



Kontejnerski terminal u luci Ploče

Rene Lustig, dipl.ing.građ., Rijekaprojekt d.o.o., Rijeka

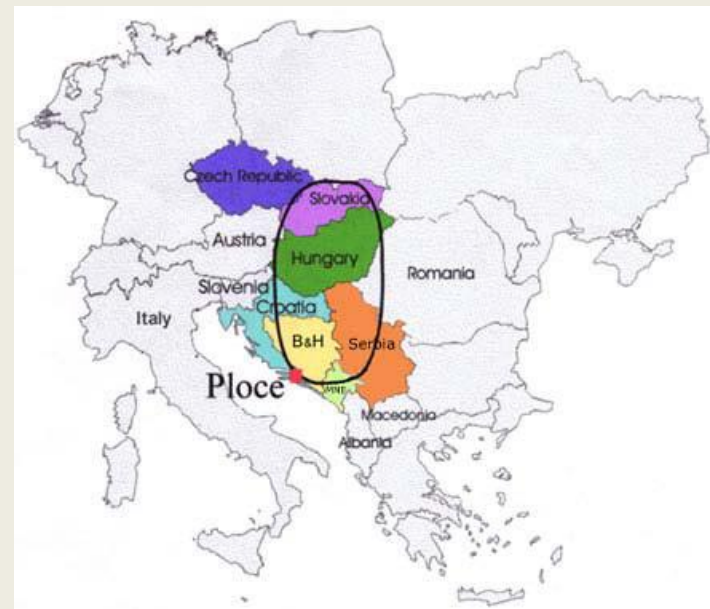
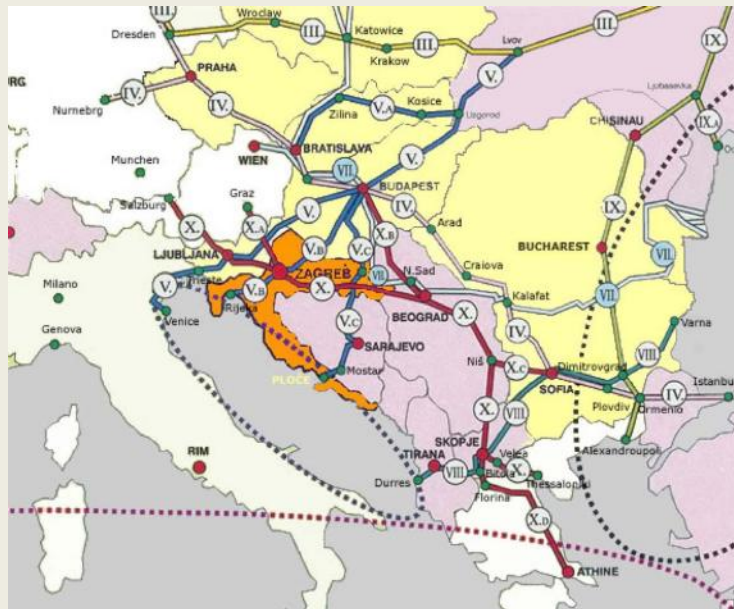
Darko Pavoković, dipl.ing.građ., Rijekaprojekt d.o.o., Rijeka

Dr.sc. Bogdan Stanić dipl.ing.građ., OpusGeo d.o.o., Zagreb

Nikola Popović, dipl.ing.građ., OpusGeo d.o.o., Zagreb

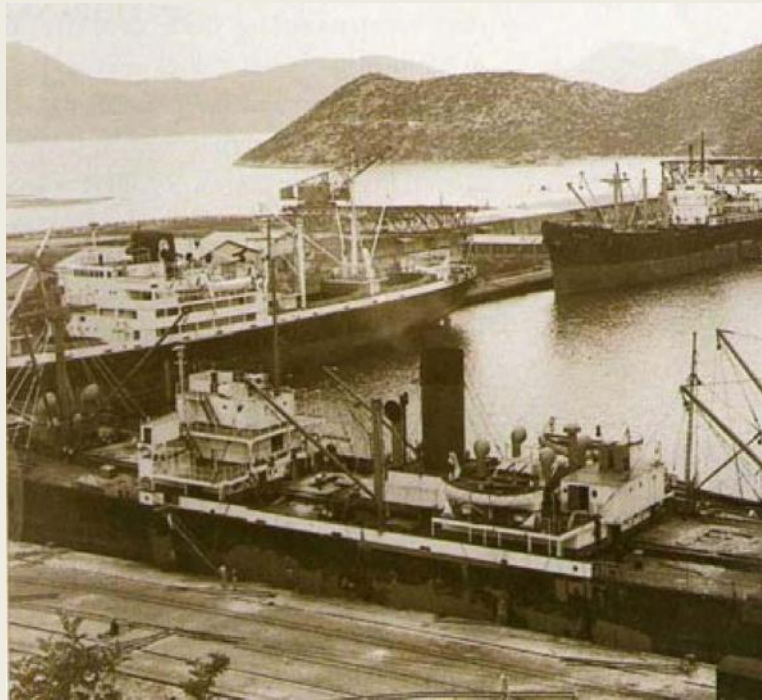
Položaj luke Ploče

- **Povezana** je cestovnim prometnicama iz tri smjera, od kojih je prometnica sjever-jug najkraća i prometno najpogodnija veza između Baltičkog i Jadranskog mora.
- Položaj luke Ploče omogućava kvalitetnu pomorsku **vezu s talijanskim lukama**.
- U smjeru sjever-jug luka Ploče je povezana i željezničkom prugom, kao **ogranak Vc Paneuropskog koridora**.
- Luka Ploče, kao hrvatska luka, od iznimne je **važnosti za gospodarstvo** susjedne **Bosne i Hercegovine**, budući da izgradnjom koridora Vc osigurava brži i kraći put do susjedne Bosne i Hercegovine, kao i šireg područja zemalja srednje Europe.



Povijest luke Ploče

- **Radovi na izgradnji** nove luke počeli su 1939. godine, a odvijali su se i u prvim godinama drugog svjetskog rata.
- **Luka Ploče** i željeznica prema unutrašnjosti pušteni su u rad 15.07.1945. godine, te ovaj dan predstavlja početak rada luke Ploče za javni promet.
- **Razvoj luke** intenziviran je u periodu od 1960. do 1990. godine.



Povijest luke Ploče

- Odlukom RH, **Lučka uprava** je utemeljena 13. veljače 1997. kao vlasnik lučkog područja i infrastrukture, dok poduzeće "Luka Ploče" d.d. postaje glavni operator za ukrcaj, iskrcaj i prekrcaj roba, skladištenje, transport roba i druge djelatnosti u luci Ploče.



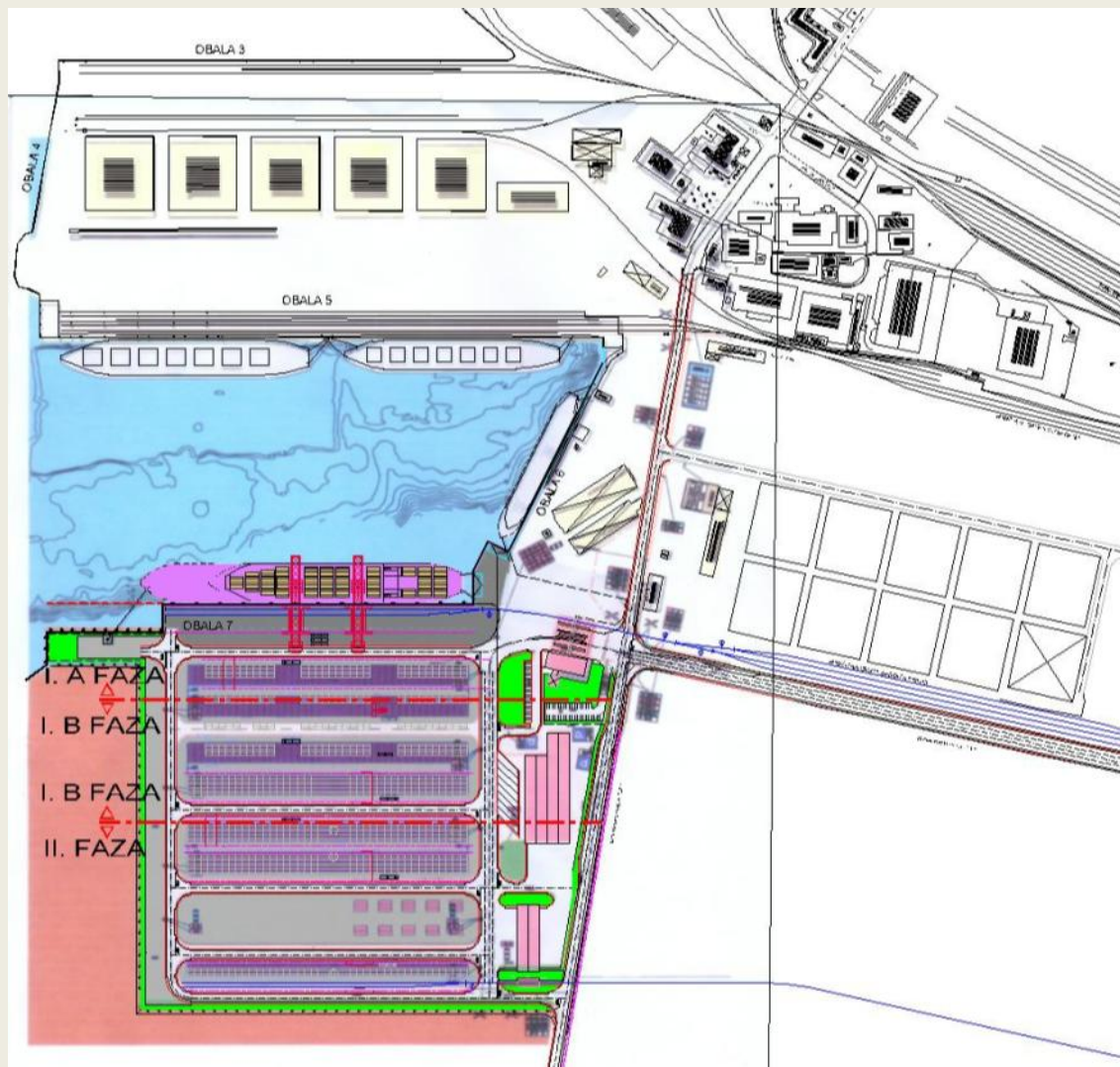
Položaj

Lokacija obale za kontejnere u sklopu luke Ploče.



Površine

- **Izgrađeno**
I.A FAZA
Obala za kontejnere
7.700 m²
Skladišne površine
16.000,00 m²
- **Planirano**
I.B FAZA
Skladišne površine
18.000,00 m²
II. FAZA
Skladišne površine
42.000,00 m²



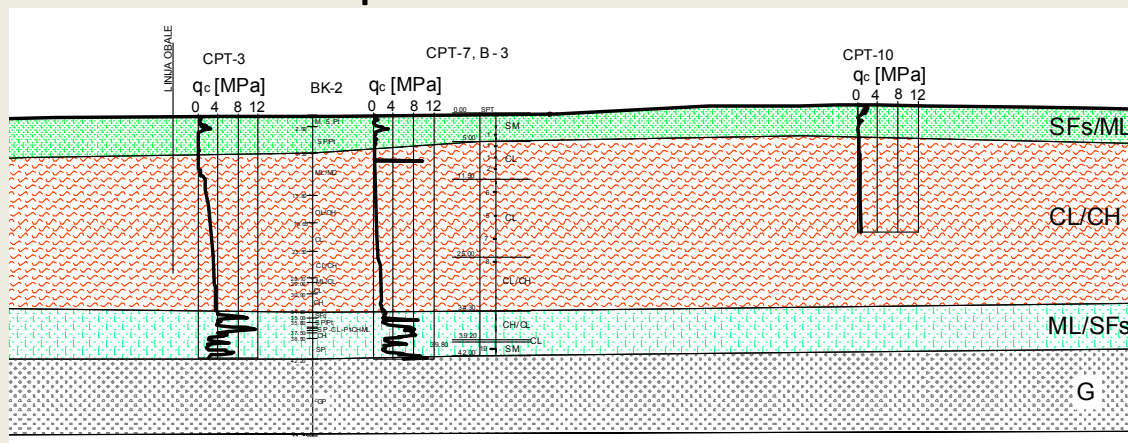
Geološka građa terena

- **Luka Ploče** je smještena u dio prostrane delte rijeke Neretve
- Dominiraju **kvartarne naslage** predstavljene sedimentima delte, akumulirane preko vapnenjačkog paleoreljefa.
- **Debljina** kvartarnih naslaga prelazi 100 m.
- Naslage su različitog **granulometrijskog** sastava, često međusobno izmiješani.
- Jedinu kontrastnu sredinu u vertikalnom geološkom profilu predstavljaju šljunci, donekle pijesci.



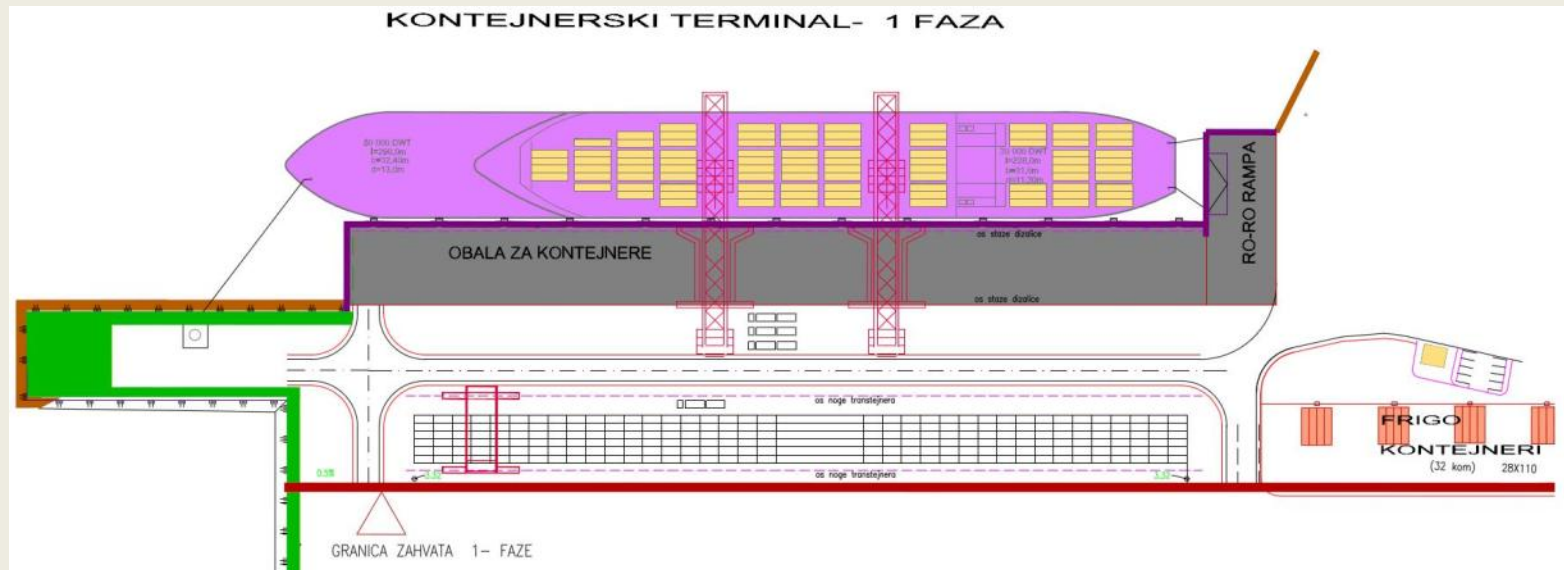
Istražni radovi

- Ukupno izvedeno 27 **CPT sondi** i 7 **istražnih bušotina** na površini od 15 ha.
- **Dubine** CPT sondi od 22 m do 43 m.
- **Dubine** istražnih bušotina od 42 m do 58 m.
- Od **in-situ** ispitivanja u istražnim bušotinama provedena su ispitivanja krilnom sondom i standardni penetracijski pokusi.
- **Laboratorijska ispitivanja:** ispitivanje granulometrijskog sastava, direktno smicanje, nedrenirani triaksijalni konsolidirani pokus i dr.



