničkih oštećenja.

Mehanička oštećenja nastaju u prvom redu kao posljedica djelovanja razornih i erozivnih sila uzrokovanih valovitošću mora. Međutim, moguća su oštećenja i od kobilica brodova, a i od ljudskog nemara, kod odlaganja i transporta teških tereta i sl.

Navest ćemo neke jednadžbe preko kojih dolazimo do osnovnog podatka, tj. podatka na kojoj dubini se može kotrljati kamen kao mogući uzročnik oštećenja. Račun se temelji na oceanografskim podacima u priobalju: visini vala, dužini vala, brzini vala, a ovisan je također o strmini obale, jer ona uvjetuje eventualnu pojavu klapotisa (stojnog vala).

Kritična dubina za stojne valove je:

$$H_{kr} = \frac{L}{4 \cdot \pi} \cdot \ln \frac{L + 2 \cdot \pi \cdot h}{L - 2 \cdot \pi \cdot h} \quad (m) \quad (1)$$

L - dužina vala (m)

h - visina vala (m)

U praksi kritična dubina kod stojnih valova uzima se u granicama $1,5 h - 2 h$.

Maksimalna brzina čestica morske vode na dnu za stojeći val iznosi:

$$V_{\max} = \frac{2 \cdot \pi \cdot h}{\left(\frac{\pi \cdot L}{g} \cdot sh \frac{4 \cdot \pi}{L} \cdot H \right)^{\frac{1}{2}}} \quad (m/sek) \quad (2)$$

Opasna zona ispiranja dna pri vertikalnoj obali nalazi se u granicama od $L/8$ do $3L/8$.

Dozvoljena maksimalna brzina morske vode na dnu iznosi:

- za pijesak 1,5 m/sek
- za kamen do 40 kg težine 2,5 m/sek
- za kamen do 70 kg težine 3,5 m/sek
- za kamen do 140 kg težine 5,0 m/sek.

Veličina kamena kojeg more kotrlja uvjetovana je brzinom mora na dnu.

Prema tome, ovisno o vrsti kablenskog plašta i veličini kamena koji ga može oštetiti donekle definiramo dubinu ugradnje priobalne zaštite.

Naravno, dubina ugradnje ovisna je o geologiji priobalja, iskustvenim saznanjima, a također i o ekonomskim pokazateljima.

Na mjestima gdje energetska kabela nije direktno izložen erozivnom djelovanju mora zaštitu je potrebno izvesti kao preventivu od udaraca kobilice plovila, sidrenja brodova i nekontroliranih radova u priobalju (nasipavanje, izgradnja muleta, marina i dr.).

Važno je napomenuti da je priobalna zaštita skup građevinski zahvat, te kod projektiranja treba uvažiti sve relevantne čimbenike kako bi ga optimizirali u pogledu zahtjevnosti i cijene.

Vijek trajanja priobalne zaštite definiran je vijekom trajanja energetskog kabela, a to znači najmanje 50 godina. Prema tome, treba obratiti pozornost na zahtjev izuzetno kvalitetne izvedbe zaštite i povezanosti s okolnim terenom, kako je stalna erozija valova ne bi oštetila. U ponekim slučajevima do oštećenja je dolazilo neposredno nakon izvedbe već kod prvog nevremena.

Kao što je izgradnja priobalne zaštite skup građevinski zahvat, tako je i sanacija još skuplji zahvat s obzirom na veličinu radova i prisutnost energetskog kabela.

Nova tehnologija izgradnje priobalne zaštite stoga je posebno interesantna jer prvi put ovaj specifični segment postaje praktički "vječan" i nije mu potrebno održavanje.

3. DOSADAŠNJA ISKUSTVA NA KVAROVIMA ENERGETSKIH KABELA U PRIOBALJU

Nekoliko kvarova kao posljedica mehaničkog oštećenja u priobalju potvrđuju ozbiljnost problematike priobalne zaštite energetskih kabela.

Kvar na kabelu 35 kV Kopno - O. Čiovo, uzrokovan je očito ljudskim nemarom. Obala je nasipana ne vodeći računa o kabelu i stanju priobalne zaštite, unatoč svim upozorenjima distributera. Posljedica je bila kvar na kabelu i višemjesečni rad brodogradilišta s reduciranim energetskim režimom uz stalan rizik da jedina preostala 10 kV veza preko dotrajalog kabela također bude prekinuta.

Kvar na 30 kV kabelu Dugi Rat - Postira, također je bio uzrokovan ljudskim nemarom. U ovom slučaju priobalje je nasipano višetonskim kompaktnim odljevima šljake.

I 10 kV kabela Zadar - Preko u priobalju oštećen je izgleda ljudskim nemarom.

Razorno djelovanje valova bilo je više puta uzrok oštećenja priobalne zaštite, ali zahvaljujući pravodobnim intervencijama do kvarova na kabelu nije došlo, ili nam to nije poznato.

Vidljivo je da se oštećenja češće javljaju na kablama srednjeg napona, jer je njihov broj veći i položajno su bliže naseljenim mjestima.

Ne ulazeći u pojedinosti, postojeća iskustva u "šarolikoj lepezi" tipova priobalne zaštite dosta su dvojbena. Priobalna zaštita starijih energetskih podmorskih kabela srednjeg napona uglavnom je bila izvedena za jednokratnu uporabu, nepogodna kod popravka kabela i nesigurna u duljem razdoblju eksploatacije kabela.

