



# Konstrukcija kontejnerskog terminala Zagrebačka obala u luci Rijeka

Rene Lustig, Bogdan Stanić, Darko Pavoković,  
Maja Piškulić, Nikola Popović

Rene Lustig, RIJEKAPROJEKT d.o.o. Rijeka

Dr.sc. Bogdan Stanić, OPUSGEO d.o.o. Zagreb

Darko Pavoković, RIJEKAPROJEKT d.o.o. Rijeka

Maja Piškulić, RIJEKAPROJEKT d.o.o. Rijeka

Nikola Popović, OPUSGEO d.o.o. Zagreb

# GENERALNE INFORMACIJE



# KONTEJNERSKI BROD

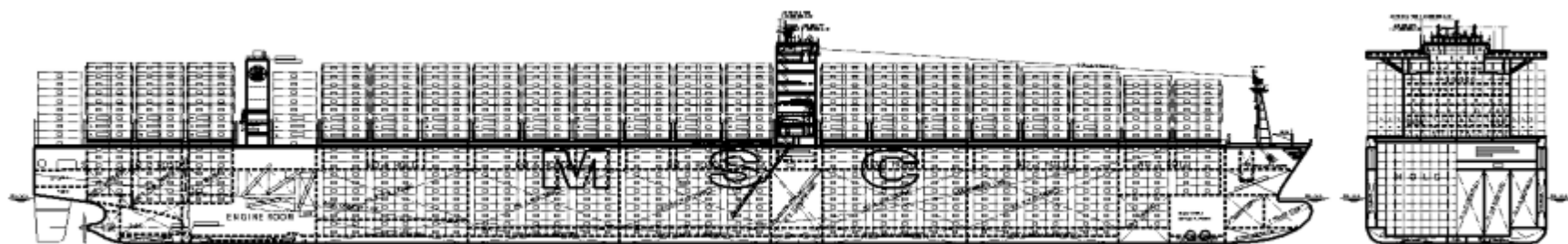
Brod 14.000 TEU

165.000 DWT-a

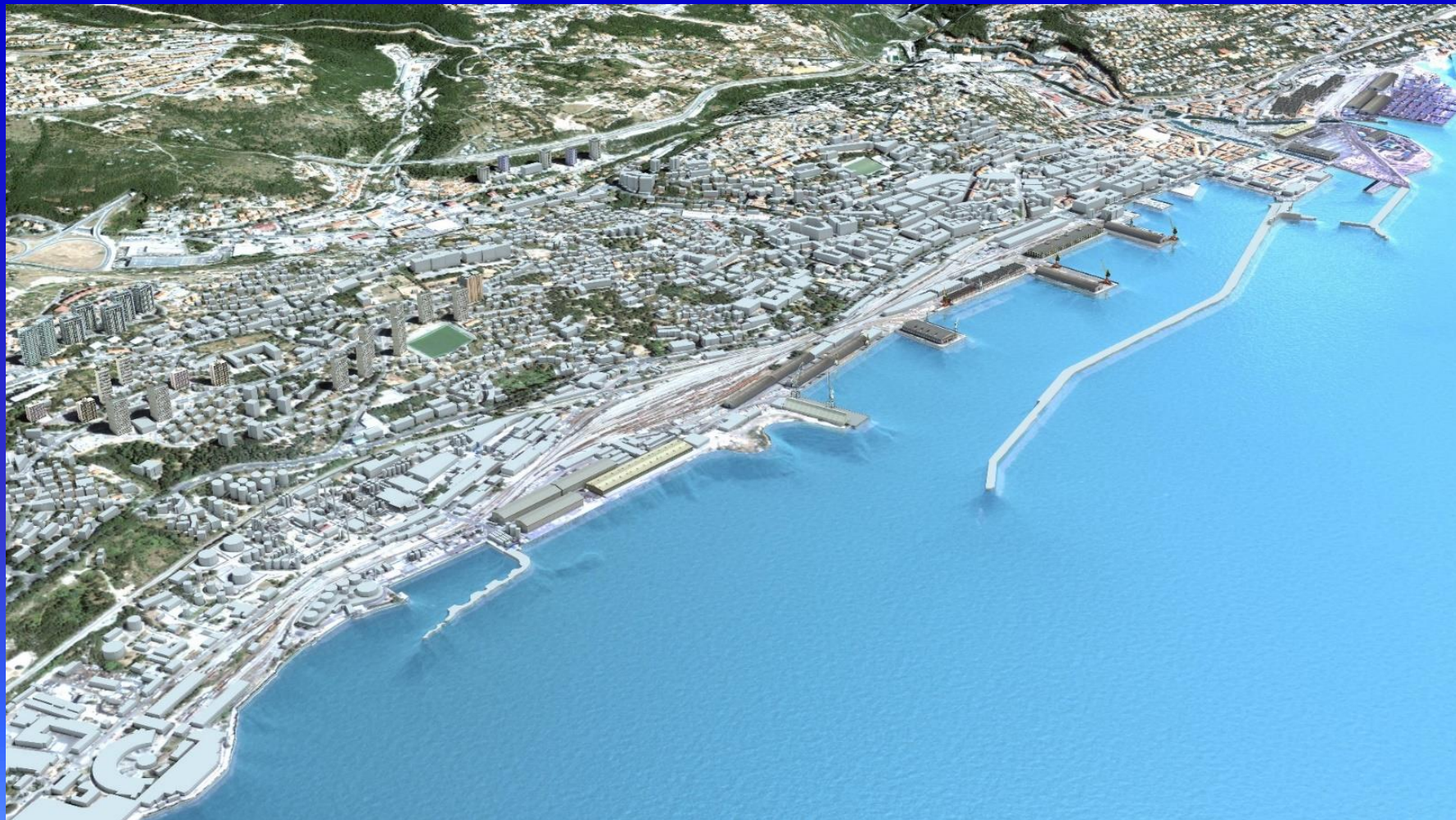
L = 365,5 m

B = 51,2 m

D = 16,0 m



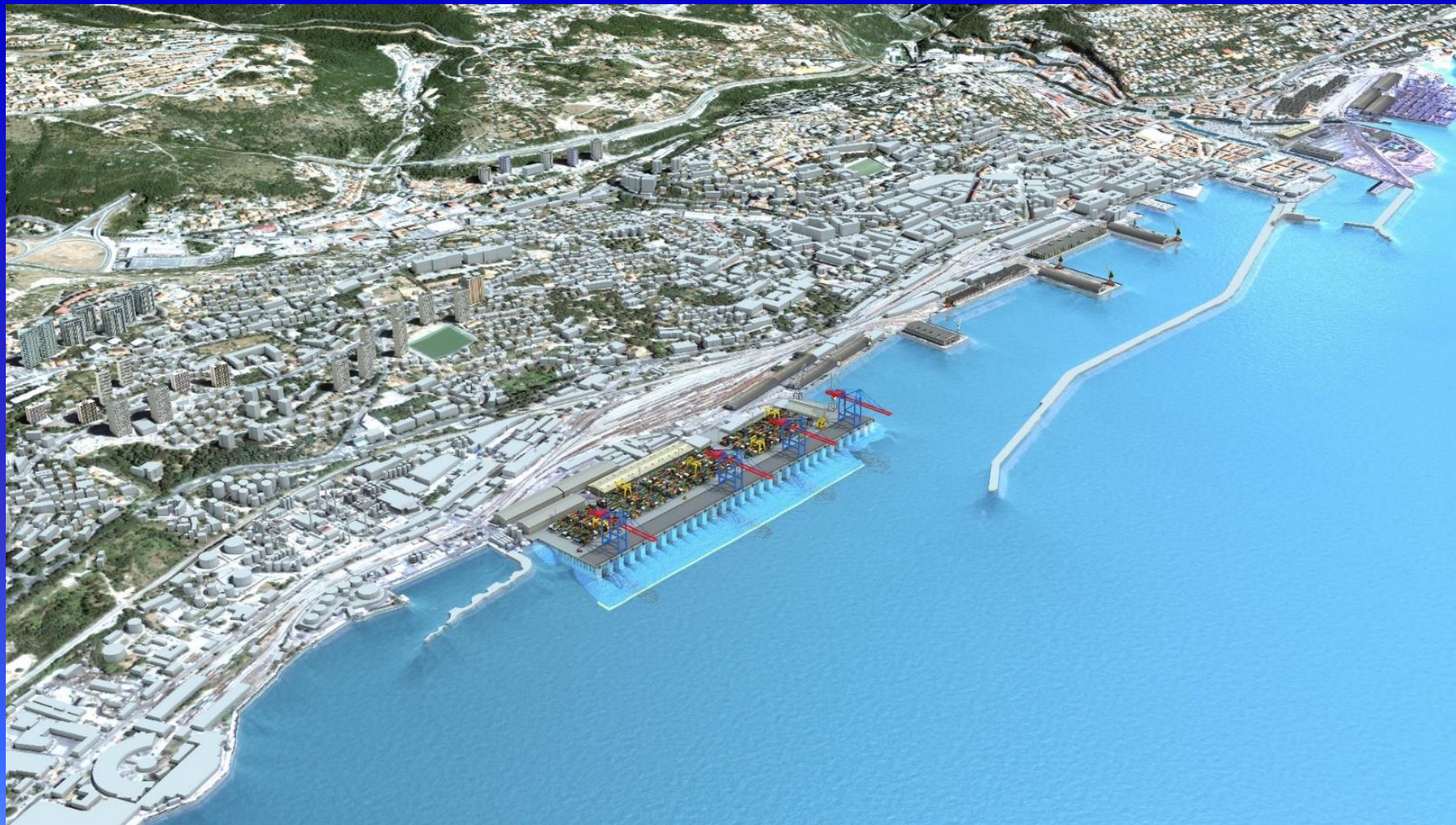
# POGLED – POSTOJEĆE STANJE



# POGLED – FAZA 1



# POGLED FAZA 1+2



# POGLED FAZA 1+2+brodovi

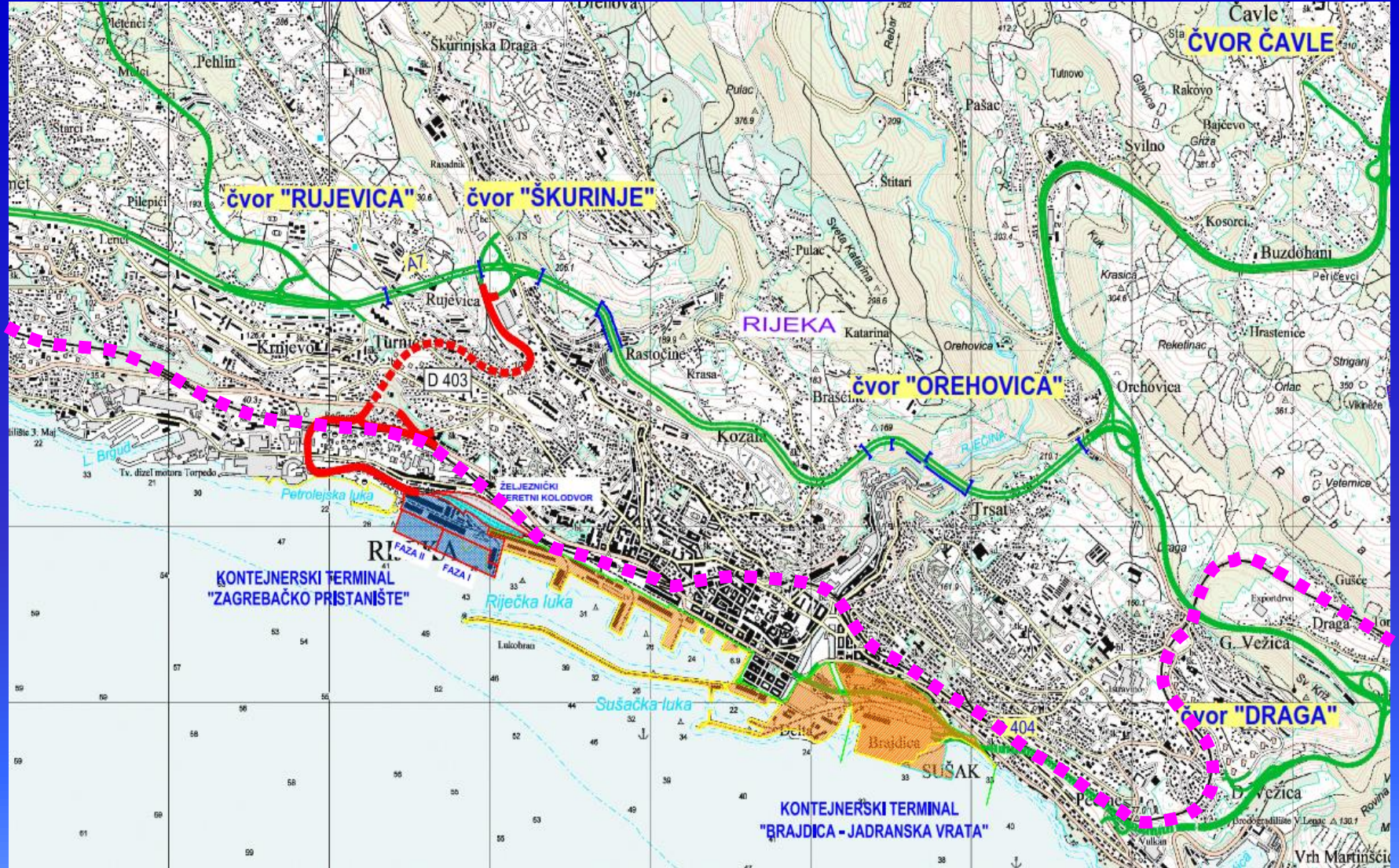


- kolovoz 2001. – Lučka uprava Rijeka pokreće izradu studije utjecaja na okoliš za rekonstrukciju Zagrebačke obale koja uključuje obalu ukupne dužine od 1.200 m (400m + 280m + 520m).
- svibanj 2002. – Ministarstvo okoliša, prostornog uređenja i građenja odobrava studiju.
- kolovoz 2002. – Ministarstvo izdaje lokacijsku dozvolu za rekonstrukciju Zagrebačke obale.
- srpanj 2003. – potpisan kredit sa Svjetskom bankom vrijedan 156,5 milijuna dolara za Rijeka Gateway projekt, čiji je sastavni dio novi kontejnerski terminal riječke luke na Zagrebačkoj obali.
- travanj 2003. - potpisan ugovor za projektiranje Zagrebačke obale s tvrtkama Hidroelektra-projekt i Nippon Koei iz Japana.
- veljača 2006. – potpisan ugovor vrijedan 237 milijuna kuna za izgradnju Zagrebačke obale s japanskom tvrtkom Kajima Corporation, rok izgradnje 2009. godina.
- kolovoz 2005. – Ministarstvo izdaje građevinsku dozvolu za 1.fazu-1.etapu rekonstrukcije obale dužine 250 m.
- siječanj 2008. – upravno vijeće Lučke uprave Rijeka raskida ugovor s Kajimom zbog premašivanja planiranih troškova i „stanja podmorja koje nije bilo predviđeno projektom dokumentacijom”. Gradnja same obale nije niti započela. Novac se preusmjerava na dogradnju 330 metara obale na terminalu Brajdica.
- travanj 2009. – potpisan projekt Rijeka Gateway 2 ukupne vrijednosti 88 milijuna eura. Ugovor su potpisali ministar financija RH, voditelj Ureda Svjetske banke u RH i ravnatelj Lučke uprave Rijeka. Većina sredstava namijenjena za gradnju Brajdice i Zagrebačke obale.
- travanj 2012. – potpisan ugovor o projektiranju (400m + 280m) i izgradnji (400m) Zagrebačke obale vrijedan 70,6 milijuna eura s talijanskim konzorcijem tvrtki. Rok izgradnje do 2017. godine.
- kolovoz 2014. – početak izgradnje.

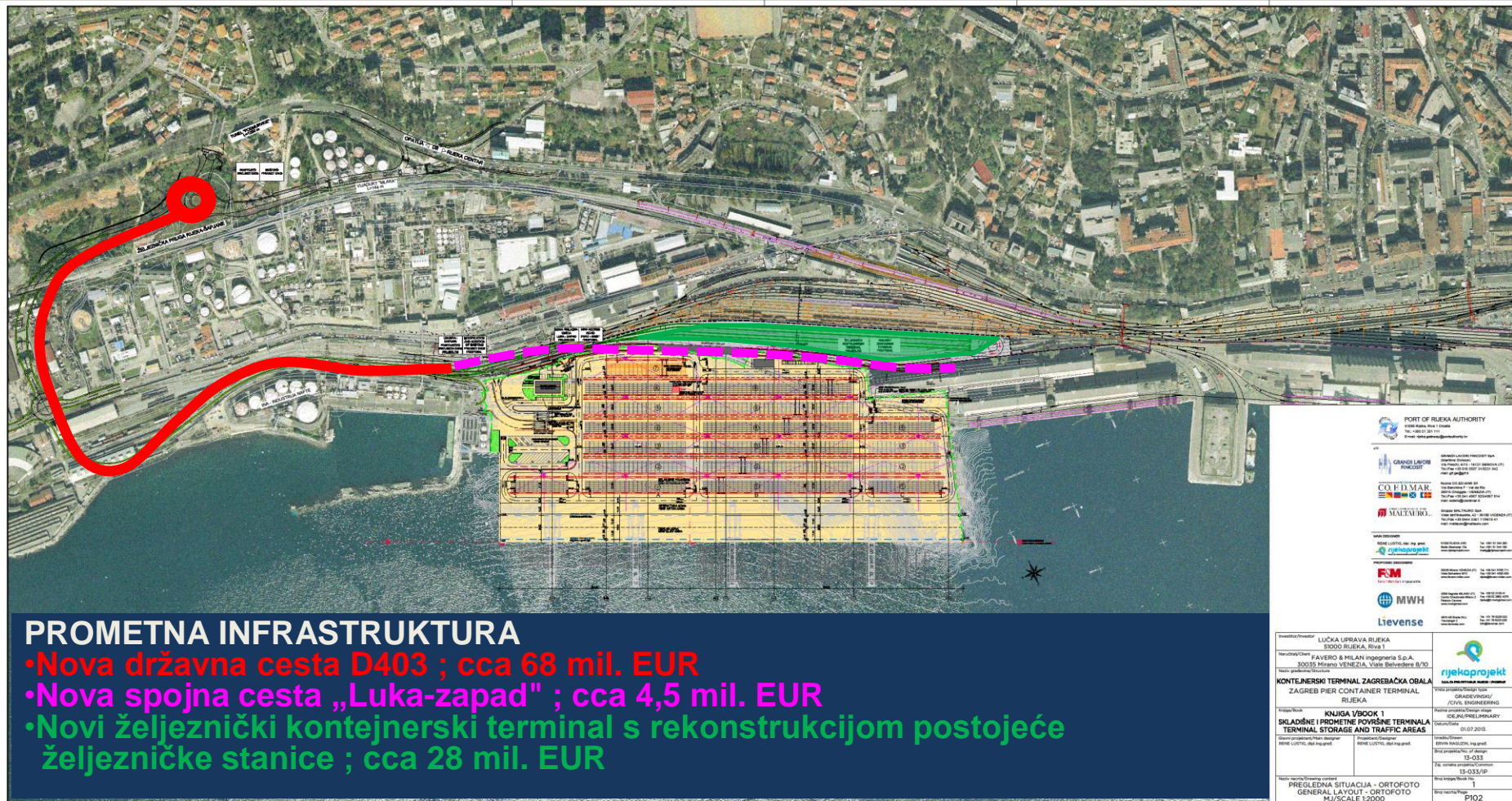




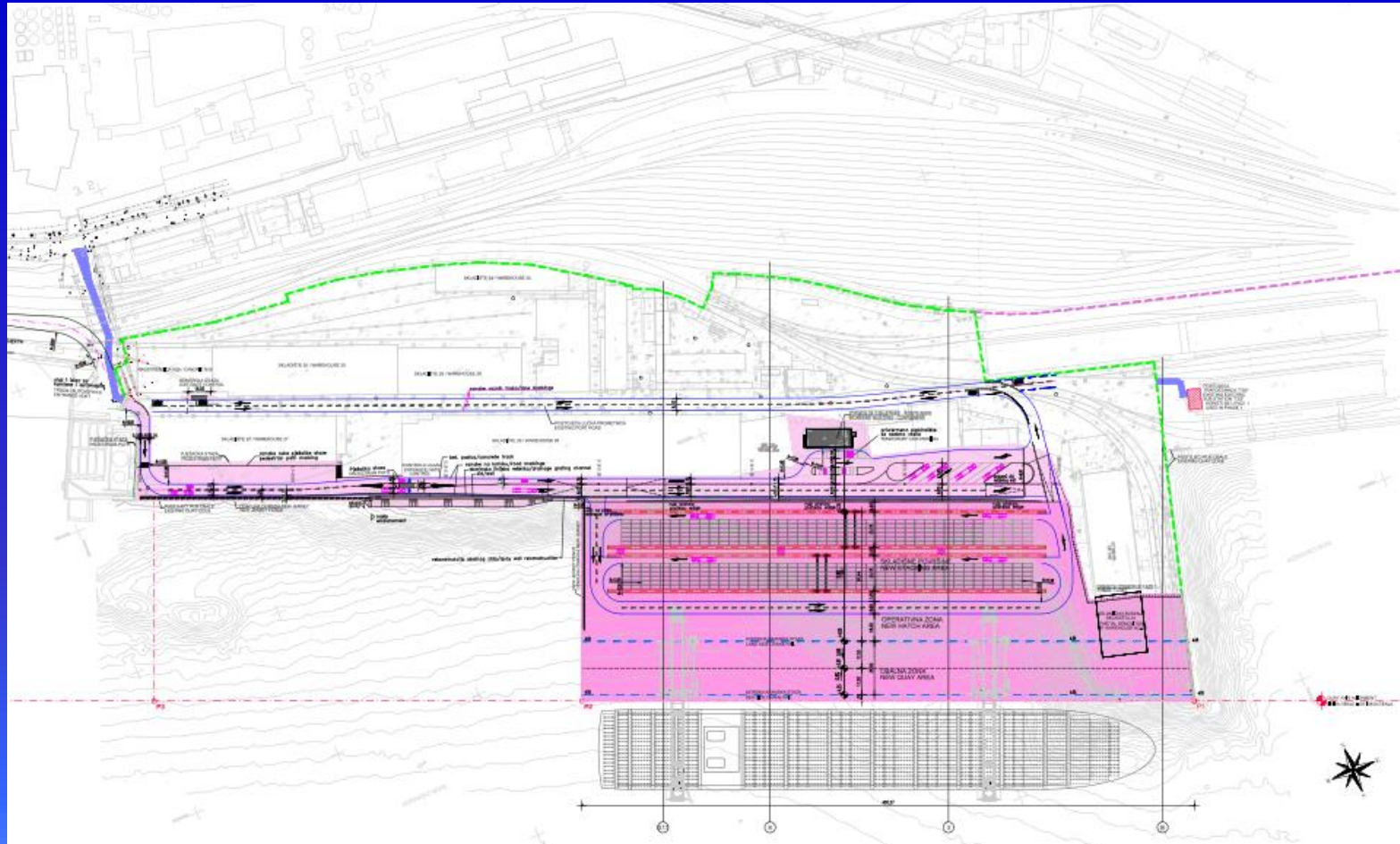
# SITUACIJA



# ODLUKOM VLADE 22. SVIBNJA 2014. GODINE PROJEKT KONTEJNERSKI TERMINAL ZAGREBAČKA OBALA PROGLAŠEN JE STRATEŠKIM PROJEKTOM REPUBLIKE HRVATSKE

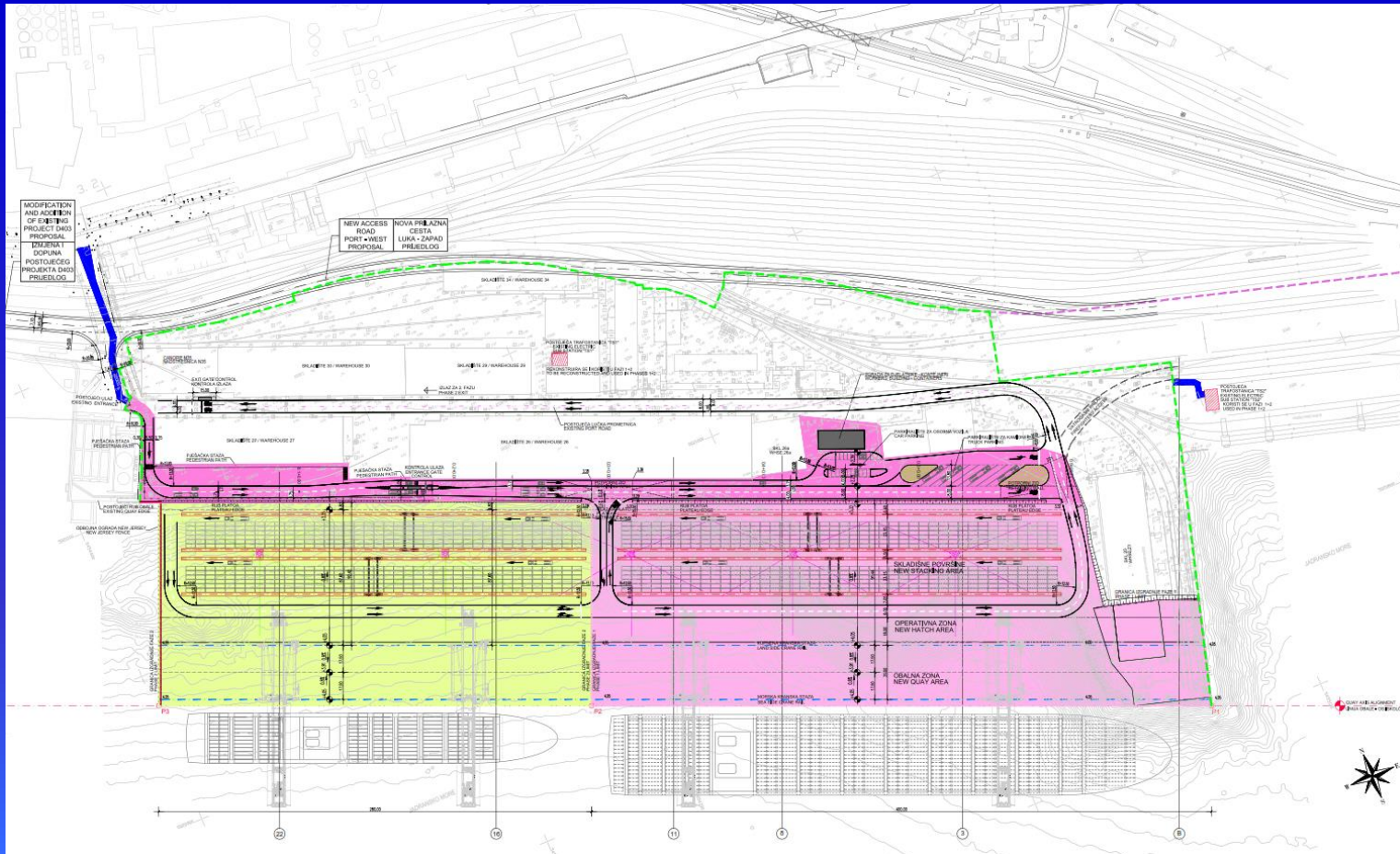


# SITUACIJA GRAĐEVINE – FAZA 1



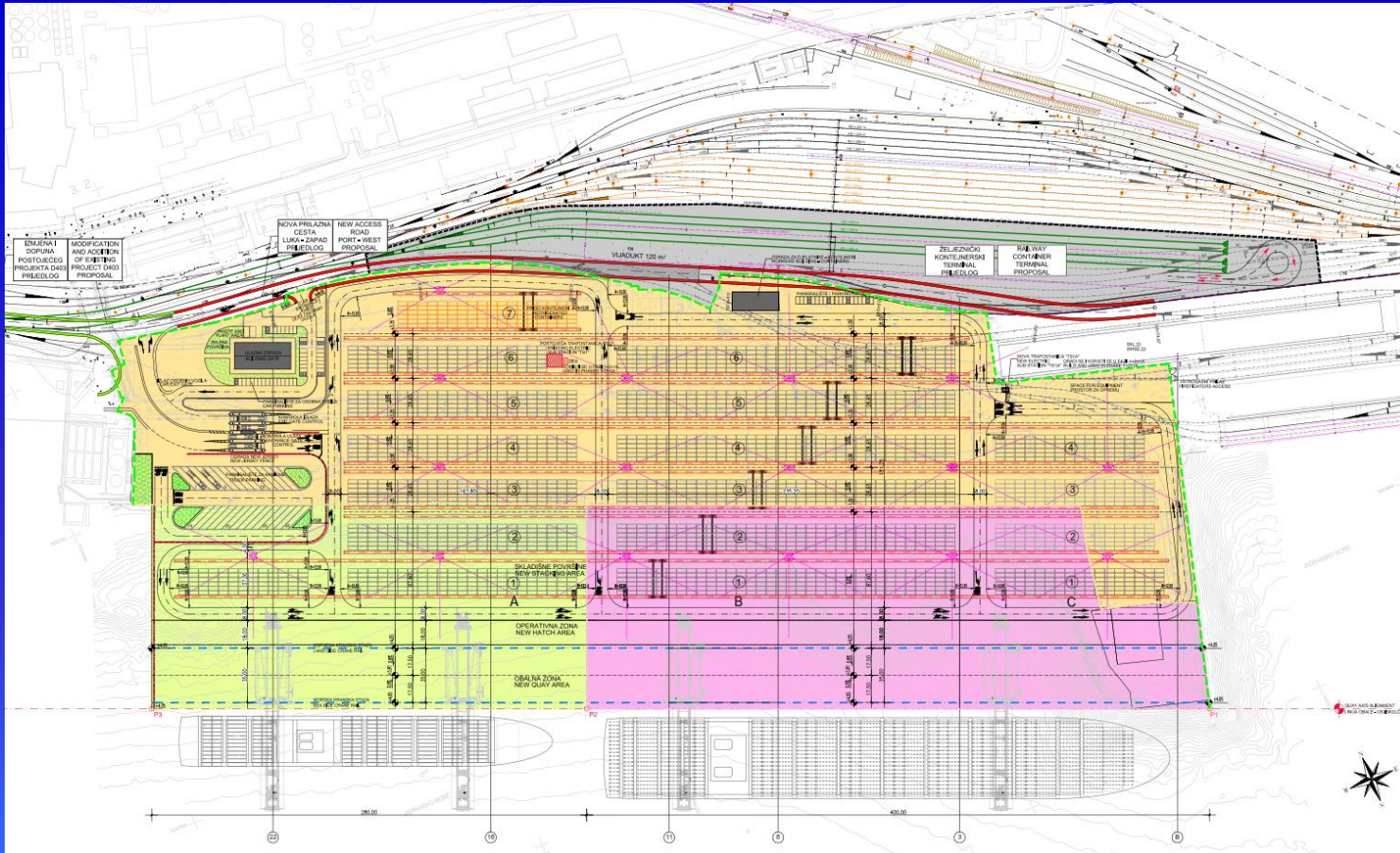
faza 1 (površina 4,7 ha) ; 75 mil. EUR

# SITUACIJA GRAĐEVINE – FAZA 1+2



faza 1+2 (površina  $4,7 + 3,7 = 8,4$  ha) ; cca 70 mil. EUR

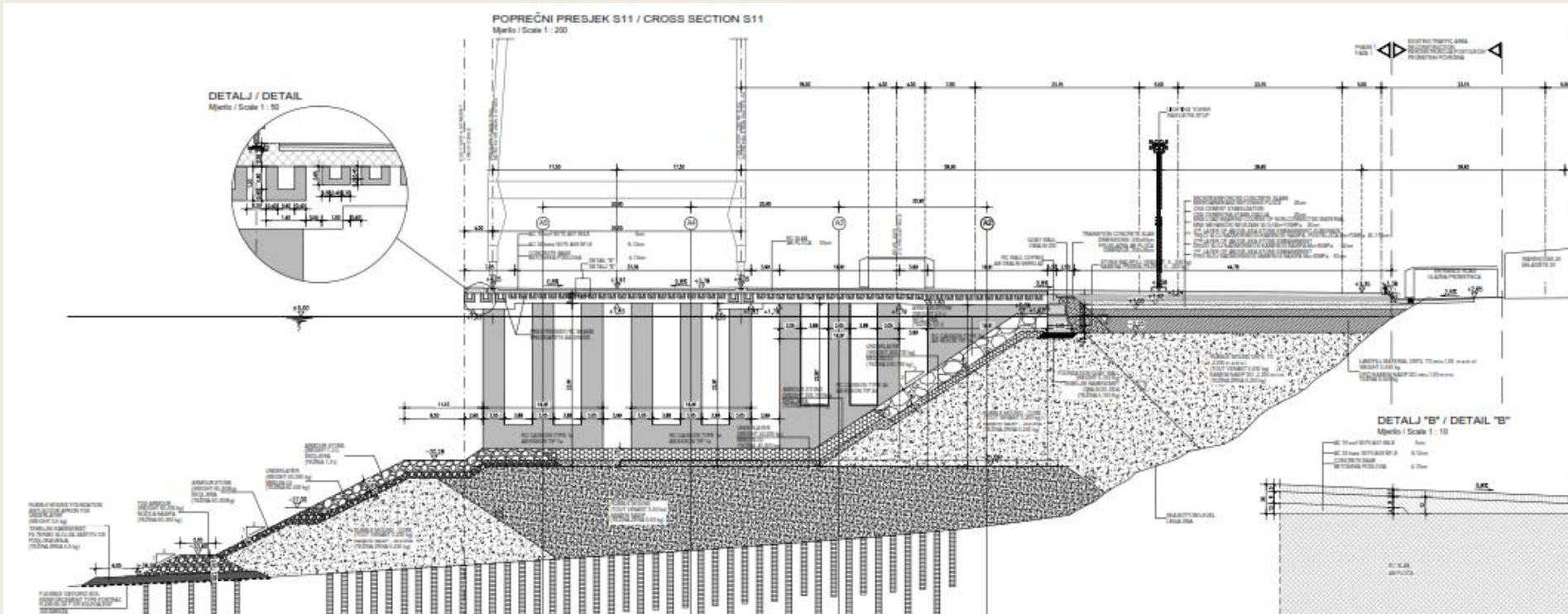
# SITUACIJA GRAĐEVINE – FAZA 1+2+1A



faza 1+2+1A (površina 4,7 + 3,7 + 9,1 = 17,5 ha) ; cca 30 mil. EUR

# OPIS KONSTRUKCIJE

## POPREČNI PRESJEK – PROFIL 11



# OPIS KONSTRUKCIJE

- Obala dužine 400 m, širine cca 40 m (razmak staza dizalice 35 m), na koti +4,05 m
- Dubina ispred obale -20,30 m.
- Obala od armirano betonskih kesona
- Temeljenje na kamenom nasipu
- Ojačanje marinske podloga šljunčanim stupovima i mlaznim injektiranjem
  