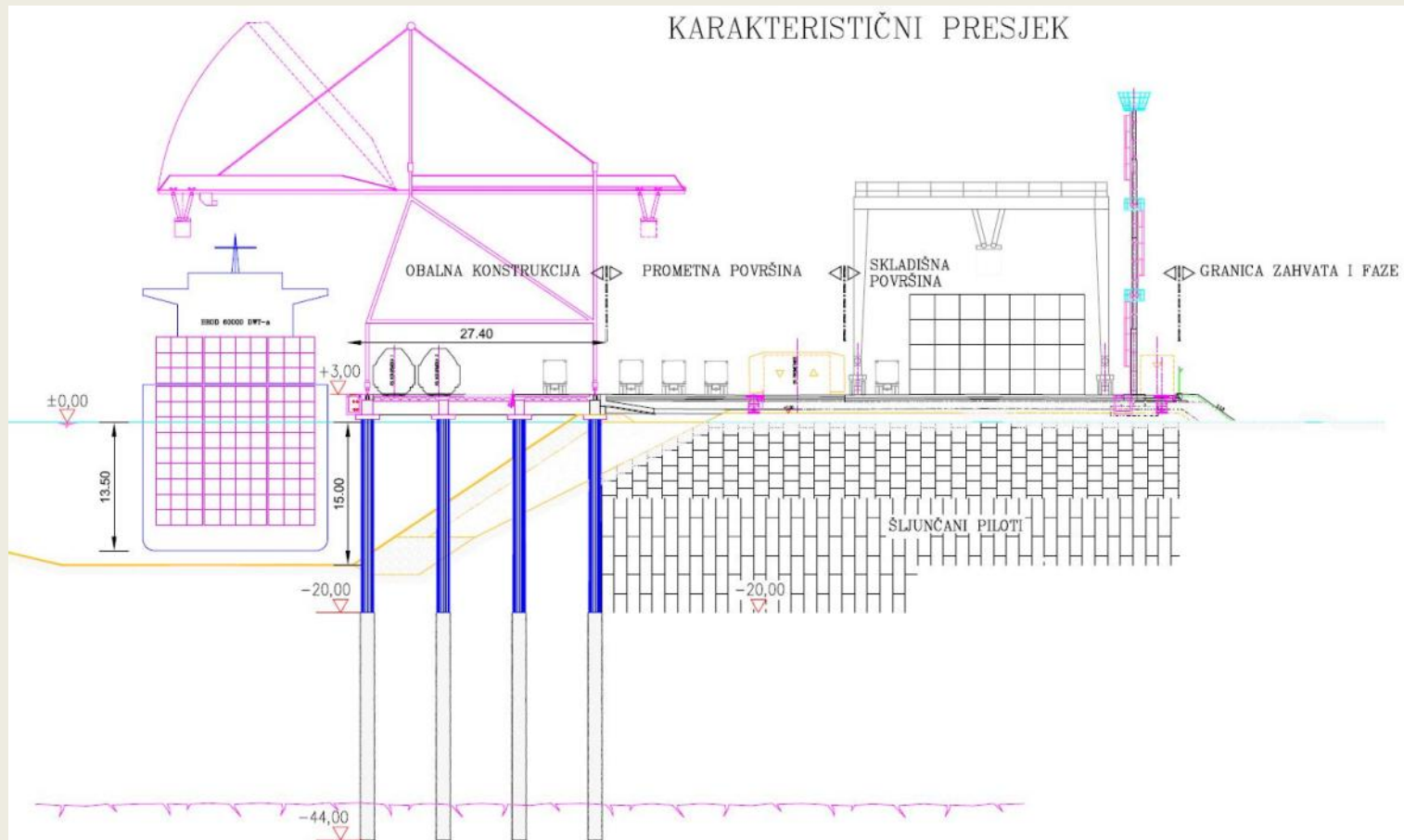
Opis konstrukcije

- **Obala za kontejnere** je površinska konstrukcija na koti +3,0 m, širine 27,4 m i dužine priveza od 280,0 m.
- Predviđena je za **opterećenja od pretovarne opreme** (dva kontejnerska mosta raspona 24,0 m, dva kolosijeka, mobilna dizalica i jednoliko opterećenje od 50 kN/m²).



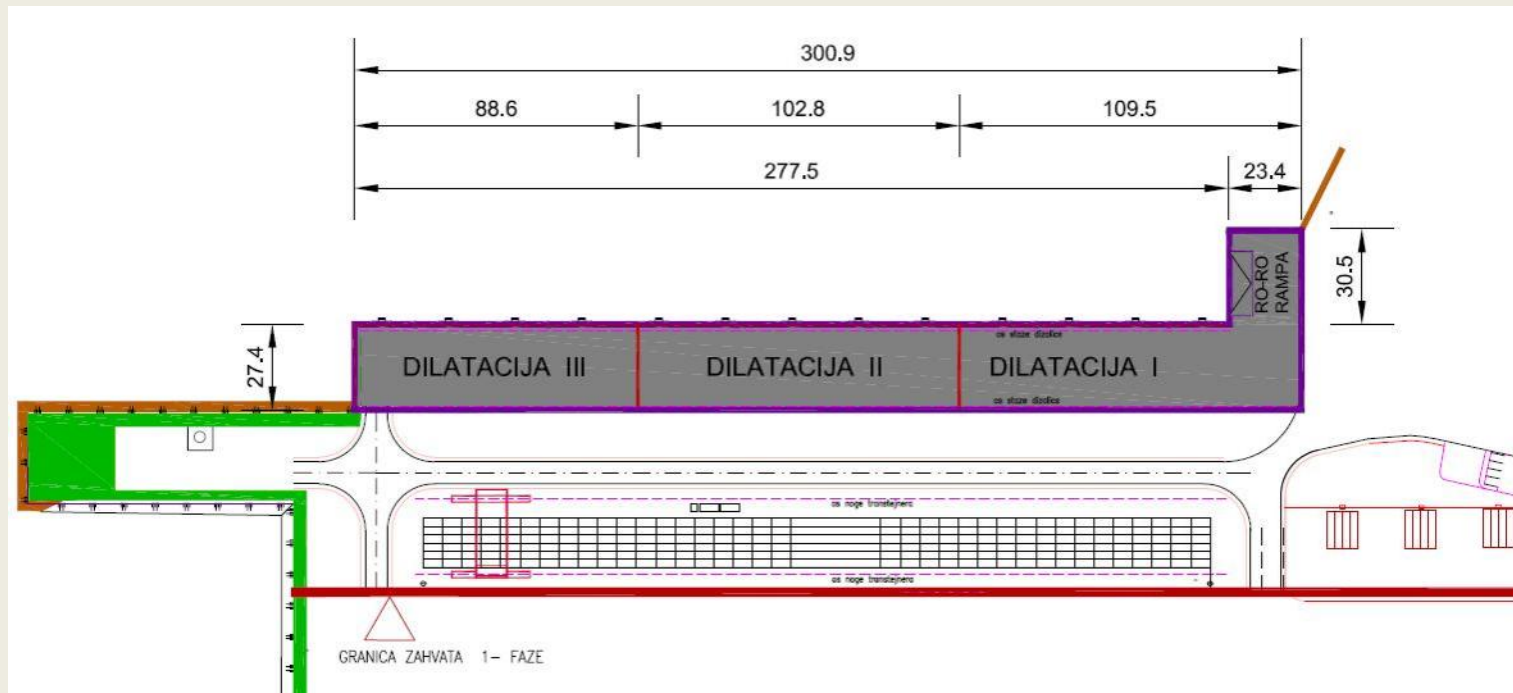
Opis konstrukcije

- **Obala** je dubine 15,1 m, za brodove nosivosti do 60.000 DWT-a i gaza 13,5 m.



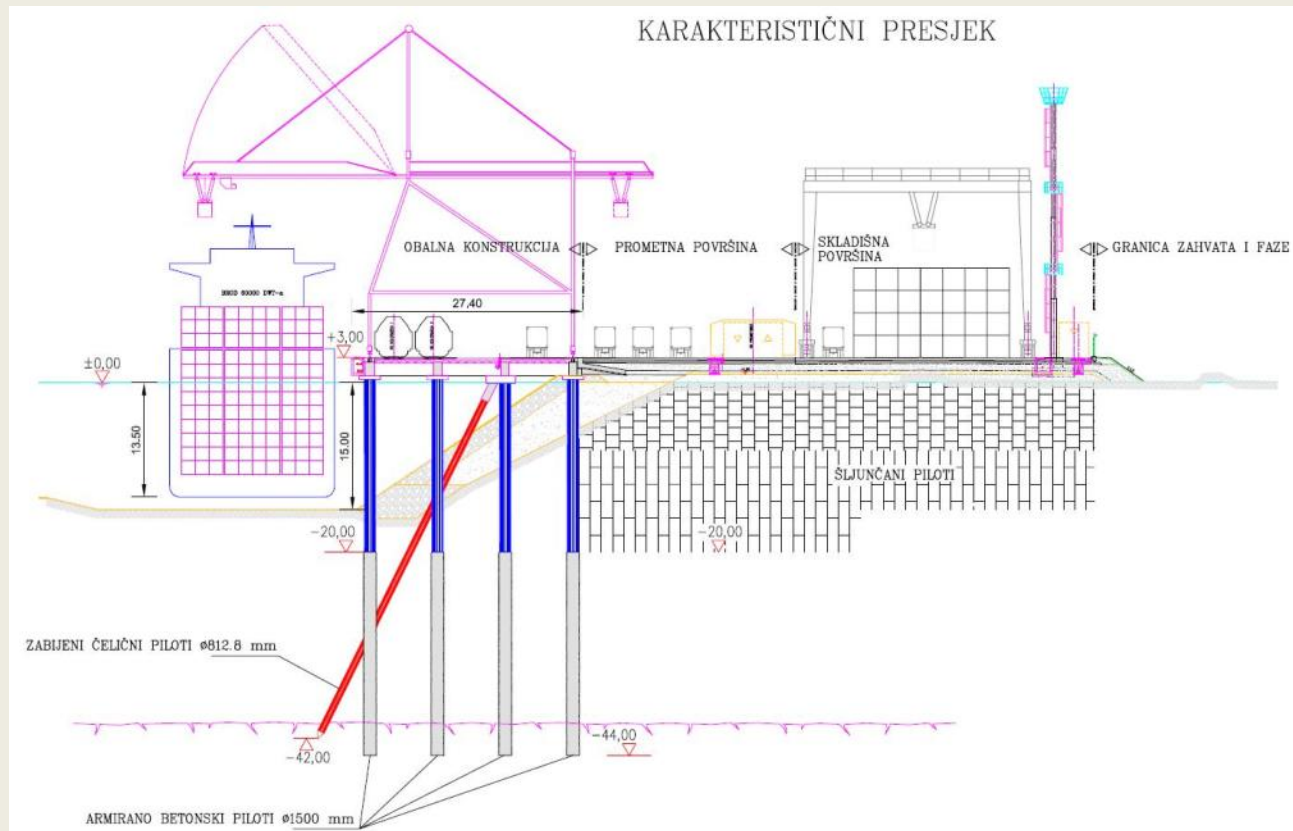
Opis konstrukcije

- **Obalna konstrukcija** podijeljena je po dužini u **tri dilatacije**. Ukupna dužina obalne konstrukcije obale 7 je $88,6 + 102,8 + 109,5 = 300,9$ m .
- **Ro-Ro rampa** je površinska konstrukcija na koti +3,00 m. Dužina dijela obale 6 s Ro-Ro rampom je 30,5, a širina 23,4 m.



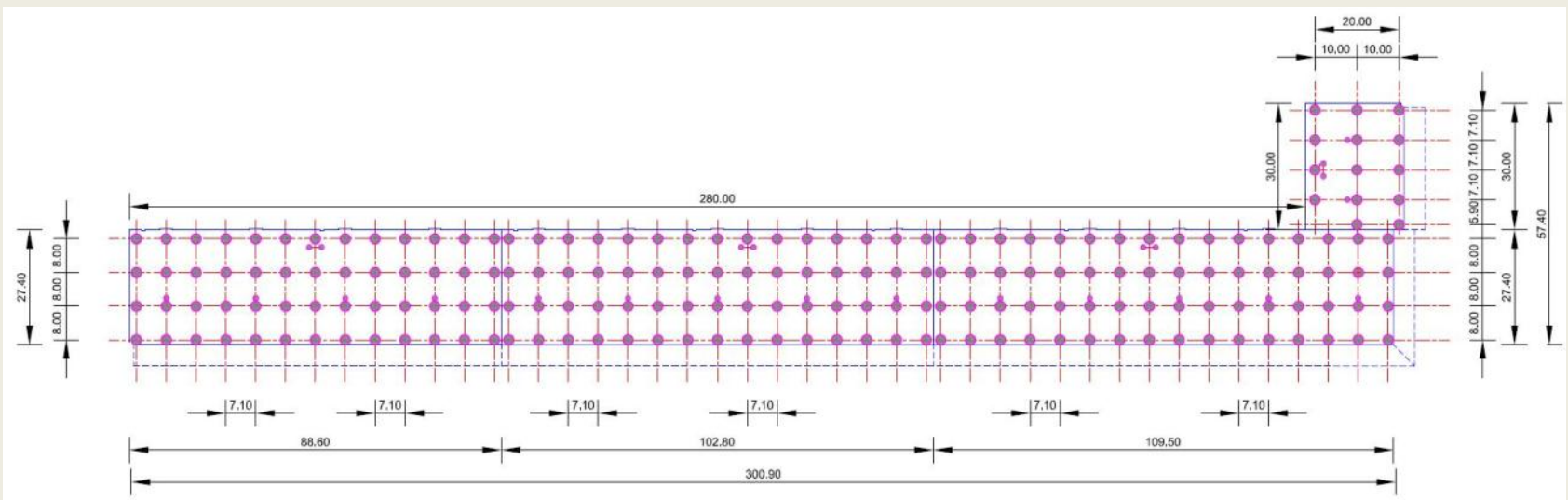
Opis konstrukcije

- **Temeljenje obalne konstrukcije** je na bušenim armirano-betonskim vertikalnim pilotima (Benoto) nominalnog promjera 1.500 mm, te na zabijenim čeličnim kosim pilotima promjera 812,8 mm.