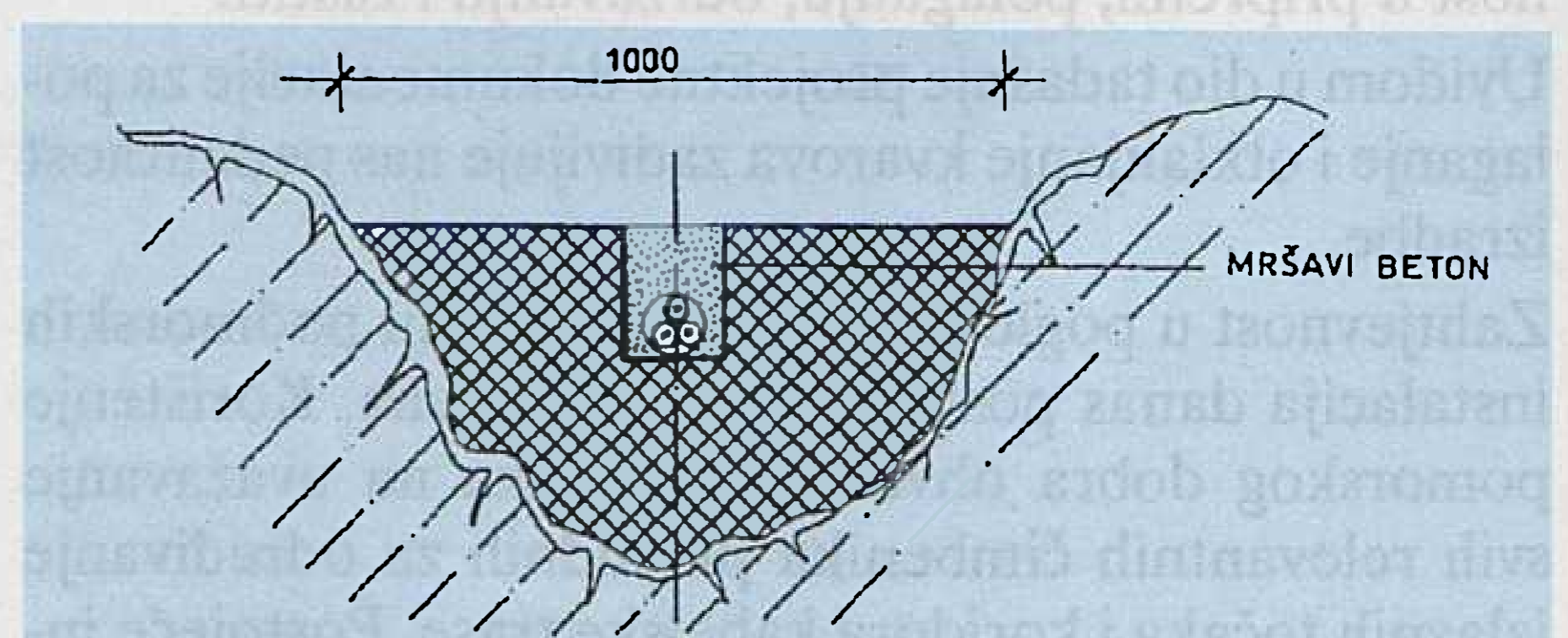
Zbog toga se kod projektiranja "otočnih veza 35 kV" primijenio novi tip priobalne zaštite. Slični elementi ugrađeni su na nekoliko novijih kablenskih podmorskih veza, a primijenjeni su i kod sanacija starih priobalnih zaštita. Ovaj tip zaštite sastoji se od niza dvodjelnih elemenata montažne izvedbe. Svaki ugradbeni element ima preklopni zub za međusobno povezivanje. U utoru temeljnog elementa polaže se kabela ili kabeli i nakon polaganja zatvaraju se pokrovnim elementima.

Ovakav tip priobalne zaštite osigurava dosta dobar "komoditet" polaganja, a i demontažu pokrovnog dijela u slučaju zamjene ili popravka kabela.

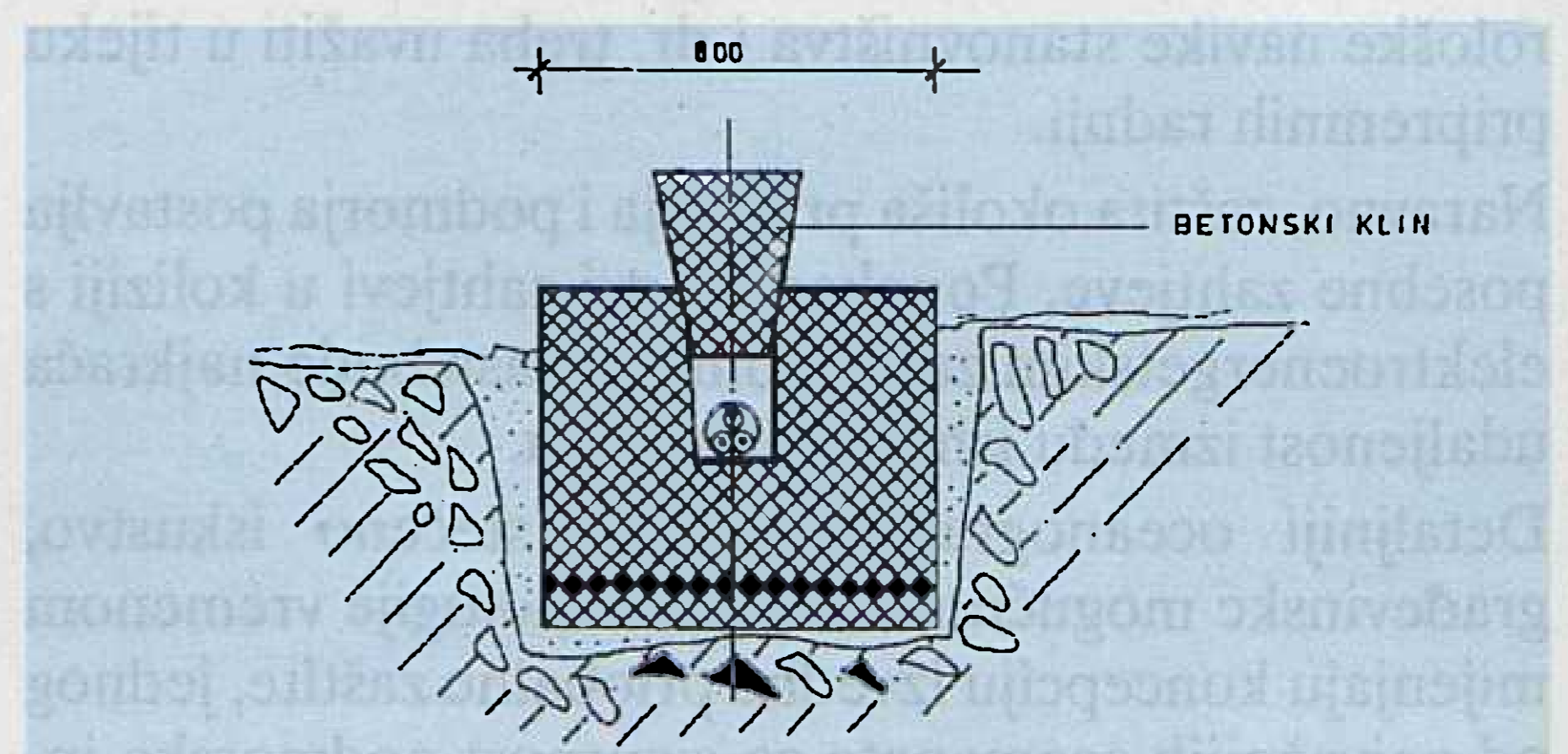
Međutim i ovakva priobalna zaštita krije opasnost od mogućeg pomicanja pojedinačnog elementa okomito na kabela, "smik", a treba obratiti pozornost i na prijelaz kabela iz elementa na morsko dno.

Slike 1, 2, 3, 4, 5 i 6 prikazuju neke primjere izvedbe priobalne zaštite energetskih kabela do 90-ih godina.

