

NASLOVNA STRAN Z OSNOVNIMI PODATKI O ELABORATU

Elaborat Dimenzioniranje povoznih površin

Investitor Luka Koper d.d.
Vojkovo nabrežje 38
6501 Koper

Objekt DEPO – terminal za prazne kontejnerje s storitvami na praznih kontejnerjih

Vrsta projektne dokumentacije Projekt za izvedbo

Za gradnjo Rekonstrukcija

Projektant Geoportal d.o.o.
Tehnološki park 21,
1000 Ljubljana

Direktor
Andrej Likar, univ. dipl. inž. grad.

Odgovorni izdelovalec elaborata Melanija Huis, univ.dipl.inž. grad., IZS G-2274

Številka, kraj in datum izdelave gp-pr-012/15
elaborata Ljubljana, februar 2015

Odgovorni vodja projekta Andrej Jan, univ.dipl.inž. grad., IZS G-2130

Številka izvoda 1 2 3 4 A

KAZALO VSEBINE ELABORATA

Dimenzioniranje povoznih površin

Vrsta elaborata ELABORAT S TEHNIČNEGA PODROČJA

Vrsta dokumentacije Projekt za izvedbo

Št.:	Dokument:	Id. oznaka:
1	Naslovna stran	S.1
2	Kazalo vsebine elaborata	S.3.2
3	Tehnično poročilo	T.1
	Priloge	P.1

TEHNIČNO POROČILO

1. SPLOŠNO

Za določitev potrebnih dimenzij konstrukcije povoznih površin na območju DEPO-ja je treba določiti merodajno skupno ekvivalentno prometno obremenitev T_n .

2. PROJEKTNE OSNOVE

Pri izdelavi elaborata dimenzioniranja konstrukcije skladiščne površine so bili upoštevani naslednji dokumenti in navodila:

- Projektna naloga za graditev objekta »DEPO – terminal za prazne kontejnerje s storitvami na praznih kontejnerjih«, Luka Koper d.d., november 2014, in dodatni predlogi Investitorja;
- Dopolnitve projektne naloge posredovane po elektronski pošti (sprememba zahtev - terminal za polne kontejnerje, 6 v višino), Luka Koper d.d., februar 2015;
- Geotehnični elaborat za pripravo skladiščne površine za širitev kontejnerskega terminala v Luki Koper na področji Techem in Les III, UL, FGG, Katedra za mehaniko tal z laboratorijem, december 2011;
- Delovne situacije in prečni prerezi DEPO – ureditev skladiščnih in prometnih površin, PNZ d.o.o., februar 2015
- Geodetski posnetek, Gemar d.o.o., januar 2015

3. PODATKI O OBSTOJEČIH POVRŠINAH

Podlago območja obstoječe skladiščne površine je tvorijo morski sedimenti na nadmorski višini 0,0 do -1,0 m. Pokriva jo umetni nasip iz grušča flišnih kamnin s peščeno glinenem meljnim vezivom, debeline 1,0 do 2,0 m; flišni nasip je dobro utrjen, kosi fliša so v povprečju velikosti do 6 cm. Nasip v povprečju leži med 0,5 in 1,0 m. Flišni nasip je prekrit s slojem apnenčeva grušča s peskom, velikosti od 0,1 do 8 cm (tampon). Apnenec je v glavnem brez glinene frakcije, na pretežnem delu terminala pa se nahaja med 1.4 in 2.1 m. Območje je asfaltirano, v debelini od 4 do 8,5 cm.



slika 1: obravnavano območje depoja

4. PODATKI O MEHANIZACIJI, KI BO V UPORABI NA OBMOČJU DEPOJA

Po podatkih pridobljenih od Investitorja bo na območju depoja na posameznih lokacijah uporabljena naslednja mehanizacija za manipulacijo kontejnerjev:

lokacija	Mehanizacija/vrsta vozila
Pralnica	Terminalski vlačilci s polprikolico Viličar s prijemalom Manipulator manjši
Pre-trip	Terminalski vlačilci s polprikolico Viličar s prijemalom Manipulator manjši
Popravljalnica	Terminalski vlačilci s polprikolico Viličar s prijemalom Manipulator manjši
Manipulativna površina ob tiru 18c	Terminalski vlačilci s polprikolico Manipulator večji
Manipulativna površina ob tiru 19	Terminalski vlačilci s polprikolico Manipulator večji
Skladiščne površine	Terminalski vlačilci s polprikolico oz. Zunanji kamioni – polprikloniki za kontejnerje Viličar s prijemalom Manipulator manjši

Geotehnični elaborat za pripravo skladiščne površine iz leta 2011 predlaga štetje prometa težkih vozil po posameznih delih terminala. Štetje ni bilo izvedeno zato za

izračun prometnih obremenitev upoštevamo oceno, da se posamezni tip vozila na istem mestu pojavi petkrat na dan, polno in prazno. Vozilo z največjo maso, ki bo vozilo na območju depoja in sicer ob železniških tirih, je manipulator z maso 83500 kg.