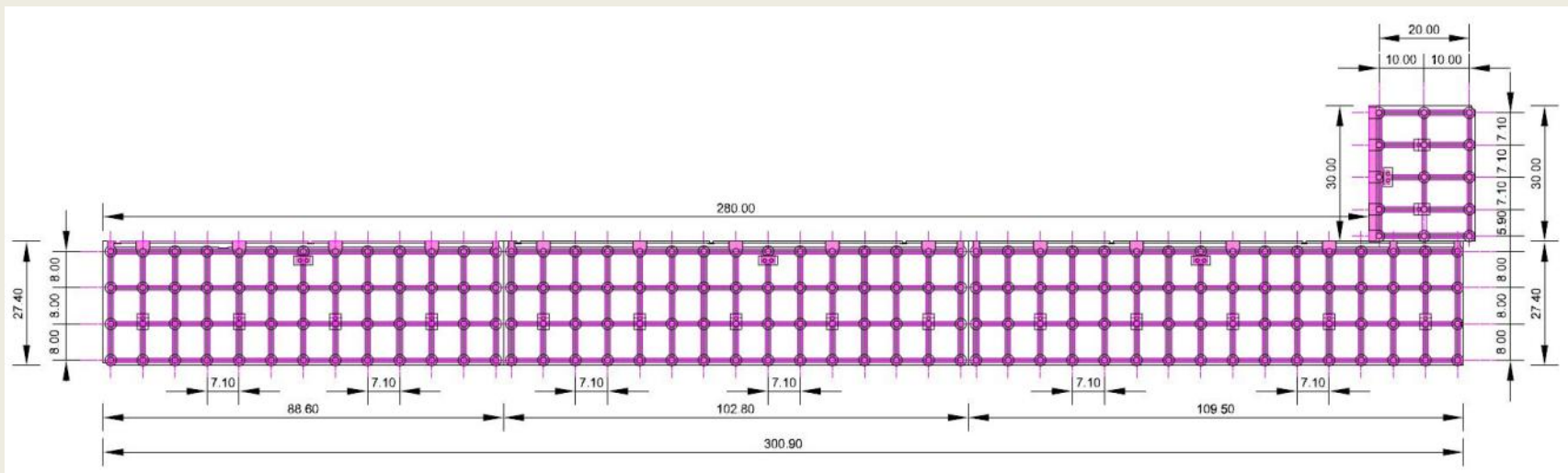
Opis konstrukcije

- **Osni razmak pilota** u uzdužnom smjeru je 7,1 m, a u poprečnom 8,0 m (četiri reda pilota po širini obale). Osni razmak pilota Ro-Ro rampe u uzdužnom smjeru je 7,1 m, a u poprečnom 10,0 m (tri reda pilota po širini obale).
- **Piloti se izvode s kopna** na prethodno pripremljenom terenu, a prije izvedbe iskopa akvatorija ispred obale.



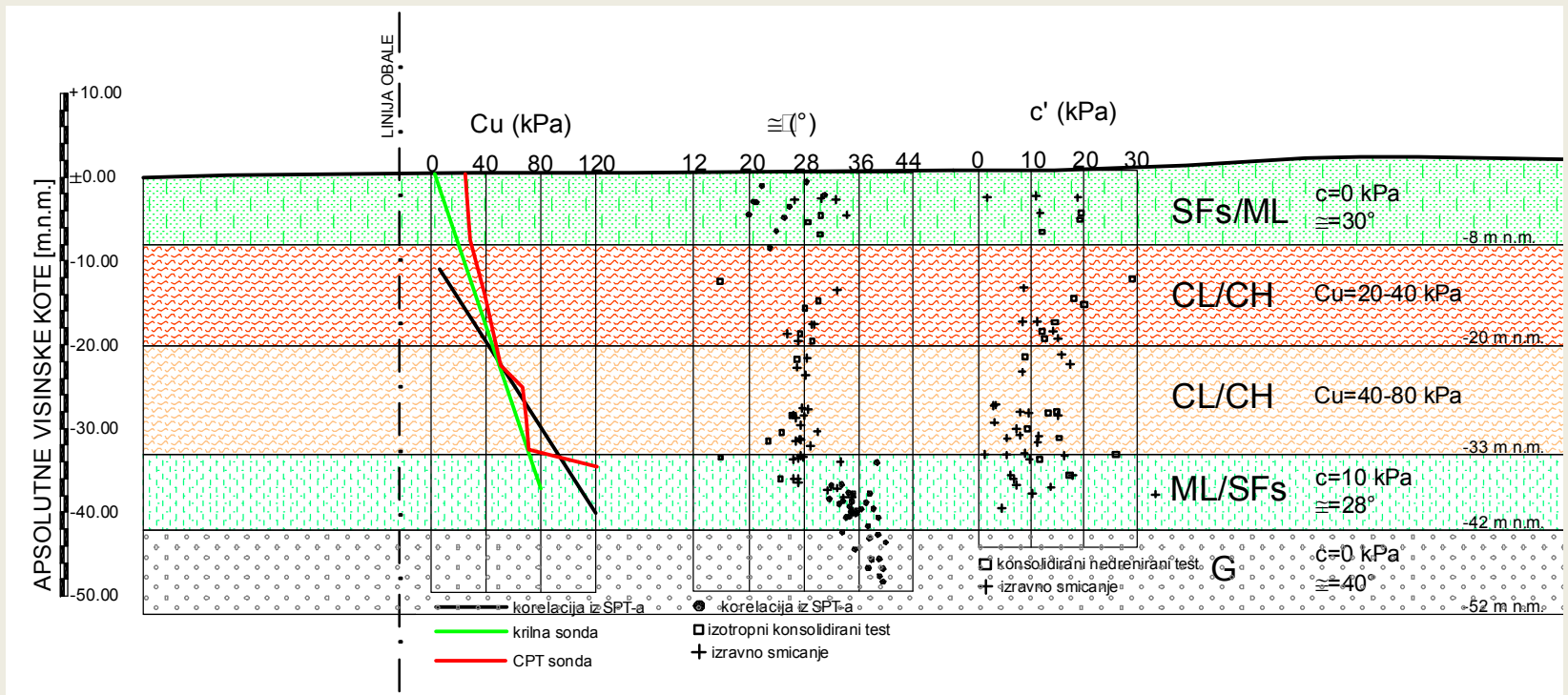
Opis konstrukcije

- Na pilotima su armirano betonske naglavnice na koje se postavlja roštilj prednapetih armirano-betonskih uzdužnih i poprečnih montažnih greda spojenih mokrim čvorovima na samom mjestu.
- Na roštilj glavnih **poprečnih nosača** postavljaju se montažni prednapeti **pločasti nosači**, koji se monolitiziraju armirano-betonskom pločom betoniranom na samom mjestu.



Proračunski model tla

- Nastao na temelju analiza svih dostupnih **provedenih istražnih radova** na području luke Ploče
- Uvažio **istražne radove provedene** za obalu rasutih tereta, obalu 5 i obalu 7 (područje kontejnerskog terminala)



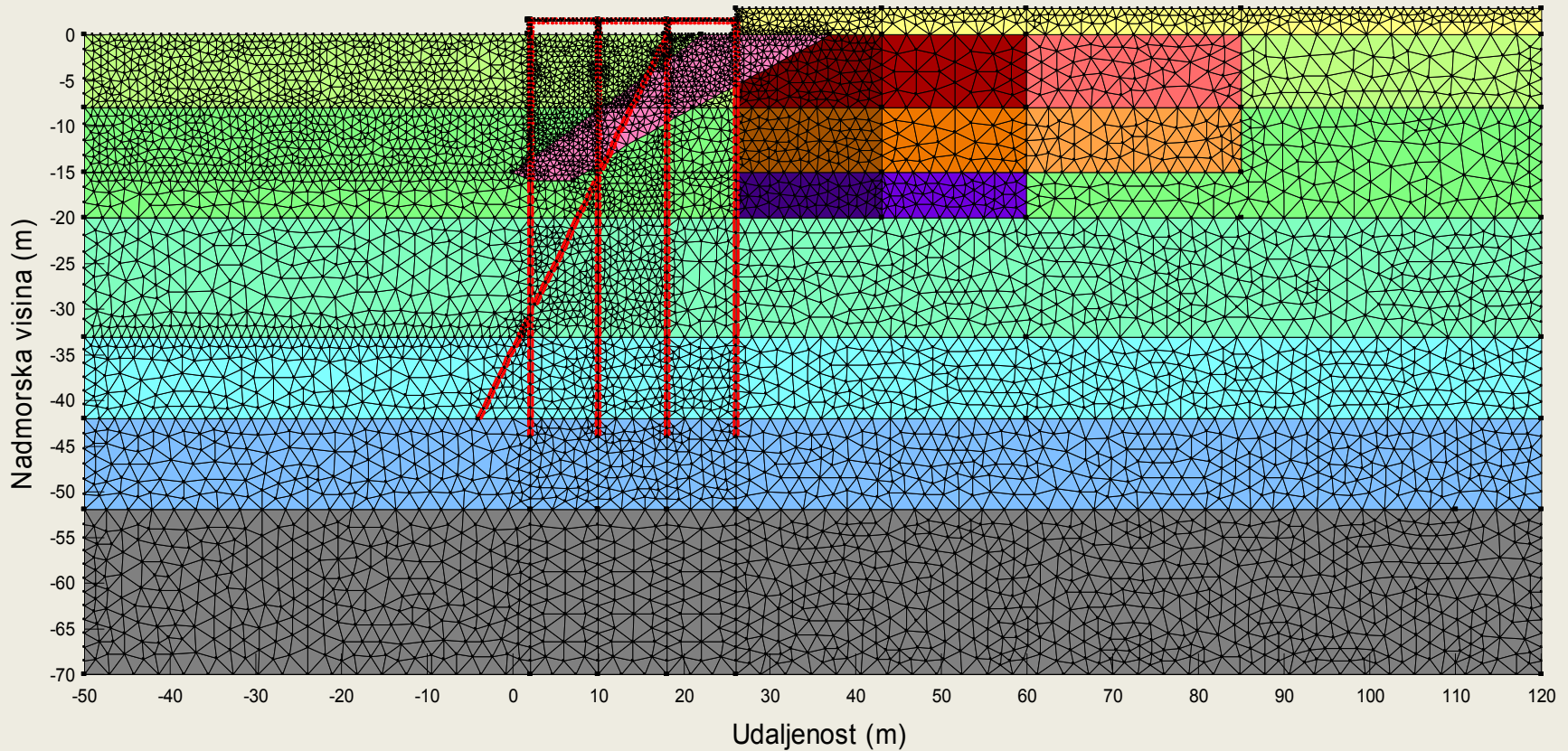
Geotehnički proračuni obalne konstrukcije

- Provedeni su proračuni globalne stabilnosti, metodom granične ravnoteže za:
 - Stanje bez bonifikacije temeljnog tla u fazi eksploatacije
 - Bonificirano temeljno tlo šljunčanim stupovima u fazi eksploatacije
 - Privremeni podmorski iskop
- Provedene su naponsko deformacijske analize za faze :
 - Početno stanje naprezanja
 - Izvođenje AB pilota i privremeni iskop
 - Stanje izgradnje obalne konstrukcije
 - Faza eksploatacije



Naponsko deformacijske analize

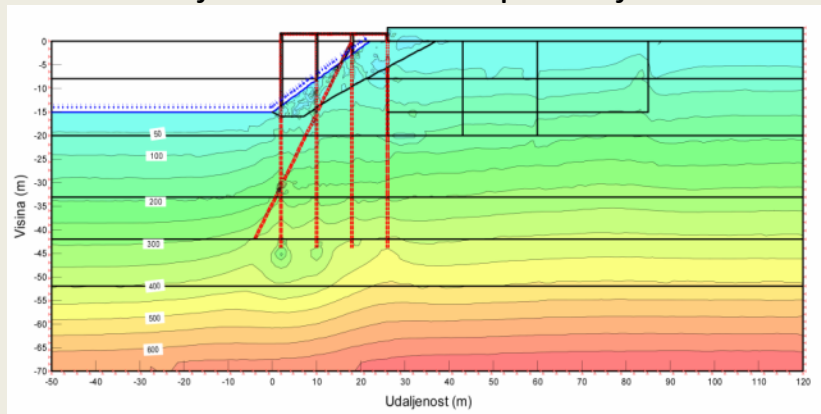
MREŽA KONAČNIH ELEMENATA (Program: SIGMA/W Ver. 6)