- Rasponska konstrukcija je polumontažni sustav
- Poprečni ab nosači u montažnoj oplati zatvaraju prostor između tornjeva kesona
- Prednapeti montažni uzdužni nosači zatvaraju prostor između redova kesona (svijetli razmak 12,30 m)
- Nosači se monolitiziraju ab pločom
  
- Nasipavanjem se u zaobalju formira operativna i skladišna površina terminala, sve do ranžirnih kolosijeka na sjeveru
- Skladišna površina je dužine 400 m i širine od 170 do 250 m, na prosječnoj koti +3,55 m
- Završna kolnička konstrukcija od mikroarmiranog betona

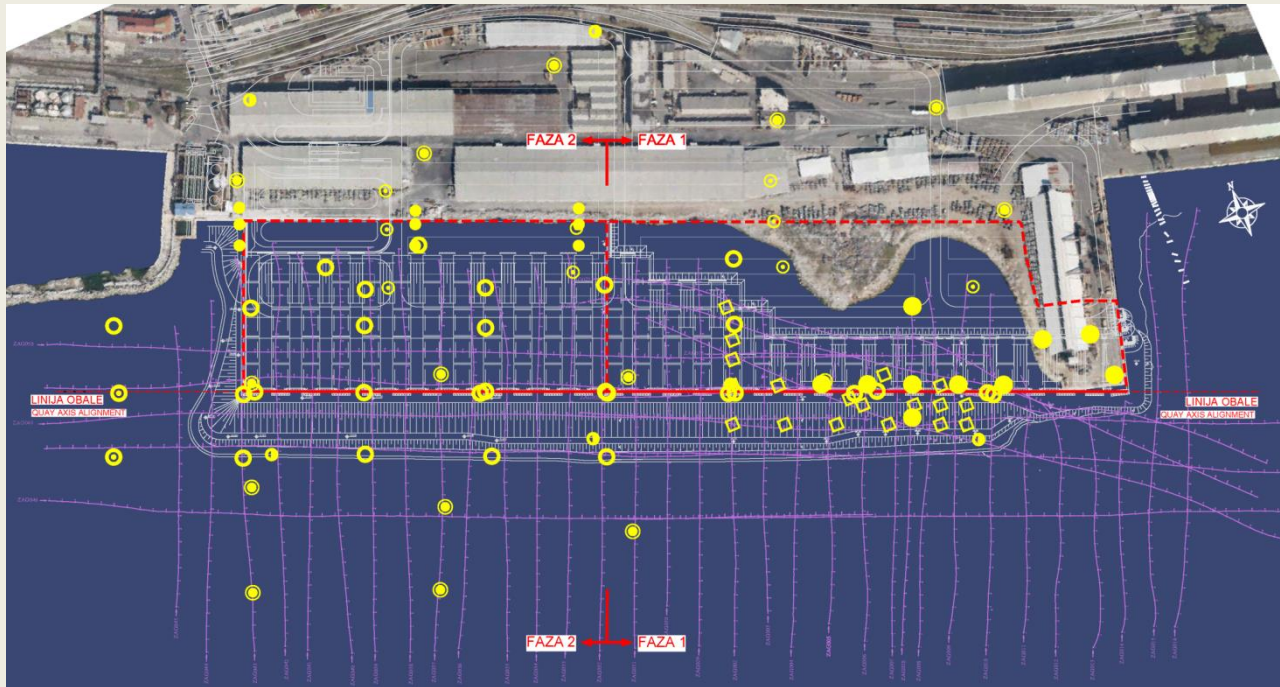


# GEOTEHNIKA





# GEOTEHNIČKI ISTRAŽNI RADOVI - SPECIFIČNOSTI



DUBINA MORA DO 50m, DEBLJINA MARINSKIH SEDIMENATA DO 40m,  
TE VELIKA DUBINA DO NOSIVE PODLOGE DO -70 m n.m. NA PODRUČJU  
KONSTRUKCIJE, ZAHTIJEVAJU SPECIFIČNE ISTRAŽNE RADOVE.

# ISTRAŽNO BUŠENJE

- ISTRAŽNO BUŠENJE PROVODILO SE U 10 FAZA OD 1957. GODINE DO 2009. GODINE,
- ZADNJA FAZA BUŠENJA PROVEDENA JE 2009. GODINE, A IZVOĐAČ RADOVA BIO JE:



- PRIMIJENJENA JE METODA ISTRAŽNOG BUŠENJA S KONTINUIRANIM UZORKOVANJEM U MEKIM TLIMA DO 19m DUŽINE

# ISTRAŽNO BUŠENJE

## • KORIŠTENA OPREMA



### Platform IG-4

Model and power rating Rv-250 mono hull 45 m

Manufacture 2009

Dimension: 24 x 18 m - Spuds (legs) 45 m - Payload: 250 t

Germanischer Lloyd 100 A5K Coastal

Crane 10 t

Office and workshop- 3 moonpools

Propriety: IGeoTest, S.L.



### Aries Tugboat

Length: 29,85m. Breadth: 8,05m. Draft: 3,6m.

Gross tonnage: 208t

Main Engine: B&W Alpha 14V 23 LO-1595kW at 825<sup>o</sup>/min

Classification: CRS Croatian Register of Shipping.

Owners: Jadranski Pomorsky Serveisd.d. Rijeka



### Boreholing Equipment : Rototec RL-400

Rotational borehole drilling rig with samples extraction. In situ test within the borehole (SPT). Automatic hammer for SPT test.

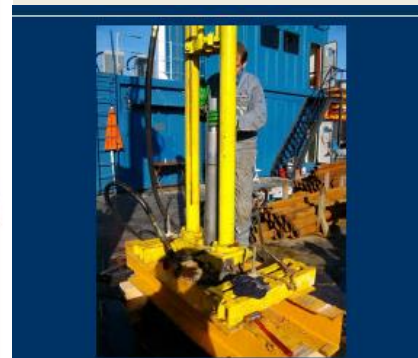
Propriety: IGeoTest, S.L.



### Boreholing Equipment : RL-6000 SO

Boreholes by rotational drilling with core drilling, Field testing from within borehole (SPT, MI), with automatic SPT Hammer.

Propriety: IGeoTest, S. L.



### Delft Sampler

Diameter: 66 mm

Steel outer tubes

Thin-walled plastic inner tube filled with a supporting fluid of bentonite.

# ISTRAŽNO BUŠENJE

- KORIŠTEN JE BEGEMANNOV KONTINUIRAN UZORKIVAČ – UZIMANJE NEPOREMEĆENIH UZORAKA U MEKIM TLIMA DUŽINE DO 19M



Continuous	Begemann link with Begemann further down	Very soft to soft soils	Very high sample quality length of samples up to 19 m Perforation by pressure	High cost Hard to use Static perforation	35-65mm
------------	--	-------------------------	---	--	---------

BOREHOLE	Date start	Date end	Coordinates (Croatian National Grid)		Start Level (m)	Final Level (m)	m.l. borehole
			X	Y			
iBG-1	29/10/2009	30/10/2009	5454843,7	5020791,98	-30,82	-45,42	14,6
iBG-1b							-31,54
iBG-2	28/10/2009	28/10/2009	5454690,88	5020869,93	-35	-51,19	16,19

# CPTU

## • IZVOĐAČI CPTU SONDIRANJA I KORIŠTENA OPREMA



**LSO SYSTEM SPECIFICATION**

Machine type:	ROSON 100 kN System;
Dimensions (l x w):	2.5m x 2.4m;
Heights:	3.0m to 17.5m
Weight:	4,000 - 10,500kgs (in air);
Wheel diameter:	700mm;
Operational Rate:	1.8 - 2.2cm/second;
Max water depth:	2000m;
Max penetration:	40m;
Power supply:	380-420 V 50/60HZ;
Cone Type:	10cm <sup>2</sup> friction/piezococone.



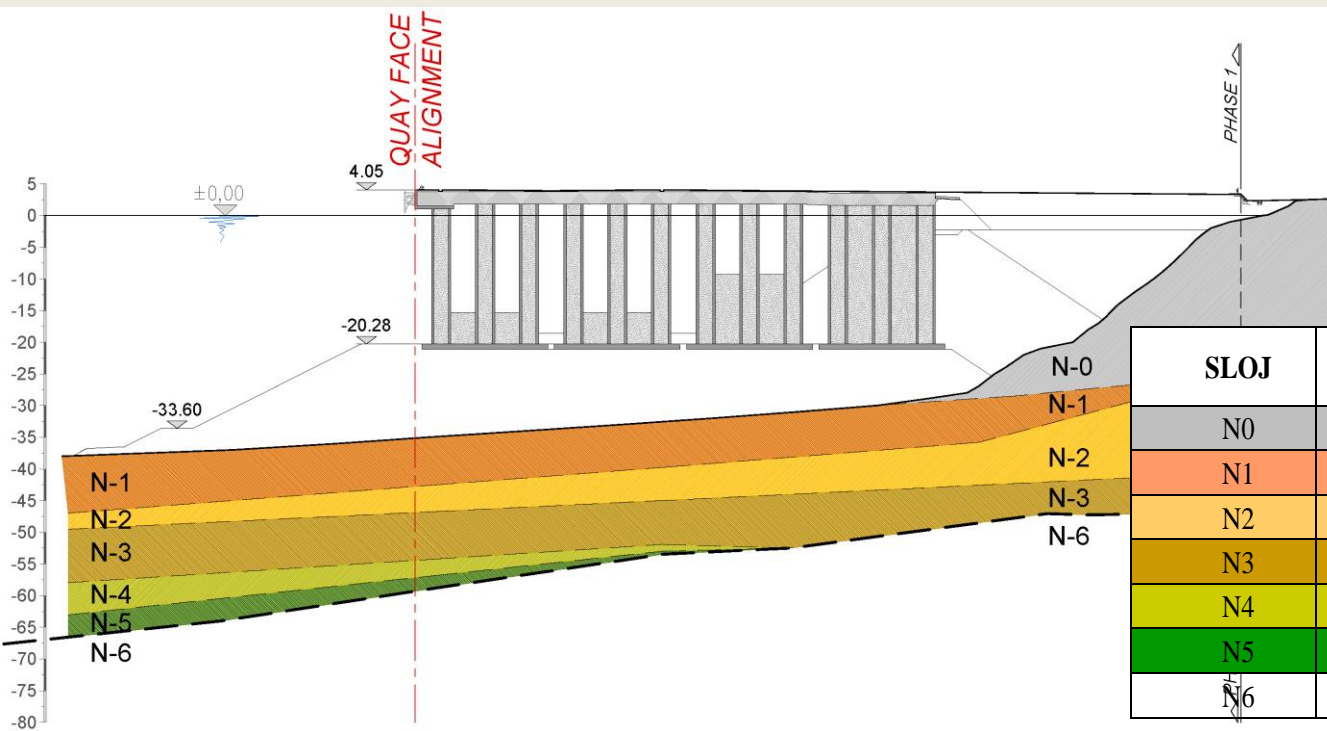
**CPTU IG 250**  
 CPTu Downhole Equipment  
 200 kN reaction  
 Capacity: 60metres below seabed  
 Penetration speed: 2cm/sec  
 Possibility of working with RL-600 SO drilling rig machine  
 Propriety: IGeoTest, S.L. (manufactured for Igeotest 2009)



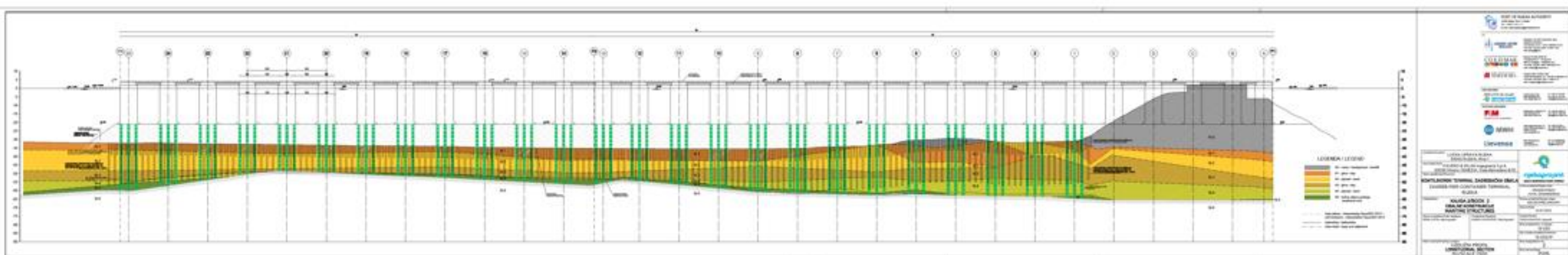
**CPT Equipment + Acoustic Cones**  
 CPT Sounding Probe. Acoustic (12 bit) transmission from probe to surface, 10cm<sup>2</sup> CPT cones- 4 channels (qc, fs, u, i).  
 Max overload (qc): 200,150,130 (%MPa) Max overload (fs) : 200,150 (%MPa) Max overload (u) :150 (%MPa)  
 Accuracy (qc, fs): <0,2%FS Accuracy (u) : <0,4% FS  
 Accuracy (i) : 0 deg  
 Resolution (qc, fs, u): <0,0025%FS Resolution (i) 0,1 deg  
 Tilt sensor : biaxial accelerometer, 0-40 deg rage (vertical axis)  
 Propriety: Igeotest



# GEOTEHNIČKI PROFIL TLA

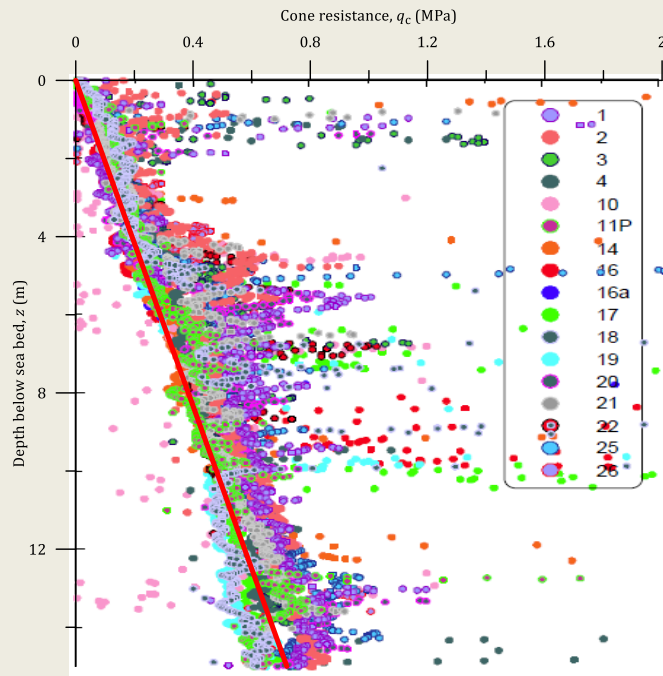


SLOJ	VRSTA MATERIJALA	STRATIGRAFSKA PRIPADNOST
N0	NASIP	RECENTNO
N1	GLINA	KVARTAR (Q)
N2	PIJESAK	KVARTAR (Q)
N3	GLINA	KVARTAR (Q)
N4	PIJESAK	KVARTAR (Q)
N5	TROŠNA STIJENA	DONJA KREDA (K <sub>I</sub> )
N6	STIJENA PODLOGE	DONJA KREDA (K <sub>I</sub> )



# GEOTEHNIČKI MODEL TLA

Qc – otpor na šiljku kod CPTU ispitivanja – slojevi N1, N2 i N3



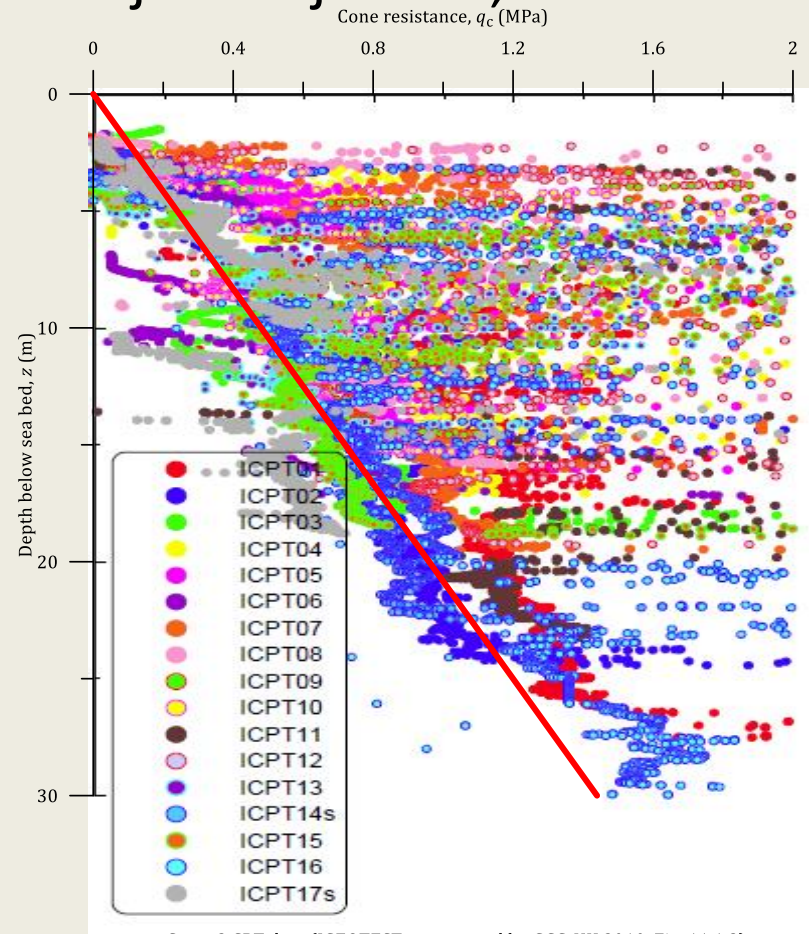
Stage 1 CPT data (Lankelma, as reported by GCG-UK 2010, Fig. 11.1.3)

$q_c \text{ (MPa)} = 0.048 z \text{ (m)}$

$q_c \text{ (MPa)} = 0.048 * z \text{ (m)}$  – otpor na šiljku kod CPTU ispitivanja

$C_u \text{ (MPa)} = 2 * z \text{ (m)}$  – zakon nedrenirane čvrstoće za slojeve N1, N2 i N3

Primjenjivo kod naših luka na ušću rijeka



Stage 2 CPT data (IGEOTEST, as reported by GCG-UK 2010, Fig. 11.1.3)

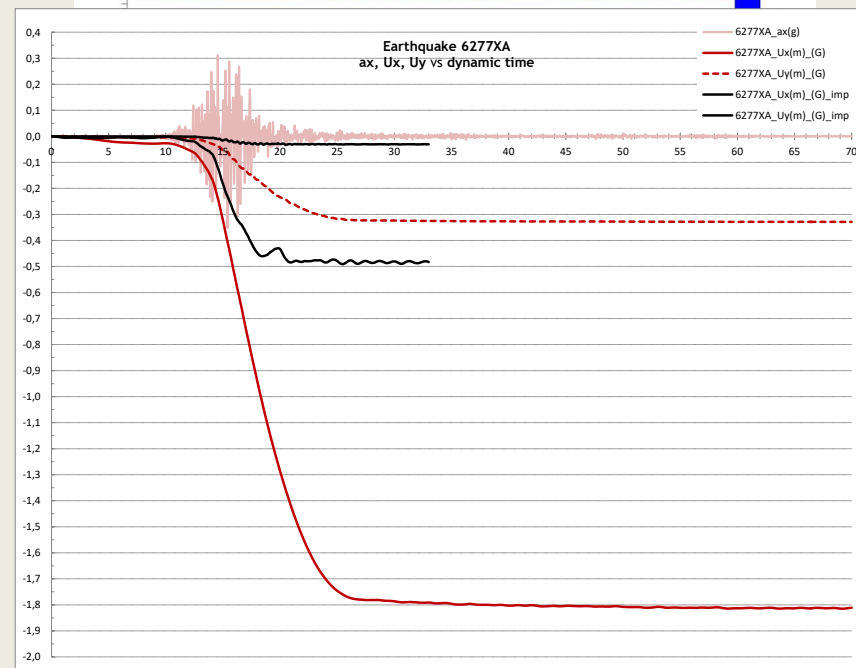
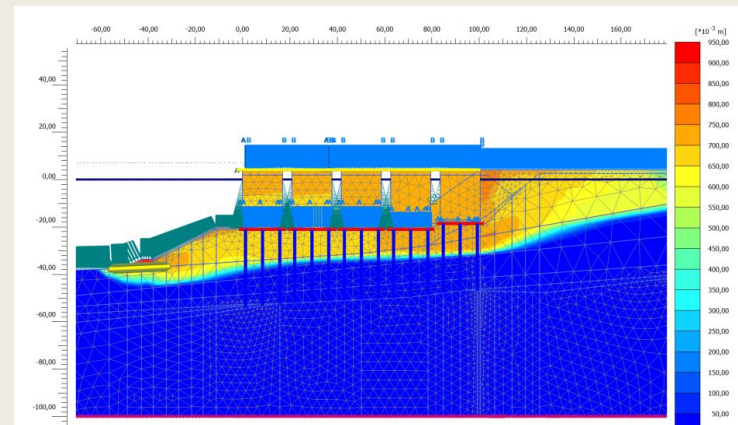
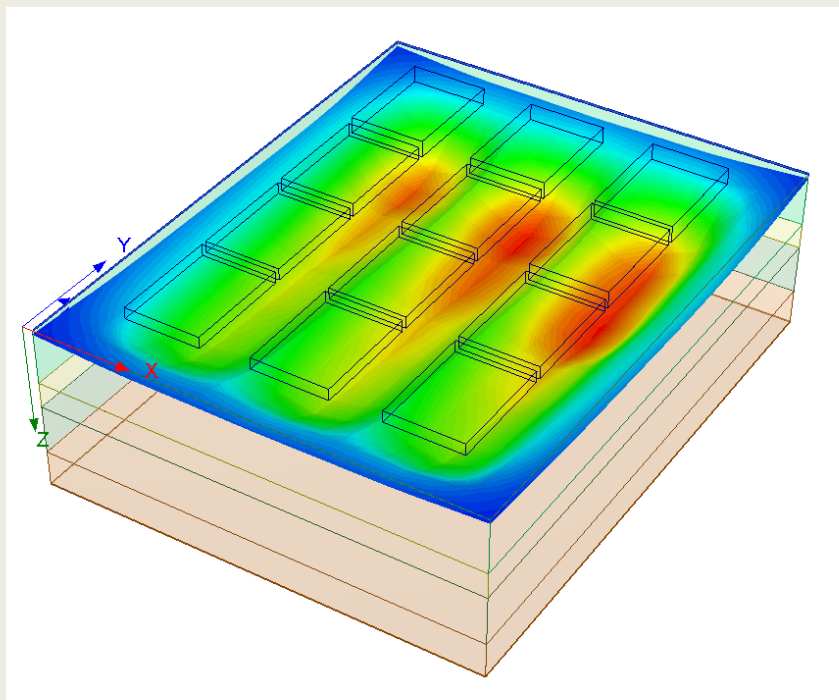
$q_c \text{ (MPa)} = 0.048 z \text{ (m)}$





# GEOTEHNIČKE ANALIZE

- ANALIZA GLOBALNE STABILNOSTI PUTEM GRANIČNE RAVNOTEŽE
- NAPONSKO DEFORMACIJSKE ANALIZE U PLAXISU
- DINAMIČKE ANALIZE POTRESA
- ANALIZA SLIJEGANJA 3D

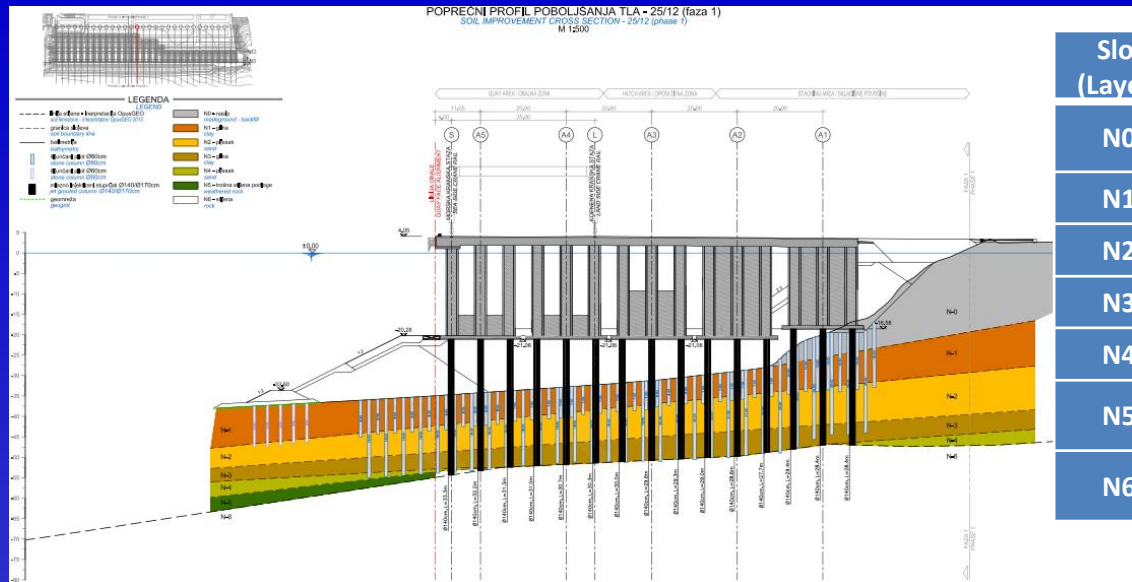


# GEOTEHNIČKI ZAHVATI I SVRHA

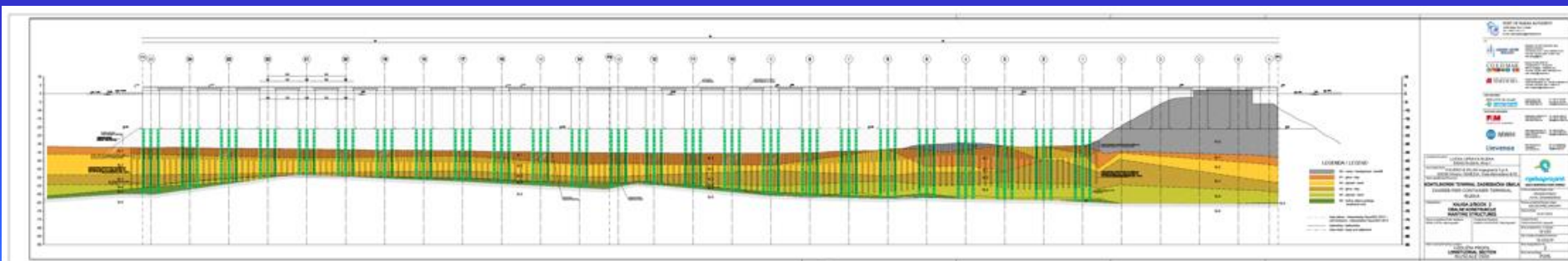
- **ŠLJUNČANI STUPOVI** – IZVEDBA PRIJE TEMELJNIH NASIPA  
svrha: UBRAZNIJE I SMANJENJE VELIČINE SLIJEGANJA
- **PREDOPTEREĆENJE PODMORSKIH NASIPA** - PRIJE POSTAVLJANJA KESONA  
svrha: KONSOLIDACIJA TEMELJNIH NASIPA (SIMULACIJA OPTEREĆENJA OD KESONA I DIJELA RASPONSKE KONSTRUKCIJE).
- **NADVIŠENJE TEMELJNIH NASIPA** – PRIJE POČETKA POSTAVLJANJA KESONA  
svrha: NADVIŠENJE TEMELJNIH NASIPA NA MJESTIMA KESONA, ZBOG ANULIRANJA UTJECAJA DODATNIH SLIJEGANJA (TRENUTNA SLIJEGANJA NAKON POSTAVLJANJA KESONA, SLIJEGANJA RADI UTJECAJA IZVOĐENJA JET-GROUTINGA, KONSOLIDACIJSKA SLIJEGANJA KOJA NISU OSTVARENA ZA VRIJEME PREDOPTEREĆENJA, SLIJEGANJA OD ZASIPA IZA KESONA...)
- **MLAZNO INJEKTIRANI STUPNJACI** – NAKON POSTAVLJANJA KESONA  
svrha: PREUZIMANJE DIJELA OPTEREĆENJA OD RASPONSKE KONSTRUKCIJE I OPTEREĆENJA U FAZI EKSPLOATACIJE



# ŠLJUNČANI STUPOVI



Sloj (Layer)	Vrsta materijala (Material type)	Stratigrafska pripadnost
N0	nasip (madeground - backfill)	recentno
N1	glina (clay)	kvartar
N2	pijesak (sand)	kvartar
N3	glina (clay)	kvartar
N4	pijesak (sand)	kvartar
N5	trošna stijena podloge (weathered rock)	donja kreda
N6	stijena podloge (soil limestone)	donja kreda



# ŠLJUNČANI STUPOVI

**Vibrirani šljunčani stupovi** - metoda u kojoj vibrator (vibracijska sonda) utiskuje kameni materijal u tlo tvoreći pri tome stup i zbija okolno tlo.