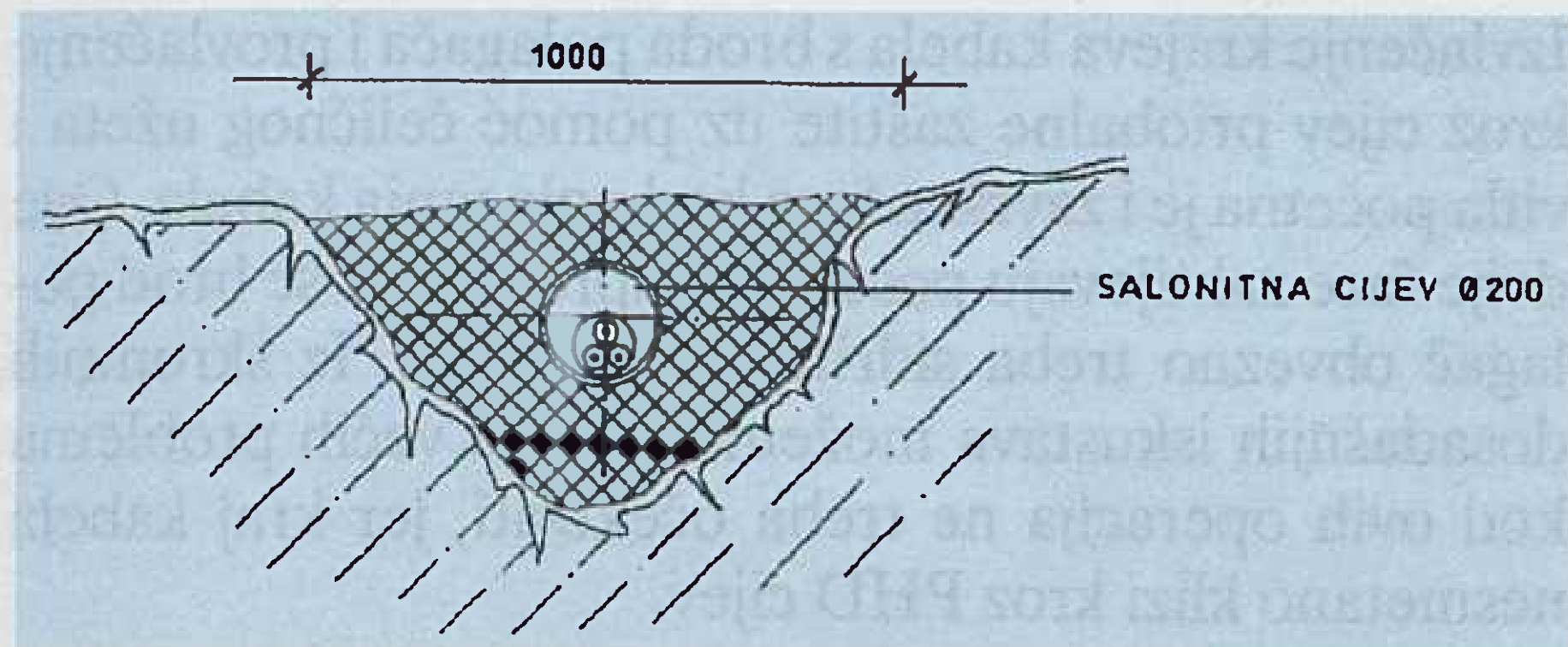
Slika 7 prikazuje tipizirani element priobalne zaštite energetskih kabela ugrađen na "otočkoj vezi 35 kV".



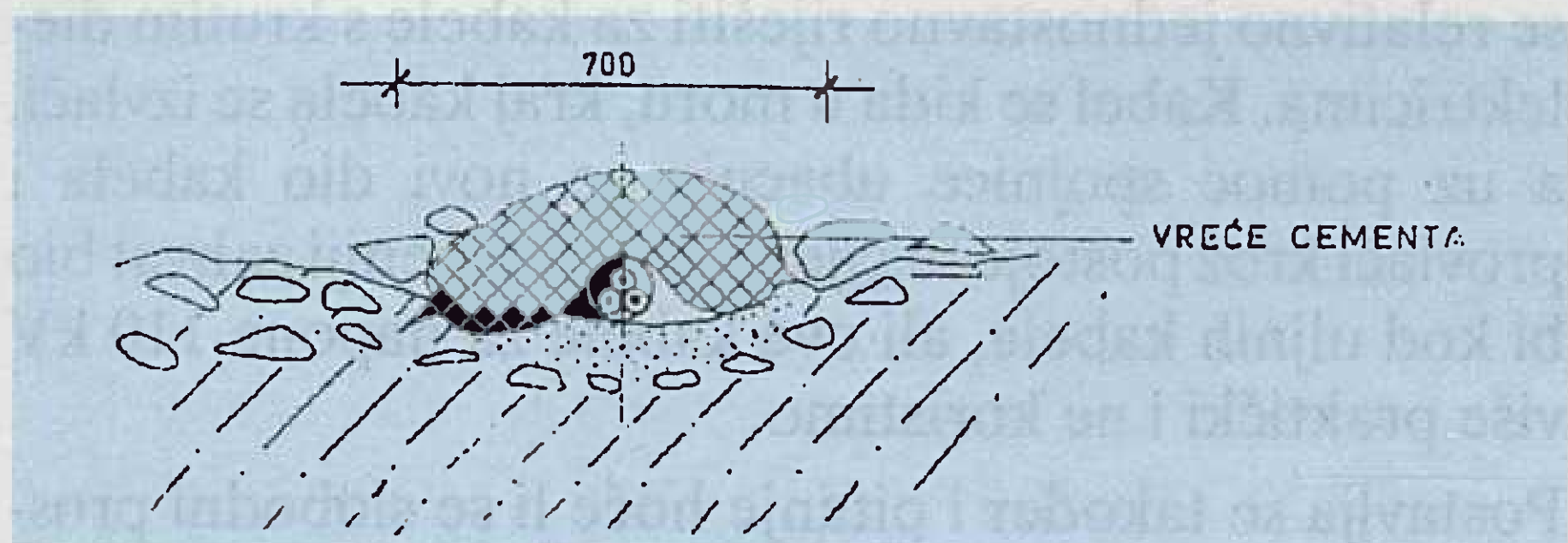
Slika 1. KB 10 kV "Pelješac-Mljet", "Korčula-Lastovo"