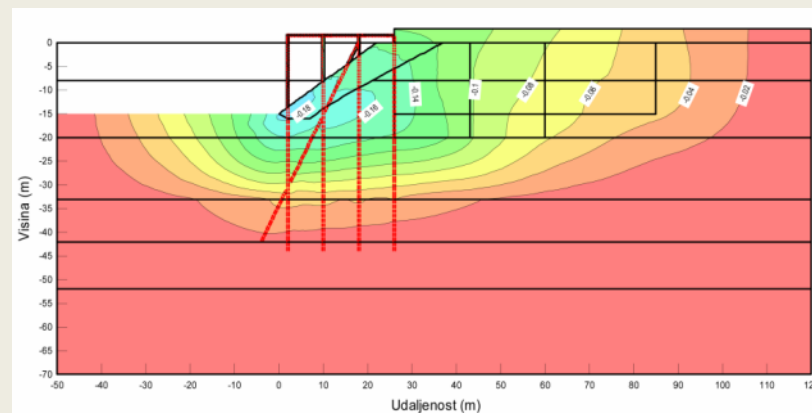
Naponsko deformacijske analize

FAZA IZGRADNJA AB PILOTA I PODMORSKOG ISKOPA

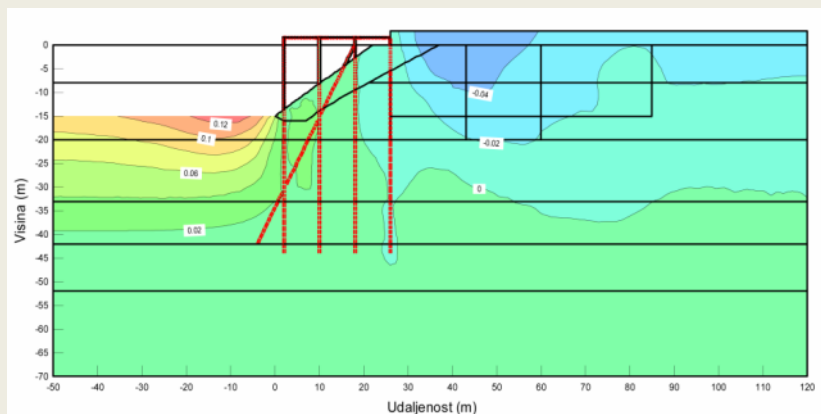
- Izolinije horiz. efekt. naprezanja



- Izolinije horizontalnih pomaka



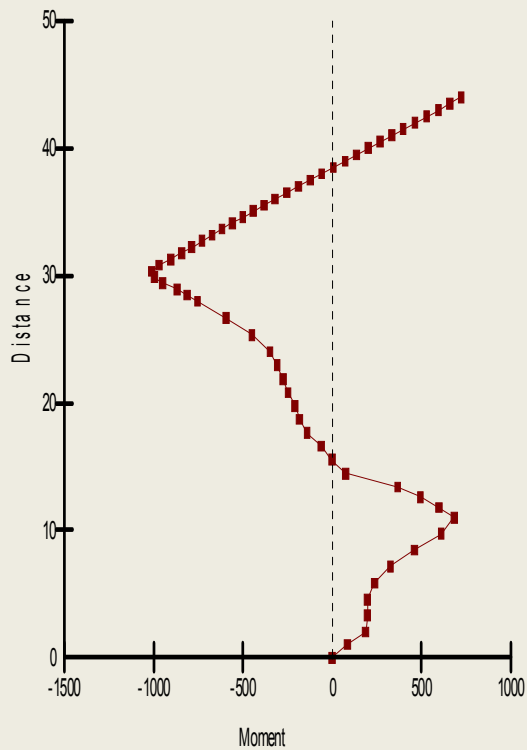
- Izolinije vertikalnih pomaka



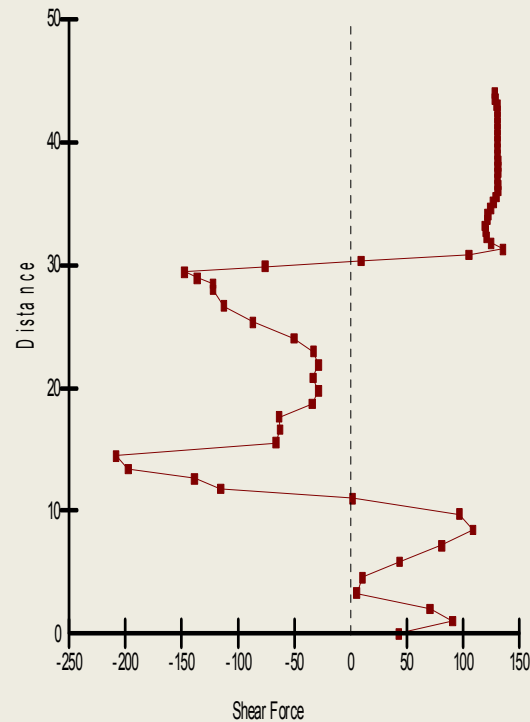
Naponsko deformacijske analize

FAZA IZGRADNJE AB PILOTA I PODMORSKOG ISKOPA

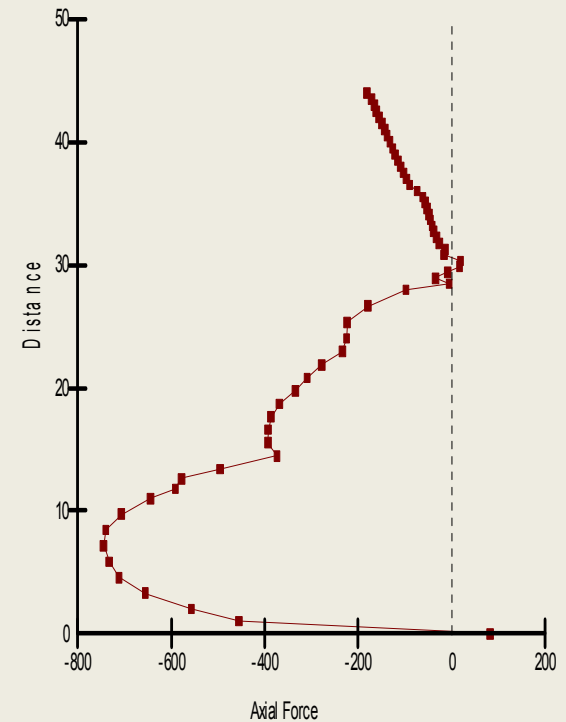
Pilot 1. - Momenti dijagram



Pilot 1. - Dijagram poprecnih sila



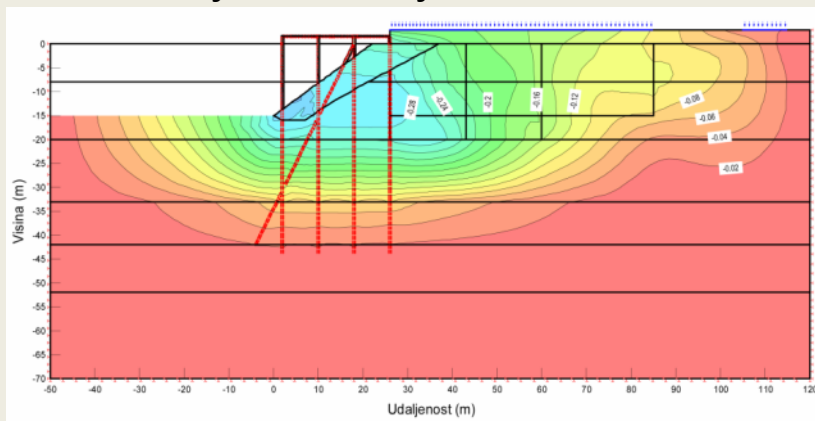
Pilot 1. - Dijagram uzdužnih sila



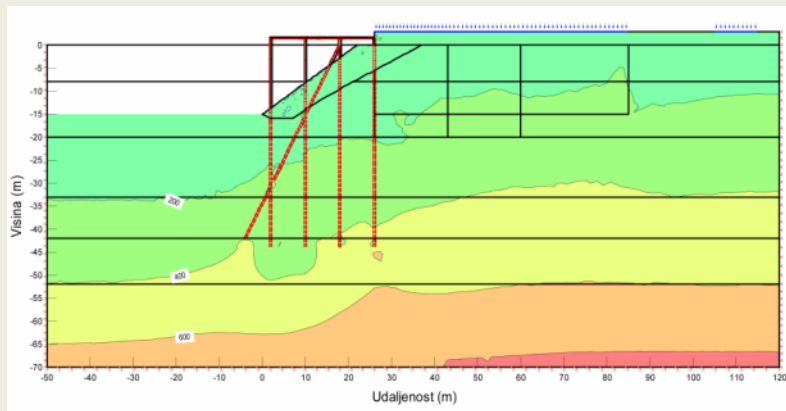
Naponsko deformacijske analize

FAZA EKSPLOATACIJE OBALNE KONSTRUKCIJE

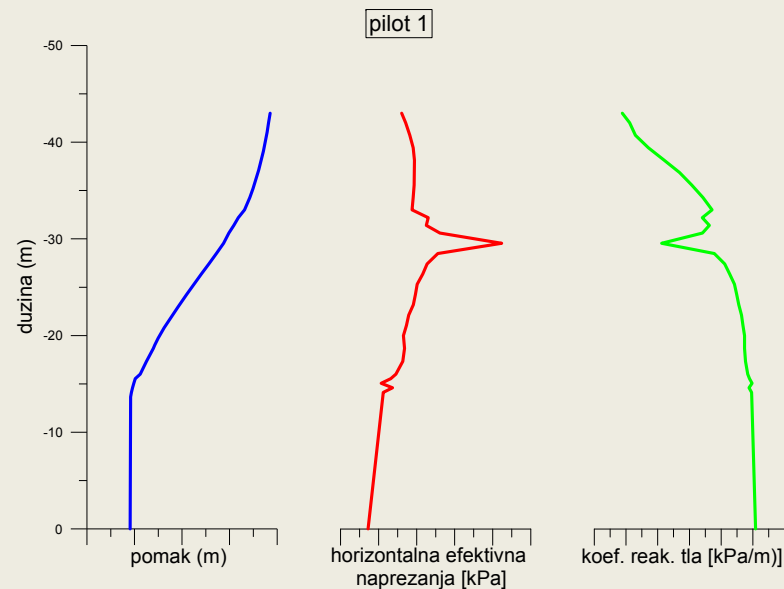
- Koeficijent reakcije tla - izračunati svaki pilot zasebno



- Izolinije horizontalnih pomaka

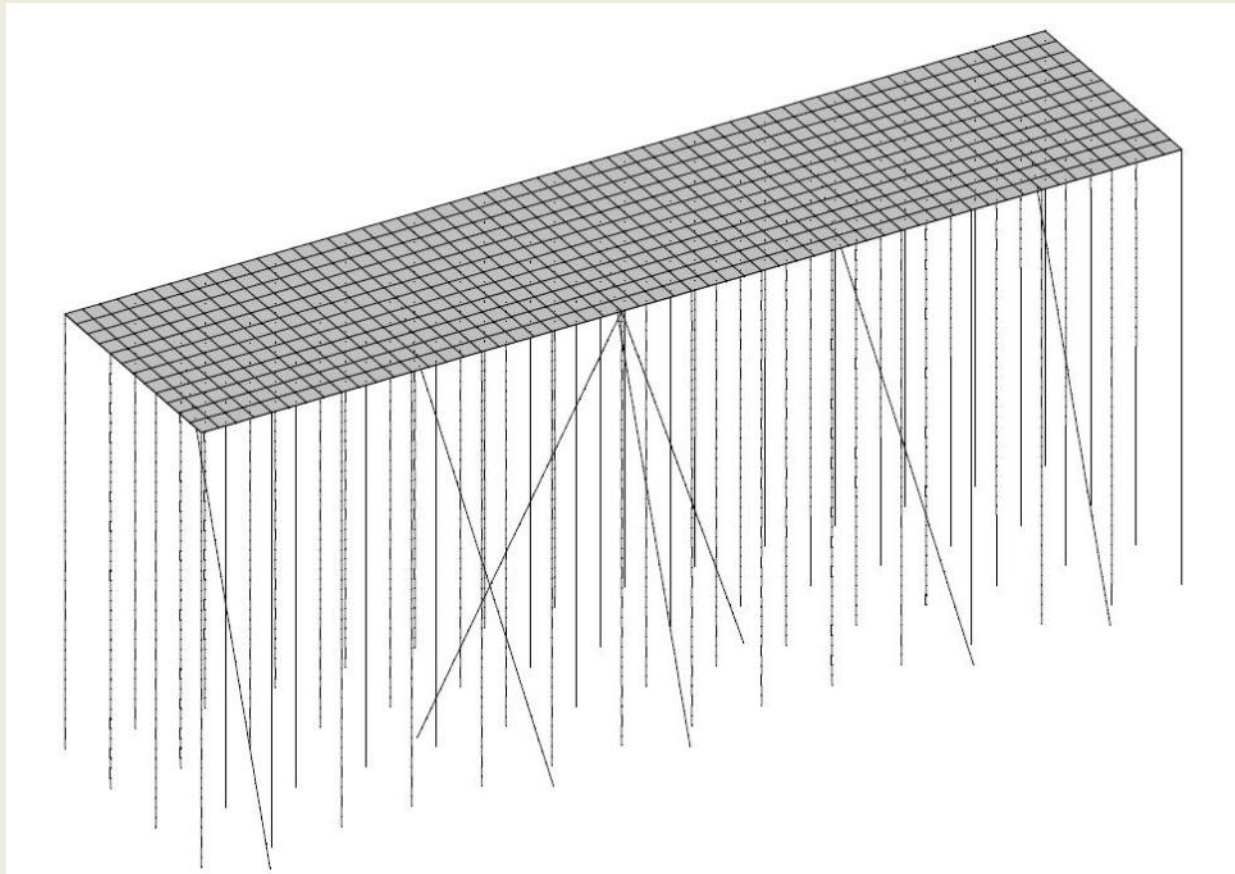


- Izolinije horiz. efekt. naprez.



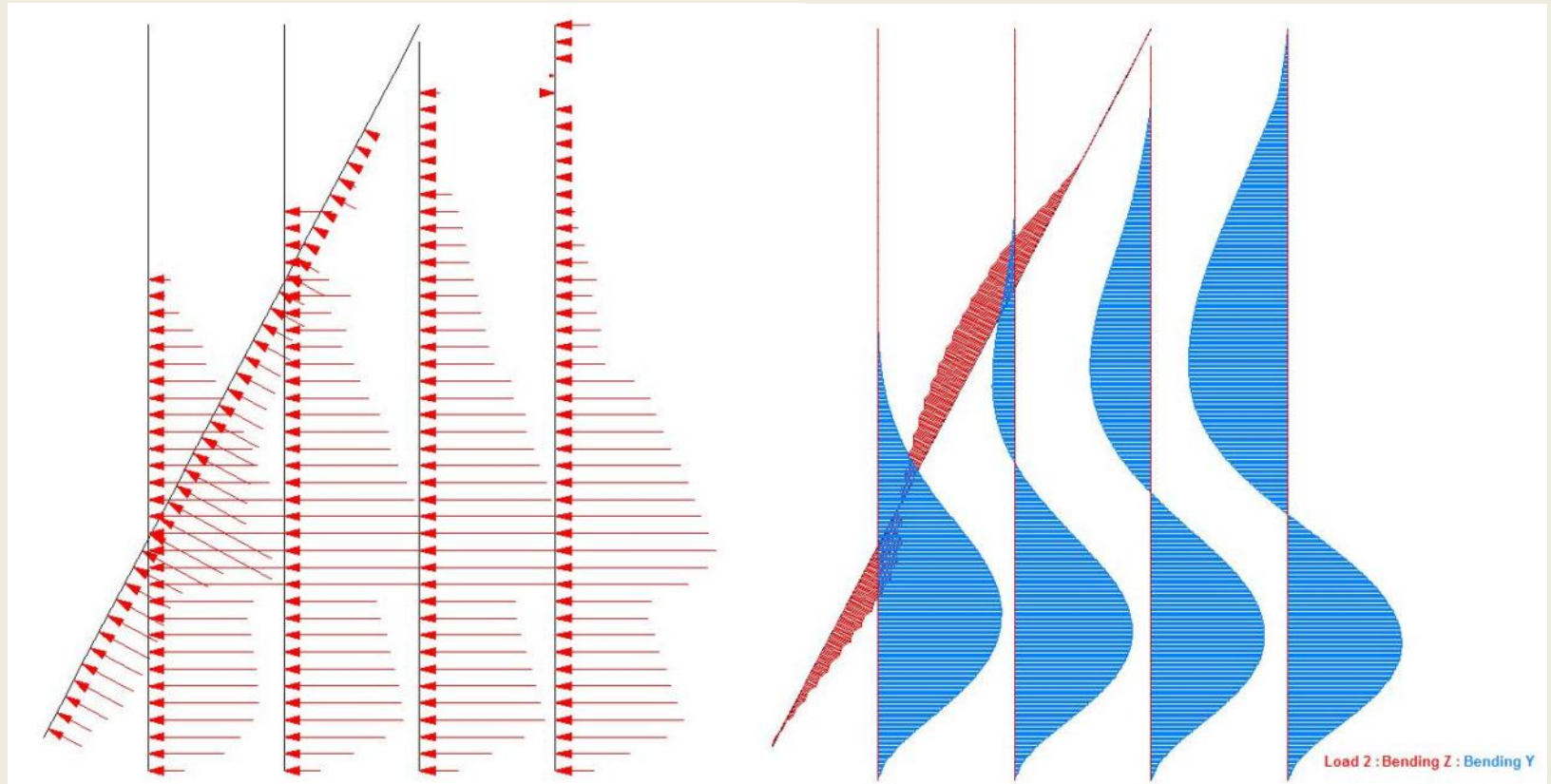
Projektiranje konstrukcije

- **Proračun reznih sila** proveden je na računalu programom STAAD/Pro 3. Izrađena su dva prostorna statička modela (Faza izgradnje i Faza eksploatacije).