Na taj način **povećava se nosivost tla, smanjuju se slijeganja i ubrzava konsolidacija tla.**

Početak izvođenja podmorskih radova na predmetnom objektu započinje izvođenjem šljunčanih stupova.

**Šljunčani stupovi promjera 600mm ugrađuju se ispod nožice nasipa** u pet redova na rasteru 3,2x2,9m i prolaze kroz cijeli sloj N1.

**Šljunčani stupovi promjera 800mm ugrađuju se ispod tijela nasipa i ispod kesona.**

Kratki prolaze kroz sloj N1, a dugi kroz slojeve N1, N2 i N3. Dužina im je od 5 do 25 m.

Tlocrtno su raspoređeni u trokutastom rasporedu na rasteru 1,6x2,1m.



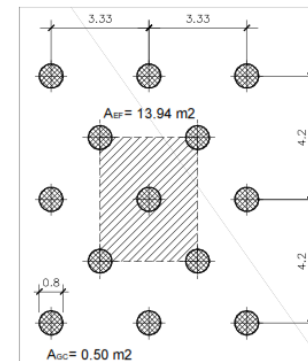
GRAVEL COLUMNS UNDER THE PIER STRUCTURE IN LAYER N1

Gravel column	fi (m)	A <sub>cc</sub> (m <sup>2</sup> )
	0,80	0,50

Effective area	L <sub>EF</sub> (m)	B <sub>EF</sub> (m)	A <sub>EF</sub> (m <sup>2</sup> )
	4,20	3,33	13,99

$2A_{cc}/A_{EF} \quad 7,19\%$



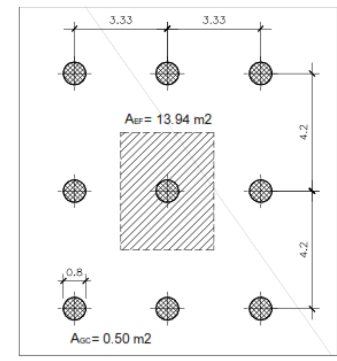
GRAVEL COLUMNS UNDER THE PIER STRUCTURE IN LAYERS N2 & N3

Gravel column	fi (m)	A <sub>cc</sub> (m <sup>2</sup> )
	0,80	0,50

Effective area	L <sub>EF</sub> (m)	B <sub>EF</sub> (m)	A <sub>EF</sub> (m <sup>2</sup> )
	4,20	3,33	13,99

$1A_{cc}/A_{EF} \quad 3,59\%$



# MLAZNO INJEKTIRANI STUPNJACI (JET GROUTING)

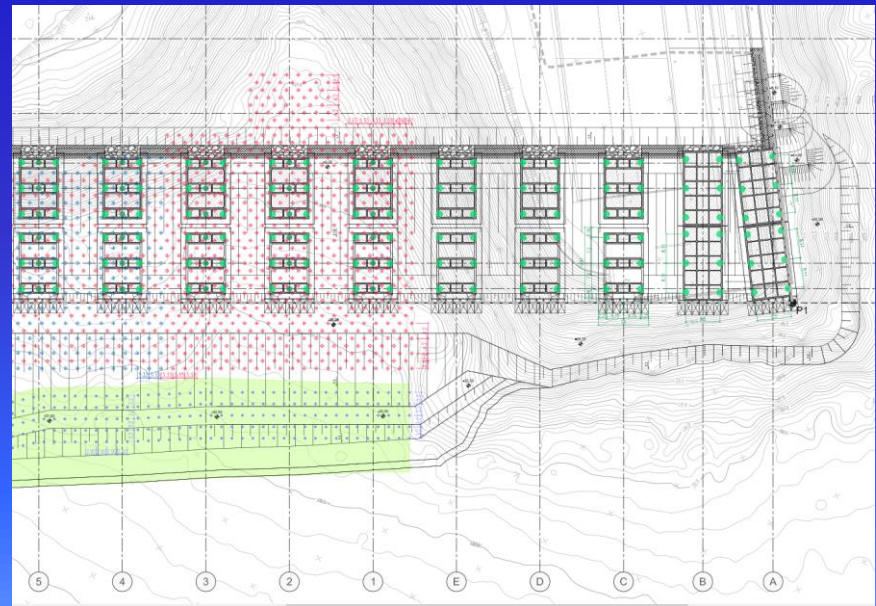
**Mlazno injektirani stupnjaci** izrađuju se nakon postavljanja kesona.

Izrađuju se u **promjeru 1400 i 1700mm**, u zoni tla od vapnenačke stijene do ispod temeljne ploče kesona (koja je na -21,08 m.n.m.).

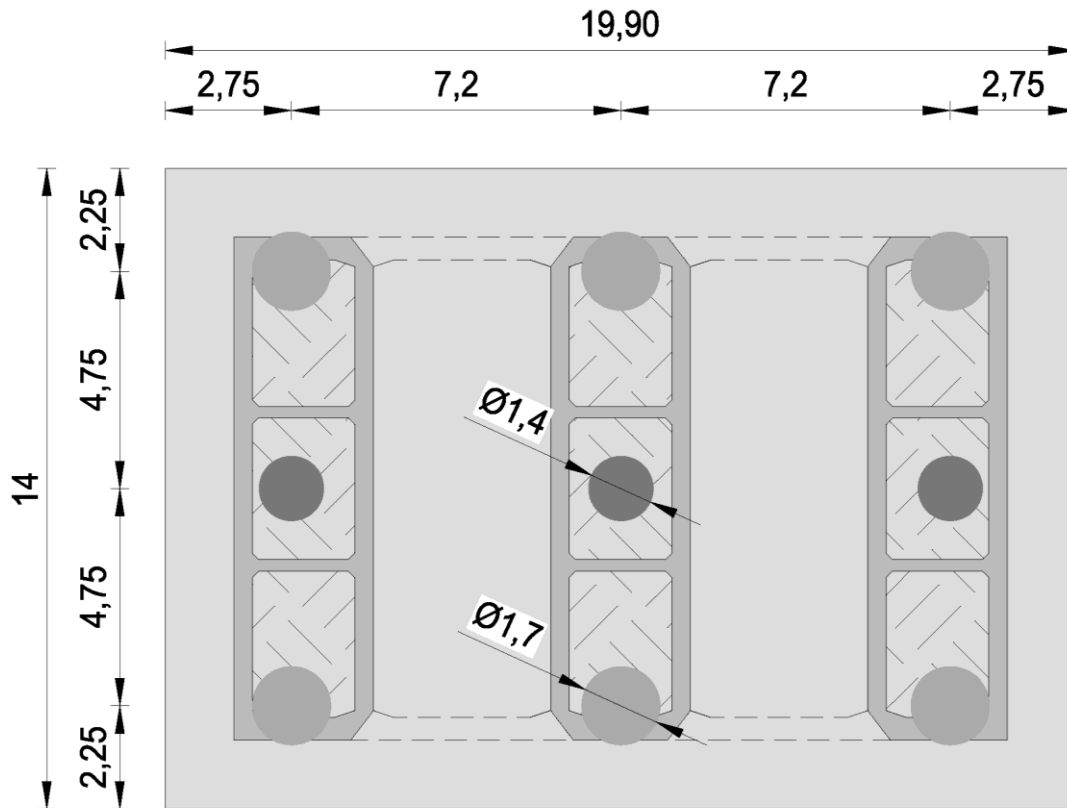
Ispod svakog kesona u **osima od 1 do 13** izrađuje se po 9 mlazno injektiranih stupnjaka – **3 komada promjera 1400mm i 6 komada promjera 1700mm**.

Stupnjaci se rade na rasteru 7,2x4,75m.

**U osima A do E**, ispod svakog kesona radi se **6 stupnjaka promjera 1700mm**, na rasteru 7,2x9,5m.



# MLAZNO INJEKTIRANI STUPNJACI (JET GROUTING)



TLOCRT - PRIKAZ STUPNJAKA ISPOD KESONA



IZRADA STUPNJAKA MLAZNIM BETONOM KROZ KESON

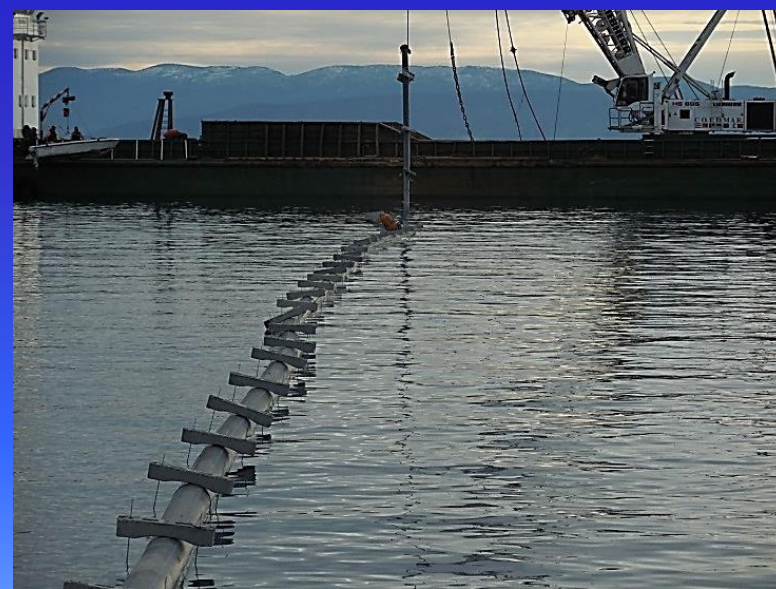
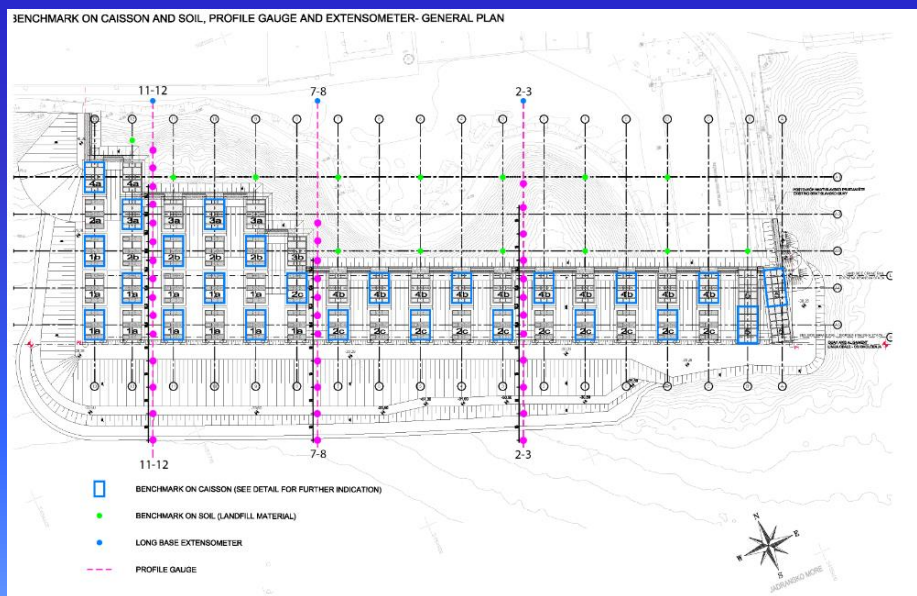
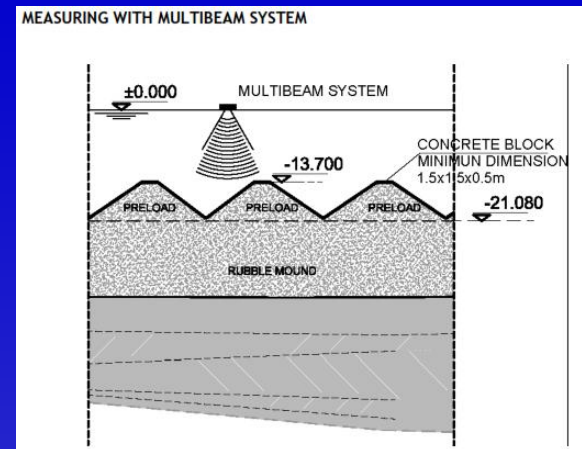
# MJERENJA I OPAŽANJA

Praćenje deformacija i pomaka za vrijeme izgradnje:

- podmorskog nasipa za vrijeme trajanja faze predopterećenja;
- kesona i ploče, od trenutka pozicioniranja kesona;
- površine na nasipu u zaleđu obalne konstrukcije;

Svrha praćenja i mjerenja za vrijeme izgradnje je kontrola projektnih pretpostavki i njihova interpretacija za vrijeme trajanja izgradnje s ciljem pravovremenog djelovanja i eventualnog prilagođavanja u slučaju odstupanja od projektnih kriterija.

Praćenje krivulja slijeganja u vremenu kako bi se utvrdilo "smirivanje" slijeganja (konvergencija).

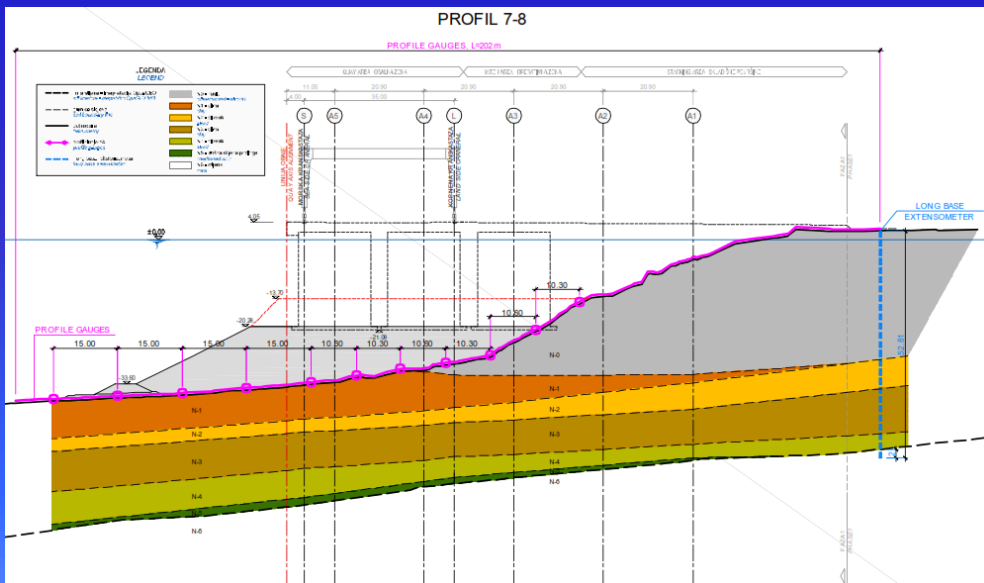


# MJERENJA I OPAŽANJA

Za vršenje mjerenja i opažanja dijelova konstrukcije predviđena je sljedeća oprema:  
**"Multi-frequency multibeam system"**: za kontrolu slijeganja podmorskog nasipa u fazi predopterećenja;

**Profilni mjeraci i "long base" ekstenzometri**: za kontrolu slijeganja podmorskog nasipa u fazi predopterećenja i za vrijeme izgradnje gornjeg dijela konstrukcije;

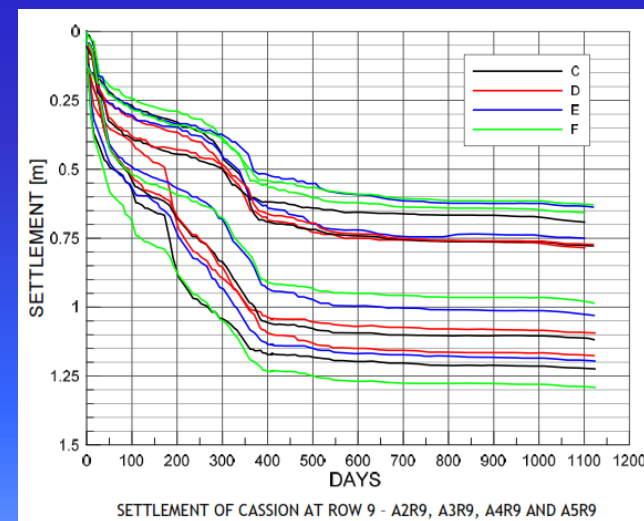
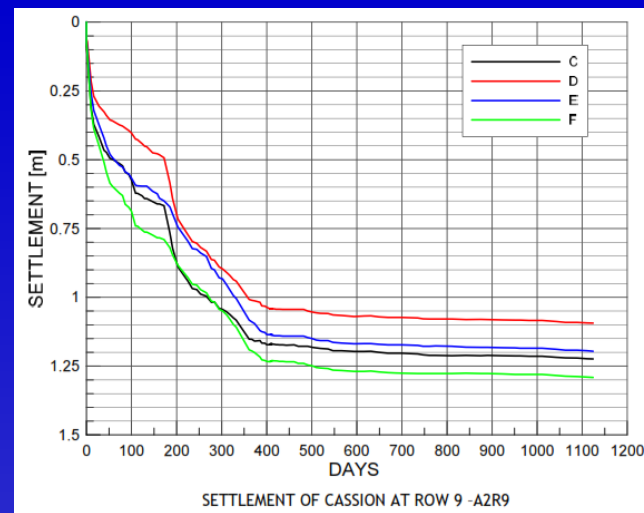
**Geodetsko mjerenje i opažanje repera**: za kontrolu slijeganja gornjeg dijela obalne konstrukcije (kesoni i ploča) i zaobalnih nasipa (skladišne površine).





# REZULTATI GEOTEHNIČKIH MJERENJA I OPAŽANJA

- Tijekom izvođenja temeljnih nasipa i predopterećenja (do faze početka mjerenja slijeganja predopterećenja preko multibeam sistema) kroz profilometre je zabilježeno slijeganje:
  - profilometar 11/12 (točke 5 do 14) – 10 do 95 cm, **prosječno 60cm**
  - profilometar 7/8 (točke 5 do 10) – 25 do 90cm, **prosječno 60cm**
- Tijekom faze predopterećenja zabilježena su slijeganja 20 – 50 cm, **prosječno 35cm**;
- Nakon toga pristupilo se izradi **korektivne mjere izrade nadvišenja** nasipa ispod kesona za 10-65cm (konzervativno zbog lakše nadogradnje zidova kesona, nego rezanja istih) – **prosječno 30 cm**;
- Druga korektivna aktivnost bila je **nadogradnja zidova kesona** koji su nadograđivani za iznose od 10 do 100 cm – **prosječno 40cm**;
- Tijekom izgradnje dogodila su se **trenutna slijeganja kesona** uslijed izvođenja **jet groutinga** ispod njih – **prosječne veličine 10-15cm**;
- **Ukupno prosječno slijeganje temeljnih nasipa** iznosi **160 - 180cm**.

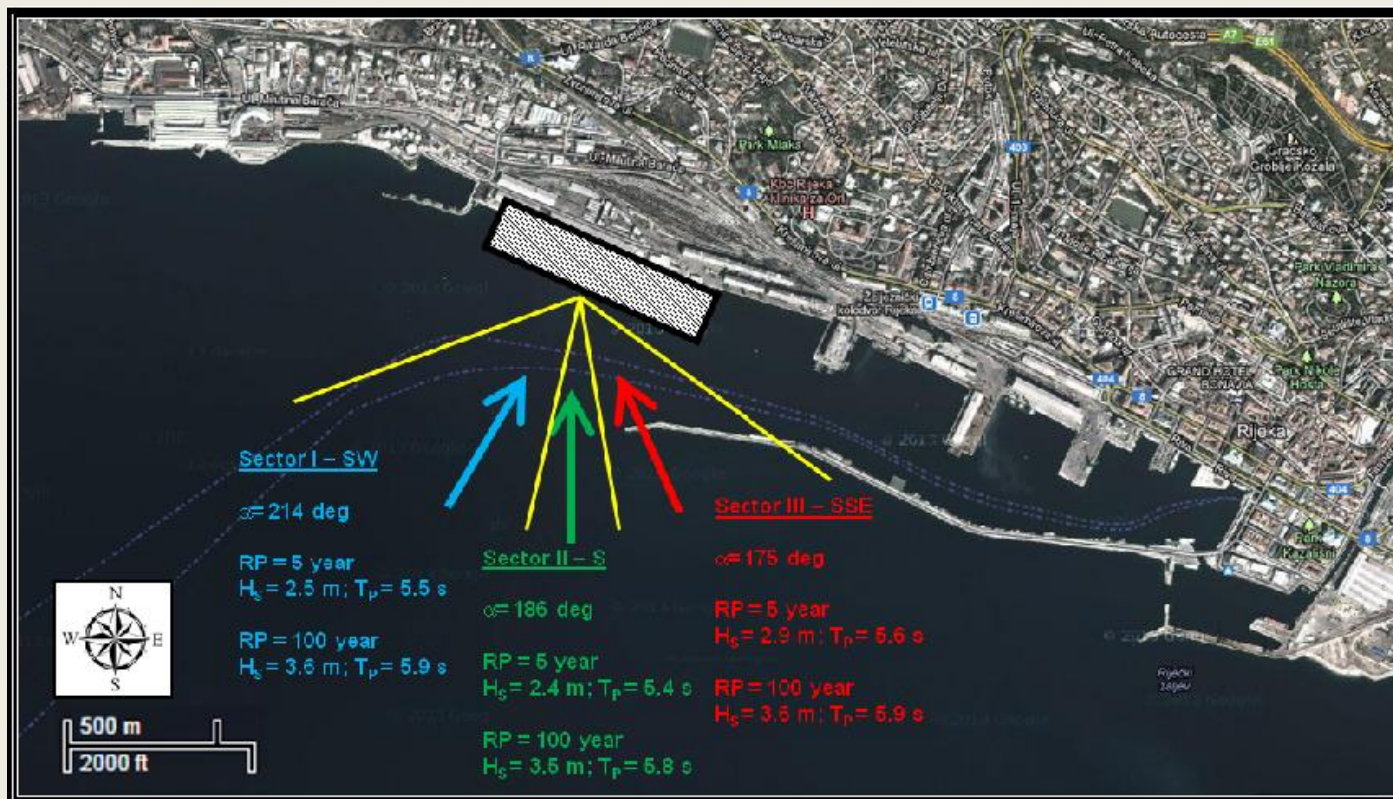


# HIDRODINAMIKA





## SMJEROVI I KARAKTERISTIKE DOMINANTNIH VALOVA

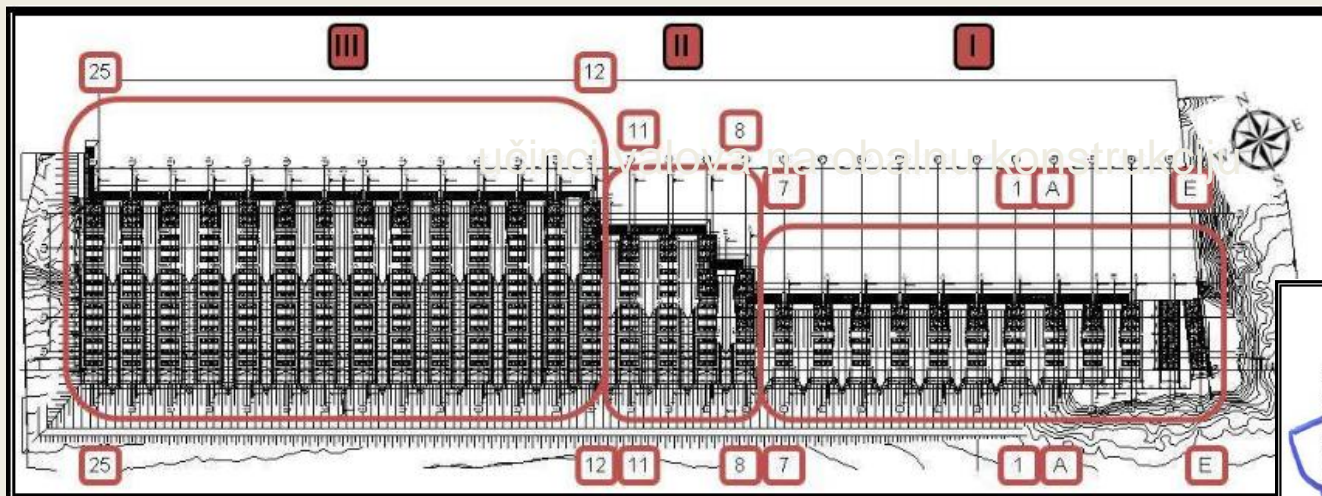


**Slika 4-2:** Mikro lokacija Konstrukcije pristaništa kontejnerskog terminala Zagreb s prikazom dominantnih smjerova nailaska valova i njihovim značajkama



# FIZIKALNI 3D MODEL OBALE

## ODABIR KARAKTERISTIČNOG DIJELA KONSTRUKCIJE ZA FIZIKALNI MODEL

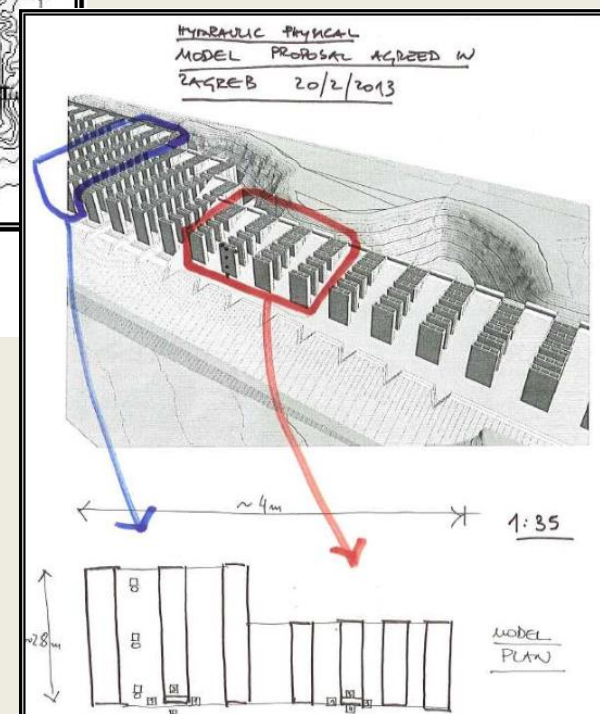


**Slika 4-3:** Tlocrt Konstrukcije pristaništa kontejnerskog terminala Zagreb  
(za detalje vidi Podloga 3)

Zbog nekonvencionalnog oblika Zagrebačke obale teoretske formule dane u relevantnim normama za standardne zidove lukobrana nisu neposredno primjenjive.

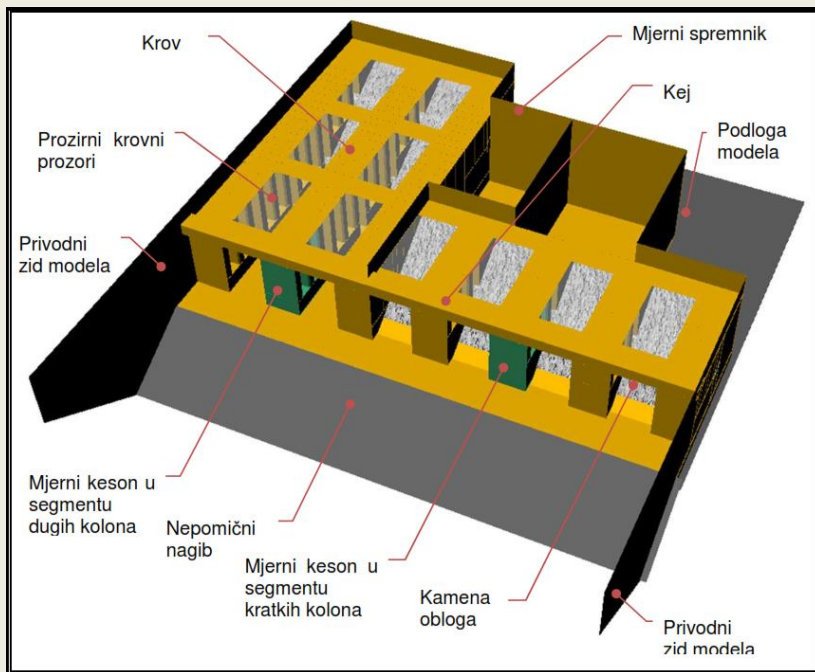
Obalni zid nije monolitan, već ima omjer transparentnosti veći od 50%.