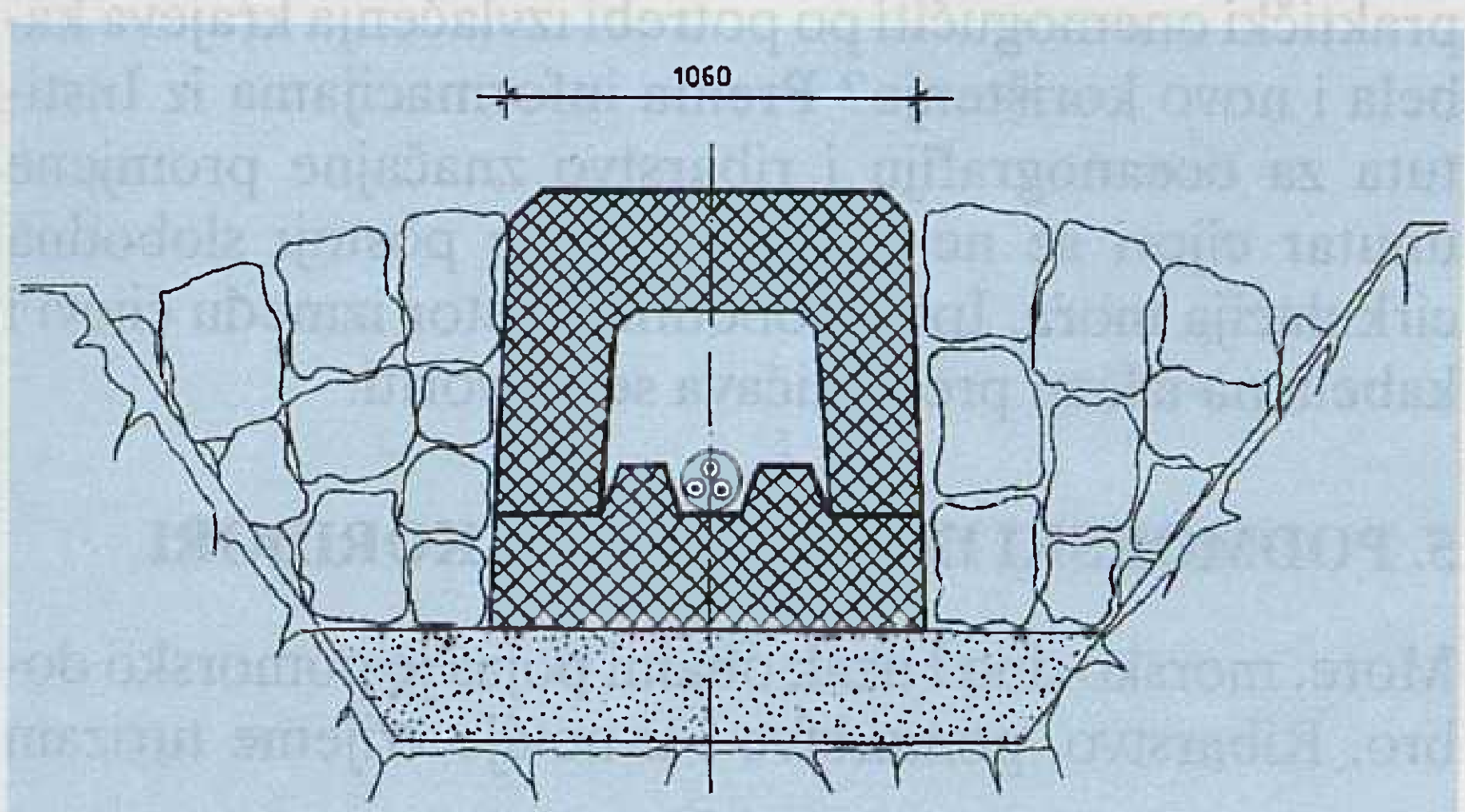
Slika 2. KB 30 kV "Dugi Rat-Postira" (sanacija)



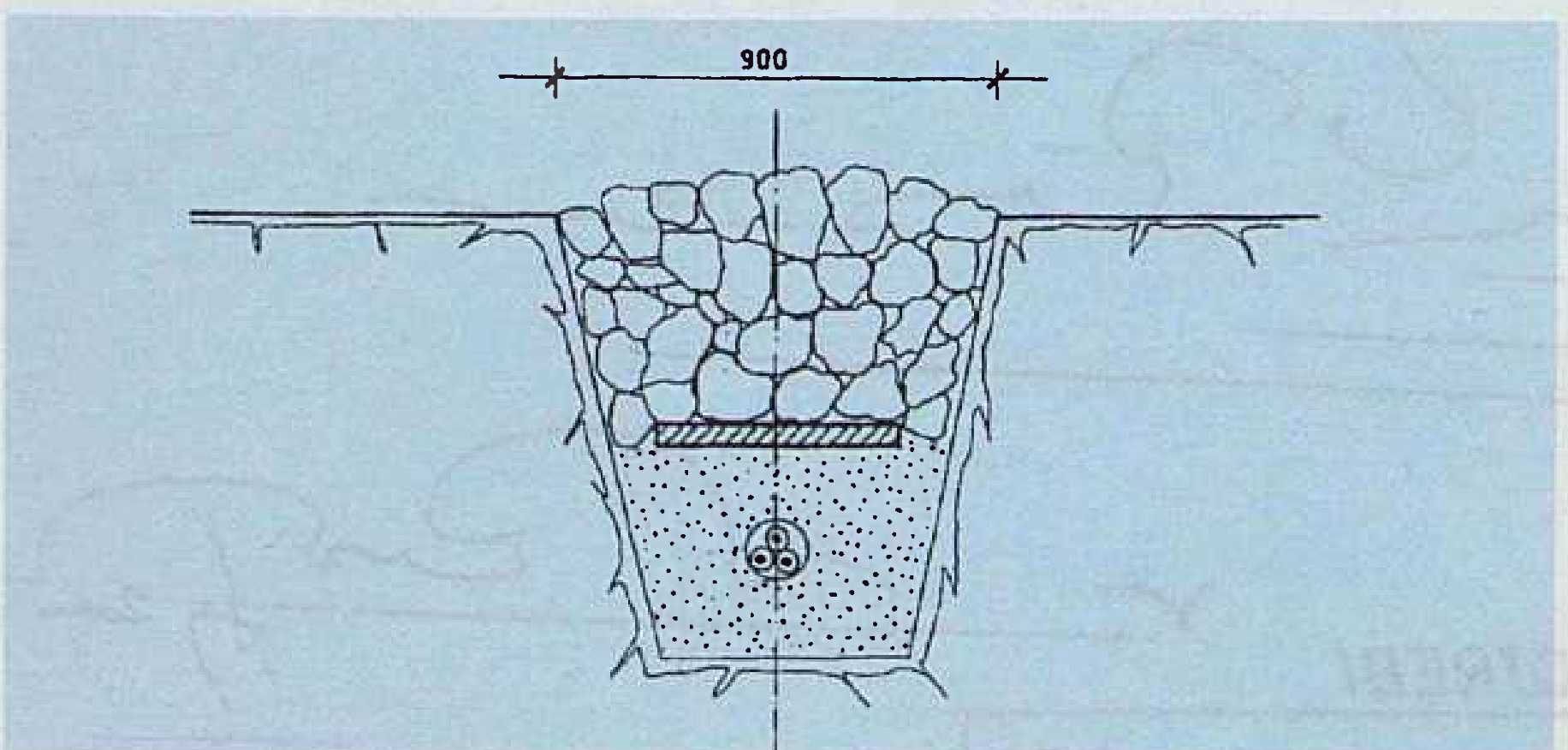
Slika 3. KB 10 kV "Brač-Šolta"