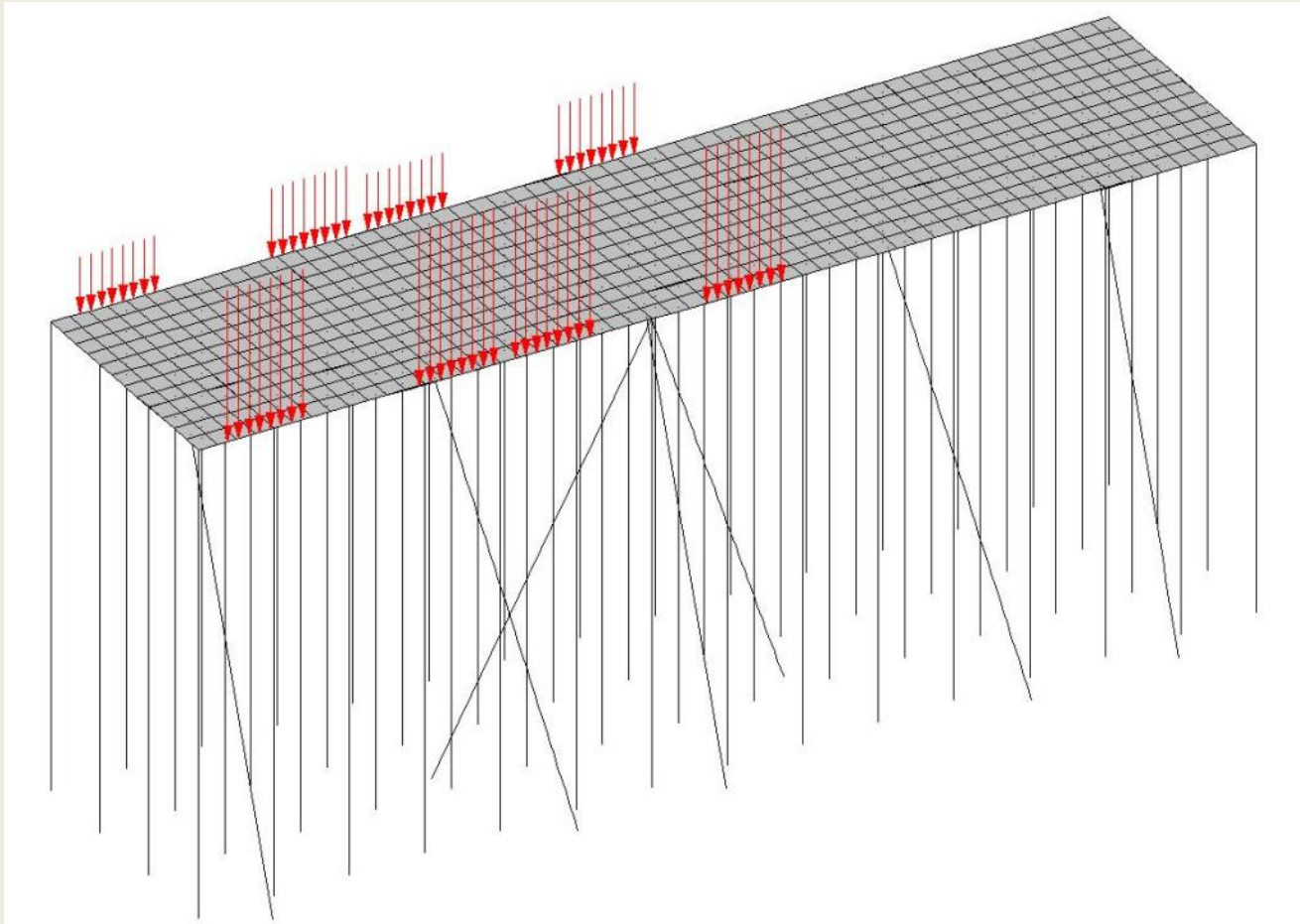
Projektiranje konstrukcije

- **U prvom modelu** su piloti definirani kao zasebni štapovi.
- **Karakteristike opruga** unešene su prema datim vrijednostima iz geotehničkog projekta za I fazu izgradnje. Takav statički sustav opterećen je horizontalnim pritiskom tla za I fazu izgradnje.



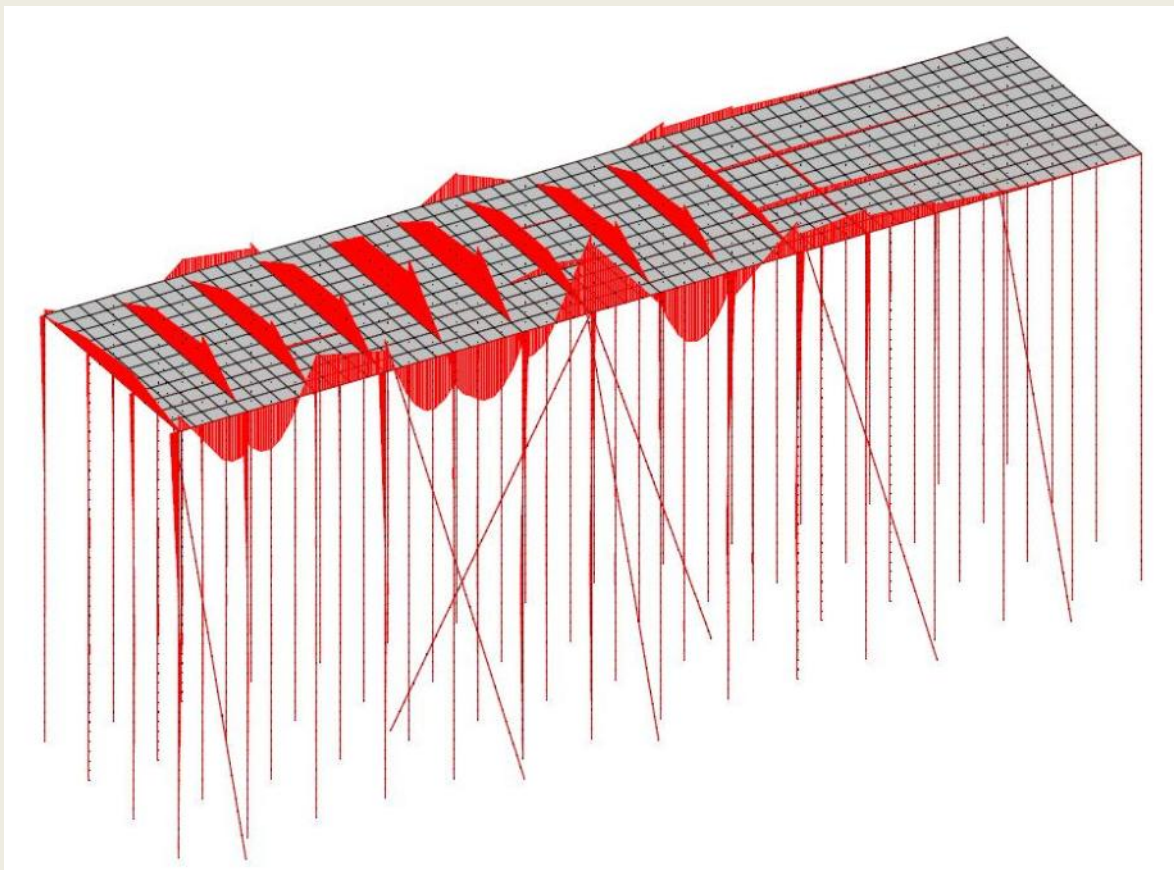
Projektiranje konstrukcije

- **Drugi statički sustav** predstavlja prostorni model jedne dilatacije obalne konstrukcije u eksploataciji dužine 100,0 m.



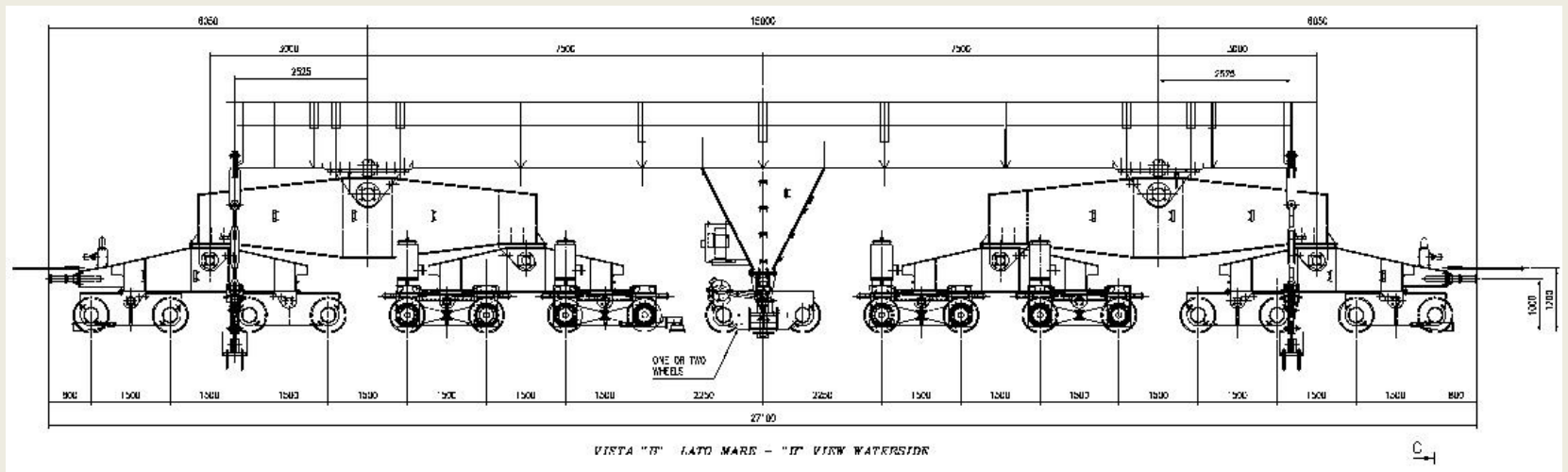
Projektiranje konstrukcije

- Piloti su međusobno povezani **uzdužnim i poprečnim** armirano betonskim gredama. **Kolovozna ploča** obalne konstrukcije podijeljena je na konačne elemente.



Projektiranje konstrukcije

- Ukupno je definirano 11 slučajeva opterećenja.
- **Vertikalna opterećenja:**
 1. Vlastita težina konstrukcije.
 2. Jednoliko površinsko opterećenje $p=50,0 \text{ kN/m}^2$.
 3. Kontejnerski mostovi.
 4. Opterećenje vlakom,
 5. Mobilna autodizalica.



Projektiranje konstrukcije

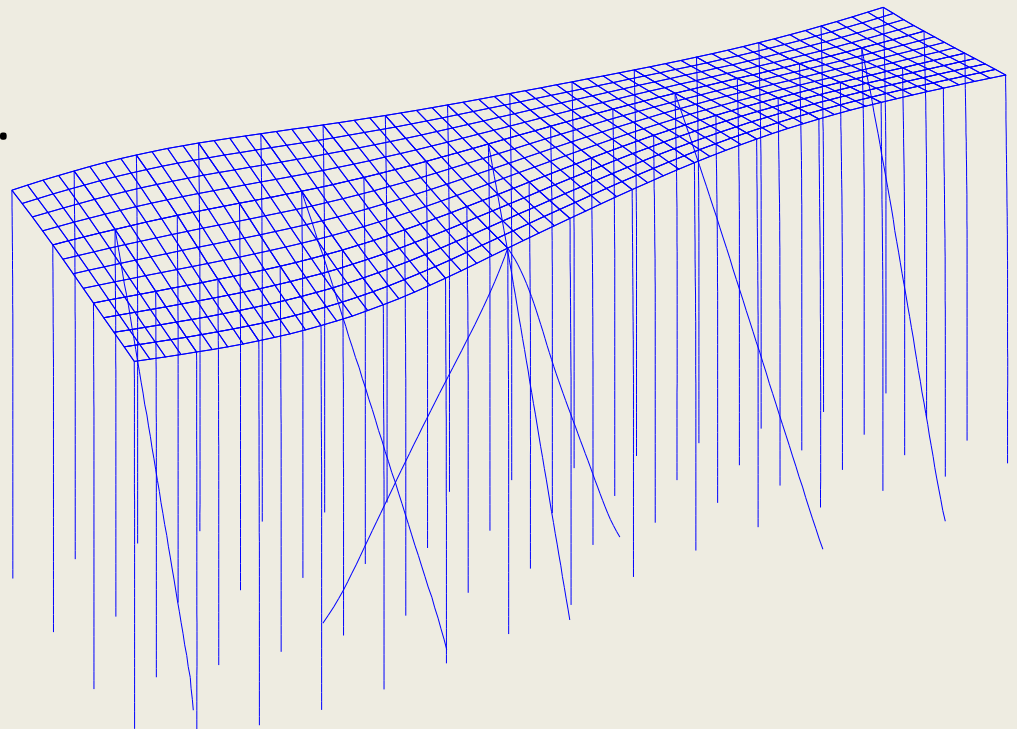
- **Horizontalna opterećenja:**

6. Pritisak tla.
7. Udar broda.
8. Privez broda.
9. Vjetar na opremu.
10. Promjena temperature.
11. Potres

IX Potresna zona

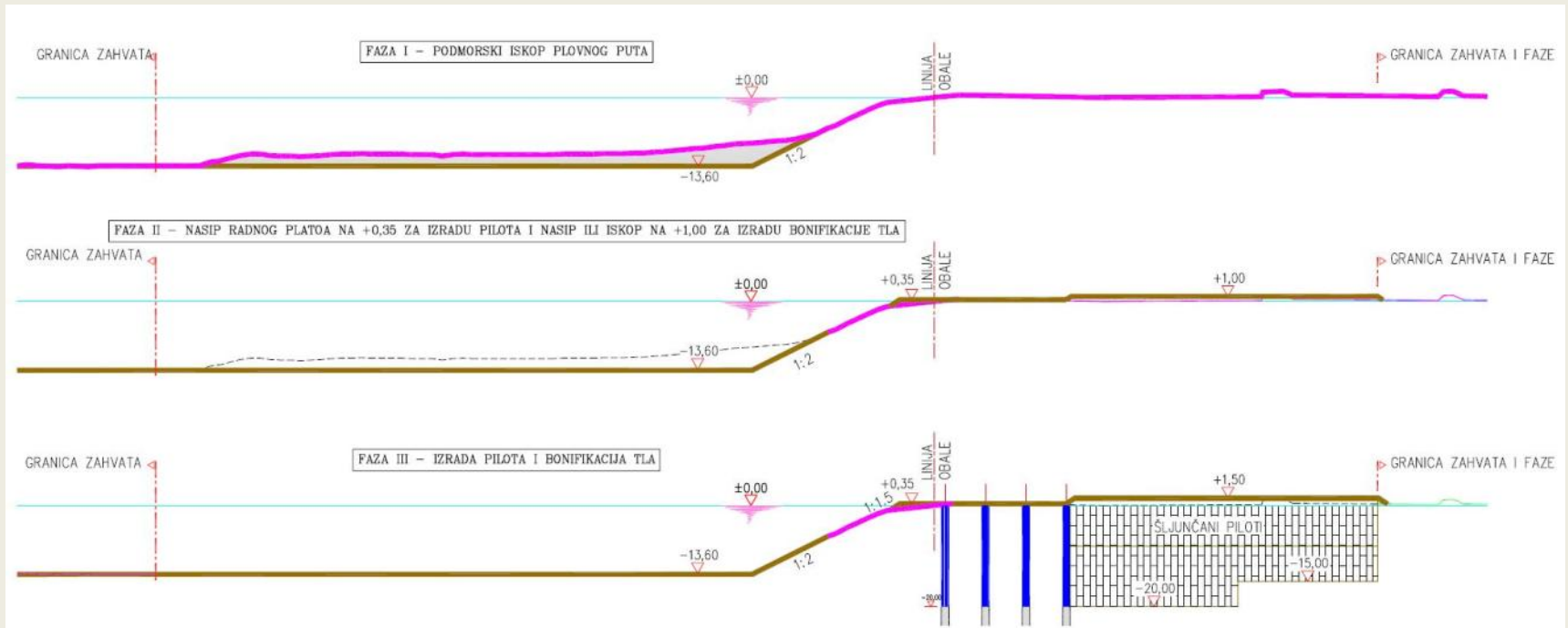
$$a = 0,3 * g.$$

- **Kombinacije opterećenja**



Faze izgradnje

1. Podmorski iskop plovnog puta.
2. Nasip radnog platoa za izradu pilota i nasip/iskop za izradu bonifikacije tla.
3. Izrada pilota i bonifikacija tla



Faze izgradnje

- Podmorski iskop plovnog puta – FAZA 1.
- Nasip radnog platoa za izradu pilota i nasip/iskop za izradu bonifikacije tla – FAZA 2.
- Izrada pilota i bonifikacija tla – FAZA 3.