Efekt refleksije i difrakcije, zbog oblika kesona i školjere između njih, teško se može procijeniti.



**Slika 5-1:** Skica prijedloga hidrauličkog fizikalnog modela  
(za detalje vidi Podloga 1)

# FIZIKALNI 3D MODEL OBALE

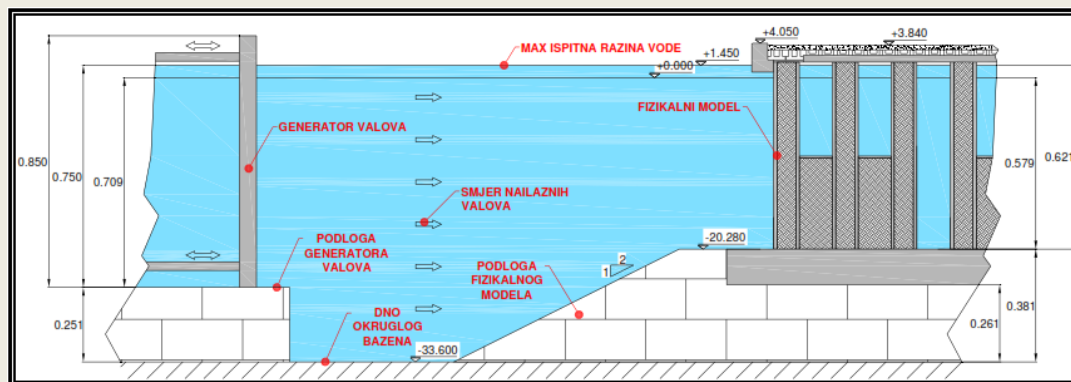


Slika 5-2: Izgled fizikalnog modela



Slika 5-3: Fotografije fizikalnog modela u ispitnom bazenu (kanalu)

**MJ 1 : 35**



Slika 5-5: Karakteristični vertikalni presjek fizikalnog modela

# CILJEVI ISTRAŽIVANJA 3D MODELA

- 1. Istraživanje valnog polja ispred strukture pristaništa** s ciljem definiranja refleksijskih i disipativnih svojstava strukture pristaništa na karakterističnim mjestima ispred objekta (kesona i tunela)
- 2. Istraživanje valnih dinamičkih opterećenja** s ciljem definiranja hidrodinamičkih opterećenja koja djeluju na strukturu pristaništa
  - 2.1. dinamički tlakovi koji djeluju na prednje kesone** u karakterističnim točkama
  - 2.2. tlačna opterećenja uzdignuća** krovne strukture pristaništa
  - 2.3. sile koje djeluju na prednji keson** u segmentu kratkih kolona u horizontalnoj ravnini (**smične sile i moment torzije**).
- 3. Istraživanje prelijevanja** s ciljem definiranja količine vode koja se prelijeva preko zida strukture, i posljedično utječe na operative uvjete kontejnerskog terminala.
- 4. Istraživanje stabilnosti primarnog pokrovnog sloja kamene obloge** s ciljem definiranja optimalne konfiguracije obzirom na veličinu zrna obloge i nagiba kosine.



## FIZIKALNI 3D MODEL U ISPITNIM POLOŽAJIMA A i B



*Fizikalni model u ispitnom položaju za JZ smjer nailaska valova (A-set mjerenja)*

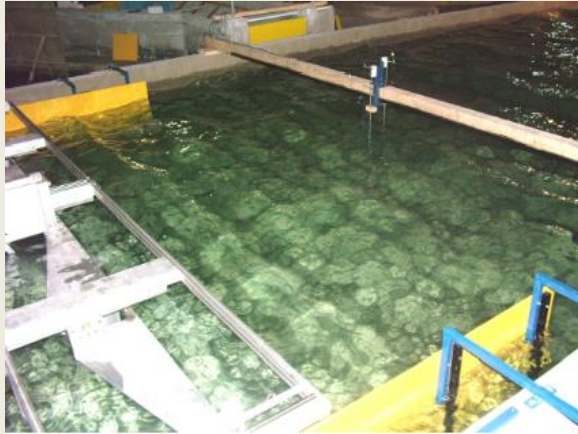


*Fizikalni model u ispitnom položaju za JJI smjer nailaska valova (B-set mjerenja)*

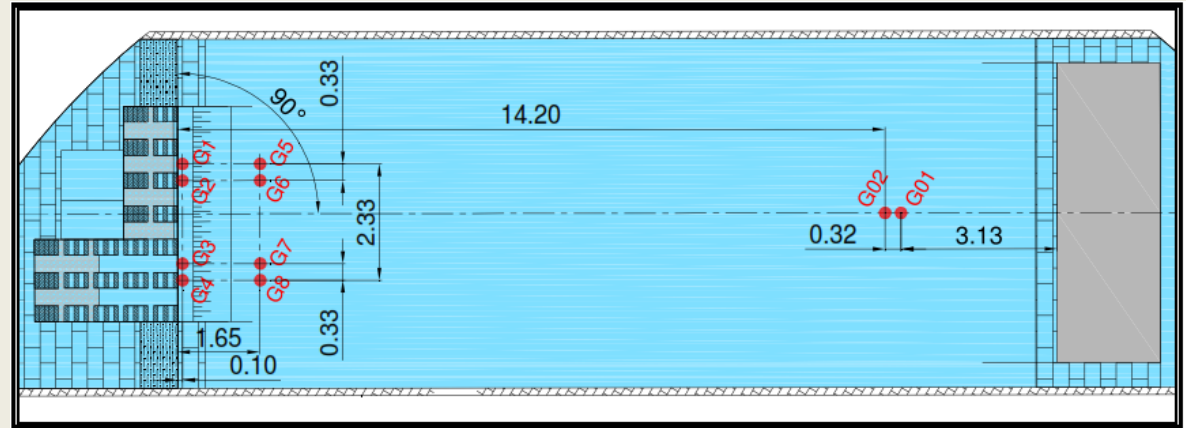
**Slika 5-9:** Fotografije fizikalnog modela u različitim ispitnim položajima

# IZRADA FIZIKALNOG 3D MODELA

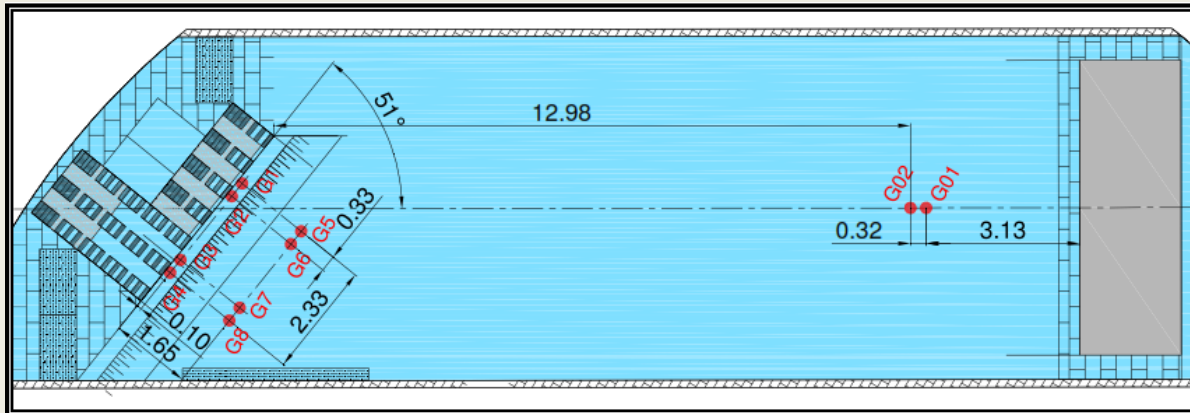
## POZICIJE MJERNIH UREĐAJA ZA MJERENJE VALOVA PRI NAILASKU NA KONSTRUKCIJU



Kapacitivne valne sonde na mjernim pozicijama G01 i G02 ispred generator valova



Slika 5-11: Mjerenje valnog polja - mjerne pozicije valnih sondi pri okomitom nailasku valova iz smjera JZ (A-set pokusa)



Slika 5-12: Mjerenje valnog polja - mjerne pozicije valnih sondi pri kosom nailasku valova iz smjera JJI (B-set pokusa)



Kapacitivne valne sonde na mjernim pozicijama G1 do G8 ispred fizikalnog modela



# IZRADA FIZIKALNOG 3D MODELA

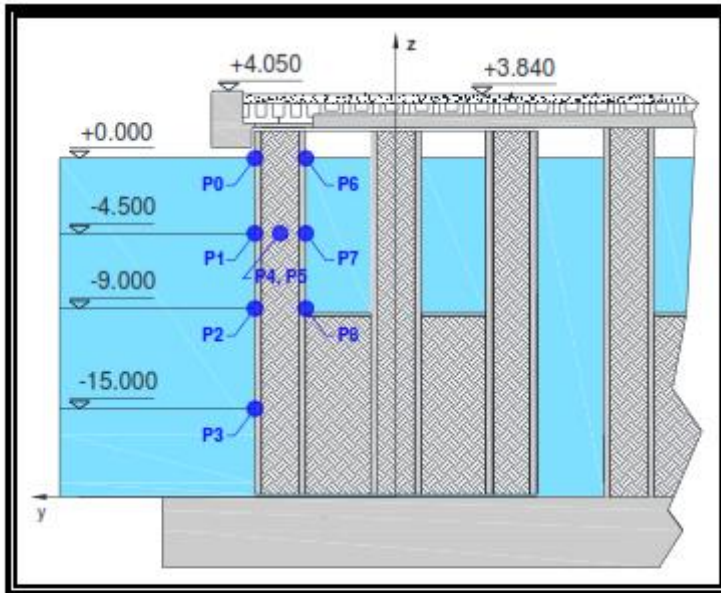
## POZICIJE TLAKOMJERA – TLAKOVI NA KESON



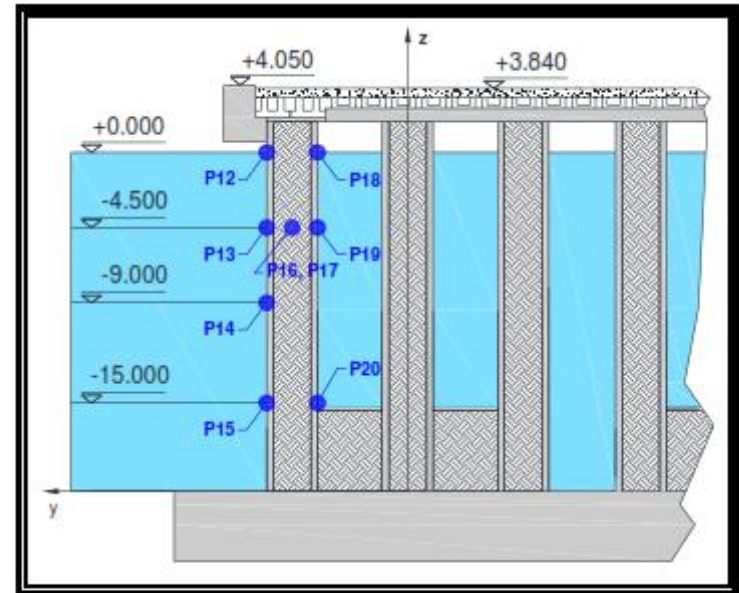
Tlakomjeri (lijevo – ožičen, desno – ožičen i vodonepropusno zaštićen)



Tlakomjeri instalirani u keson segmenta dugih kolona (P12 – P20)



Segment kratkih kolona (P0 – P8)



Segment dugih kolona (P12 – P20)

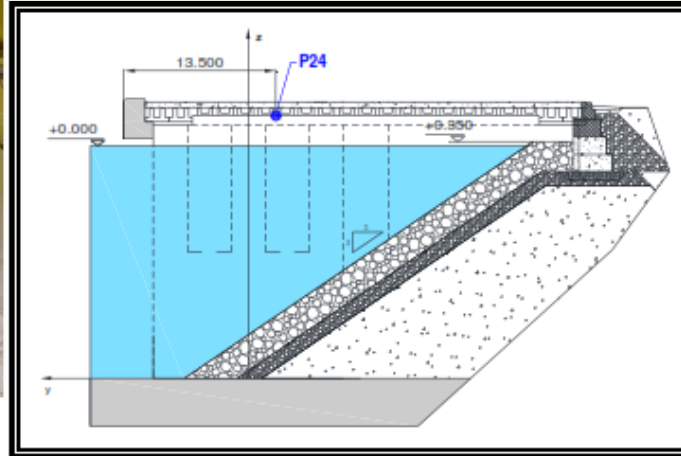
**Slika 5-15:** Opterećenje uzrokovano djelovanjem valova – mjesta ugradnje tlakomjera u slučaju okomitog smjera nailaska valova A (JZ smjer)

# IZRADA FIZIKALNOG 3D MODELA

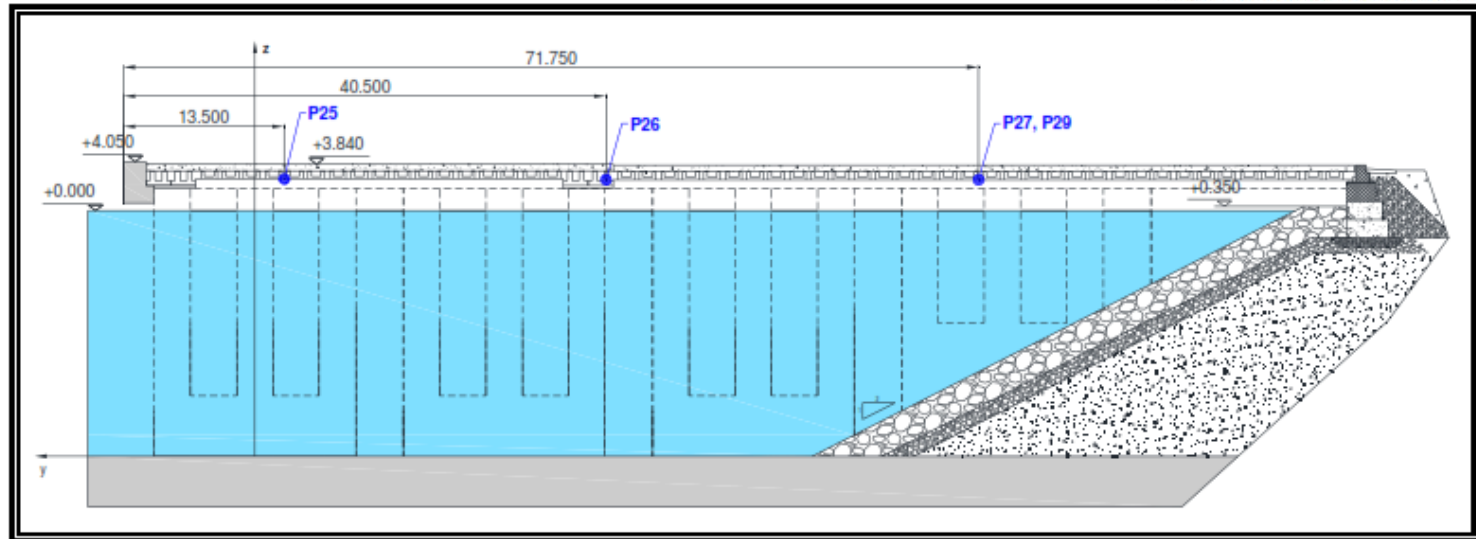
## POZICIJE TLAKOMJERA – TLAKOVI UZDIGNUĆA



Tlakomjer instaliran na krovu modelskog segmenta kratkih kolona (P24)



Tlakomjer instaliran na krovu modelskog segmenta dugih kolona (P25 – P27)



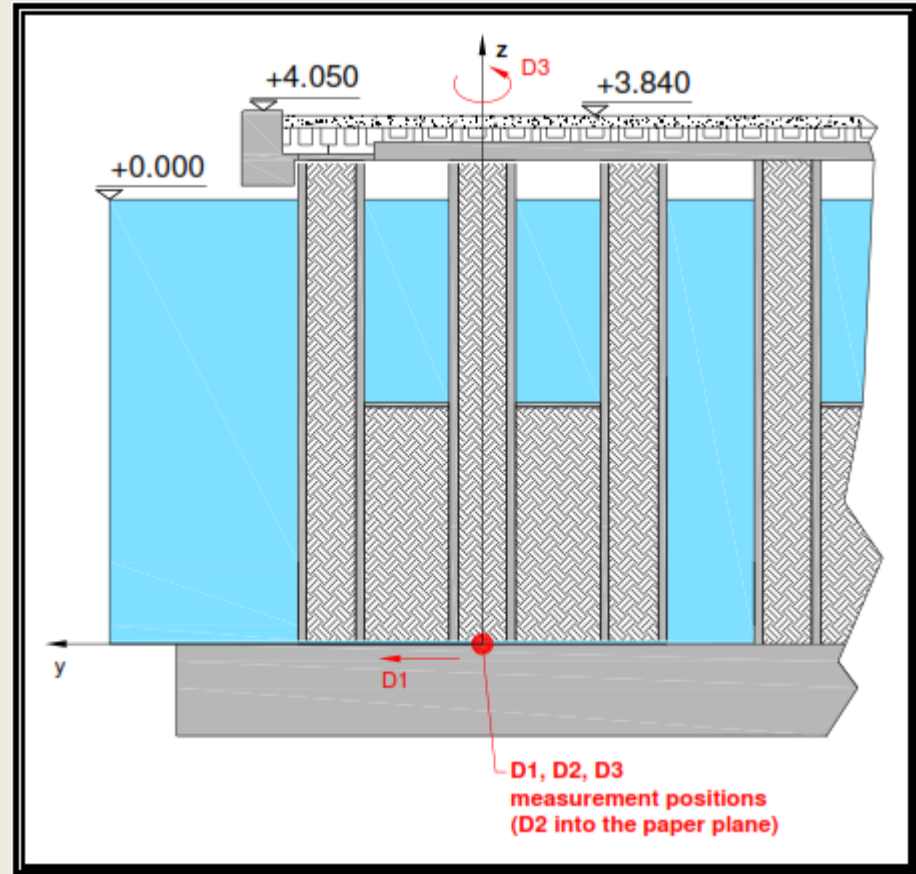
**Slika 5-18:** Opterećenje uzrokovano djelovanjem valova - mjesta ugradnje tlakomjera na krovu fizikalnog modela (P24 - P27 i P29)

# IZRADA FIZIKALNOG 3D MODELA

POZICIJE DINAMOMETARA – SILE SMICANJA I MOMENTI TORZIJE KESONA



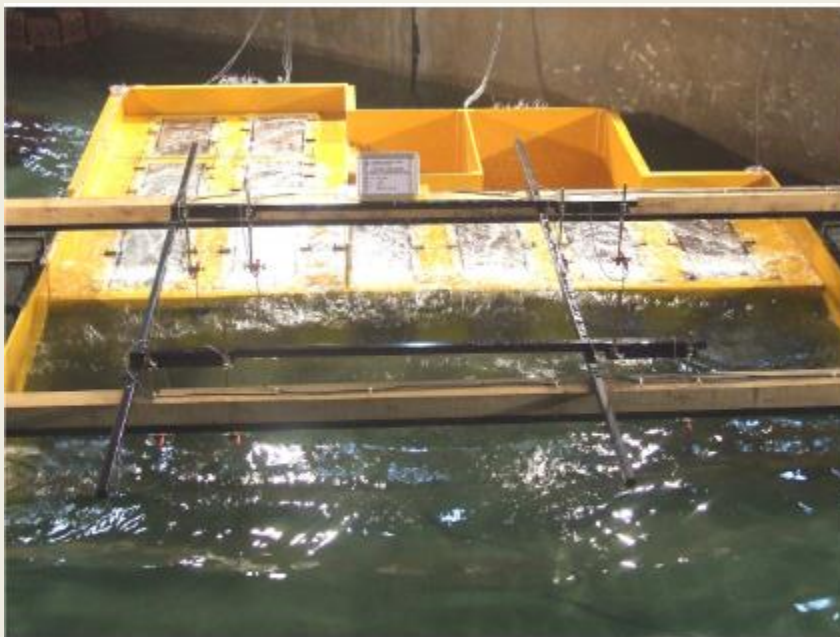
*Dinamometri sila instalirani u kesonu modelskog segmenta kratkih kolona (D1, D2 and D3)*



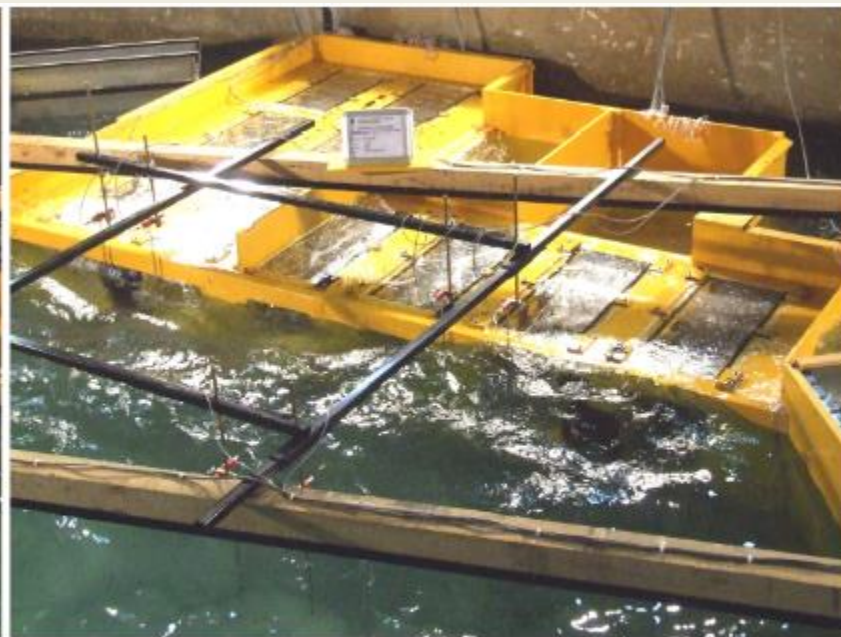
*Slika 5-20: Opterećenje uzrokovano djelovanjem valova – mjerna pozicija dinamometara (D1, D2 i D3)*

# REZULTATI ISTRAŽIVANJA 3D MODELA

## MODEL U VALNOM POLJU



*Pokus A-15*



*Pokus B-15*

***Slika M-2: Fotografije snimljene tijekom pokusa s pravilnim valovima***

# REZULTATI ISTRAŽIVANJA 3D MODELA

## 1. Rezultati istraživanja valnog polja

- 1.1. Oscilirajući karakter valnog polja ispred strukture
- 1.2. Polje valnih visina ispred strukture
- 1.3. Uvećanje nailaznih valnih visina ispred strukture pristaništa
- 1.4. Koeficijenti refleksije na pozicijama udaljenim od strukture pristaništa
- 1.5. Koeficijenti refleksije ispred strukture pristaništa

## 2. Rezultati istraživanja valnih opterećenja

- 2.1. Tlakovi koji djeluju na kesone
- 2.2. Tlakovi uzdignuća krovne konstrukcije
- 2.3. Sile koje djeluju na keson u segmentu kratkih kolona
- 2.4. Istovremene vrijednosti izmjerenih valnih opterećenja

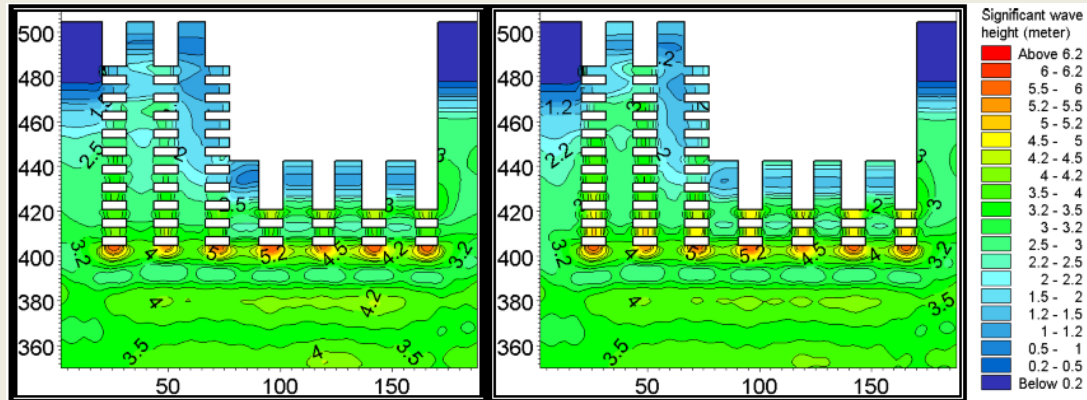
## 3. Rezultati istraživanja prelijevanja

## 4. Rezultati istraživanja stabilnosti primarnog sloja pokrova kamene obloge



# REZULTATI ISTRAŽIVANJA 3D MODELA

## NUMERIČKA SIMULACIJA 3D MODELA I VALNIH POLJA ZA pp 100 g

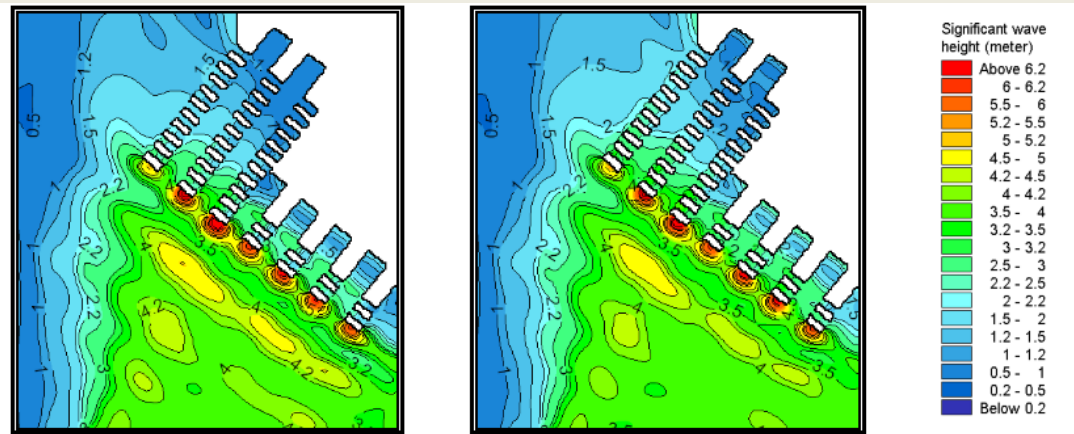


PP = 100 god,  $H_s = 3.6$  m;

Koeficijent poroznosti 0.8

Koeficijent poroznosti 0.9

**Slika N-1:** Polja značajnih valnih visina  $H_s$  za numerički kanal, za povratne periode od 2, 5 i 100 godina pri JZ smjeru nailaznih valova (manji broj slojeva)



PP = 100 god,  $H_s = 3.6$  m;

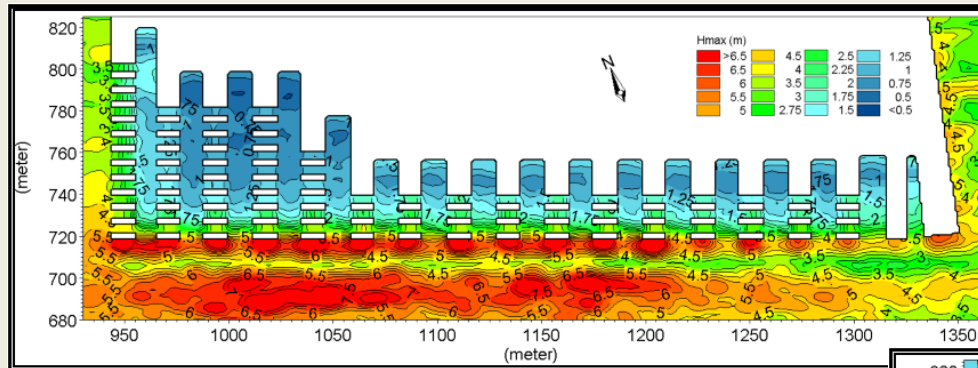
Koeficijent poroznosti 0.8

Koeficijent poroznosti 0.9

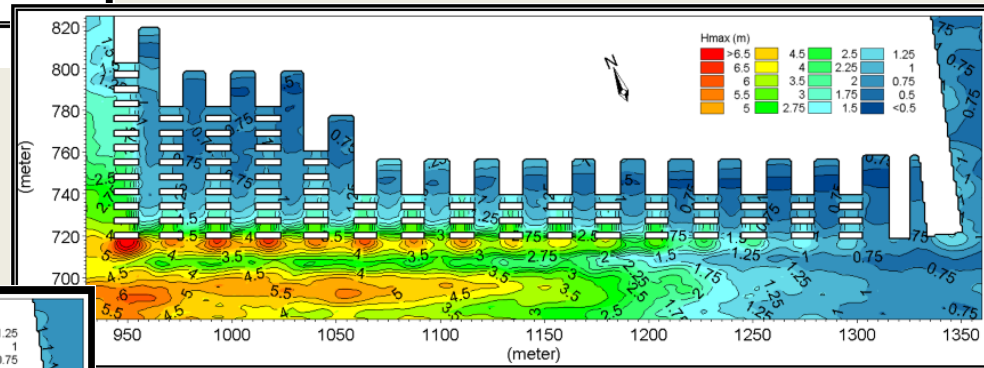
**Slika N-3:** Polja značajnih valnih visina  $H_s$  za numerički kanal, za povratne periode od 2, 5 i 100 godina pri JJI smjeru nailaznih valova (manji broj slojeva)

# REZULTATI ISTRAŽIVANJA 3D MODELA

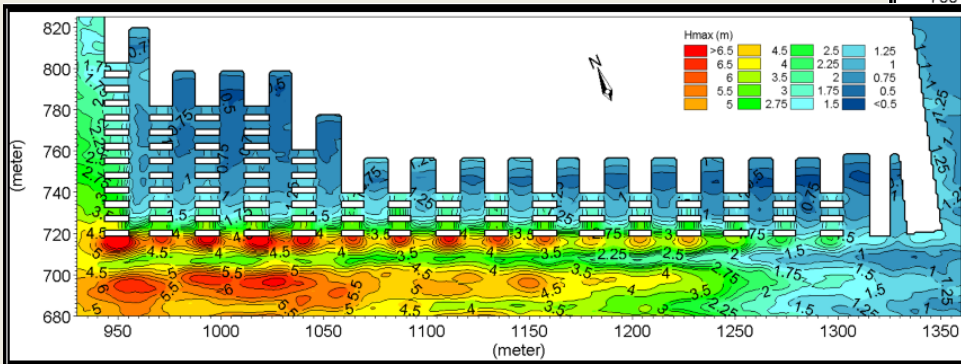
## NUMERIČKA SIMULACIJA EKSTREMNIH VALNIH POLJA ZA CIJELU OBALU



JZ smjer nailaznih valova



JJI smjer nailaznih valova



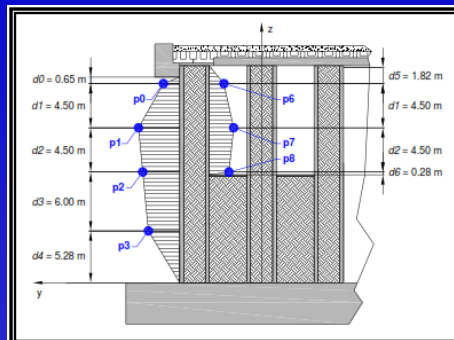
J smjer nailaznih valova

**Slika N-11:** Detalji polja maksimalnih valnih visina  $H_{max}$  koje odgovaraju povratnom periodu od 100 godina za planirano stanje izgrađenosti obalne crte pri JZ, JJI i J smjeru nailaznih valova

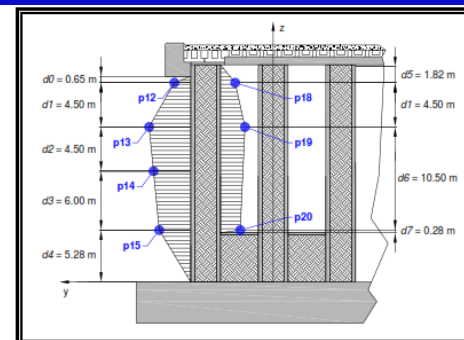
# REZULTATI ISTRAŽIVANJA 3D MODELA PRORAČUN KONSTRUKCIJE

## Opterećenja od valova uz plimu – tlakovi na kesone

Proračun kesona proveden na temelju rezultata Seta A za valove povezane s povratnim periodom od 100 godina.