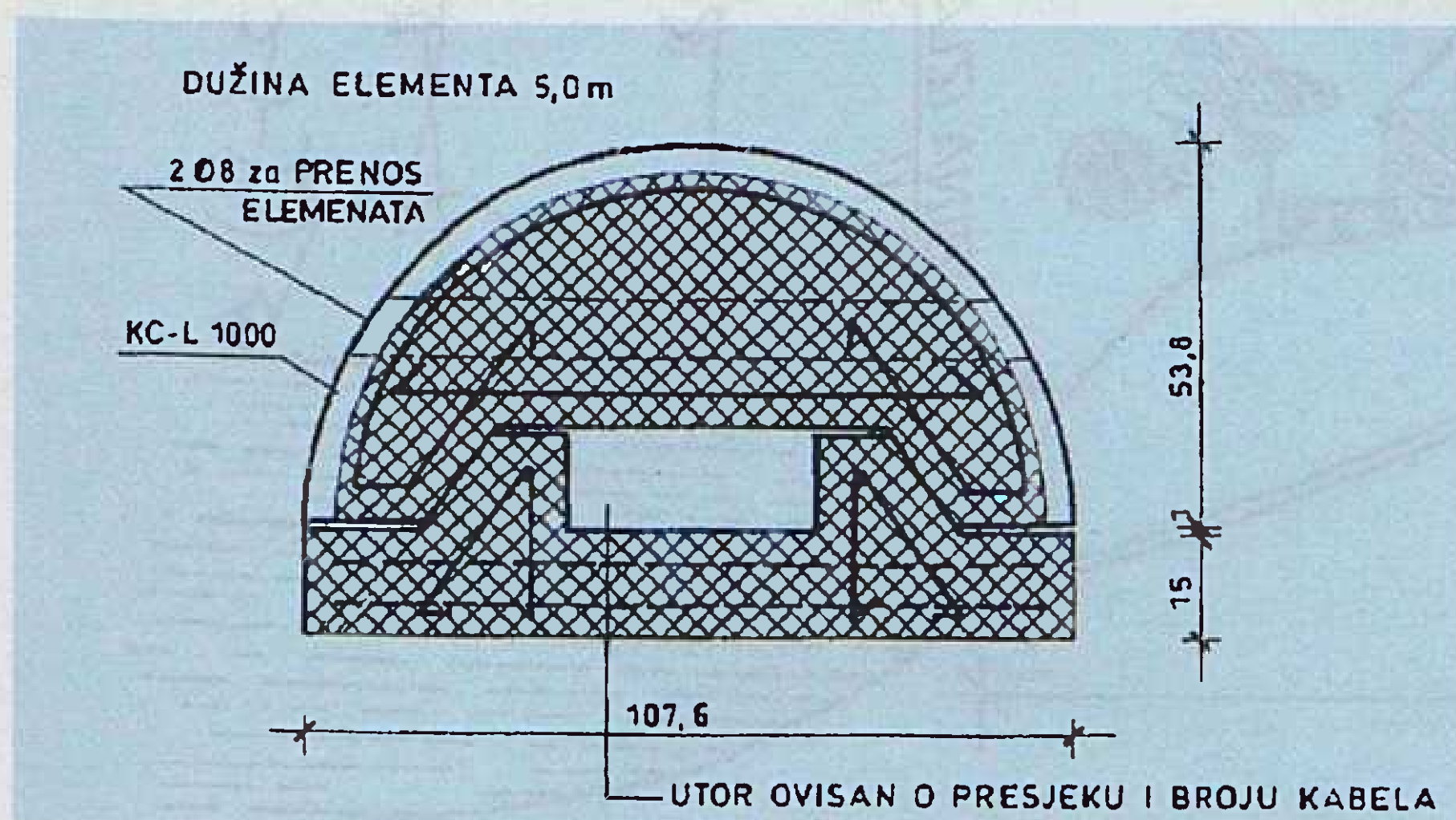
Slika 4. KB 35 kV "Kopno-O. Čiovo"



Slika 5. KB 110 kV "Krk-Rab"



Slika 6. KB 110 kV "Pelješac-Korčula"



Slika 7. "Otočna veza 35 kV"

Praksa je pokazala da se uza sva projektantska nastojanja, prirodni izgled priobalja na mjestu ugradnje priobalne zaštite znatno naruši. Negdje više, negdje manje, ovisno i o suptilnosti izvođača.



Slika 8. Priobalje na mjestu izgradnje priobalne zaštite

4. NOVA TEHNOLOGIJA IZRADE PRIOBALNIH ZAŠTITA

Kod energetskog podmorskog kabela 10(20) kV o. Hvar-o. Sv. Klement (ACI marina Palmižana) priobalna zaštita izvedena je prvi put strojnim bušenjem priobalja i postavljanjem PHD cijevi $\text{Ø}100$ mm u bušotinu kroz koju se naknadno provlače krajevi podmorskog kabela.

Strojem za bušenje probija se okrugla rupa između zacrtanih točaka na kopnu i moru. Na kraj metalne cijevi za bušenje vezuje se polietilenska plastična cijev odgovarajućeg promjera. Izvlačenjem metalnih cijevi uvlači se PHD cijev koja sada predstavlja "podzemnu" priobalnu zaštitu.

Proizvođač bušačke jedinice 8/60 JT i sustava za kamen RS 860 je firma Ditch Witch. Sustav je samostalan osim spoja preko jedne cijevi na potrebni fluid i jednog kabela na električni sustav. Put bušilice, od ulazne do izlazne točke mora biti planiran prije nego bušenje počne. Put bušilice može biti označen po površini zemlje bojom ili označen zastavicama, odnosno plutačama na moru ili natpisom na papiru kao referenca djelatniku izvođaču. Mogućnost savijanja puta bušilice mora se kontrolirati i zadržati u granicama preporuke. Ditch Witch cijevi svrdla su projektirana za savijanje, međutim savijanje preko preporučenih granica će uzrokovati oštećenje koje se ne mora vidjeti. Ovakva oštećenja se akumuliraju i u konačnici mogu voditi nepredviđenom oštećenju cijevi.