Faze izgradnje

4. Podmorski iskop za obalnu konstrukciju.
5. Izrada školjere do razine -12,1 m.
6. Izrada podmorskog kamenog nasipa do razine +0,05 m.



Faze izgradnje

- Podmorski iskop za obalnu konstrukciju – FAZA 4.



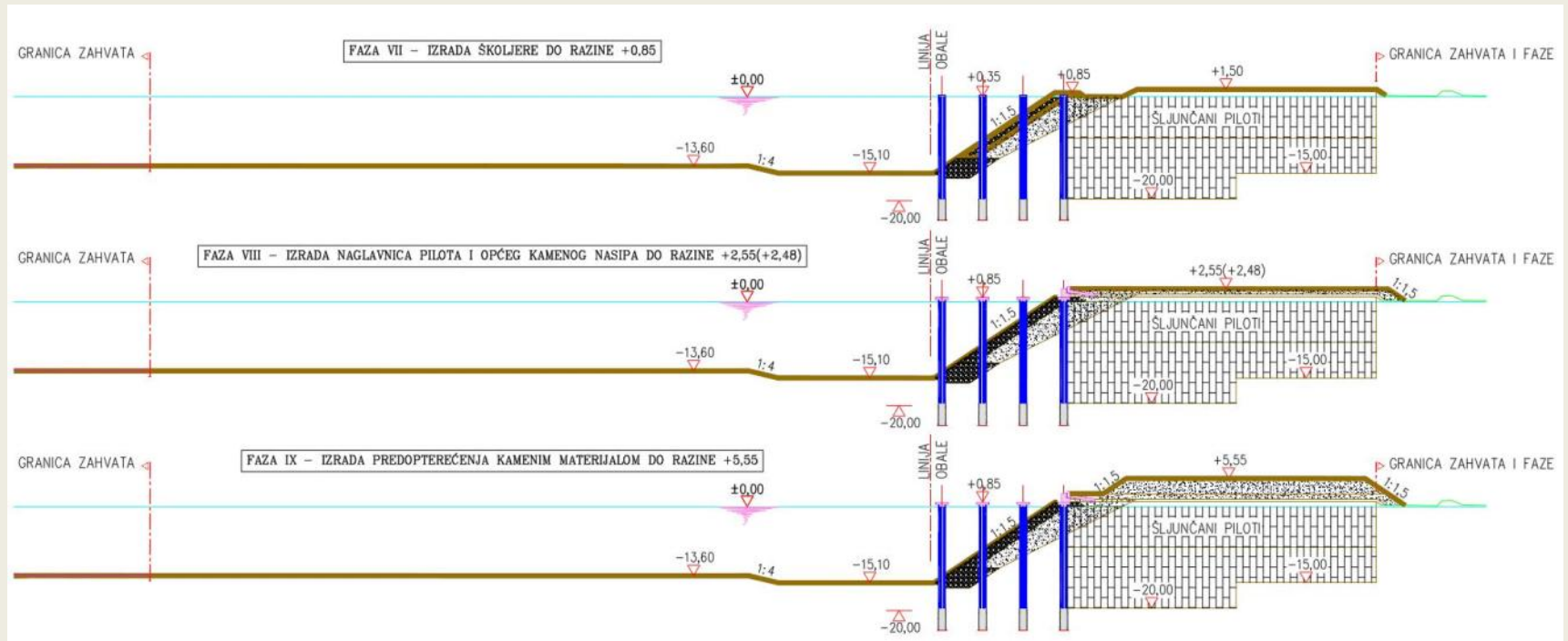
Faze izgradnje

- Izrada školjere do razine -12,1 m – FAZA 5.
- Izrada podmorskog kamenog nasipa – FAZA 6.



Faze izgradnje

7. Izrada školjere do razine +0,85m.
8. Izrada naglavnica pilota i kamenog nasipa do razine +2,55 m.
9. Izrada predopterećenja kamenim materijalom do razine +5,55 m.



Faze izgradnje

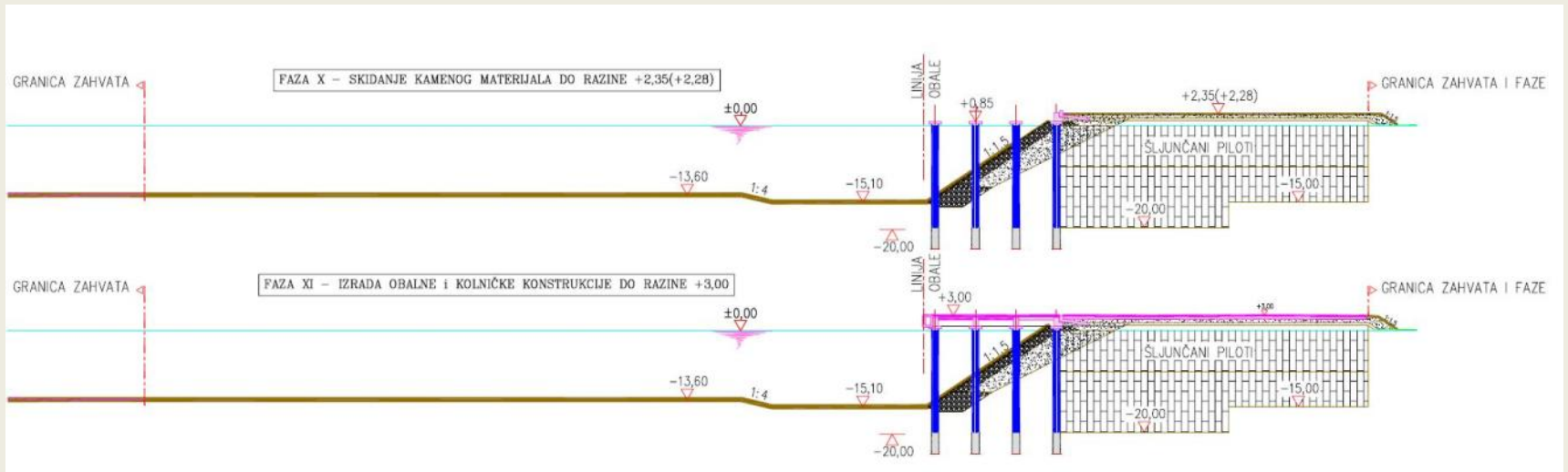
- Izrada školjere do razine +0,85m – FAZA 7.
- Izrada naglavnica i nasipa do razine +2,55 m – FAZA 8.
- Izrada predopterećenja kamenim materijalom – FAZA 9.



Faze izgradnje

10. Skidanje kamenog materijala do razine +2,35 m.

11. Izrada obalne i kolničke konstrukcije do razine +3,0 m.



Faze izgradnje

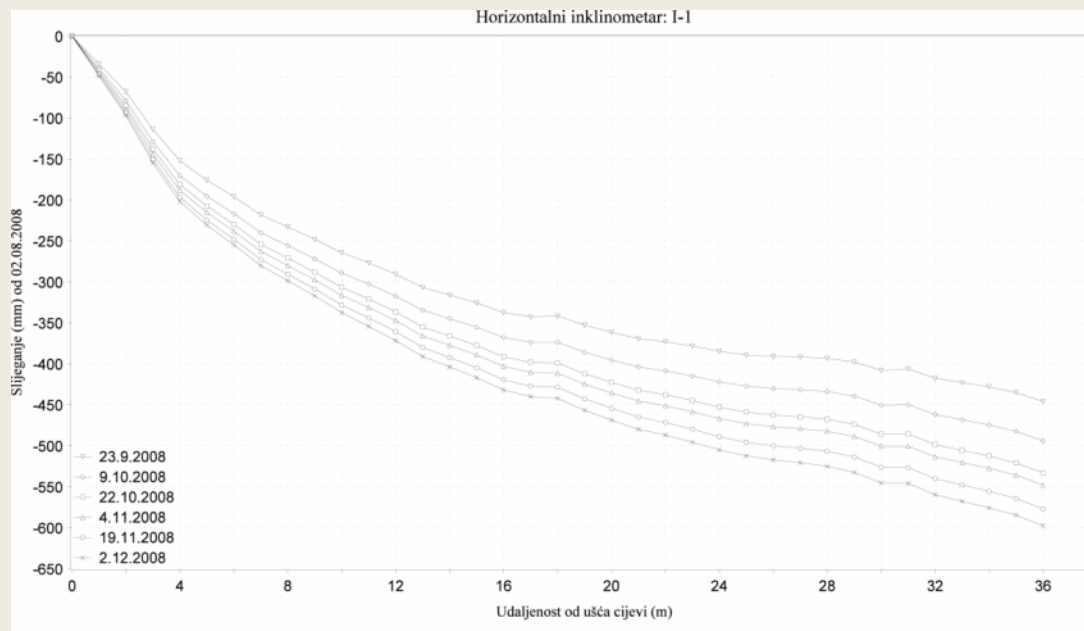
- Skidanje kamenog materijala do razine +2,35 m – FAZA 10.
- Izrada obalne i kolničke konstrukcije do razine +3,0 m – FAZA 11



Geotehnička mjerenja

SKLADIŠNE I PROMETNE POVRŠINE - PREDOPTEREĆENJE

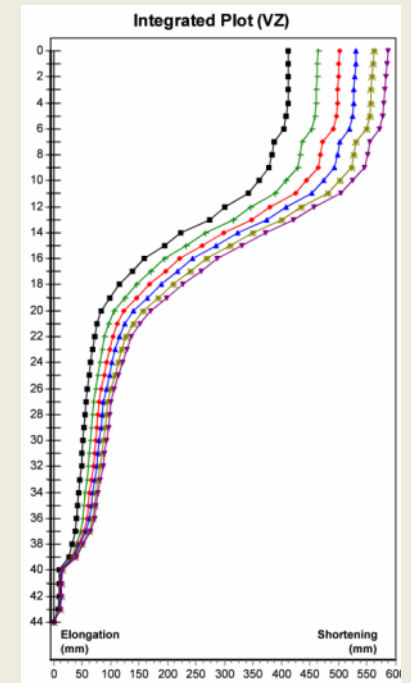
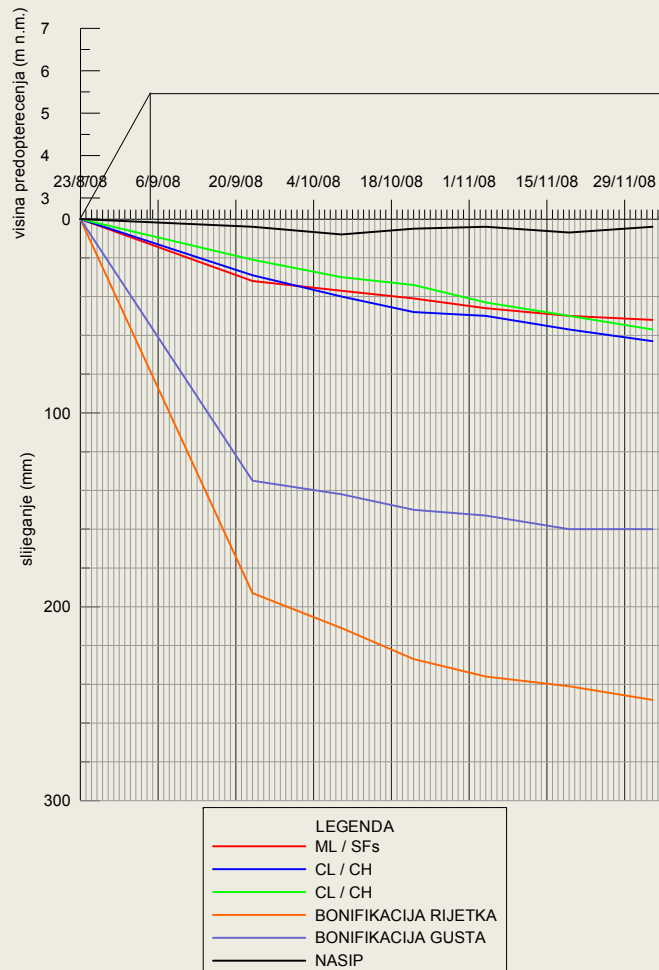
- Mjerenja geodetskih točaka, vertikalni deformetar i horizontalni inklinometar
- Horizontalni inklinometar