Keson u segmentu kratkih kolona



Keson u segmentu dugih kolona

Distribucija istovremenih tlakova koji djeluju na kesone											
Mjerna pozicija tlaka na kesonu	Keson u segmentu kratkih kolona					Mjerna pozicija tlaka na kesonu	Keson u segmentu dugih kolona				
	Hidrostat. Tlak		Valni brijeg				Hidrostat. Tlak		Valni brijeg		
	$p_b$	$p_d$	$p_i$	$p_s$	$p_d$		$p_b$	$p_i$	$p_s$	$p_i$	$p_d$
(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	
P0	14.592	20.597	6.005	16.410	1.818	P12	14.592	55.461	40.868	0.423	-14.169
P1	59.879	70.016	10.136	58.837	-1.042	P13	59.879	81.794	21.915	18.376	-41.503
P2	105.167	125.340	20.174	91.831	-13.335	P14	105.167	122.325	17.159	108.463	3.297
P3	165.549	169.676	4.126	167.379	1.829	P15	165.549	173.424	7.875	139.881	-25.668
P4	59.879	55.576	-4.304	59.830	-0.050	P16	59.879	27.998	-31.881	78.766	18.887
P5	59.879	62.665	2.786	54.462	-5.417	P17	59.879	66.802	6.922	34.665	-25.214
P6	14.592	1.442	-13.151	40.868	26.275	P18	14.592	1.843	-12.749	20.684	6.092
P7	59.879	43.190	-16.690	97.700	37.821	P19	59.879	67.509	7.629	47.775	-12.105
P8	105.167	94.554	-10.613	109.697	4.530	P20	105.167	85.618	-19.549	119.065	13.899
Maks. i min. sile koje djeluju na prednji stup kesona dobivene integracijom tlakova											
$F_{yI}$ (MN)	-	-	-2.764	-	3.255	$F_{yIII}$ (MN)	-	-	-4.478	-	3.189

Istovremeni tlakovi uzdignuća					
Mjerna pozicija tlaka uzdignuća	Keson u seg. kratkih kolona		Mjerna pozicija tlaka uzdignuća	Keson u seg. dugih kolona	
	Valni brijeg			Valni dol	
	$p_d$	$p_d$		$p_d$	$p_d$
(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	(kPa)	
P24	52.525	-0.665	P24	-	-
P25	-	-	P25	52.100	-19.612
P26	-	-	P26	50.887	-17.823
P27	-	-	P27	53.525	-18.250

Istovremene sile na keson					
Mjerna pozicija sile	Keson u seg. kratkih kolona		Mjerna pozicija sile	Keson u seg. dugih kolona	
	Valni brijeg			Valni dol	
	$F_d$	$F_d$		$F_d$	$F_d$
(MN, MNm)	(MN, MNm)	(MN, MNm)	(MN, MNm)		
D1 ( $F_{yI}$ )	-4.163	6.753	-	-	
D2 ( $F_{yIII}$ )	-3.022	2.720	-	-	
D3 ( $M_{yI}$ )	-1.184	-0.241	-	-	

Događaji maksimalnih i minimalnih opterećenja prednjih stupova kesona silama dobivenim integracijom izmjereneog tlaka ( $F_{yI}$  and  $F_{yIII}$ )

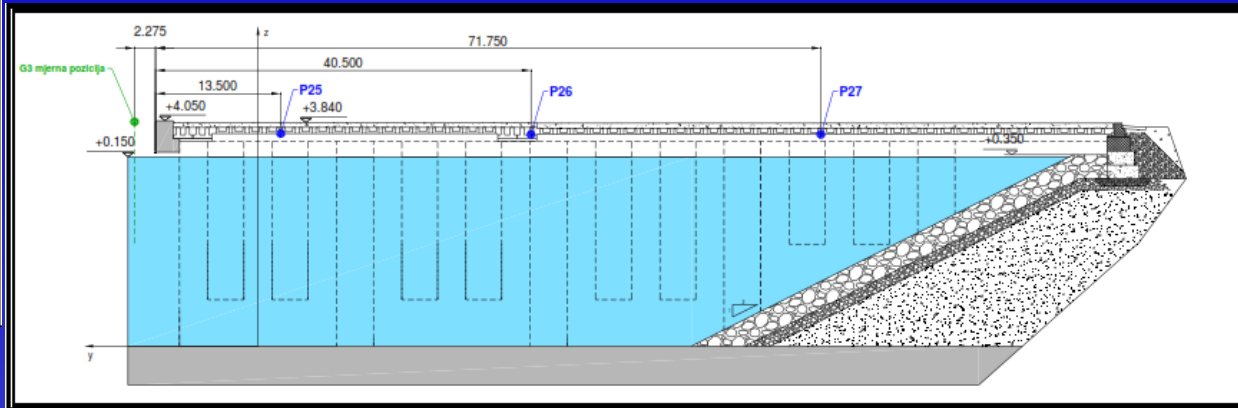
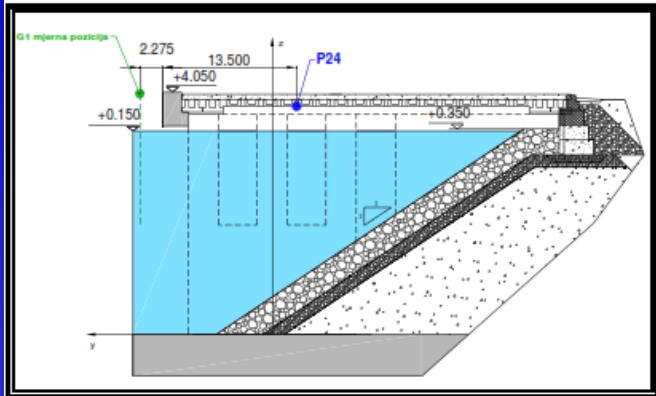
Tablica H-6: Istovremene vrijednosti izmjerenih valnih opterećenja – rezultati pokusa A-15



# REZULTATI ISTRAŽIVANJA 3D MODELA PRORAČUN KONSTRUKCIJE

## Opterećenja od valova uz plimu – tlakovi na ploču („uplift”)

Proračun proveden na temelju rezultata Seta A za valove povezane s povratnim periodom od 100 godina.



Pokus: A-13  
Datum: 18 ruj. 2013  
Morska raz: +0.15  
Nailazni valovi:  
Smjer: JZ  
H = 6.5 m  
T = 7.7 s

Tablica F-5: Tlakovi uzdignuća krovne konstrukcije – rezultati pokusa A-13

Mjerna pozicija tlaka uzdignuća	Rezultati analize zapisa u vremenskoj domeni												Rezultati analize zapisa u frekvencijskoj domeni						
	Vrijednosti totalnog tlaka (izmjereno)				Vrijednosti oscilacija din. tlaka (od vrha do vrha)				Vrijednosti oscilacija perioda din. tlaka (od vrha do vrha)				Vrijednosti amplituda dinamičkog tlaka			Vrijednosti din. tlaka od vrha do vrha			Maks. frek.
	$P_{t,max}$ (kPa)	$P_{t,min}$ (kPa)	$P_{t,mean}$ (kPa)	$P_{t,SD}$ (kPa)	$P_{d,max}$ (kPa)	$P_{d,min}$ (kPa)	$P_{d,mean}$ (kPa)	$P_{d,SD}$ (kPa)	$T_{d,max}$ (s)	$T_{d,min}$ (s)	$T_{d,mean}$ (s)	$T_{d,SD}$ (s)	$P_{d,RMS}$ (kPa)	$P_{d,S}$ (kPa)	$P_{d,max}$ (kPa)	$P_{d,RMS}$ (kPa)	$P_{d,S}$ (kPa)	$P_{d,max}$ (kPa)	$f_{max}$ (Hz)
P24	72.364	-0.472	10.862	18.933	71.949	32.395	52.322	15.651	6.401	1.520	3.841	2.398	12.627	25.254	45.458	25.254	50.509	90.916	0.133
P25	75.328	-2.380	11.122	19.643	77.708	34.820	55.638	16.908	6.413	1.503	3.840	2.428	13.126	26.252	47.254	26.252	52.504	94.508	0.133
P26	78.083	-2.327	11.966	20.041	80.410	35.340	57.125	17.803	6.425	1.491	3.839	2.442	13.331	26.663	47.993	26.663	53.326	95.986	0.133
P27	80.988	-5.219	11.839	20.848	86.207	36.578	60.643	19.440	6.425	1.479	3.839	2.450	13.699	27.397	49.315	27.397	54.794	98.629	0.133

# REZULTATI ISTRAŽIVANJA 3D MODELA

## Tlakovi uzdignuća krovne konstrukcije

- Tijekom ispitivanja su registrirana **relativno visoka opterećenja krovne konstrukcije uslijed uzdignuća**, dosežući maksimalne vrijednosti od približno 45 kPa u pokusu *A-6* s nepravilnim valovima, odnosno **81 kPa** u pokusu *A-13* s pravilnim valovima  $H = 6.5$  m. Izmjerena tlačna opterećenja uzdignuća krovne konstrukcije djelovala su **istovremeno na svim mjernim pozicijama, s maksimumima u istim vremenskim trenucima te jednolikom distribucijom po cijeloj površini krovne strukture**. Ovakav rezultat navodi na zaključak da su izmjerena tlačna opterećenja uzdignuća **uzrokovana tlačnim udarima zračne mase koja je zarobljena i komprimirana ispod krova konstrukcije u trenucima ulaska vala unutar strukture pristaništa**.
- Dodatna istraživanja efekata relaksacije opterećenja uzdignuća su provedena zbog relativno visokih vrijednosti izmjerenih na fizikalnom modelu. Parcijalna **relaksacija tlaka uzdignuća** je ispitana **bušenjem dvije rupe u krovu modela promjera 0.35 m** (pokusi *C-2* i *C-3*), u blizini mjernih pozicija (*P27* and *P29*). Rezultati su pokazali **neznatno smanjenje opterećenja tlaka uzdignuća od približno 5%** u odnosu na nerelaksirane uvjete

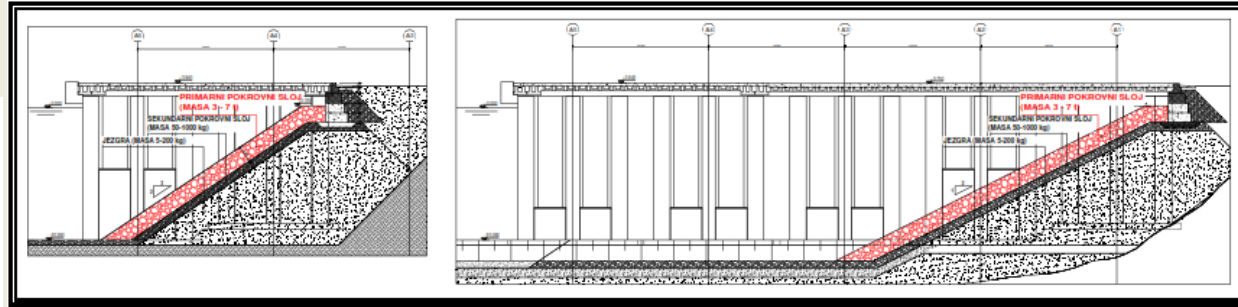


# REZULTATI ISTRAŽIVANJA 3D MODELA

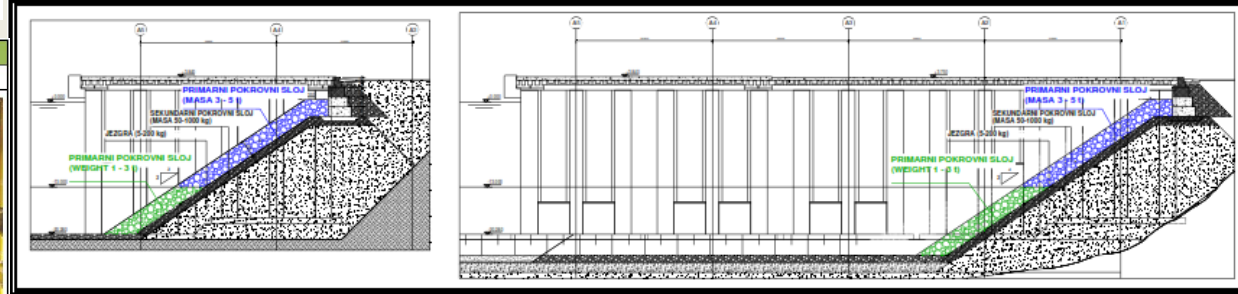
## STABILNOST KAMENE OBLOGE

Rezultati istraživanja stabilnosti primarnog sloja kamene obloge				
Segment modela	Tunel br.	Referentni broj kamenja	Pokus A-18	
			Broj oštećenog kamenja	Postotak oštećenja (%)
Kratke kolone	1	608	-	-
	2	608	8	1.3
	3	608	7	1.2
	4	608	-	-
Duge kolone	5	608	1	0.2
	6	608	0	0

Tablica K-5: Istraživanje stabilnosti kamene obloge – rezultati pokusa A-18

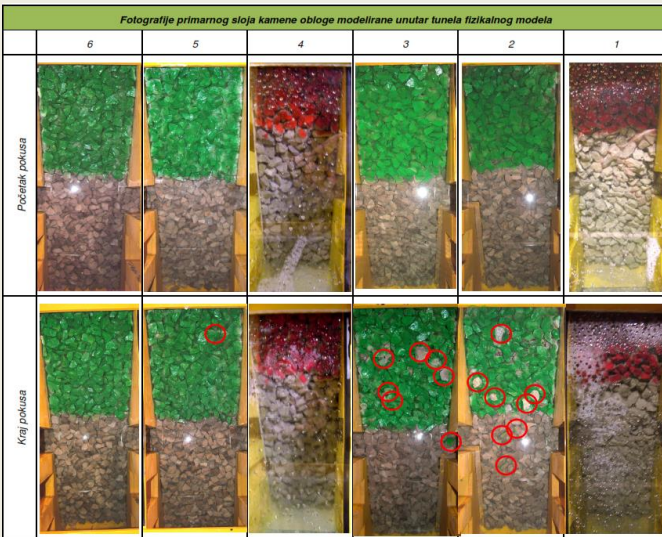


Projektna konfiguracija kamene obloge



Konačna konfiguracija kamene obloge

Slika J-1: Istraživanje stabilnosti primarnog sloja kamene obloge – rezultat



Slika K-5: Istraživanje stabilnosti kamene obloge – fotografije pokusa A-18

# REZULTATI ISTRAŽIVANJA 3D MODELA REKAPITULACIJA

## 1. Istraživanje valnog polja ispred strukture pristaništa

REZULTATI KORIŠTENI KAO ULAZNI PARAMETRI ZA PRORAČUNE PONAŠANJA BRODA NA VEZU I NJEGOVOG OPTEREĆENJA NA OBALU – VJERNU SLIKU VALNOG POLJA NEMOGUĆE DOBITI KONVENCIONALNIM METODAMA

## 2. Istraživanje valnih dinamičkih opterećenja

### 2.1. dinamički tlakovi koji djeluju na prednje kesone

REZULTATI KORIŠTENI ZA PROVJERU DIMENZIJA ELEMENATA KESONA - NISU UTJECALI NA ODABRANE DIMENZIJE KESONA

### 2.2. tlačna opterećenja uzdignuća krovne strukture pristaništa

REZULTATI KORIŠTENI ZA PROVJERU RASPONSKE KONSTRUKCIJE – **BITNO SU UTJECALI NA ODABIR TIPA KONSTRUKCIJE I NJENIH VEZA S KESONIMA**

### 2.3. sile koje djeluju na prednji keson (smične sile i moment torzije)

REZULTATI KORIŠTENI ZA PROVJERU STABILNOSTI KESONA - NISU UTJECALI NA ODABRANE DIMENZIJE KESONA

## 3. Istraživanje prelijevanja

REZULTATI NISU UTJECALI NA UPORABIVOST OBALE – VJERNU SLIKU PRELIJEVANJA NEMOGUĆE DOBITI KONVENCIONALNIM METODAMA

## 4. Istraživanje stabilnosti primarnog pokrovnog sloja kamene obloge

REZULTATI VARIRANJA NAGIBA I VELIČINE ZRNA POKOSA – **BITNO SU UTJECALI NA ODABIR NAGIBA POKOSA I VELIČINE KAMENA ZA NJEGOVU ZAŠTITU**

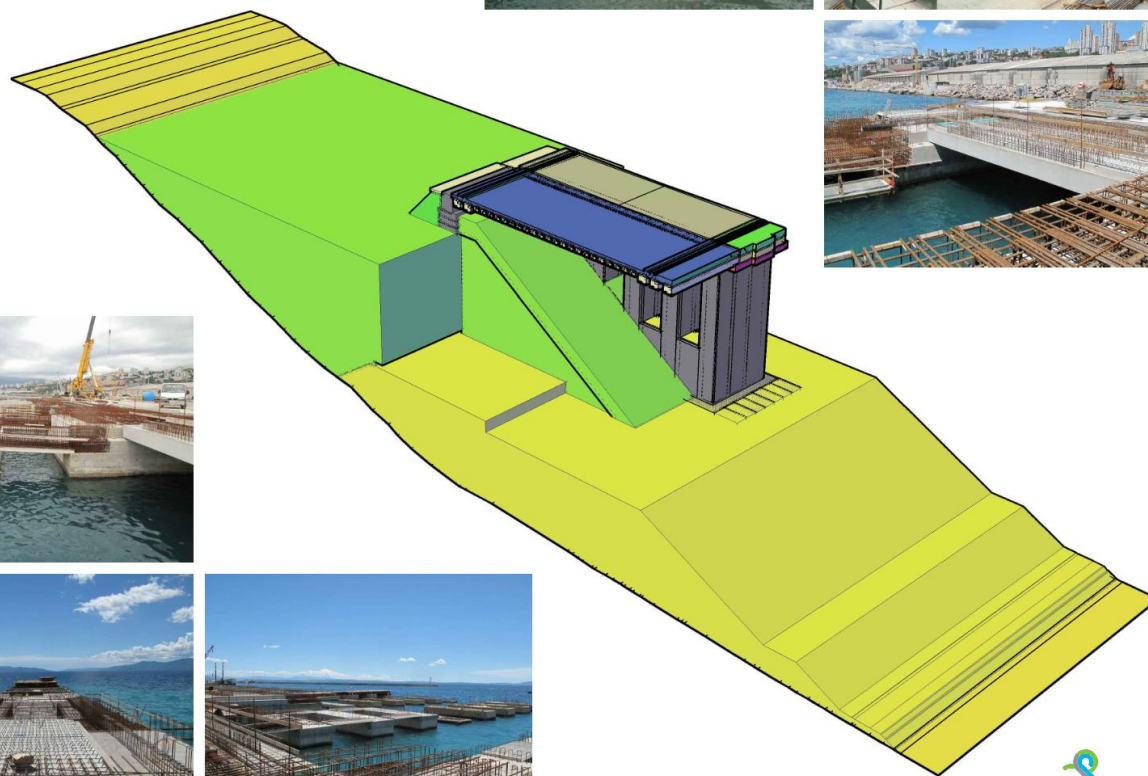


# KONSTRUKCIJA



# RASPONSKA KONSTRUKCIJA

KONTEJNERSKI TERMINAL ZAGREBAČKA OBALA  
ZAGREB PIER CONTAINER TERMINAL  
RIJEKA



# ARMIRANOBETONSKI KESONI

- **Ključni građevinski element obale – KESON**
- Nakon izgradnje keson je **plovni objekt** koji se teglji na lokaciju i pozicionira
- Prilikom potapanja, **keson se balansira** pumpanjem ili isisavanjem vode pomoću pumpi
- Nakon postavljanja na točnu poziciju, **ćelije se pune balastom** (kameni materijal) kako bi se keson stabilizirao
- **Punjenje ćelija je simetrično, korak po korak**, s time da razina balasta u nekoj ćeliji ne smije biti viša od 2,0 m u odnosu na bilo koju drugu ćeliju
- Osni razmak kesona duž obale je 23,30 m
- Ukupno su predviđena **tri različita tipa** geometrije kesona (s podtipovima), ovisno o mjestu ugradnje u obalnu konstrukciju
- Svi kesoni imaju temeljnu ploču debljine 80 cm i dimenzije 19,91x14,00 m
- Karakteristični (bazni) presjek kesona ima petnaest ćelija, u tri uzdužna reda
- Kod kesona Tipa 1 bazni presjek dolazi do razine od 6,0 m, a kod Tipa 2 do 10,0 m iznad dna temelja. Nakon toga (do vrha kesona) presjek čine tri tornja, svaki s tri ćelije
- Tipovi kesona 3 do 5 imaju bazni presjek po cijeloj visini
- Debljina vanjskog zida kesona uzduž dulje stranice je 50 cm, dok su unutarnji zidovi debljine 25 cm. Svi zidovi uzduž kraće stranice su debljine 40 cm



# ARMIRANOBETONSKI KESONI

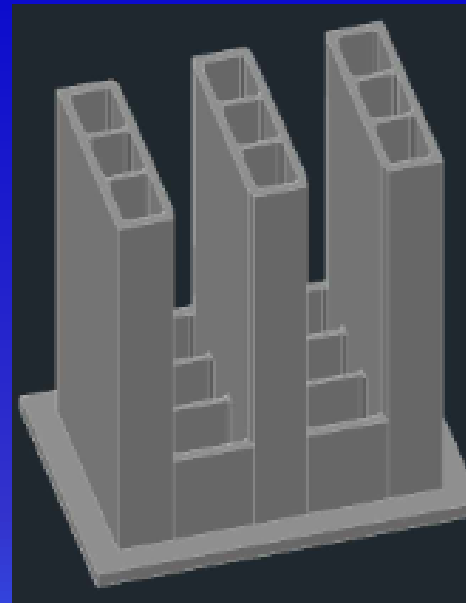
## KESONI TIP 1, 2, 3, 4

- UKUPNO 45 KOMADA
- BETON :
- -TEMELJNA PLOČA : 10.035 m<sup>3</sup>
- - ZIDOVI: 42.214 m<sup>3</sup>
- UKUPNO BETON: 52.249 m<sup>3</sup>
- BALAST: 103.029 m<sup>3</sup>

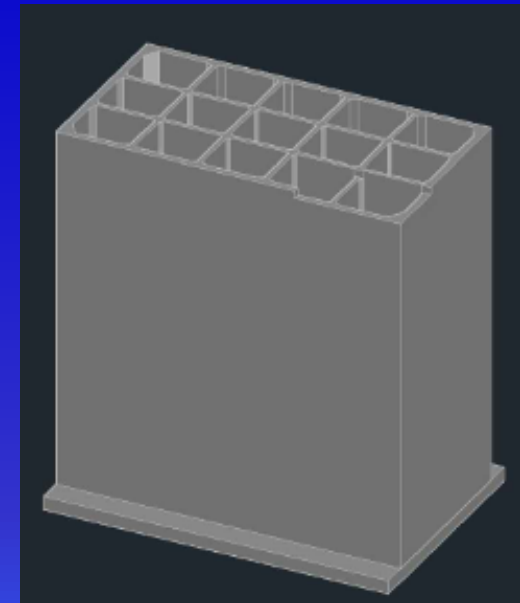
## KESONI TIP 5 (Brindisi)

- UKUPNO 4 KOMADA
- BETON :
- -TEMELJNA PLOČA : 932 m<sup>3</sup>
- - ZIDOVI: 4.111 m<sup>3</sup>
- UKUPNO BETON: 5.043 m<sup>3</sup>
- BALAST: 16.085 m<sup>3</sup>
- ARMATURA ZA 49 KESONA: 6.595 t

TIP 1 i 2



TIP 3,4 i 5



Ukupno ugrađeno 49 kesona

Prosječna masa kesona = 3.100 do 3.300 t

Dužina kesona = 16,90 m (tip 1,2,3,4) 20,8 m (tip 5)

Širina = 11,0 m

Visina = 22,9 m



# ARMIRANOBETONSKI KESON – TIP2



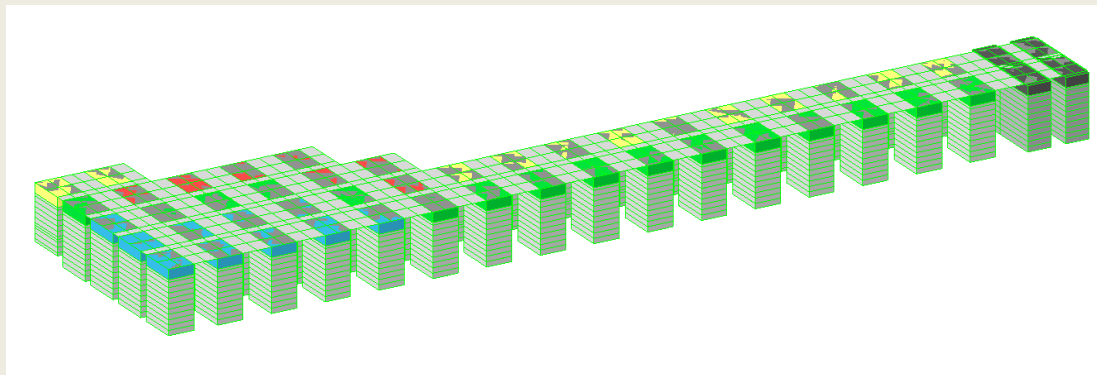
# ARMIRANOBETONSKI KESON – TIP 3



# PRORAČUN KONSTRUKCIJE

Analiza kesonske konstrukcije :

- Ponašanje kesona pod statičkim opterećenjima. To uključuje vlastite težine, stalna opterećenja i promjenjiva djelovanja uslijed rada i zbog djelovanja okoliša.
- Ponašanje kesona kod potresnog opterećenja

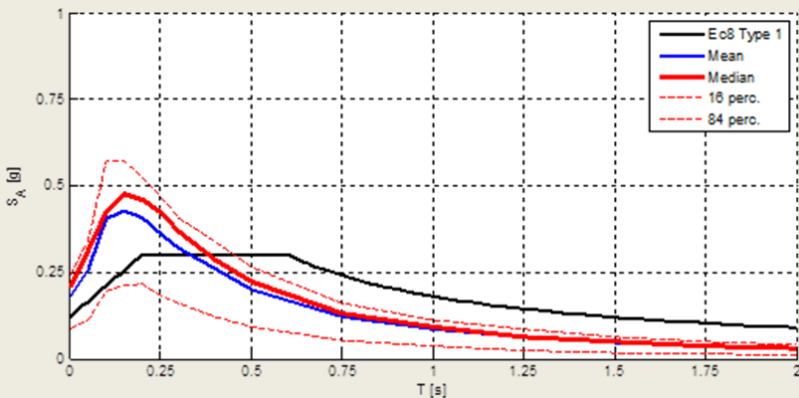


# PRORAČUN KONSTRUKCIJE

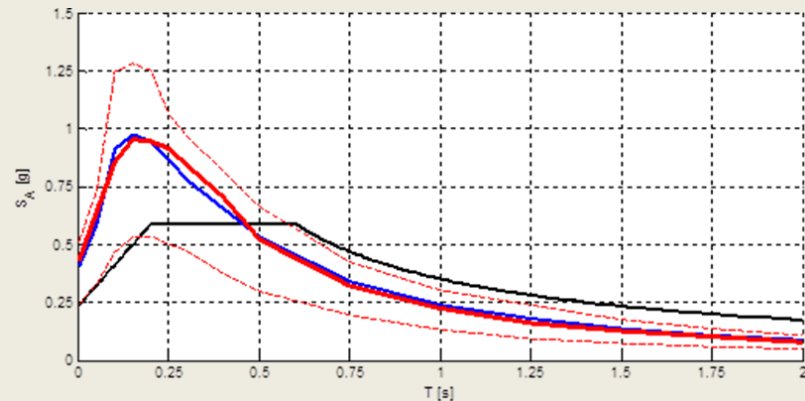
## POTRESNO OPTEREĆENJE

- Određivanje spektra jedinstvenog hazarda (UH) u skladu s "Probabilistic Seismic Hazard Analysis" (PSHA) na mjestu Zagrebačke obale.
- Klasa C tla.