Princip rada bušilice je sličan kao i kod ostalih bušilica: primjer za bušenje nafte, vode i sl. Svrdlo uobičajene konstrukcije za bušenje okreće se preko srednje cijevi. Vanjskom cijevi izvodi se rad na određivanju putanje. Kroz unutrašnju cijev pod pritiskom se ubrizgava fluid (npr. mješavina vode i bentonita ili sl.) kojim se ispiru

izbušeni materijal s vanjske strane "vanjske cijevi". Time se ujedno i učvršćuje stijenska izbušene rupe. Između stijenske rupe i stijenske vanjske cijevi ima dovoljno prostora, jer je promjer bušćeg svrdla veći od promjera vanjske cijevi. Izvlačenje metalne cijevi koristi se postavljanjem polietilenske cijevi jer se za kraj prve veže početak druge.

U slučaju kada imamo "povratno" bušenje za proširenje prve rupe tada se obično naknadno ponovo provlači metalna cijev da bi se mogla istegnuti polietilenska cijev.

Cijev (priobalna zaštita) promjera \varnothing 350 mm koja se može ostvariti ovim strojem zadovoljava zahtjeve elektroenergetskih kabela svih naponskih nivoa.

Ova tehnologija može se primijeniti i kod vodovodnih, plinovodnih i kanalizacijskih instalacija.

HT TK Centar Split vlasnik je ove bušačke jedinice i za zaštitu svojih instalacija u priobalju koristi se već od 1977. god.

HEP koristi prvi put ovaj način zaštite 1999. god. na podmorskom kabelu o. Hvar-o. Sv. Klement (marina Palmižana).

U tijeku je izvedba, odnosno bušenje priobalja za podmorski kabel Drvenik (kopno) - Sućuraj (o. Hvar), a pripremni dogovori napravljeni su i za slijedeće objekte:

Podmorski kabel 10(20) kV: Vinišće - M. Drvenik
Rt Marjana - O. Čiovo
Pučišća - premoštenje vale
Milna - premoštenje vale.

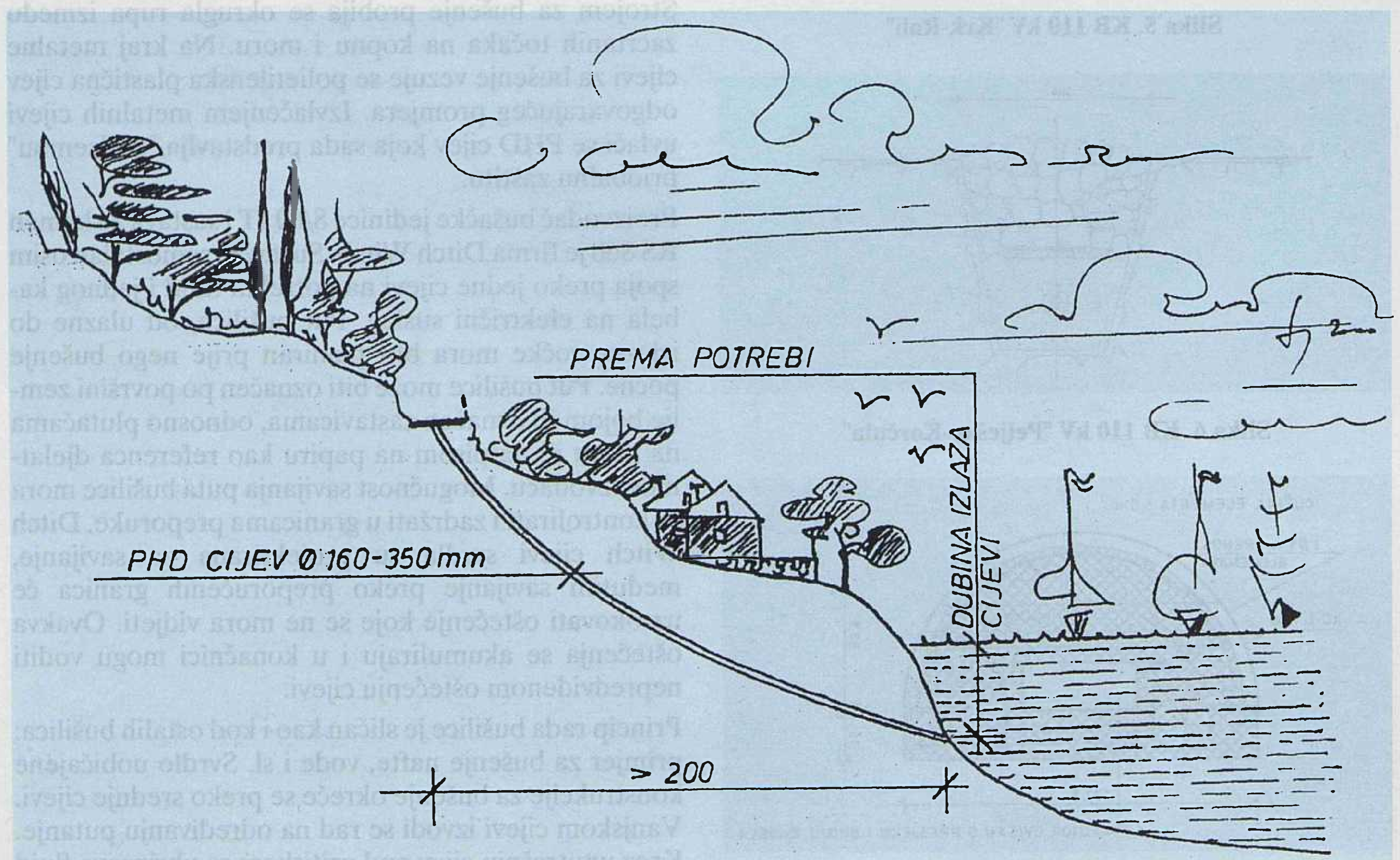
Izvlačenje krajeva kabela s broda polagača i provlačenje kroz cijev priobalne zaštite uz pomoć čeličnog užeta i vitla početna je i završna faza kod polaganja kabela. Ove dvije faze zahtijevaju posebnu pripremu, jer se brod polagač obvezno treba sidriti u četverovez. Iz skromnih dosadašnjih iskustava možemo reći da većih problema kod ovih operacija ne treba očekivati, jer kraj kabela nesmetano klizi kroz PHD cijev.

Postavlja se pitanje što napraviti u slučaju kvara na kabelu baš u cijevi priobalne zaštite? Ovakav slučaj može se relativno jednostavno riješiti za kabele s krutim dielektricima. Kabel se kida u moru, kraj kabela se izvlači, a uz pomoć spojnice ubacuje se novi dio kabela i provlači kroz postojeću cijev. Nešto složeniji zahvat bio bi kod uljnih kabela, ali ove kabele za napone 110 kV više praktički i ne koristimo.