Geotehnička mjerenja

SKLADIŠNE I PROMETNE POVRŠINE - PREDOPTEREĆENJE

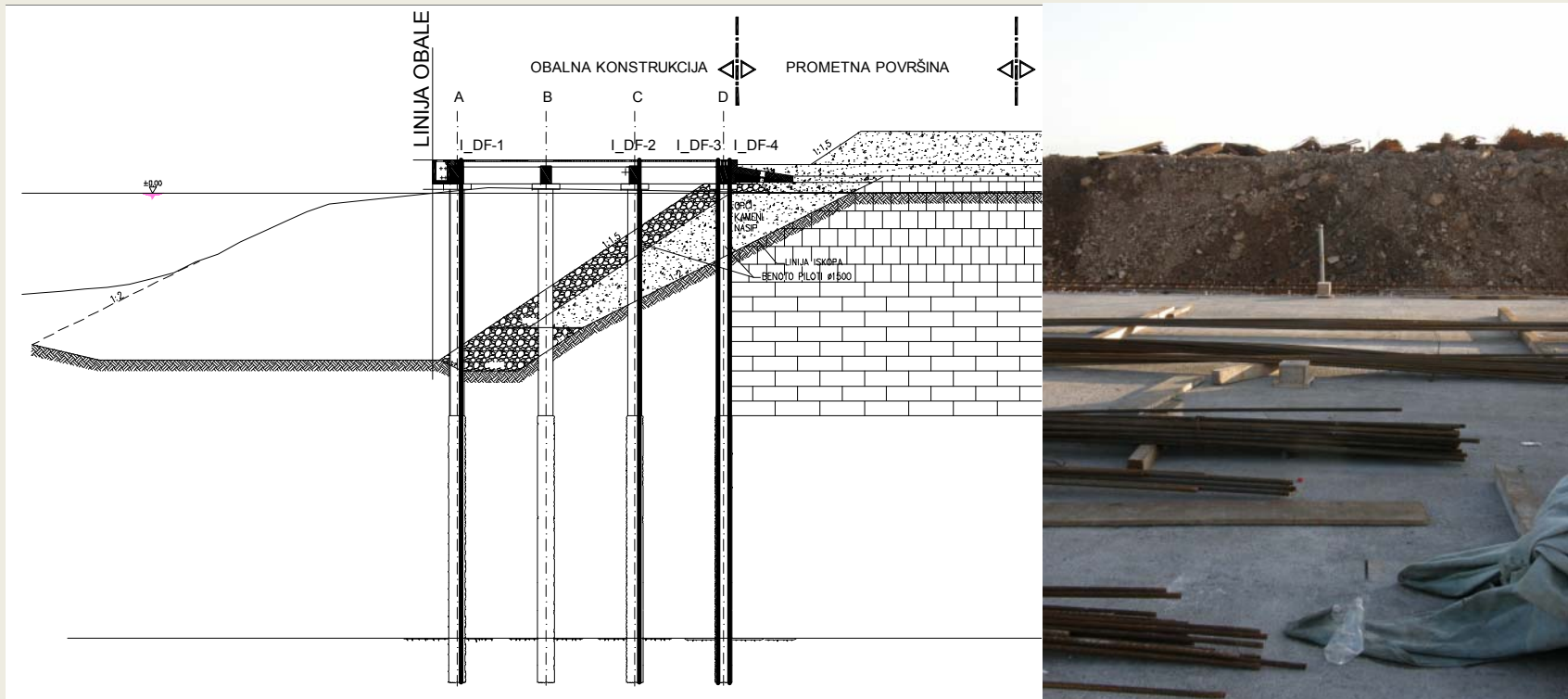
- Vertikalni deformetar



Geotehnička mjerenja

OBALNA KONSTRUKCIJA

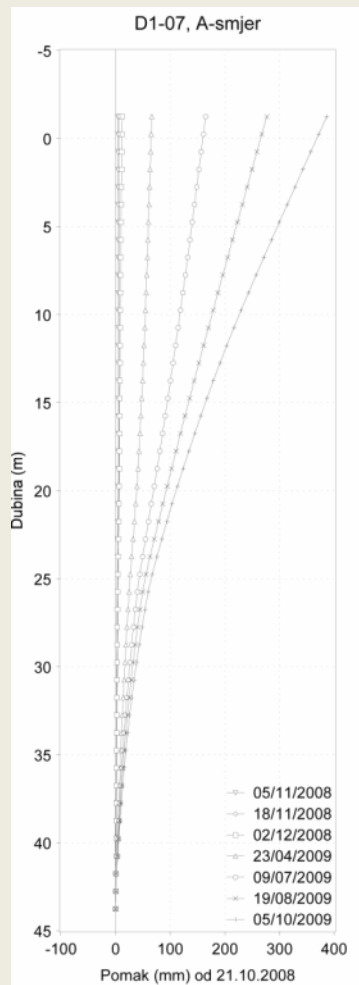
- Mjerenja u vertikalno postavljenim inklinometrima-deformetrima unutar pilota – 4kom.
- Postavljeni u jedan mjerni profil
- Mjerenje izvedeno po fazama: podmorski iskop, faze postavljanje obalne konstrukcije i za vrijeme pokusnog opterećenja



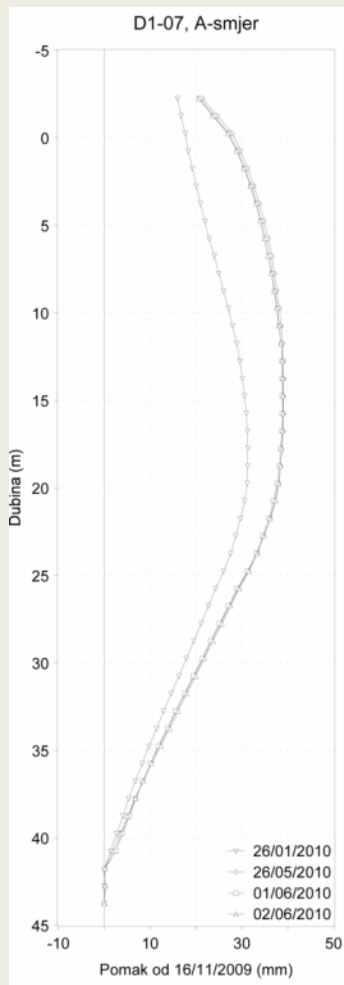
Geotehnička mjerenja

OBALNA KONSTRUKCIJA – INKLINOMETAR

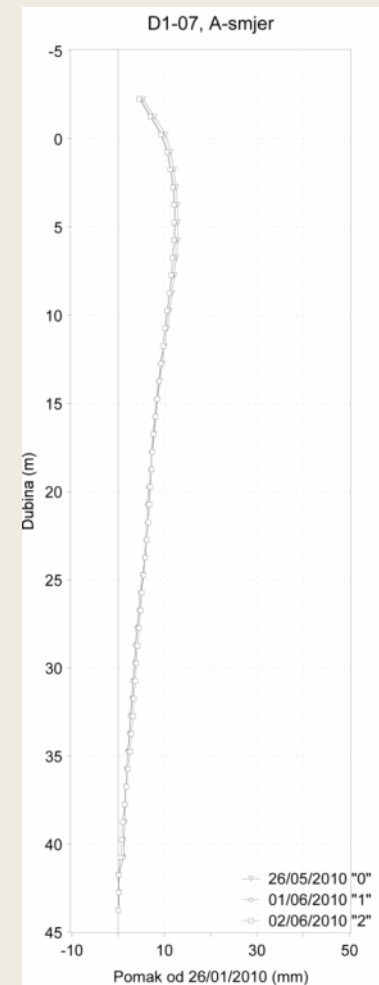
- PODMORSKI ISKOP



- POSTAVLJANJE OBALNE KONSTR.



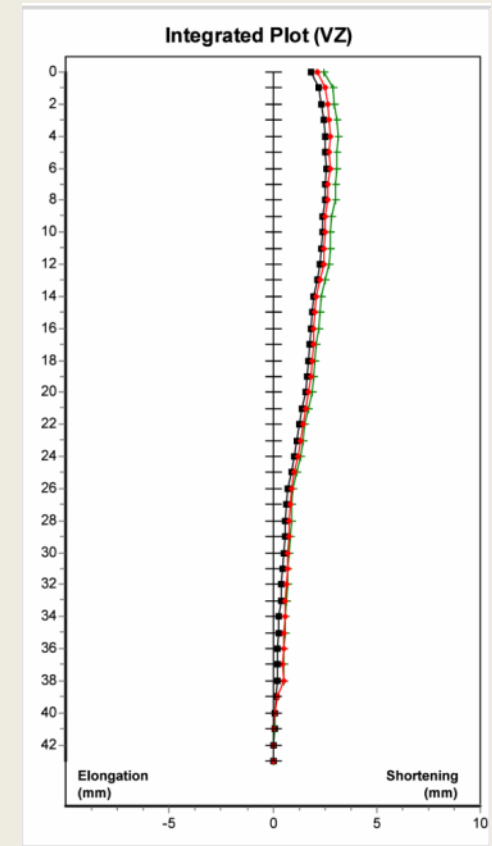
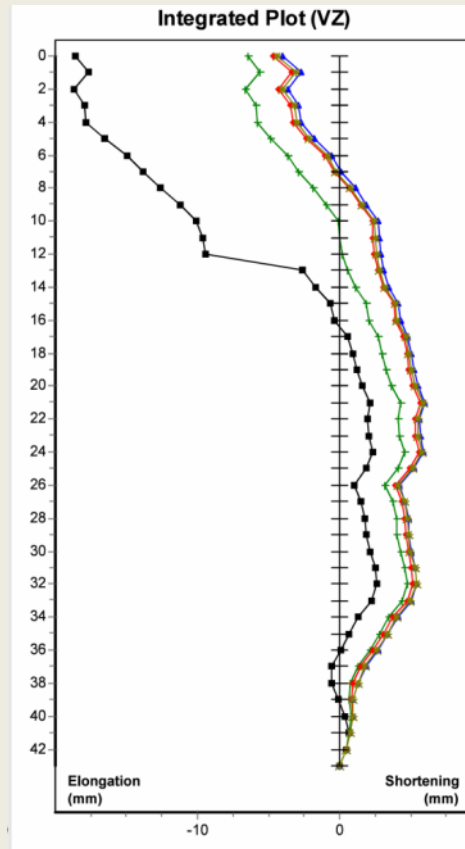
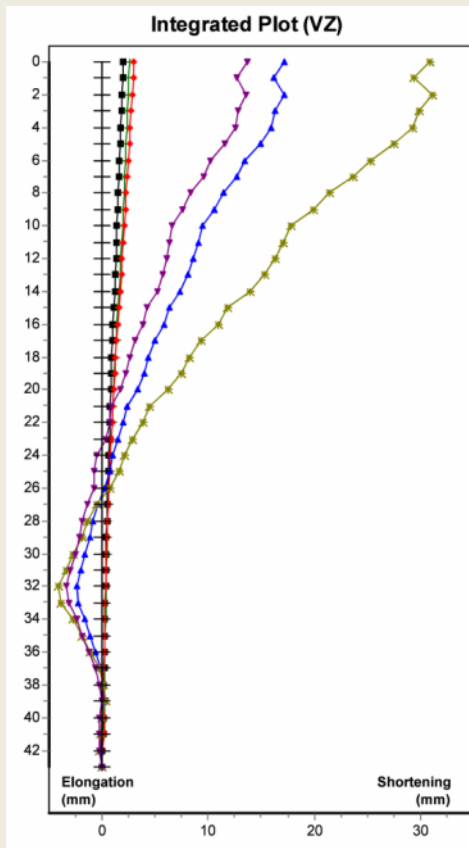
- POKUSNO OPTEREĆENJE



Geotehnička mjerenja

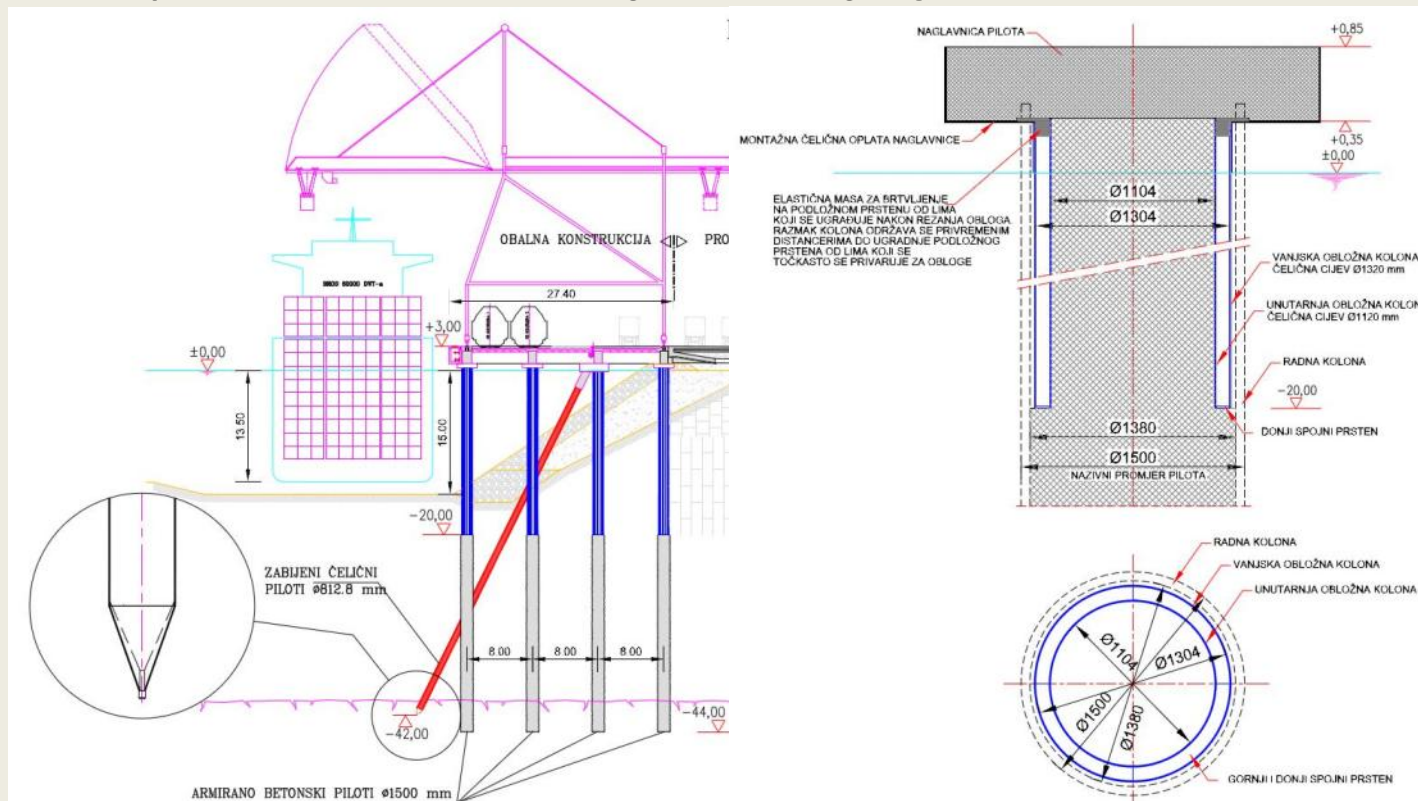
OBALNA KONSTRUKCIJA - DEFORMETAR

- PODMORSKI ISKOP
- POSTAVLJANJE OBALNE KONSTR.
- POKUSNO OPTEREĆENJE



Opis konstruktivnih elemenata

- Svi **vertikalni piloti** su bušeni, nazivnog profila 1.500 mm, do dubine -44,0 m.
- Izvode se u **jednostrukoj** (piloti koji se ne zatrpavaju nasipom) ili **dvostrukoj čeličnoj oplati** do dubine -20,0 m.



Opis konstruktivnih elemenata

- **Vertikalni piloti** – Ugrađivanje armature i čelične cijevi.