Upoštevana struktura prometa je sledeča:

- manjši manipulator (kot npr. SMV 4127 TB5)
- večji manipulator (kot npr. SMV 4542 TBX5)
- viličar za prazne kontejnerje (kot. npr SMV 6/7 ECB 90)
- terminalski vlačilci s polprikolicami oz. zunanji kamioni – polpriklopniki

Izračun faktorja ekvivalentnosti je podan v prilogi P.1.

Pri izračunu smo upoštevali načrtovano dobo trajanja 5 let in letno stopnjo rasti prometa 1%, kot faktor povečanja prometne obremenitve $f_{tp}=5$ ter dinamični vpliv $f_{dv}=1,08$.

Ekvivalentne prometne obremenitve T_d za posamezno lokacijo depoja so podane v preglednicah 1, 2 in 3.

$$T_D = \sum (F_{EVI} \cdot n_i)$$

F_{EVI} = faktor ekvivalentnosti vrste vozil

n_i = povprečno število vozil določene vrste na dan

vrsta vozila	število vozil n_i	faktor ekvivalentnosti F_{EVI}	število prehodov NOO
manjši manipulator	5	1576.35	7881.75
viličar za prazne kontejnerje	5	40.65	203.25
terminalski vlačilec s polprikolico oz. zunanji kamion - polpriklopnik	5	0.7607	3.80
skupaj	15	$T_d =$	8088.80

preglednica 1: T_d za lokacije pralnica, pre-trip, popravljalnica

vrsta vozila	število vozil n_i	faktor ekvivalentnosti F_{EVI}	število prehodov NOO
večji manipulator	5	2904.55	14522.75
terminalski vlačilec s polprikolico oz. zunanji kamion - polpriklopnik	5	0.7607	3.80
skupaj	10	$T_d =$	14526.55

preglednica 2: T_d za lokacije manipulativna površina ob tiru 18c in tiru 19

vrsta vozila	število vozil n_i	faktor ekvivalentnosti F_{EVi}	število prehodov N00
manjši manipulator viličar za prazne kontejnerje	5	1576.35	7881.75
terminalski vlačilec s polprikolico oz. zunanji kamion - polpriklopnik	5	0.7607	3.80
skupaj	15	$T_d =$	8088.80

preglednica 3: T_d za lokacijo skladiščne površine

Merodajna prometna obremenitev je z upoštevanjem bistvenih faktorjev podana v preglednici 4.

$$T_n = 365 \times T_d \times f_{dv} \times f_{tp}$$

lokacija	T_d	f_{dv}	f_{tp}	T_5 prehodov N00 100 kN
pralnica, pre-trip, popravljalnica man. površine ob tiru 18c in 19 skladiščne površine	8088.8	1.08	5.00	1.59E+07
	14526.55	1.08	5.00	2.86E+07
	8088.8	1.08	5.00	1.59E+07

Po izračunanem številu prehodov nominalne osne obremenitve 100 kN na dan z navedenimi predpostavkami so uvrščene v skupino izredno težke prometne obremenitve za območje manipulativnih površin ob tirih in skupino zelo težke prometne obremenitve na preostalem območju.

Pri nosilnosti podlage CBR 10% je za obravnavano območje manipulativnih površin ob tirih potrebna skupna debelina krovne plasti asfaltnih zmesi $d_k = 28$ cm in debelina plasti nevezane zmesi zrn drobljenca $d_{sn} = 35$ cm.

Pri nosilnosti podlage CBR 10% je za obravnavano območje preostalega dela površin depoja površin ob tirih potrebna skupna debelina krovne plasti asfaltnih zmesi $d_k = 24$ cm in debelina plasti nevezane zmesi zrn drobljenca $d_{sn} = 34$ cm.