Postavlja se također i pitanje hoće li se slobodni prostor cijevi priobalne zaštite poslije dužeg vremena eksploatacije ispuniti biološkim materijalom, a time praktički onemogućiti po potrebi izvlačenja krajeva kabela i novo korištenje? Prema informacijama iz Instituta za oceanografiju i ribarstvo značajne promjene unutar cijevi se ne očekuju jer ne postoji slobodna cirkulacija mora. Ipak slobodni prostor između cijevi i kabela na izlazu preporučava se zatvoriti.

5. PODMORSKI INSTALACIJSKI KORIDORI

More, morsko dno i uzak obalni pojas je pomorsko dobro. Ribarstvo, pomorstvo i u novije vrijeme turizam



Slika 9. Skica presjeka priobalne zaštite

belom, a i kanalizacijski ispust mjesta Milne na otoku Braču nalazi se u istom koridoru.

HT je vlasnik stroja za izradu bušotine za priobalnu zaštitu kabela, a HEP je vlasnik stroja i tehnike za polaganje podmorskih kabela, tz. "MORKAB" opreme.

Prvi zajednički posao polaganja dviju različitih instalacija i izrade zajedničke priobalne zaštite strojnim bušenjem izveden je između otoka Hvara i o. Sv. Klement, a za ACI marinu Palmižana.

Oba kabela energetska 10(20) kV i svjetlovodni polagani su u podmorje istodobno, jednim zahvatom s istoga broda polagača. Možemo slobodno reći veoma uspješno uz određene manje poteškoće jer je to bio prvi ovakav posao.

Na potezu između naselja Drvenik (kopno) i naselja Sućuraj (o. Hvar) u tijeku je izrada projekta i izrada priobalnih zaštita za sličan posao. U zajedničkom koridoru opet će biti položeni svjetlovodni i energetska kabela 10(20) kV.

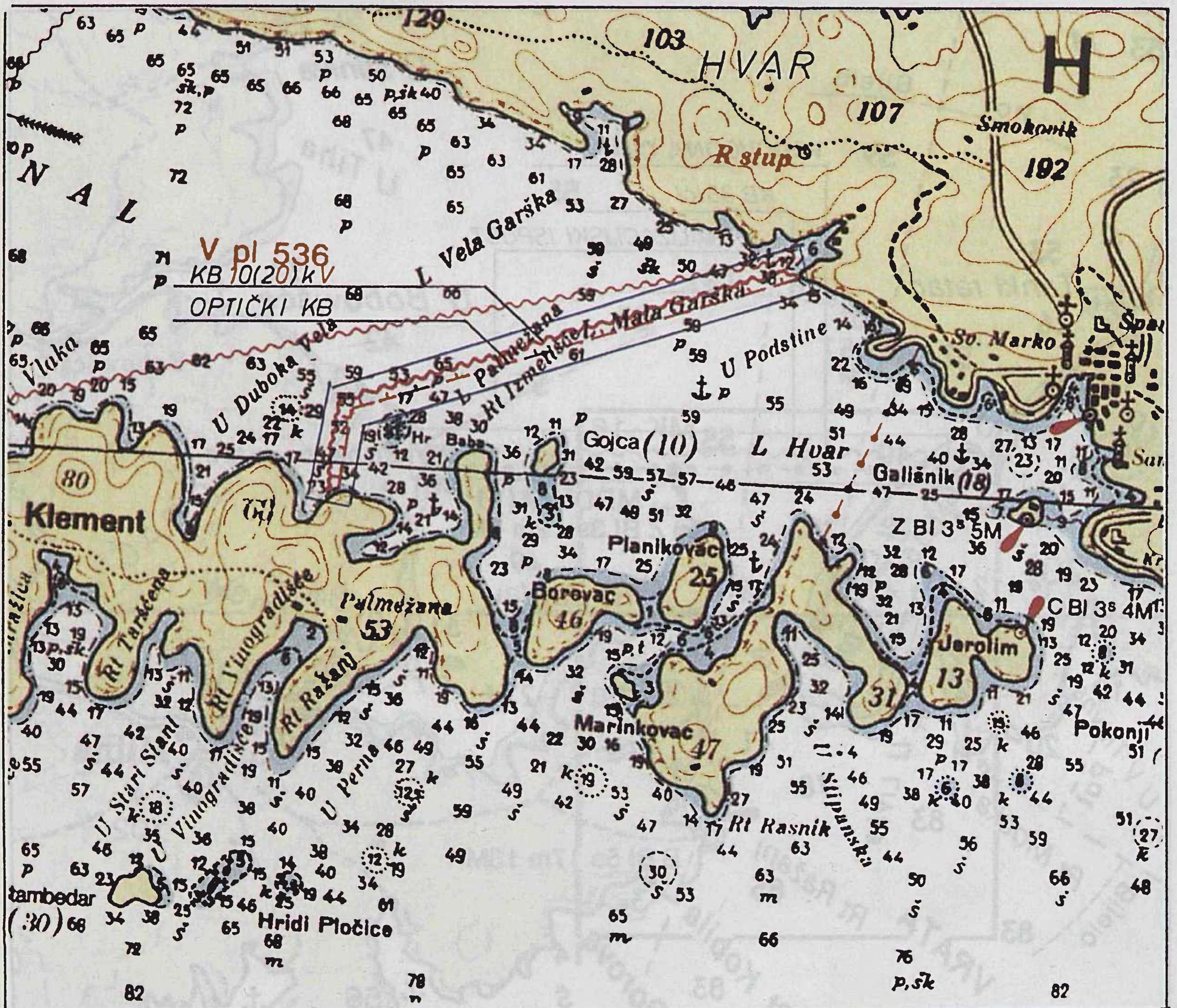
Priobalna zaštita izvest će se strojnim bušenjem, postavljanjem PHD vanjske cijevi promjera \varnothing 350 mm u koju će se uvući cijev \varnothing 140 mm za energetska kabela i tri cijevi \varnothing 50 mm za optički kabela.