POVRATNI PERIOD 95 god.



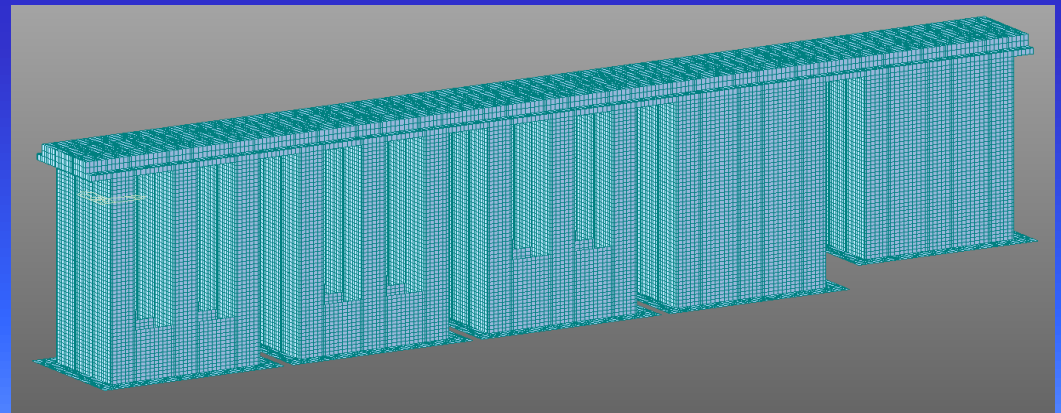
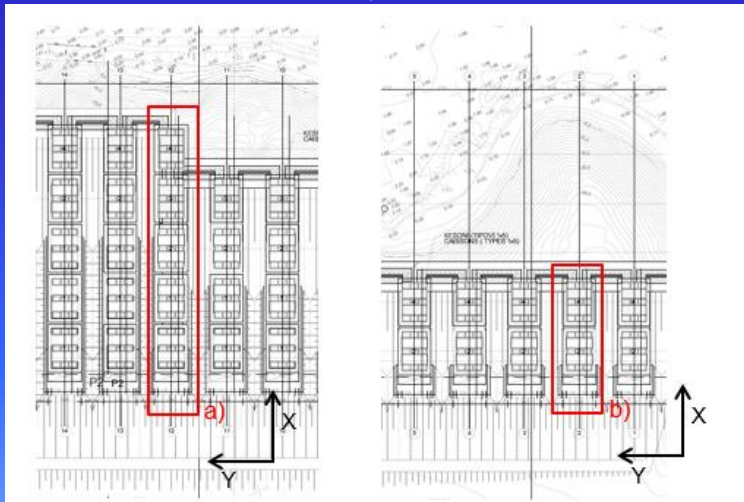
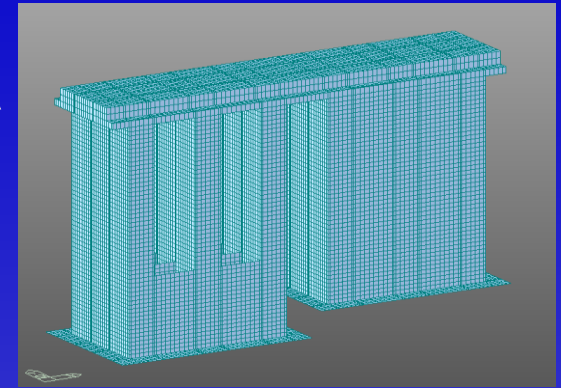
POVRATNI PERIOD 475 god.



# PRORAČUN KONSTRUKCIJE

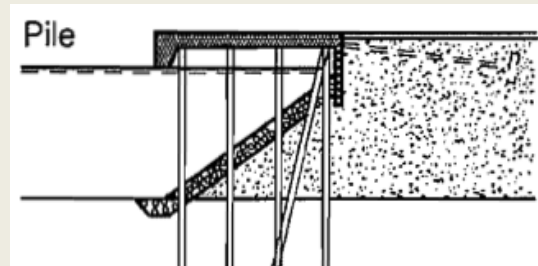
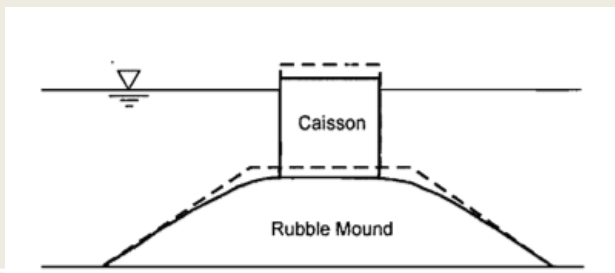
## Kesoni

- Proračun izrađen na dva karakteristična 3d modela s pločastim konačnim elementima
- GSN i GSU analiza statičkih opterećenja
- Seizmička analiza:
  - Analiza spektra odziva
  - „Push over“ analiza
  - "Time history" analiza



# PRORAČUN KONSTRUKCIJE

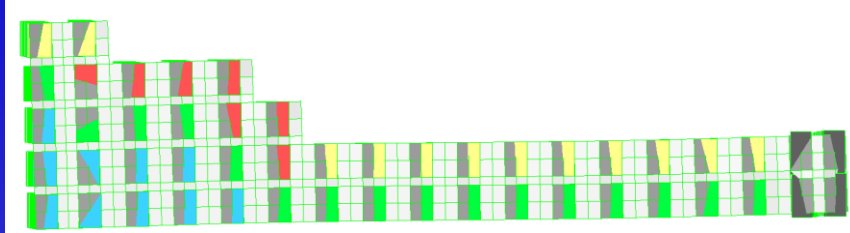
- Analiza kesona za potresno opterećenje
- Temeljni zahtjevi (EN 1998-1:2004):
- Non-Collapse Requirement: bez kolapsa konstrukcije
- Damage Limitation Requirement: bez pojave oštećenja
- Konstrukcija nema uobičajenu konfiguraciju i razlikuje se od predloženih tipova u specifičnim dokumentima za lučke objekte (kao PIANC WG 34).
- Ima oblik koji sliči konvencionalnim kesonskim lukobranima i ploču tipičnu za projektiranje konstrukcija pristaništa.
- Ograničenja na temelju PIANC WG 34, FEMA 450 i EN 1998-1:2004,



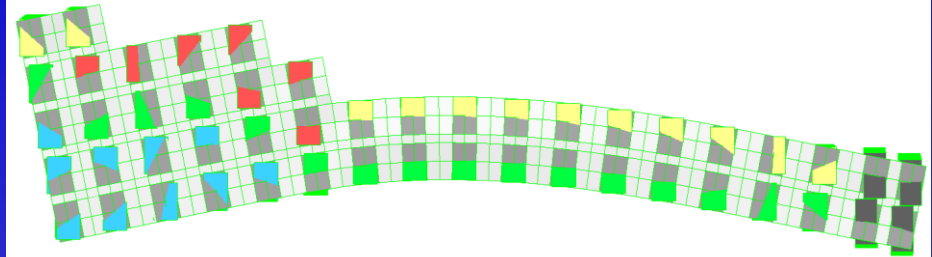
# PRORAČUN KONSTRUKCIJE

- Analiza spektra odziva

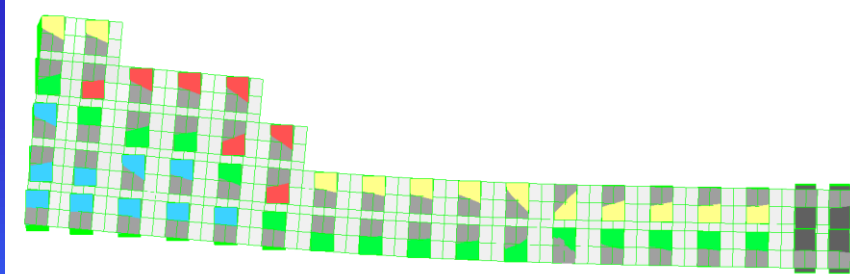
Mode 1 –  $T_1 = 1.542s$  (Modal participation mass 82.7% X-direction)



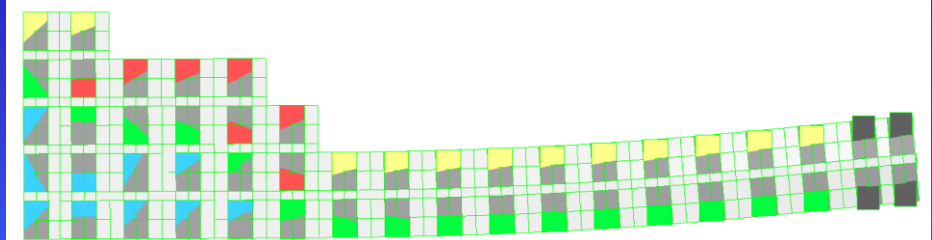
Mode 3 –  $T_3 = 1.109s$  (Modal participation mass 49.9% Y-direction)



Mode 2 –  $T_2 = 1.229s$  (Modal participation mass 36.9% Y-direction)

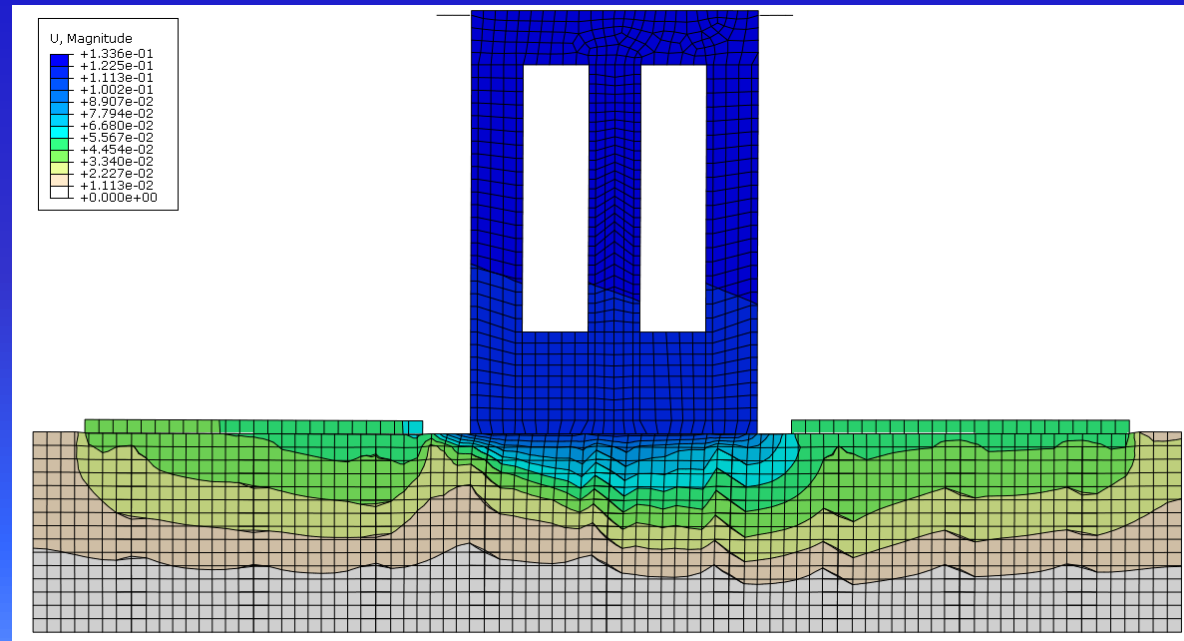
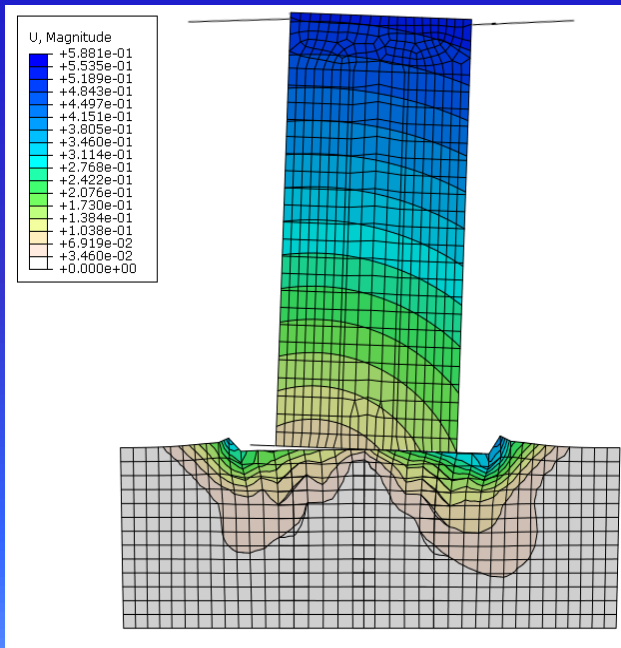


Mode 4 –  $T_4 = 1.075s$  (Modal participation mass 5.3% Y-direction)



# PRORAČUN KONSTRUKCIJE

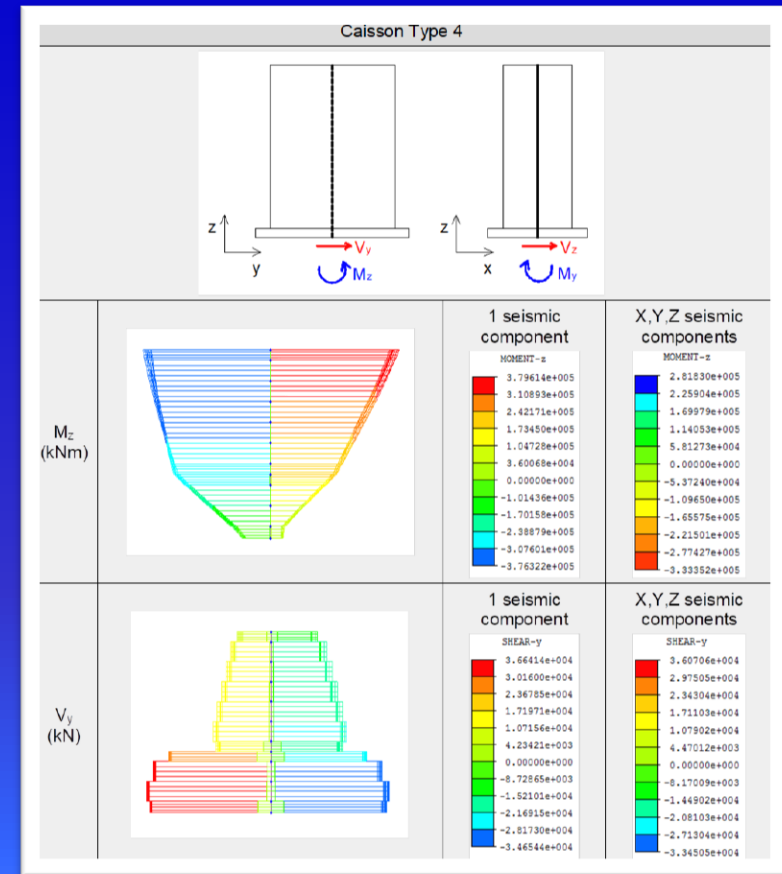
- „Push over” analiza
  - Ljuljanje kesona u X smjeru uzduž obale
  - Kruto horizontalno kretanje u Y smjeru okomito na obalu





# PRORAČUN KONSTRUKCIJE

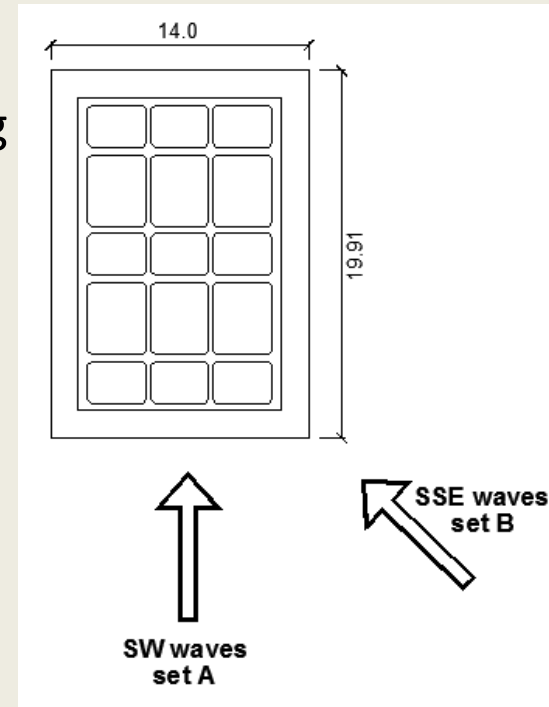
- „Time history“ analiza
- Povratni periodi od 95 i 475 godina ,dva slučaja pokretnog opterećenja.
- Dvije analize u svakom smjeru, uzduž i okomito na obalu.
- U nelinearnoj analizi aktivni pritisak tla se primjenjuje prije pobude tla: rezultirajuće unutarnje sile i progibi kesona uzimaju se kao početno stanje za svaki vremenski korak.
- Seizmička interakcija tla je uračunata u analizama kroz dodavanje mase kesonu i stavljanjem na visinu koja odgovara rezultanti seizmičkog pritiska tla.



# PRORAČUN KONSTRUKCIJE

## Stabilnost tijekom izgradnje

- Provjerena je stabilnost kesona za sve privremene faze izgradnje terminala, uzimajući u obzir i slučaj izoliranog kesona.
- Provjeravaju se sljedeća granična stanja:
- gubitak ravnoteže zbog prevrtanja
- gubitak ravnoteže zbog uzgona
- gubitak ravnoteže zbog klizanja
- Provjere se rade za keson tip 1 jer se najteže situacije događaju za taj tip kesona. Ovi kesoni su lakši od ostalih i u isto vrijeme imaju najveću površinu izloženu dinamičkim pritiscima valova (imaju najviše tornjeve).

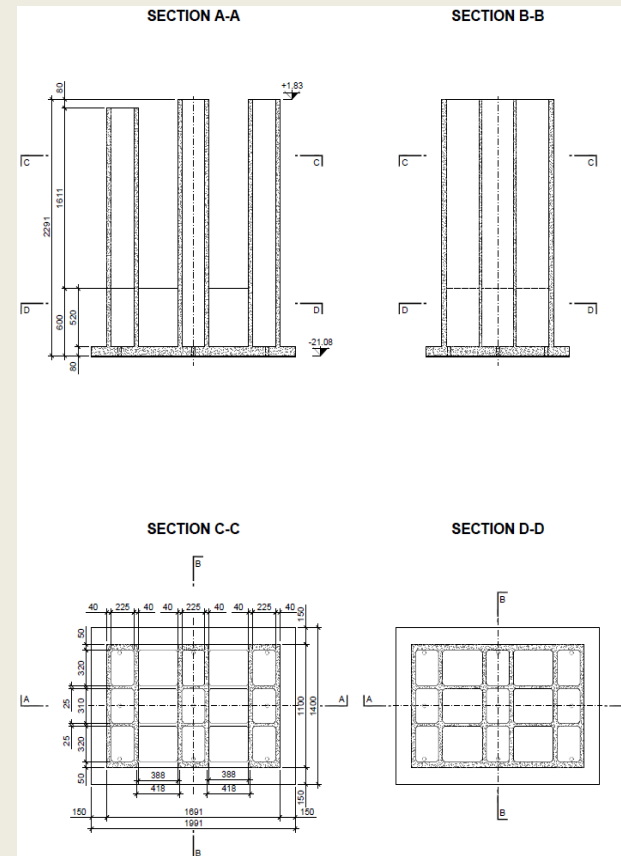


# PRORAČUN KONSTRUKCIJE

## Stabilnost tijekom izgradnje

### Slučajevi opterećenja:

- vlastita težina kesona
- stalno opterećenje od balasta
- hidrostatski pritisak
- brijeg vala SW
- dol vala SW
- brijeg vala SSE
- dol vala SSE



# PRORAČUN KONSTRUKCIJE

## Plovna stabilnost tijekom transporta

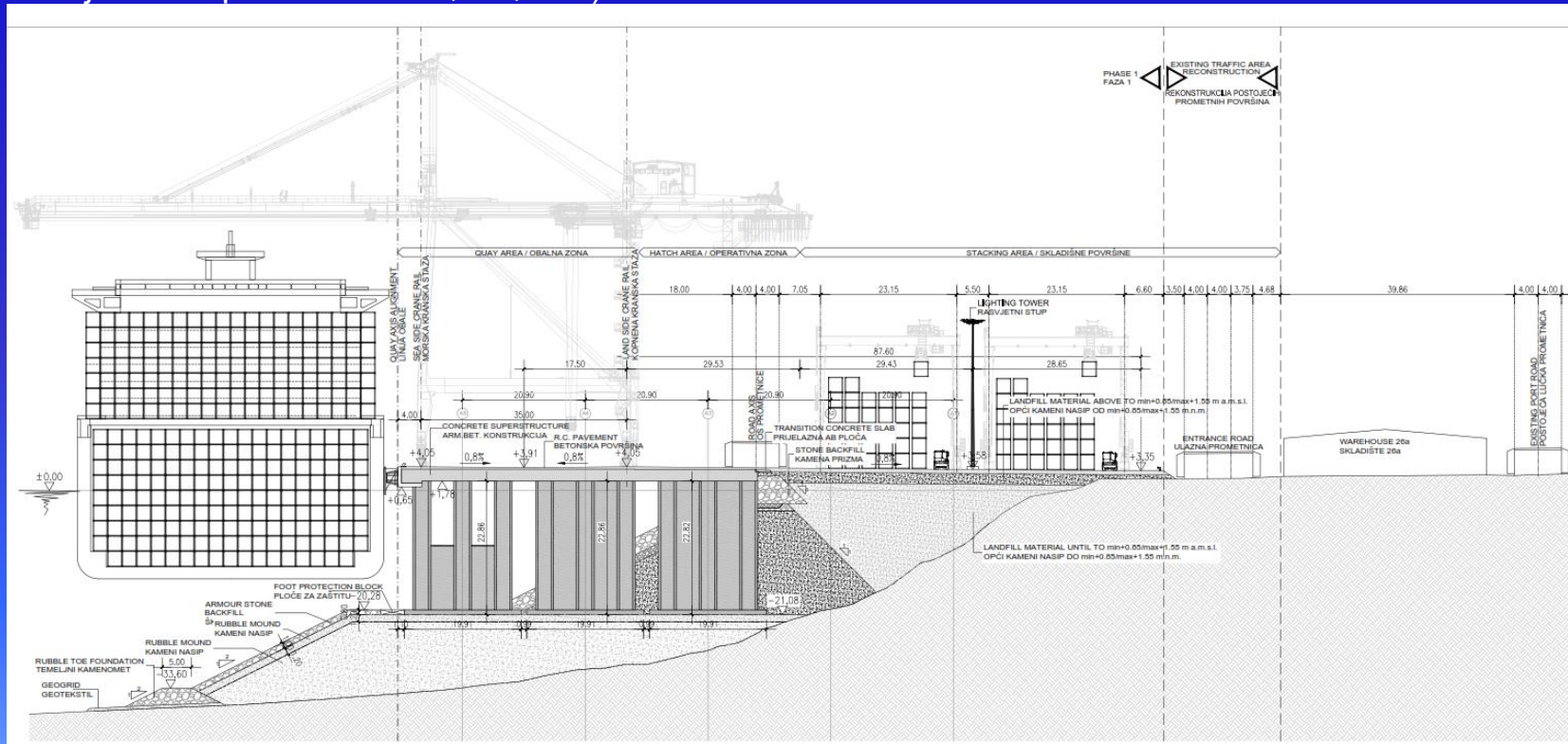
- Transport kesona je važan čimbenik u projektiranju kesona. Iako su kesoni projektirani kako bi izdržali sile u svom konačnom položaju, **dubina gaza može biti ograničena i mora se provjeriti dinamička stabilnost kesona tijekom transporta.**
- **Oblik kesona s tri tornja** koji se dižu iz donjeg dijela (tip 1 i 2), **ne omogućava plutanje.** Plovnost omogućava uklonjiva betonska ispuna između susjednih tornjeva. Svaki privremeni zid učvršćen je gredama UPN presjeka, vijčano spojenim na zidove tornjeva. Nakon potapanja kesona, pritisak vode na unutarnjim i vanjskim zidovima ispune se izjednačuje i ispuna se lako uklanja. Tijekom transporta keson ima klasični, tlocrtno sačasti oblik.
- **Stabilnost kesona u plovidbi postiže se uz uvjet da je metacentar barem 0,50 m iznad težišta kesona.** U keson je dodan balast kako bi se stabilizirao i izbjeglo njegovo naginjanje. Unutarnje ćelije stvaraju pretince u kesonu koji onemogućavaju balastu da se pomiče tijekom plovidbe.



# PRORAČUN KONSTRUKCIJE

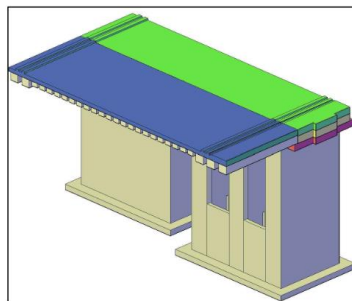
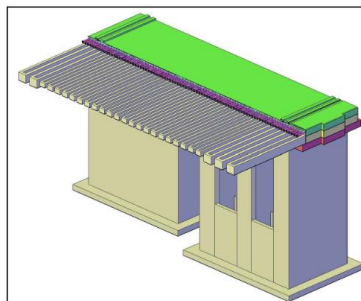
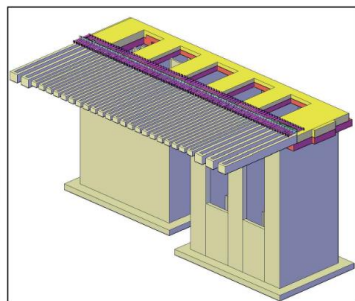
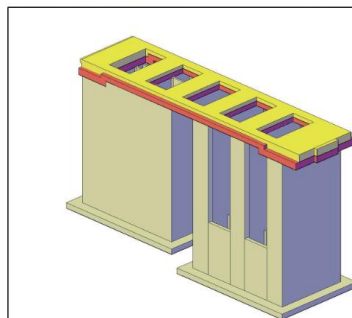
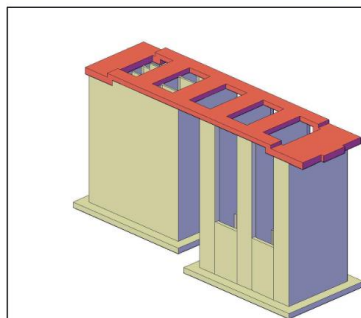
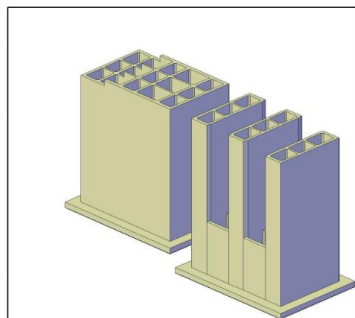
Korisna opterećenja operativne površine obalne konstrukcije:

- Korisno opterećenje  $q = 40,00 \text{ kN/m}^2$
- Kontejnerska dizalica, maksimalna vertikalna sila po kotaču iznosi 950 kN, broj kotača po osloncu iznosi 8.
- Kontejnerska autodizalica nosivosti 4.000kN
- Autodizalica sa sprederom (Reach stacker) s maksimalnim osovinskim opterećenjem 1.000 kN, 4 kotača, 250 kN/kotaču
- Težina kontejnera slaganih na 6 visina (450 kN/osloncu kontejnera, 1.800 kN u zoni oslanjanja 4 stupca kontejnera na površinu cca  $1,0 \times 1,0 \text{ m}$ )



# DETALJI BETONSKE KONSTRUKCIJE

KONTEJNERSKI TERMINAL ZAGREBAČKA OBALA  
ZAGREB PIER CONTAINER TERMINAL  
RIJEKA



## GLAVNI KORITASTI UZDUŽNI NOSAČI – TIP 1

- UKUPNO 80 KOMADA
- BETON : 1.310 m<sup>3</sup>

## GLAVNI KORITASTI UZDUŽNI NOSAČI – TIP 2

- UKUPNO 526 KOMADA
- BETON : 3.240 m<sup>3</sup>

## POPREČNI NOSAČI

- UKUPNO 18 KOMADA
- BETON : 18.380 m<sup>3</sup>

## PLOČA IZNAD MONTAŽNIH NOSAČA

- BETON: 6.760 m<sup>3</sup>

UKUPNO BETON : 29.690 m<sup>3</sup>

ARMATURA : 4.600 t

UŽAD ZA PREDNAPINJANJE : 250.000 m<sup>1</sup>

MIKROARMIRANI BETON : 1.190 m<sup>3</sup>  
(površina 13.000 m<sup>2</sup>)

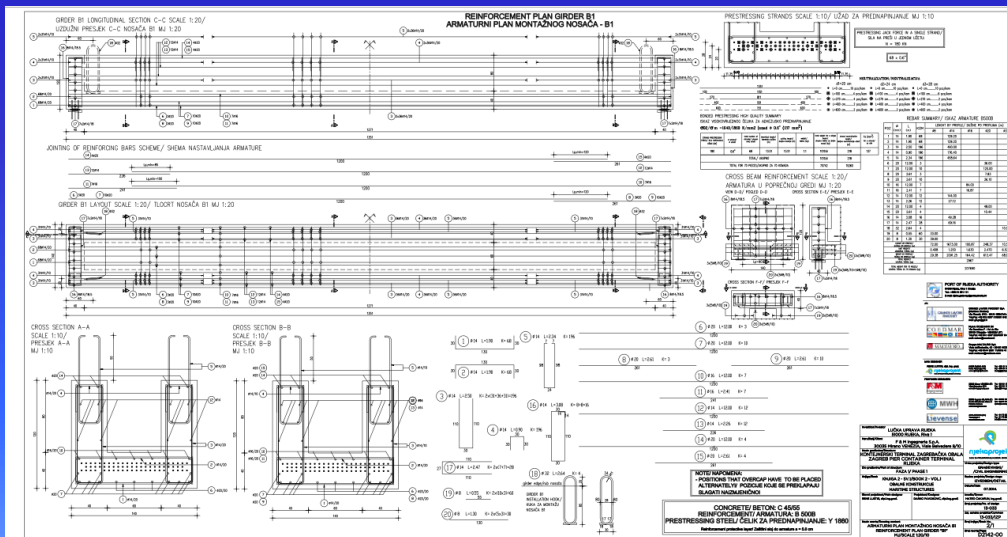
SPOJNICE : 948 t



# PRORAČUN KONSTRUKCIJE

## Uzdužni montažni prednapeti nosači

- **Glavni koritasti uzdužni nosači – tip 1**
  - u zoni kranskih staza , opterećenje 450 kN/m'
  - **opterećenje valova – uplift 160 kN/m'**
  - širina 1,40 m; visina 1,20 m; dužina 13,50 m
- **Sekundarni koritasti uzdužni nosači – tip 2**
  - Preostali dio površine, opterećenje 60 kN/m<sup>2</sup>
  - **opterećenje valova – uplift 110 kN/m'**
  - širina 1,0 m; visina 0,65 m; dužina 13,50 m