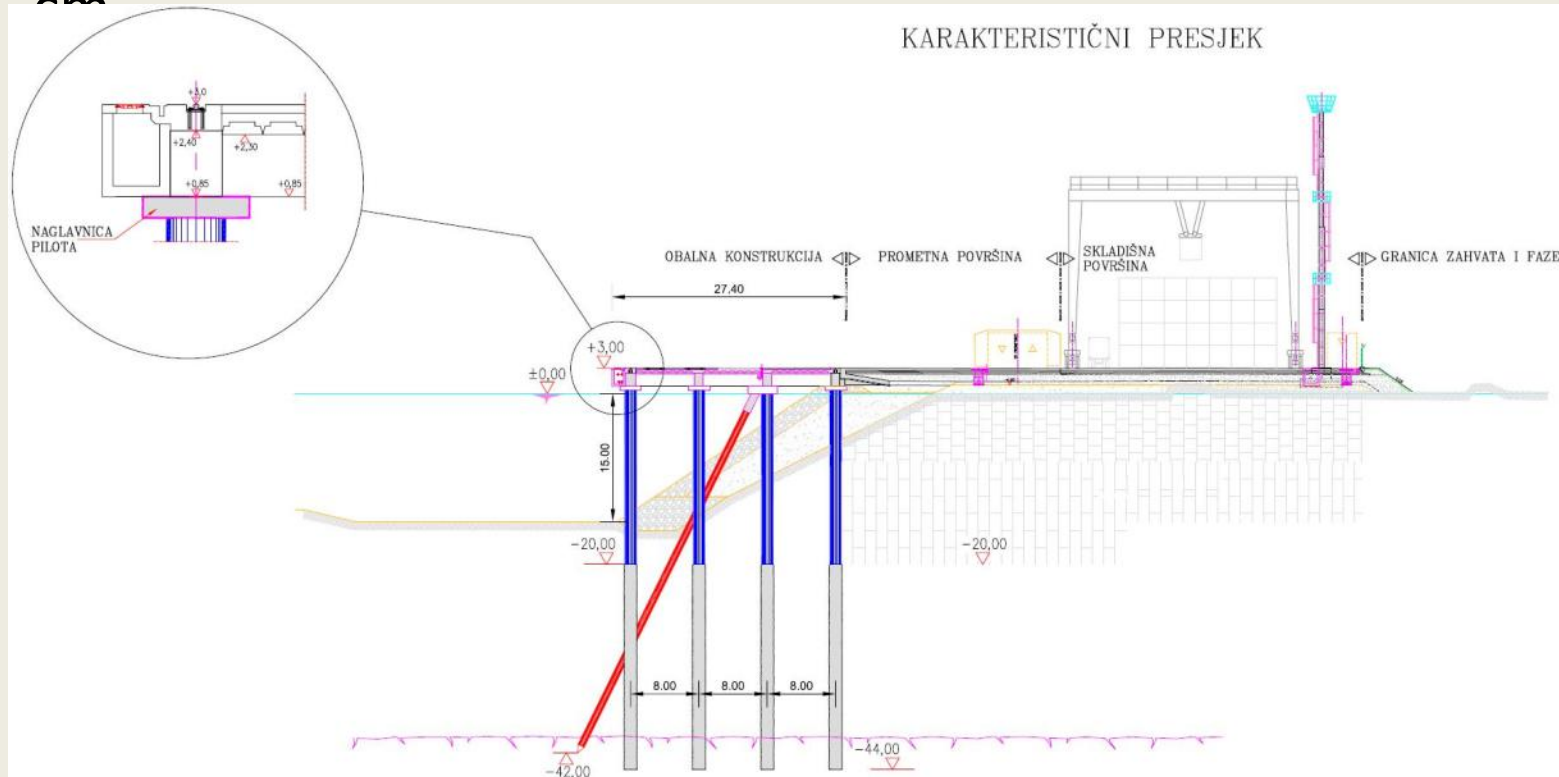
Opis konstruktivnih elemenata

- Na odbojnim mjestima obalne konstrukcije (svakih cca 21,30 m), dodatno, ugrađuju se dodatni zabijeni **kosi čelični piloti**.
- **Zabijaju** se pod nagibom 2:1, do dubine –42,0 m.



Opis konstruktivnih elemenata

- **Naglavnice pilota** su armirano betonske, izrađene na samom mjestu u montažnoj čeličnoj oplati. Debljina naglavnica vertikalnih pilota je 50 cm, a tlocrtno su kružnog ili trapeznog oblika. Debljina naglavnica kosih pilota je 90

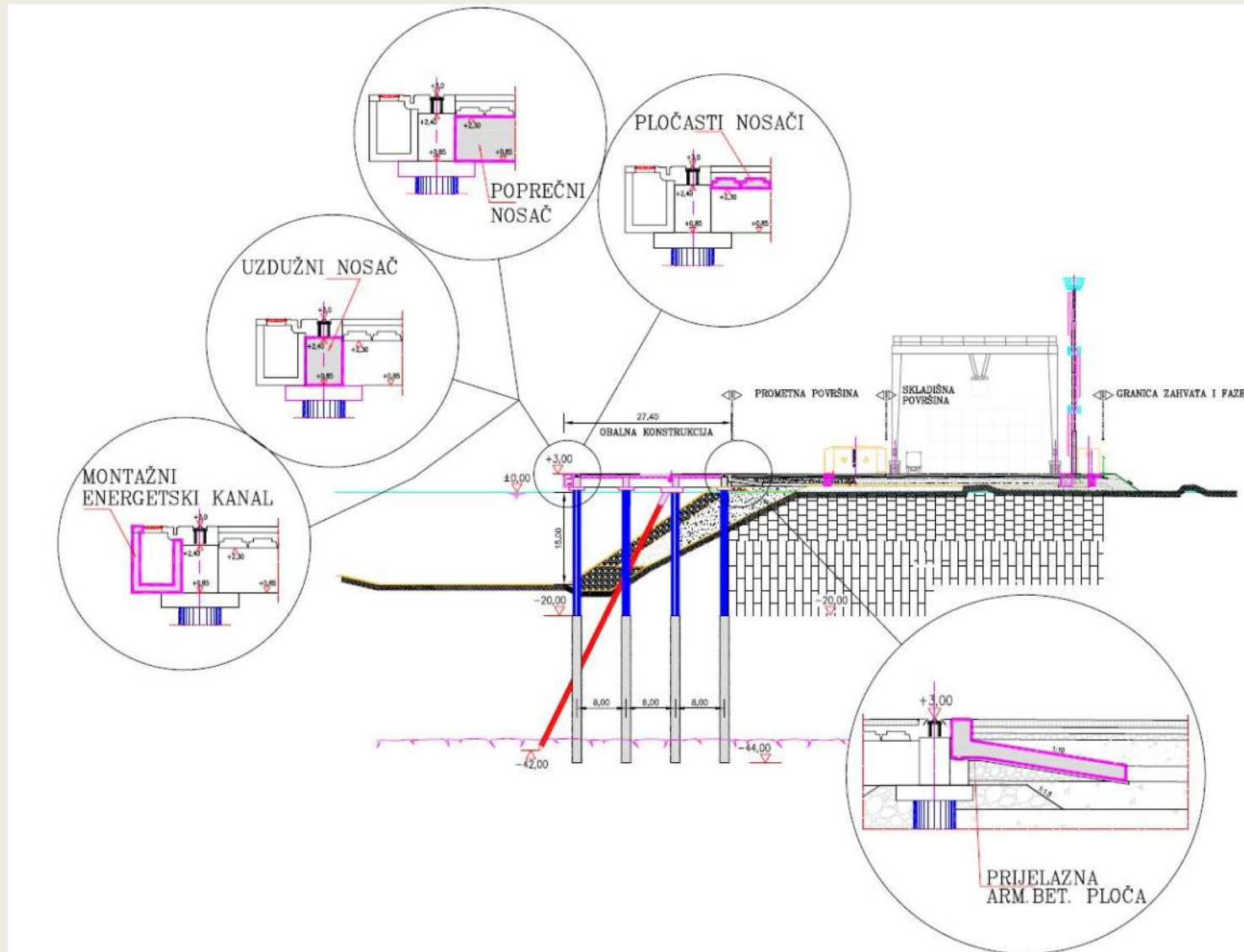


Opis konstruktivnih elemenata

- **Naglavnice pilota** – Neposredno prije montaže nosača.



Opis konstruktivnih elemenata



Opis konstruktivnih elemenata

- **Uzdužni nosači** su adhezijski prednapeti armirano betonski, montažni, širine 100 i 120 cm i ukupne visine 195 i 215 cm. Betoniraju se u dvije faze. U fazi montaže na naglavnice pilota, visina im je 155 cm.



Opis konstruktivnih elemenata

- Širina **poprečnih nosača** je 120 cm, visina montažnog dijela 145 cm, a konačna visina 195 cm.
- Gornji dio **poprečnih nosača** betonira se zajedno s dijelom ploče podne konstrukcije na samom mjestu.



Opis konstruktivnih elemenata

- **Pločasti nosači** polumontažne podne konstrukcije obale su armirano betonski, adhezijski prednapeti elementi visine 30 cm (zajedno s pločom 50 cm) i širine 96 cm.
- Montiraju se jedan do drugog tako da tvore **ravan podgled** podne konstrukcije obale.
- **Monolitiziraju** se armirano betonskom pločom izrađenom na samom mjestu minimalne debljine 20 cm.



Opis konstruktivnih elemenata

- Na prednjoj strani obale na njih se oslanja montažni armirano betonski **energetski kanal** širine 160 cm i visine 215 cm (gornja ploča 20 cm), s debljinom stijenki od 25 cm.
- Čisti gabarit kanala je 110 x 170 cm, a na prolazu kroz odbojnu glavu ugrađuju se 4 cijevi za prolaz instalacija.

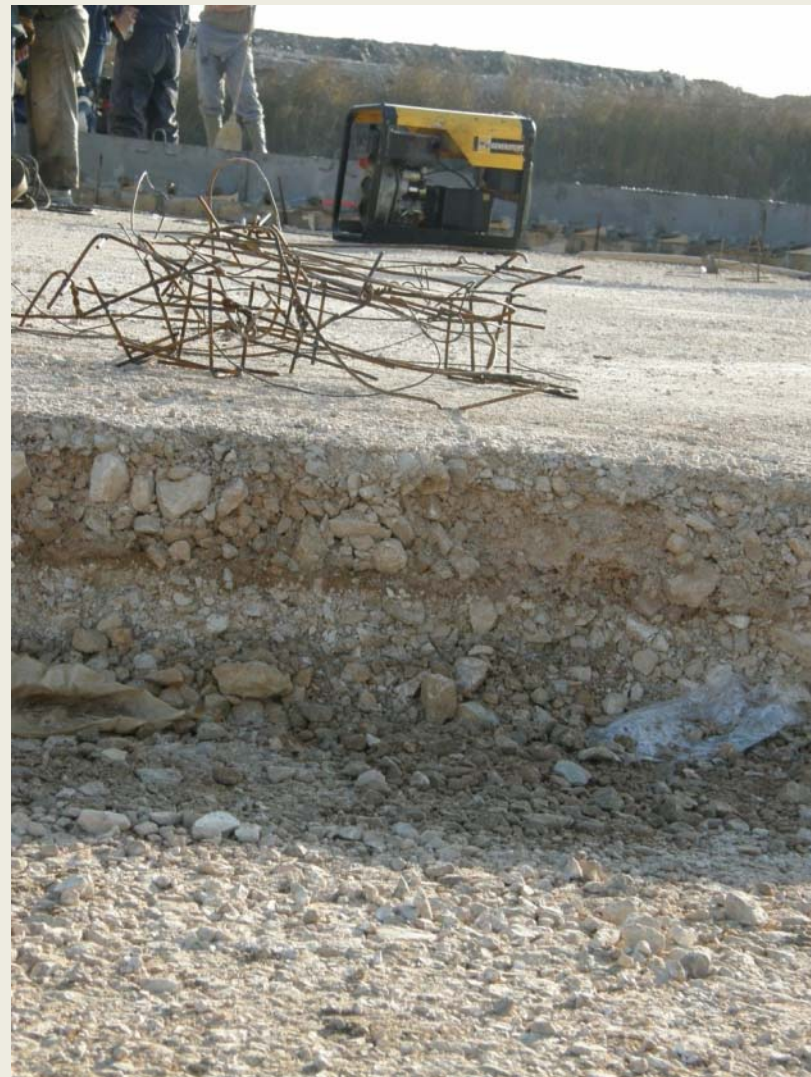
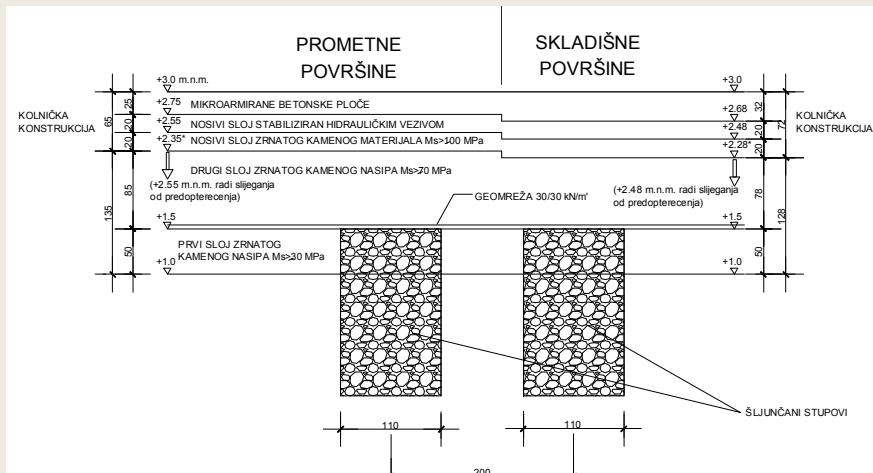


Opis konstruktivnih elemenata

- Obalna konstrukcija ima na zaobalnoj strani **prijelaznu armirano betonsku ploču** dužine 5,0 m i debljine 50 cm.
- **Prijelazna ploča** je ukopana u kolničku konstrukciju platoa i oslanja se zglobno na konzolnu gredu iznad pilota.



Kolnička konstrukcija



Oprema

- **Oprema obalnog ruba** sastoji se od odbojnika SCN 1200 i polera 1.500 kN na svakih 21,3 m po dužini obale, te mornarskih stepenica.



Oprema

- **Oprema površine** na obali sastoji se od kranskih staza s odbojnicima, te oknima za napajanje, kolosijeka s odbojnicima i skretnicama, te okana za odvodnju.



Izgrađena obala

- Izgradnja u periodu 01.2007. - 07.2010.
- Investitor: Lučka uprava Ploče
- Glavni izvoditelj radova: Konstruktor-inženjering d.d.
- Značajniji podizvoditelji:
 - Šljunčani piloti: Keller Geotechnik d.o.o.
 - Bušeni i kosi piloti: VIPP Lavori s.p.a.
- Stručni nadzor: Institut IGH d.d.
- Idejni, glavni i izvedbeni projekt: Rijekaprojekt d.o.o.
- Geotehnički projekt: Institut IGH d.d.
- Revizija: Građevinski fakultet Zagreb
- Cijena izgradnje: 35.000.000 €



Hvala na pažnji