6. ZAKLJUČAK

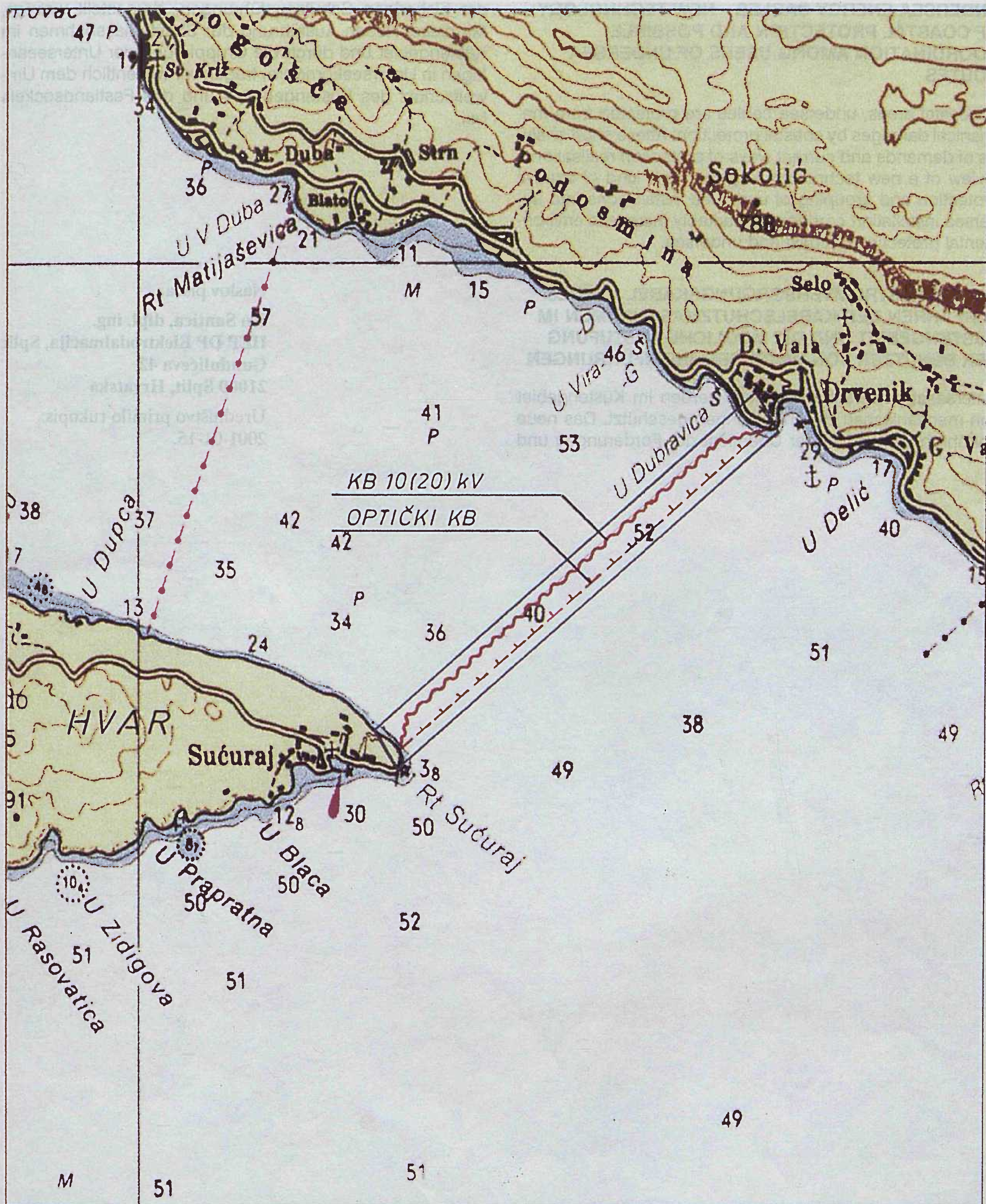
Upoznavanjem i korištenjem novih tehnologija u izradi priobalnih zaštita energetska podmorska kabela omogućava se kvalitetno tehničko rješenje i kvalitetna zaštita okoliša, te izbjegavaju mnogi problemi tzv. klasične zaštite.

Naponska razina, promjer podmorskog kabela, mjesto ulaska kabela u more, zahtjevi zaštite okoliša, naravno cijene radova i ubuduće će biti čimbenici koji će uvjetovati način šticećenja kabela u priobalju.

Grupiranjem instalacija u podmorju rješava se i djelomična zaštita okoliša podmorja, a pisanom regulativom ovako ozbiljna problematika ne bi se prepuštala volji pojedinca.



Slika 12. Instalacijski koridor "o. Hvar - o. Sv. Klement"



Slika 13. Instalacijski koridor "Drvenik (kopno) - Sućuraj (o. Hvar)

LITERATURA

- [1] I. SANTICA, L. ZLATAR: "Osvrt na priobalnu zaštitu podmorskih energetska kabela s prijedlogom tipizacije elemenata". Prvi simpozij o energetska kablama (zbornik radova), Split, 1964.
- [2] I. SANTICA, A. SMIRČIĆ: "Prijedlog povoljnijeg izbora lokacije izlaznih točaka podmorskog kabela i mikrolokacija kablanskih trasa unutar kablanskog koridora". ENERGIJA, veljača 1996.
- [3] Sustav za bušenje Ditch Witch. Radne upute.

UNDERSEA ENERGY CABLES – NEW TECHNOLOGY OF COASTAL PROTECTION AND POSSIBLE COORDINATION AMONG USERS OF UNDERSEA ROUTES

In coastal areas, undersea cables are protected from mechanical damages by coastal protection. After a short analysis of demands and current ways of protection realisation a review of a new technology is given. This kind of coastal protection and grouping of undersea installations into undersea installation corridors remarkably increases environmental protection of coast and undersea.

UNTERSEESTROMVERSORGUNGSKABEL - NEUES VERFAHREN DER KABELSCHUTZMASSNAHMEN IM KÜSTENGEBIET UND DIE MÖGLICHE ABSTUFUNG DER BENUTZER VON UNTERSEELINIENFÜHRUNGEN

Unterseeestromversorgungskabel werden im Küstengebiet von mechanischen Beschädigungen geschützt. Das neue Verfahren ist nach kurzer Übersicht der Forderungen und

der bisherigen Schutzausführungen, dargestellt worden. Mit dieser neuen Ausführung der Schutzmassnahmen im Küstengebiet und durch die Gruppierung der Unterseeanlagen in Unterseekorridore, tragen wir wesentlich dem Umweltschutz des Küstengebietes und des Festlandsockels bei.

Naslov pisca:

Ivo Santica, dipl. ing.
HEP DP Elektrodalmacija, Split
Gundulićeva 42
21000 Split, Hrvatska

Uredništvo primilo rukopis:
 2001-01-15.



Slika 13: Ilastačakalni koridor "Drvenik (kopno) - Šušunja (o. Hvar)"

[1] I. SANTICA, A. SMIRČIĆ: "Prijedlog povojnjeg izvora lokacije izlaznih točaka podmorskog kabla i mtkoloka čija kabelskih trasa unutar kabelskog koridora", ENERGIJA, voljaka 1996.

[2] Sustav za pušenje Ditch Witch, Radna uputa.

LITERATURA

[1] I. SANTICA, I. ZLATAR: "Osvrt na prihodnu zastitu podmorskib energetska kabela s prijedlogom tipizacije elemenata", Prvi simpozij o energetska kablama (zbornik radova), Split, 1994.