# PRORAČUN KONSTRUKCIJE

## Rasponska konstrukcija

- Potres

- Vrijednost horizontalne sile potresa uzduž obalne konstrukcije

$$F_{yy} = 2.513,40 \text{ kN/m'}$$

- Vrijednosti uzdužne seizmičke sile u razini osi ploče za usvojene statičke modele:

Glavni nosač  $B_1$ ;

Sudjelujuća širina nosača  $b = 2,10 \text{ m}$

Srednja vrijednost uzdužne sile

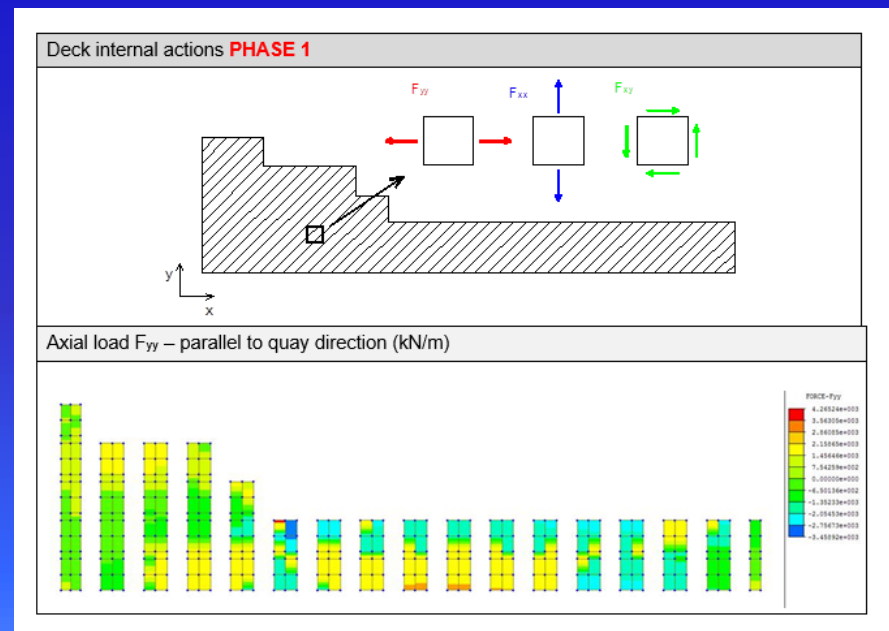
$$H A_{ED} = 2.513,4 * 2,10 = 5.278,14 \text{ kN}$$

Sekundarni nosač  $B_2$ ;

Sudjelujuća širina nosača  $b = 1,40 \text{ m}$

Srednja vrijednost uzdužne sile

$$H A_{ED} = 2.513,4 * 1,40 = 3.513,76 \text{ kN}$$





# PRORAČUN KONSTRUKCIJE

- Poprečni armiranobetonski nosači, izvedba u tri faze

## 1. Faza

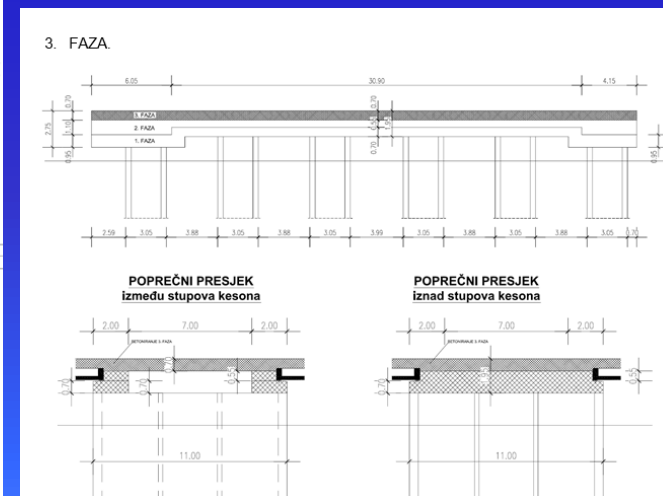
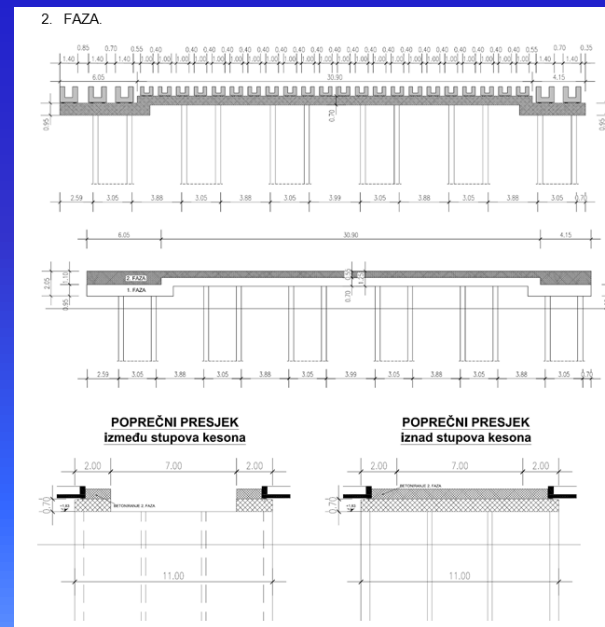
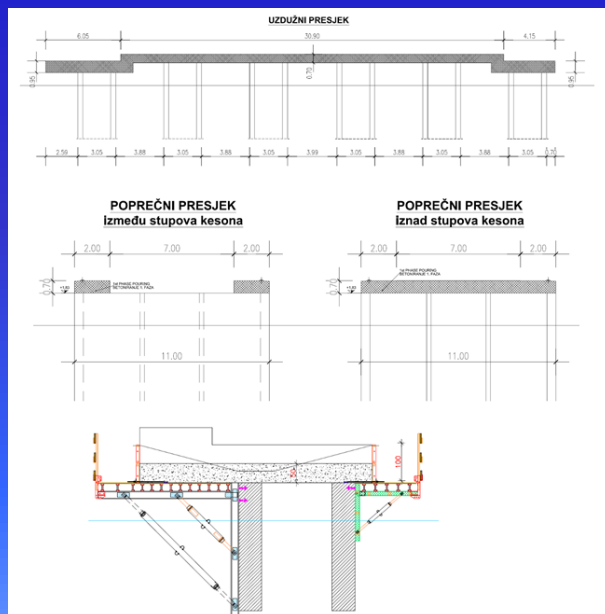
Izgradnja armirano betonske grede širine 2,00 m između kesona, odnosno 11,00 m u zoni iznad kesona, te u debljini 95, odnosno 70 cm.

## 2. Faza

Montaža uzdužnih nosača na prethodno pripremljene ležajeve. Betoniranje drugog dijela poprečnog nosača širine 2,0 m između kesona, odnosno 9,80 m u zoni iznad kesona, visine 55, odnosno 110 cm.

## 3. Faza

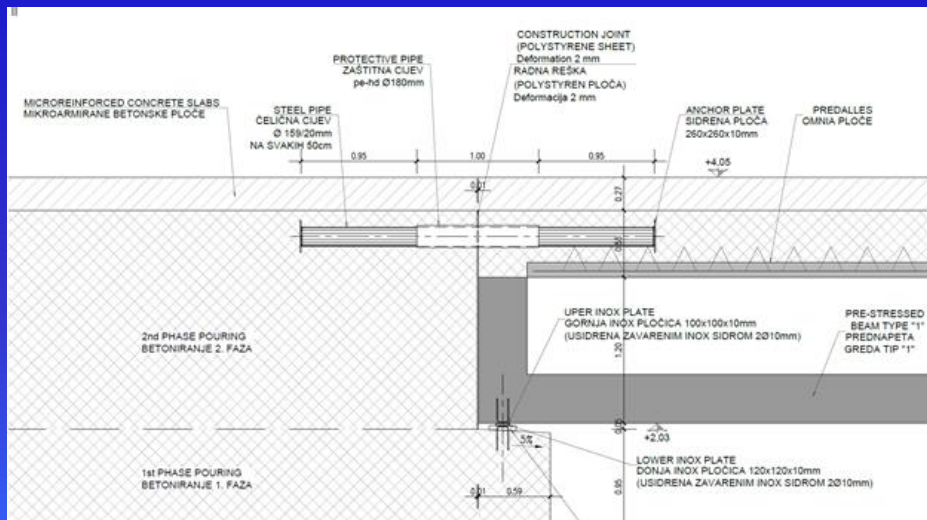
Betoniranje treće faze armirano betonske ploče širine 9,80 m (prostor između montažnih nosača), u debljini od 70 cm,



# RASPONSKA KONSTRUKCIJA

## SPOJNICE

Specifična izvedba veze ploče rasponskog dijela s masivnom konstrukcijom kesona. Ploča raspona, zajedno s montažnim prednapetim nosačima, čini jedinstveni rasponski sklop koji je zglobno vezan s osloncem, odnosno s kesonom. Zglobna veza između rasponskog sklopa i poprečnog nosača/kesona na samom mjestu ostvaruje se izvedbom elastične spojnice od čelične cijevi 159/25 mm na svakih 50 cm. Dilatacija je širine 1 cm, s ispunom koja omogućuje pomak od +/- 2 mm. Dilatacija se izrađuje kontinuirano uzduž svakog ležajnog mjesta montažnih nosača.

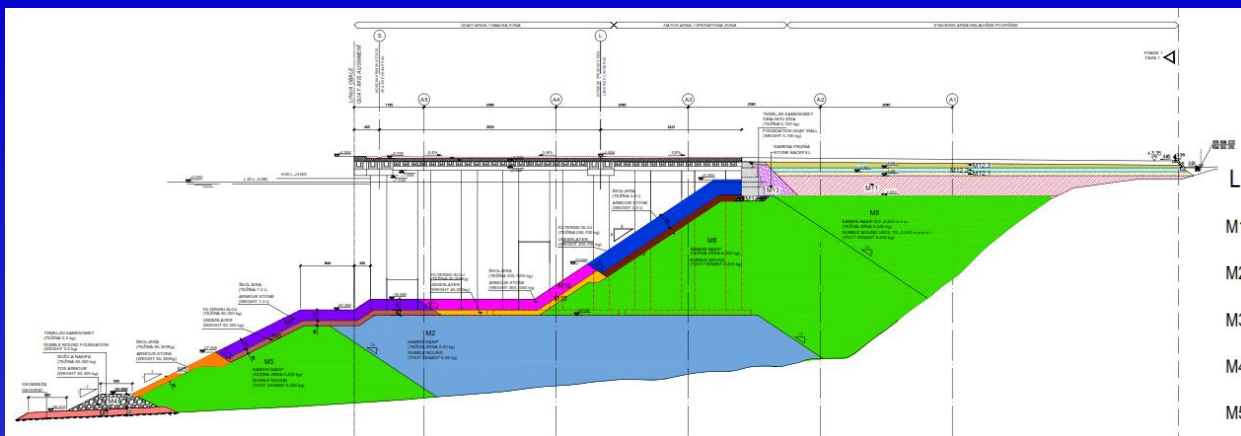


SPOJNICA : N (potres uzdužno, kočne sile, temperatura, ...)  
Q<sub>hor</sub> (potres poprečno)  
Q<sub>vert</sub> („uplift“)  
ΔL (temperatura uzdužno +/- 2 mm)











# IZGRADNJA



# ZEMLJANI RADOVI – ISKOPI I NASIPI



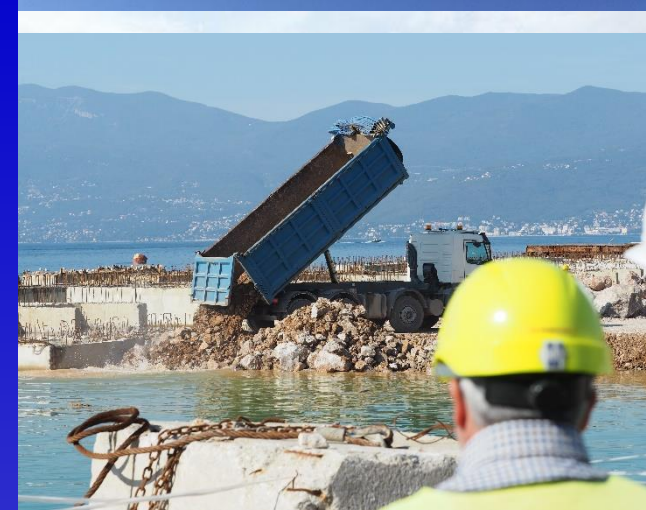
## LEGENDA NASIPA

M1	 TEMELJNI KAMENOMET (TEŽINA ZRNA 0-5kg)	M10	 FILTERSKI SLOJ (TEŽINA 200-700 kg)
M2	 KAMENI NASIP (TEŽINA ZRNA 0-50kg)	M11	 OPĆI KAMENI NASIP (TEŽINA ZRNA 0-500 kg)
M3	 KAMENI NASIP (TEŽINA ZRNA 0-200kg)	M12.1	 PRVI SLOJ NADMORSKOG KAMENOG NASIPA Ms=30MPa
M4	 NOŽICA NASIPA (TEŽINA 60-300 kg)	M12.2	 DRUGI SLOJ NADMORSKOG KAMENOG NASIPA Ms=50MPa
M5	 ŠKOLJERA (TEŽINA 60-300 kg)	M12.3	 TREĆI SLOJ NADMORSKOG KAMENOG NASIPA Ms=70MPa
M6	 FILTERSKI SLOJ (TEŽINA 60-300 kg)	M13	 KAMENA PRIZMA (KAMEN 5-200 kg)
M7	 ŠKOLJERA (TEŽINA 1000-3000 kg)	M14	 TEMELJNI KAMENOMET OBALNOG ZIDA (TEŽINA 5-100 kg)
M8	 KAMENI NASIP DO -2,25 m.n.m. (TEŽINA ZRNA 0-200kg)	M15	 FILTERSKI SLOJ (TEŽINA 40-200 kg)
M9	 ŠKOLJERA (TEŽINA 3000-5000 kg)	M16	 ŠKOLJERA (TEŽINA 300-1000 kg)
		M17	 ČISTI KAMENI NASIP (TEŽINA 1-1000 kg)

Zemljani radovi sastoje se od podmorskih iskopa, izvedbe podmorskih nasipa s obalozaštitom i nadmorskih nasipa.

Izgradnji podmorskih nasipa prethodi izvedba poboljšanja temeljnog tla (morskog dna) šljunčanim stupovima i geomrežama.

# ZEMLJANI RADOVI – ISKOPI I NASIPI



KOLIČINA MATERIJALA ISKOPA : 110.000 m<sup>3</sup>

KOLIČINA MATERIJALA NASIPA : 800.000 m<sup>3</sup>

KOLIČINA MATERIJALA BALASTNOG OPTEREĆENJA KESONA : 90.000 m<sup>3</sup>

Doprema kamenog materijala (kamenolomi Antenat i Koromačno u Istri) morem i kopnom.

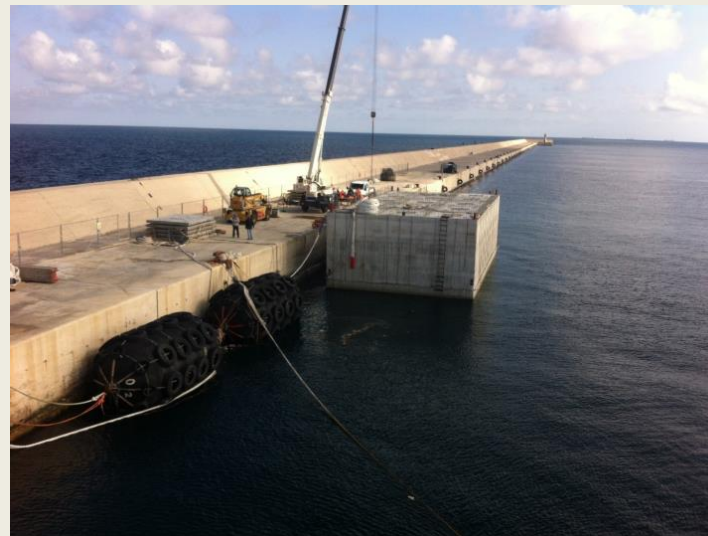
Ugradnja nasipa s mora i kopna.

# ARMIRANOBETONSKI KESONI

IZRADA PRVIH KESONA  
(luka Brindisi kolovoz 2014.)



„TVORNICA KESONA” – KATAMARAN BENEDETTA  
IZLAZAK KESONA 5c



KESON 5b  
SPREMAN  
ZA  
TRANSPORT



ARMATURA DONJE PLOČE KESONA

# ARMIRANOBETONSKI KESONI

TEGLAJ KESONA TIP 5 NA PRIVREMENU POZICIJU U RIJEČKOJ LUCI  
(kolovoz 2014.)



TRAJANJE TEGLJA JEDNOG KESONA 9 DO 12 DANA  
(OVISNO O VREMENSKIM PRILIKAMA)

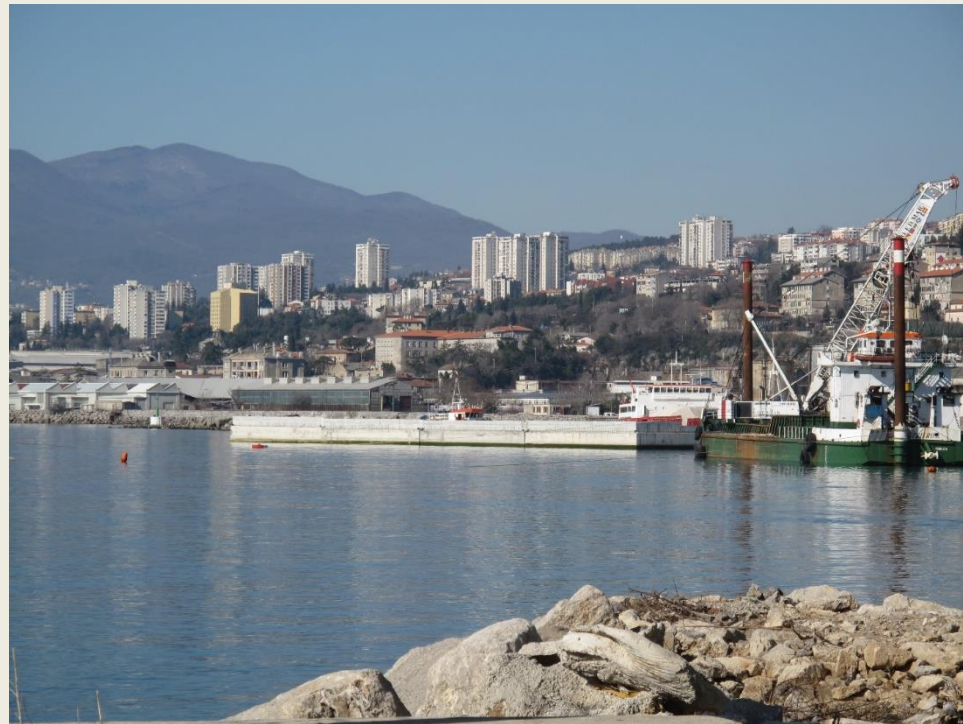
# ARMIRANOBETONSKI KESONI



PRVI DOTEGLJENI KESON 5a NA PRIVREMENOJ POZICIJI  
(listopad 2014.)



DOLAZAK KESONA 5b  
(studenj 2014.)

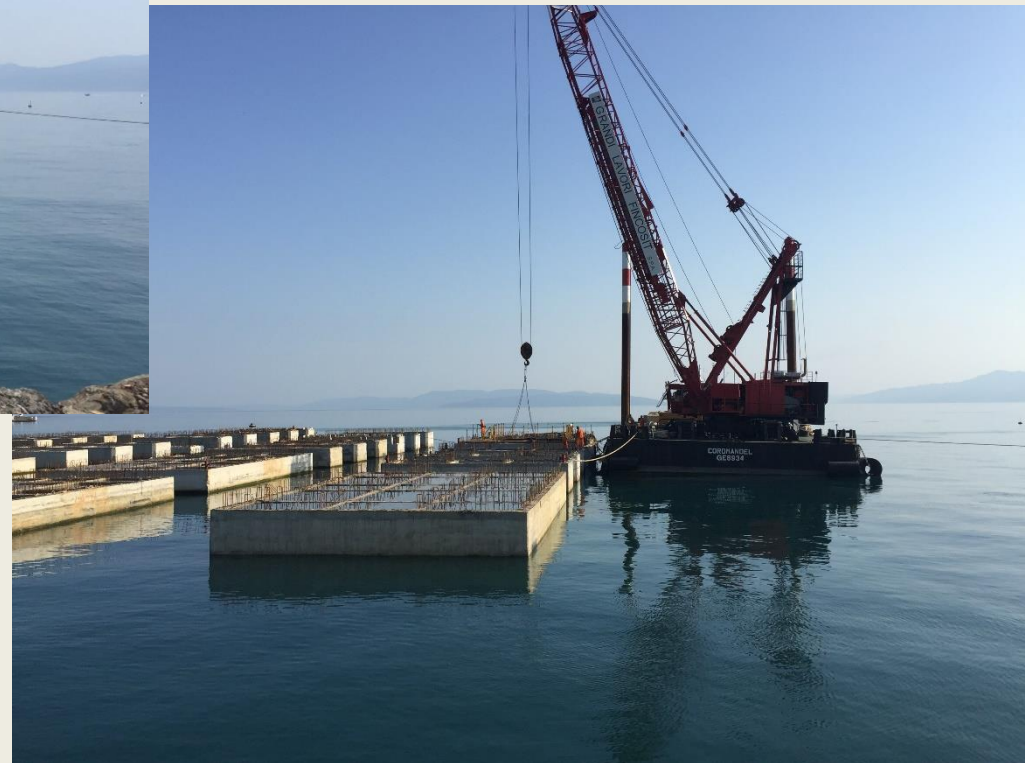


ČETIRI DOTEGLJENA KESONA NA PRIVREMENOJ POZICIJI  
(veljača 2015.)



# ARMIRANOBETONSKI KESONI

POSTAVLJANJE KESONA NA POZICIJU



# ARMIRANOBETONSKI KESONI

KESONI ISPUNJENI KAMENIM MATERIJALOM



# KESONI NA KONAČNIM POZICIJAMA – POGLED SA ZAPADA (srpanj 2017.)



# GLAVNI PREDNAPETI KORITASTI NOSAČI



## POPREČNI NOSAČI –SPOJ TORNJEVA KESONA-FAZA 1



## POPREČNI NOSAČI –SPOJ TORNJEVA KESONA-FAZA 2



# POKRIVANJE PROSTORA IZMEĐU LINIJA KESONA GLAVNIM KORITASTIM NOSAČIMA



# RASPONSKA KONSTRUKCIJA

ZAVRŠNA ARMIRANO BETONSKA PLOČA





# POVRŠINE



# OPREMA OBALE

**OPREMA OBALNOG RUBA SASTOJI SE OD JEDNOG „SUPER CONE” ODBOJNIKA SCN 1800H I DVA POLERA 2.000 kN NA SVAKIH 23,3 m PO DUŽINI OBALE, TE MORNARSKIH STEPENICA**

Poler 2.000 kN



Klizna ploča:  $5,8 \times 4,7 = 27,2 \text{ m}^2$

Masa odbojnika: 17,6 t

# OPREMA OBALE



# OPREMA OBALE



# OPREMA OBALE



# ORKANSKO JUGO NA KVARNERU

Snimka 29.10.2018. ; kulminacija u noći na 30.10.2018.

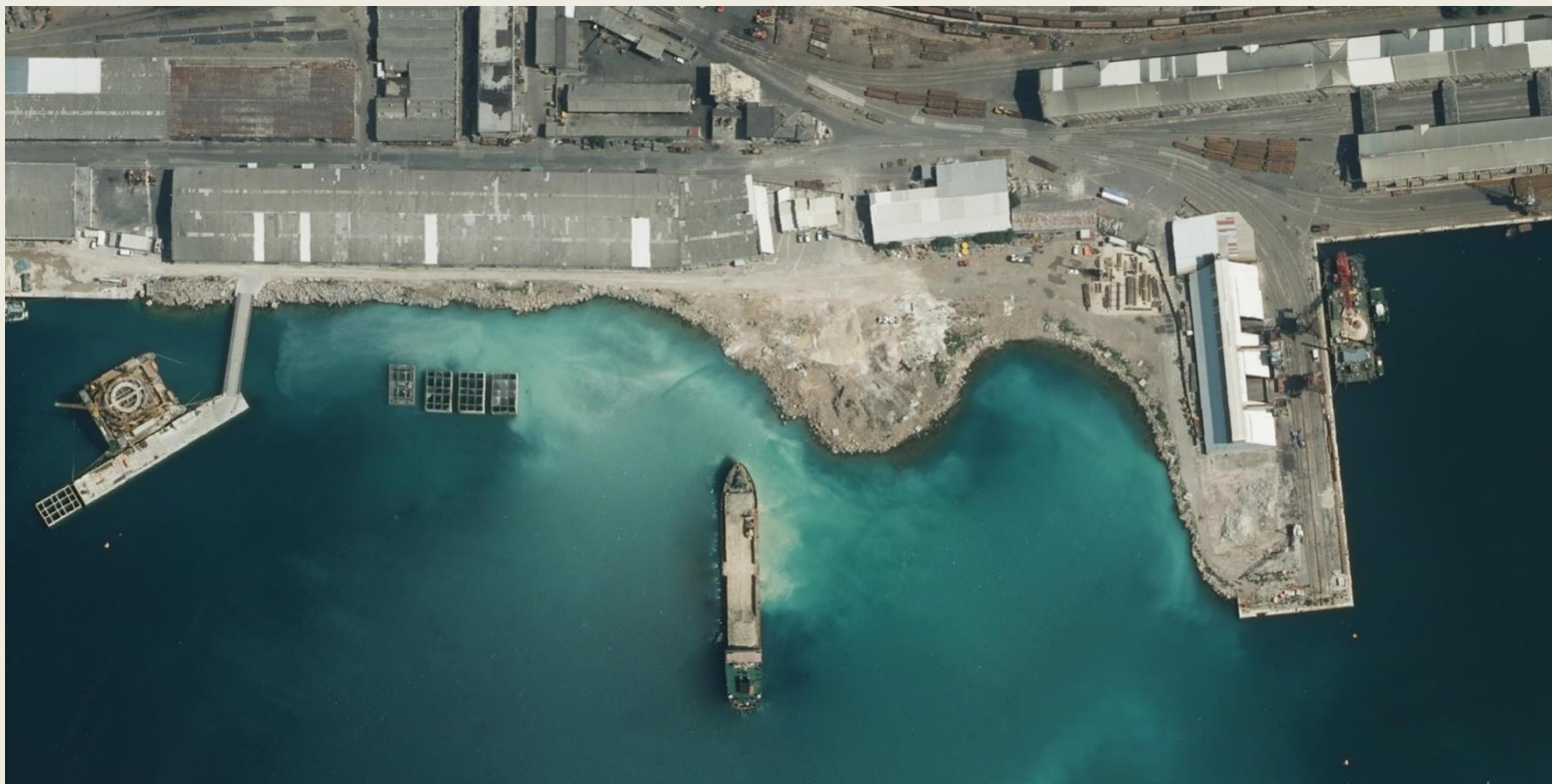
Registrirane su velike štete na kvarnerskoj obali, a u Bakru je 29.10.2018. zabilježena najviša razina mora u povijesti mjerenja, 127 centimetara iznad srednje morske razine



# SNIMKE IZ ZRAKA



# ORTO POGLED (kolovoz 2015.)





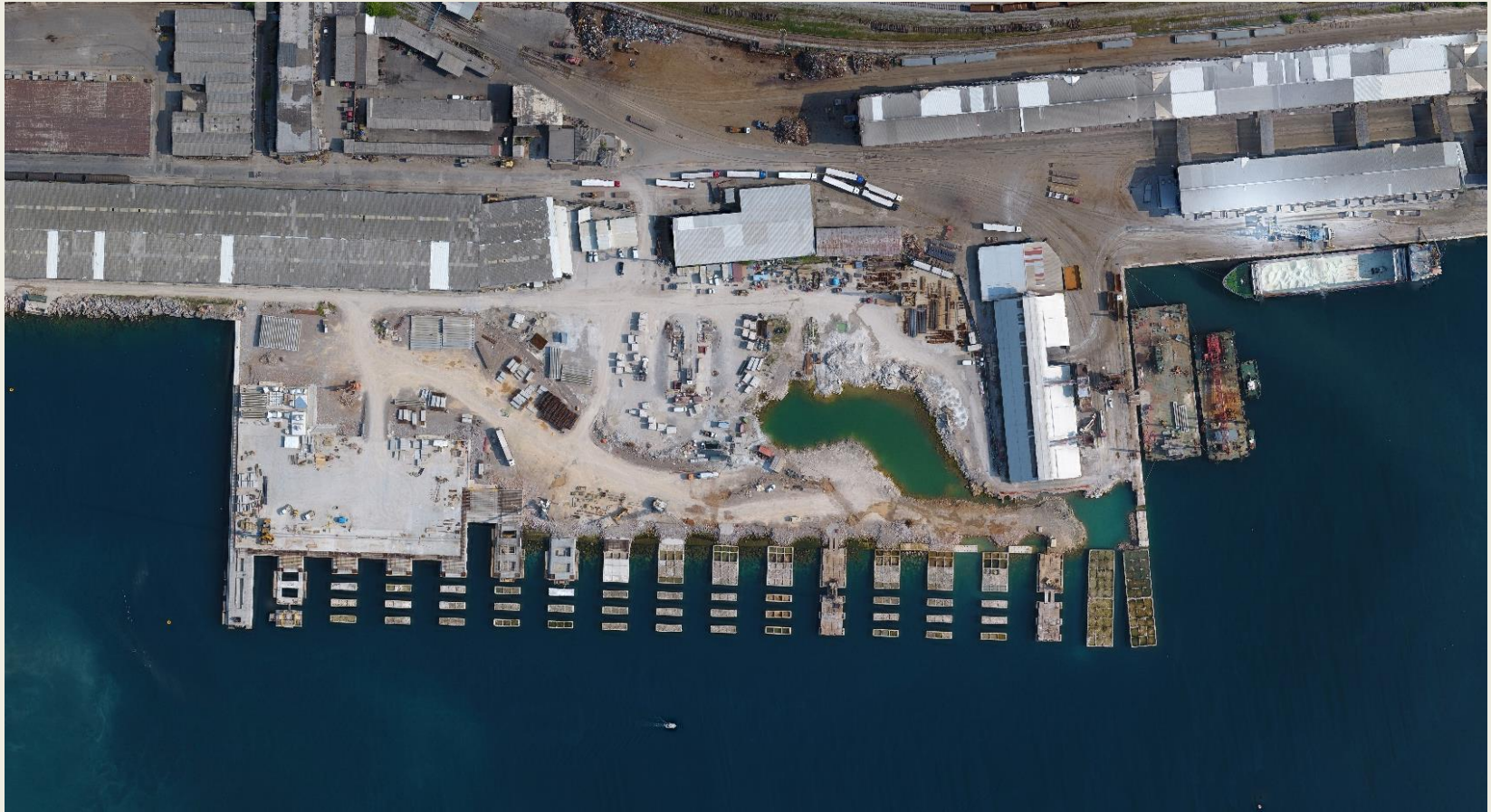
# ORTO POGLED (listopad 2016.)



# ORTO POGLED (srpanj 2017.)

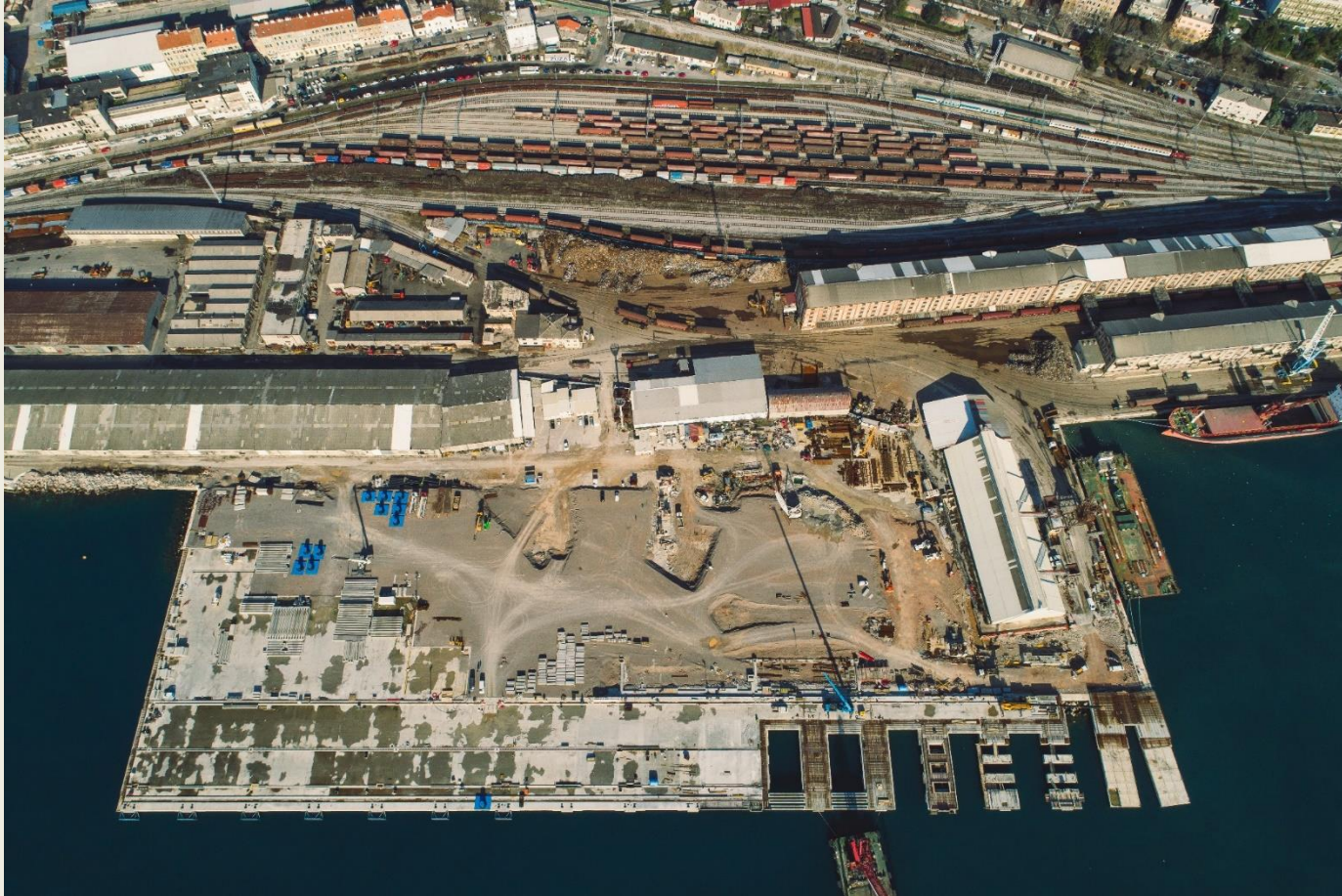


# ORTO POGLED (svibanj 2018.)



# ORTO POGLED (veljača 2019.)

OBALA PRED ZAVRŠETKOM



# ZAVRŠETAK FAZE 1 – ORTO POGLED

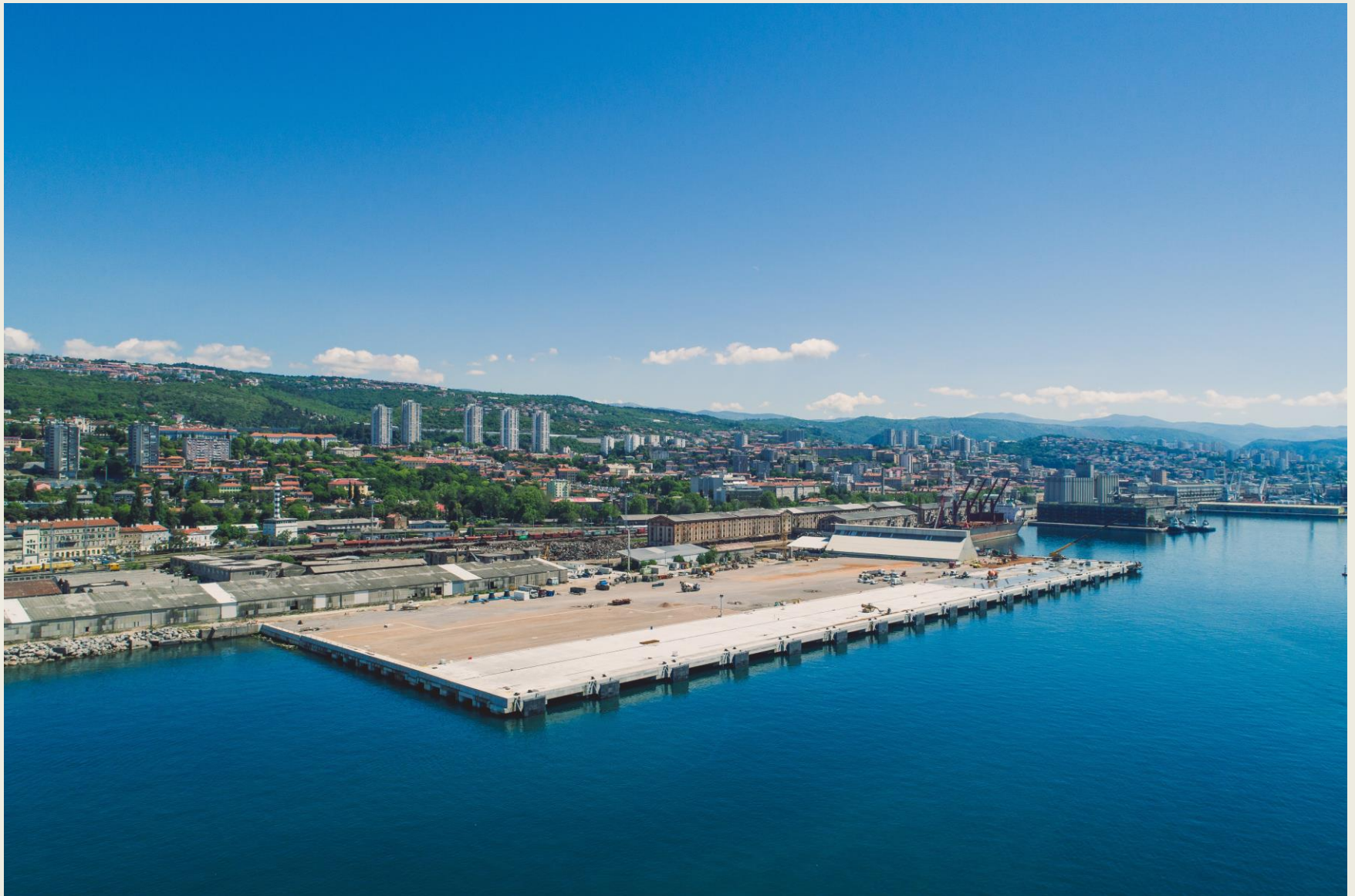
(svibanj 2019.)



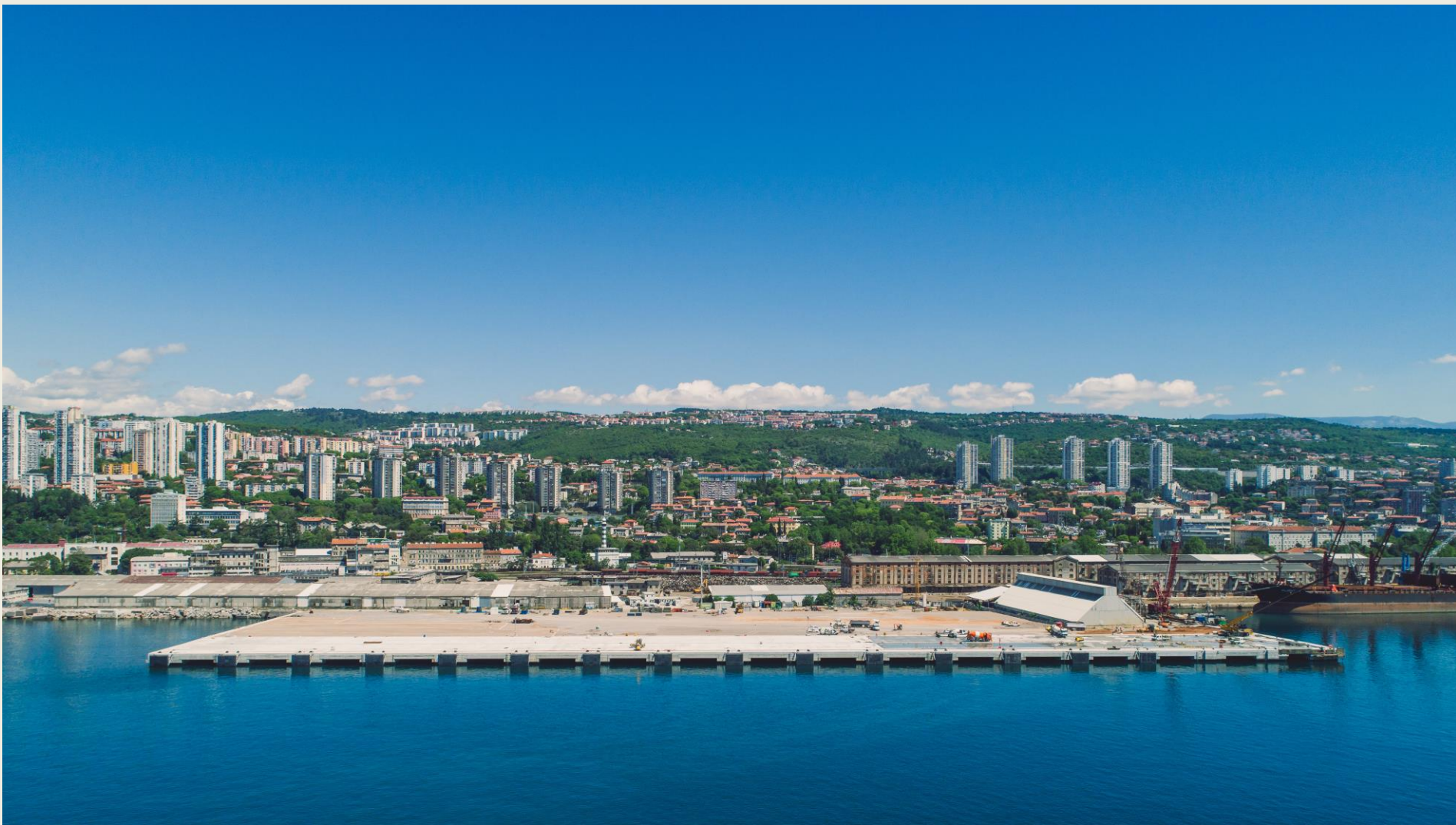
# ZAVRŠETAK FAZE 1 – POGLED SA SJEVEROZAPADA (svibanj 2019.)



# ZAVRŠETAK FAZE 1 – POGLED SA ZAPADA (svibanj 2019.)



# ZAVRŠETAK FAZE 1 – POGLED S JUGOZAPADA (svibanj 2019.)

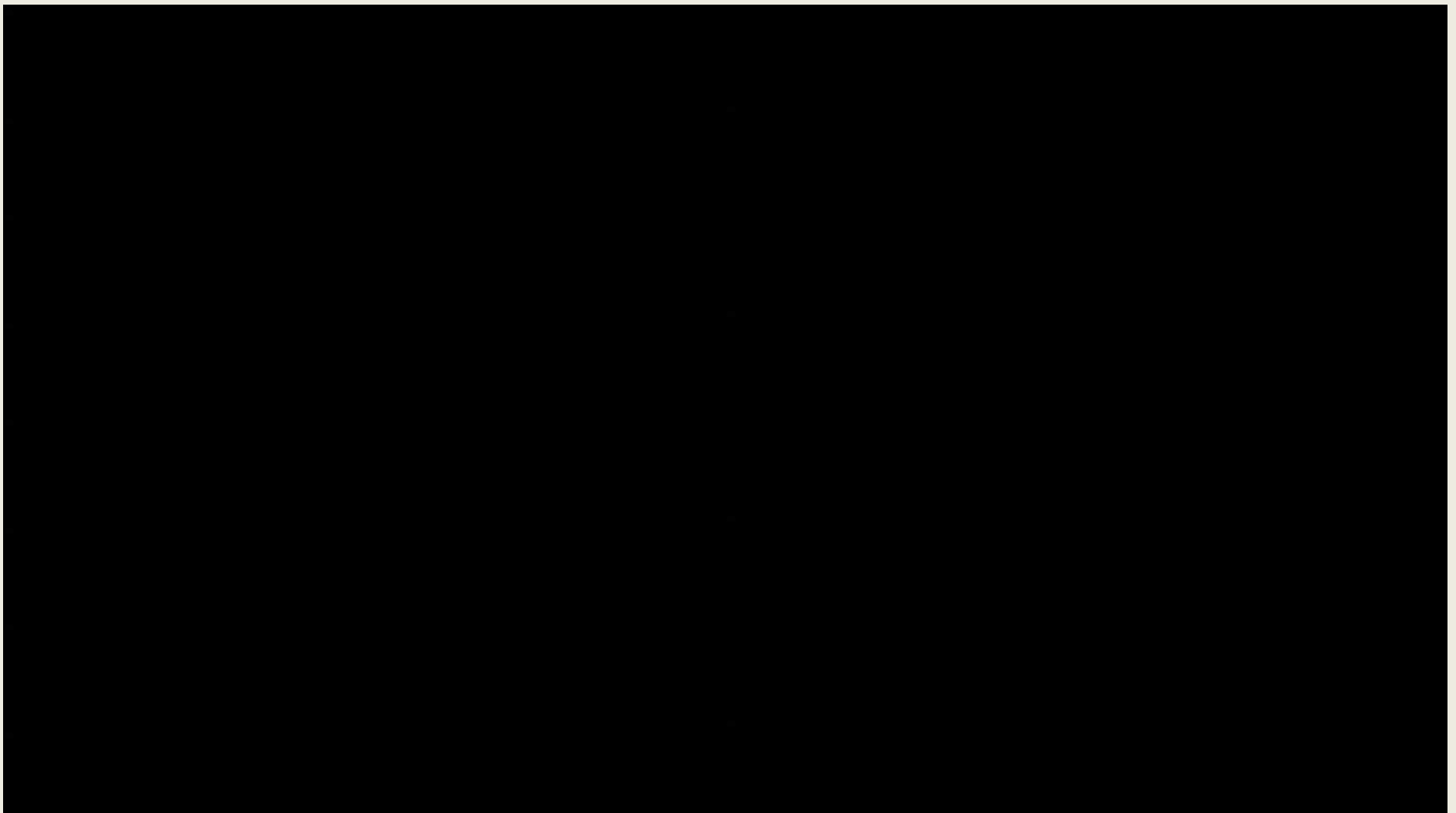




# ZAVRŠETAK FAZE 1 – POGLED S JUGOZAPADA (svibanj 2019.)



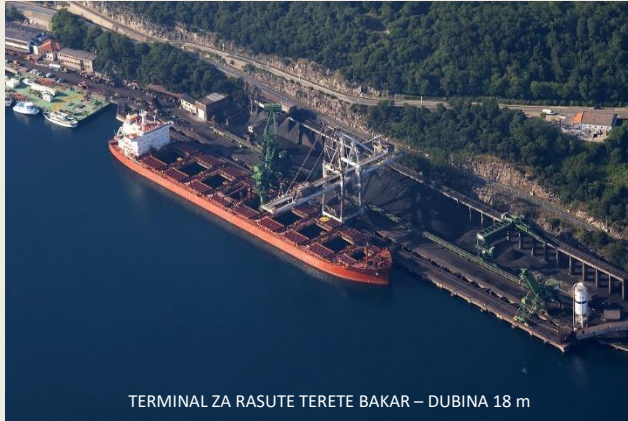
# GRADNJA



# ZA KRAJ...



# LUKA RIJEKA – „DEEP SEA PORT”



# KONTEJNERSKI TERMINAL ZAGREBAČKA OBALA

**NAZIV I VRSTA GRAĐEVINE KOJA SE GRADI:**  
KONTEJNERSKI TERMINAL "ZAGREBAČKA OBALA"  
U LUCI RIJEKA - FAZA 1

**KATASTARSKA ČESTICA:**  
3329/17, KATASTARSKA OPĆINA: STARI GRAD

**INVESTITOR:** LUČKA UPRAVA RIJEKA

**PROJEKTANT:** RENE LUSTIG, dipl.ing.građ. (glavni projektant)

**IZVOĐAČ:** GRANDI LAVORI FINCOSIT S.p.A., Rim, Italija  
NUOVA CO.ED.MAR. S.r.l., Venecija, Italija  
IMPRESA COSTRUZIONI GIUSEPPE MALTAURO S.p.A.,  
Vicenza, Italija

**STRUČNI NADZOR GRAĐENJA:**

INVESTINŽENJERING d.o.o., Zagreb, Hrvatska  
HaskoningDHV Nederland B.V., Nijmegen, Nizozemska

**GRAĐEVINSKU DOZVOLU JE IZDALO:**

MINISTARSTVO GRADITELJSTVA I  
PROSTORNOG UREĐENJA REPUBLIKE HRVATSKE

**GRAĐEVINSKA DOZVOLA:**

klasa: UP/I-361-03/14-01/38,

ur.broj: 531-06-2-1-1467-14-21

izdana 13.08.2014. i izvršna dana 13.08. 2014.

**DATUM PRIJAVE POČETKA GRAĐENJA:**

13.08.2014.



# KONTEJNERSKI TERMINAL ZAGREBAČKA OBALA

INVESTITOR:



PORT OF RIJEKA AUTHORITY

51000 Rijeka, Riva 1 Croatia

Tel.: +385 51 351 111

E-mail: rijeka.gateway@portauthority.hr

IZVOĐAČKI KONZORCIJ:



GRANDI LAVORI FINCOSIT SpA  
(Maritime Division)  
Via Fieschi, 6/13 - 16121 GENOVA (IT)  
Tel./Fax +39 010 5507 31/5531 542  
mail: glf.ge@glf.it



Nuova CO.ED.MAR Srl  
Via Banchina F - Val da Rio  
30015 Chioggia - VENEZIA (IT)  
Tel./Fax +39 041 4967 925/4967 914  
mail: estero@coedmar.it



Gruppo MALTAURO SpA  
Viale dell'Industria, 42 - 36100 VICENZA (IT)  
Tel./Fax +39 0444 3361 11/9615 41  
mail: maltauro@maltauro.com

NADZOR PROJEKTA I GRADNJE:



REVIZIJA PROJEKTA:

GRAĐEVINSKI FAKULTET ZAGREB

PROJETANTSKI KONZORCIJ:

GLAVNI PROJEKTANT



D.O.O. ZA PROJEKTIRANJE, NADZOR I IZVOĐENJE

A. Moše Albaharija 10a, HR-51000 Rijeka T. +385 51 344 250 F. +385 51 344 195  
E. rijekaprojekt@rijekaprojekt.com, www.rijekaprojekt.hr

STRANI PROJEKTANTI:



30035 Mirano VENEZIA (IT)  
Viale Belvedere 8/10  
www.fm-ingegneria.com



20090 Segrate MILANO (IT)  
Centro Direzionale Milano 2  
Palazzo Canova  
www.mwhglobal.com



4818 AB Breda (NL)  
Tramsingel 2  
www.lievense.com

HRVATSKI PROJEKTANTI:



D.O.O. ZA PROJEKTIRANJE, NADZOR I IZVOĐENJE

A. Moše Albaharija 10a, HR-51000 Rijeka T. +385 51 344 250 F. +385 51 344 195  
E. rijekaprojekt@rijekaprojekt.com, www.rijekaprojekt.hr



OpusGEO d.o.o.  
10 000 Zagreb,  
Prilaz baruna Filipovića 21



tel. 051/34 42 67  
tel. 051/32 39 10

RIJEKAPROJEKT VODOGRADNJA  
Moše Albaharija 10a  
E-mail: rpv@rjpv.hr  
51000 RIJEKA



TIJAMIRA d.o.o.  
za trgovinu i usluge  
Mate Balote 55, 51000 RIJEKA

TEH PROJEKT  
ELEKTROTEHNIKA  
d.o.o. RIJEKA  
PODUZEĆE ZA PROJEKTIRANJE, KONZALTING I  
INŽENJERING, RIJEKA

# IZGRAĐEN TERMINAL FAZA 1 – U RADU

USKORO !!!!!

PHASE 1 - GENERAL VIEW

POINT OF VIEW NR. 1

POINT OF VIEW NR. 2

POINT OF VIEW NR. 3

POINT OF VIEW NR. 4

POINT OF VIEW NR. 5

POINT OF VIEW NR. 6

**PORT OF RIBKA AUTHORITY**  
 Dubrovnik, 2018. godine  
 Tel: +385 (0) 21 321 111  
 E-mail: info@portribka.hr

**GRANDE LAVORI**  
 INGEGNERI

**COLTERRA**  
 INGEGNERI

**SALESINNO**

**CONSTRUCTION**

**F&M**

**MWH**

**Lievens**

**ZADARSKA KONTEJNERSKI PIER**  
 CONSTRUCTION - DESIGN & BUILD CONTRACT

**BIDDER'S TECHNICAL PROPOSAL**

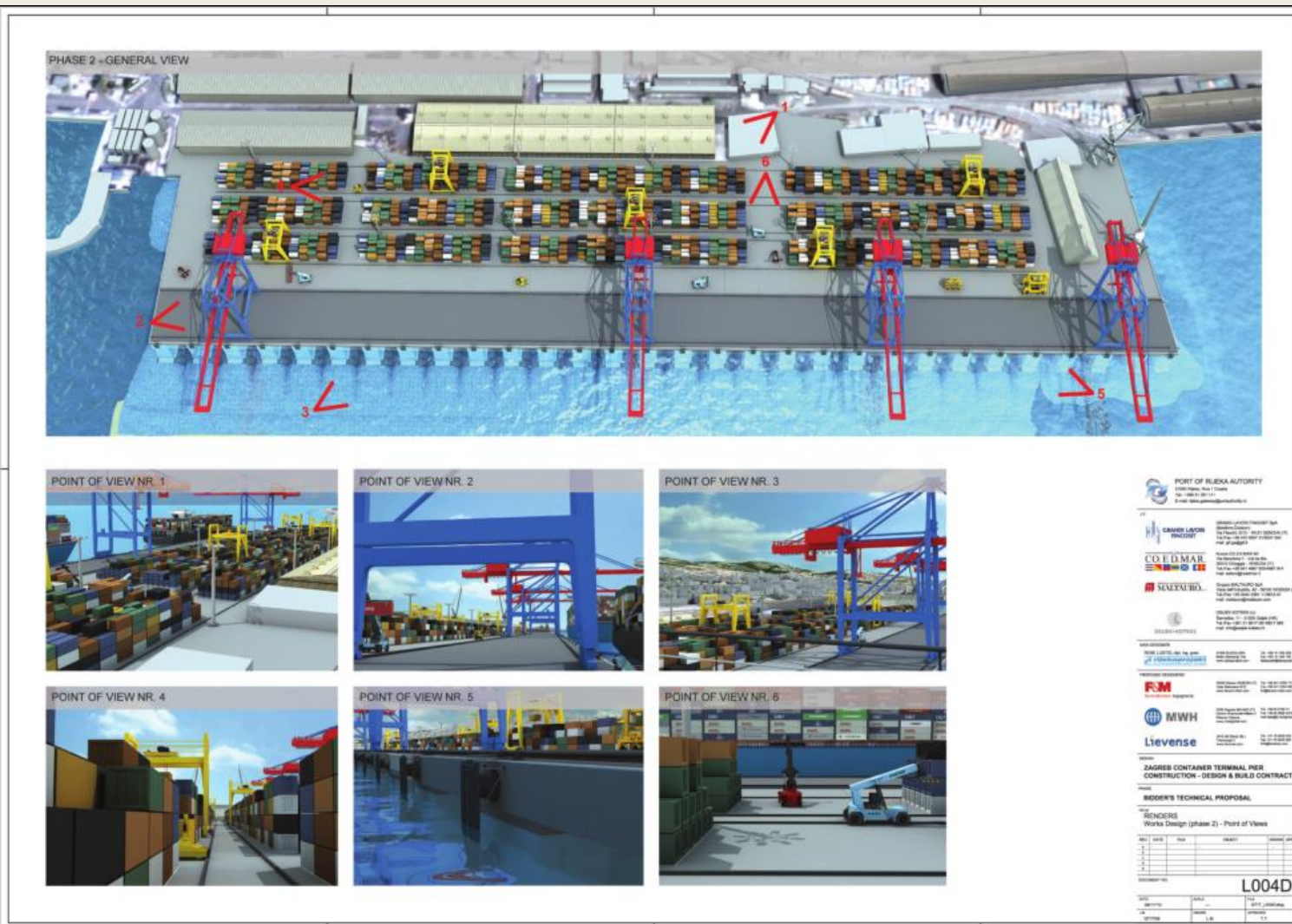
**TENDERS**  
 Works Design (phase 1) - Point of Views

NO.	DATE	REV.	REVISION	APPROVED BY
1				
2				
3				
4				
5				

**L003D**

# IZGRAĐEN TERMINAL FAZA 1+2 – U RADU

JEDNOG DANA .....





# IZGRAĐEN TERMINAL FAZA 1+2 – NOĆNI RAD

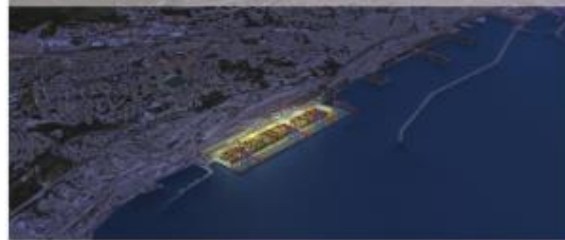
WORKS DESIGN - GENERAL NIGHT VIEW



PERSPECTIVE VIEW NR. 1



PERSPECTIVE VIEW NR. 2



PERSPECTIVE VIEW NR. 3



PERSPECTIVE VIEW NR. 4



	<b>PORT OF RUKA AUTHORITY</b> BEOGRAD, BEOGRADSKA 17 TEL: +381 11 262 00 00 E-MAIL: ruka.gama@portrukabg.rs
	BRUCKET LADDO PROJEKT d.o.o. BEOGRAD, BEOGRADSKA 17 TEL: +381 11 262 00 00 E-MAIL: ruka.gama@portrukabg.rs
	COEDMAR d.o.o. BEOGRAD, BEOGRADSKA 17 TEL: +381 11 262 00 00 E-MAIL: ruka.gama@portrukabg.rs
	STACTERO d.o.o. BEOGRAD, BEOGRADSKA 17 TEL: +381 11 262 00 00 E-MAIL: ruka.gama@portrukabg.rs
	BRODARSKA PROMET d.o.o. BEOGRAD, BEOGRADSKA 17 TEL: +381 11 262 00 00 E-MAIL: ruka.gama@portrukabg.rs
	STAD LADDO d.o.o. BEOGRAD, BEOGRADSKA 17 TEL: +381 11 262 00 00 E-MAIL: ruka.gama@portrukabg.rs
	RUM d.o.o. BEOGRAD, BEOGRADSKA 17 TEL: +381 11 262 00 00 E-MAIL: ruka.gama@portrukabg.rs
	MWH d.o.o. BEOGRAD, BEOGRADSKA 17 TEL: +381 11 262 00 00 E-MAIL: ruka.gama@portrukabg.rs
	Lievense d.o.o. BEOGRAD, BEOGRADSKA 17 TEL: +381 11 262 00 00 E-MAIL: ruka.gama@portrukabg.rs
BRODARSKA PROMET LADDO CONTAINER TERMINAL PER CONSTRUCTION - DESIGN & BUILD CONTRACT	
Project BRODARSKA PROMET TECHNICAL PROPOSAL	
By TRENDSERS Works Design - Night View	
No. 0000 / 0000 / 000000 / 000000 / 000000	
Date 09.12.2019	
Scale 1:10000	
Project L005D	
Author LJ	
Check LJ	
Date 09.12.2019	