5. DIMENZIONIRANJE ZGORNJEGA USTROJA

5.1 Obstoječe stanje

Po rezultatih geološko-geotehničnih raziskav je obstoječa konstrukcija sestavljena iz asfaltne plasti debeline 8 cm in iz nevezane plasti apnenčevega grušča 40-150 cm ter flišnega nasipa debelina 100-200 cm. Podlago predstavljajo morski sedimenti.

Izračun potrebnega debelinskega indeksa konstrukcije manipulativnih površin znaša:

$$D_{po} = \sum a_i \times d_i = 35 \text{ cm} \times 0,14 + 28 \text{ cm} \times 0,38 = 15,54 \text{ cm},$$

medtem ko za preostalo območje znaša:

$$D_{po} = \sum a_i \times d_i = 34 \text{ cm} \times 0,14 + 24 \text{ cm} \times 0,38 = 13,88 \text{ cm},$$

5.2 Sestava konstrukcije na območju manipulativnih površin ob tirih

Potrebna debelina voziščne konstrukcije po kriteriju zmrzovanja je 21cm. Na podlagi TSC-jev izbrane debeline posameznih izbranih plasti ter posledično preračunani debelinski indeks so podani v spodnji preglednici:

debelina (cm)	količnik ekvivalentnosti	debelinski indeks (cm)	Dpo	opis plasti
4	0.42	1.7		SMA 11 PmB 45/80-65 A2
10	0.35	3.5		AC 22 bin 45/80-65 A2
14	0.35	4.9		AC 32 base50/70 A2
20	0.2	4.0		cementna stabilizacija drobljenec D32 NNP
15	0.14	2.1		tamponski drobljenec D32
		16.2	>15.54	ustreza
*				kamnita greda (izboljšana temeljna tla, izravna)
63				skupaj debelina; ustreza kriteriju zmrzovanja

preglednica 3: izračunani debelinski indeksi po TSC za manipulativne površine ob tirih

Ne glede na zgoraj predstavljen običajen uveljavljen postopek dimenzioniranja voziščnih konstrukcij smo na željo Investitorja preverili možnost izvedbe tanjših asfaltnih plasti na račun izvedbe debelejših spodnjih vezanih plasti v obliki cementne stabilizacije. Po podatkih Investitorja so bile na območju Luke Koper v preteklosti že uspešno izvedene voziščne konstrukcije z alternativnimi rešitvami sestave. Tako lahko na podlagi izračuna debelinskega indeksa ter na podlagi debelin slojev povzetih iz že izdelanih projektov na območju Luke Koper predlagamo naslednje plasti:

debelina (cm)	količnik ekvivalentnosti	debelinski indeks (cm)	Dpo	opis plasti
4	0.42	1.7		SMA 11 PmB 45/80-65 A2
12	0.35	4.2		AC 32 base50/70 A2
20	0.2	4.0		cementna stabilizacija drobljenec D32 - uporaba rezkanega in izkopanega materiala - asfalti in tampon
20	0.2	4.0		cementna stabilizacija drobljenec D32 NNP
15	0.14	2.1		tamponski drobljenec D32
		16.0	>15.54	ustreza
*				kamnita greda (izboljšana temeljna tla, izravnava)
71				skupaj debelina; ustreza kriteriju zmrzovanja

preglednica 4: predlagane plasti in izračun debelinskega indeksa za manipulativne površine ob tirih

Glede na obstoječe stanje razbrano iz Geodetskega posnetka je kota tirnic v povprečju na +2,30 m. Kote terena so med +1,20 do +1,60 m.

Gredo se lahko vgrajuje v sloje, ki so debelejši od 30 cm, torej povsod, kjer je kota sedanjega terena +2,30m - 0,71m - 0,3m = 1,29m ali nižje in jo vgradimo do kote +1,59m. Na preostalem delu terena za izravnavo uporabimo tampon, ki ga vgradimo do kote +1,59 m.

Kjer je sedanja asfaltna površina na kotah nad koto +1,59 m, se teren do te kote odstrani, utrdi planum, položi filtrni geosintetik in vgradi tamponsko plast ter vezane nosilne plasti. Obstoječe asfaltne plasti so debele do največ 7 cm in niso ustrezne za prometne obremenitve, ki nastanejo pri pretovoru zabojnikov.

5.3 Sestava konstrukcije na območju pralnice, pre-tripa, skladiščnih površin

Potrebna debelina voziščne konstrukcije po kriteriju zmrzovanja je 21cm. Na podlagi TSC-jev izbrane debeline posameznih izbranih plasti ter posledično preračunani debelinski indeks so podani v spodnji preglednici:

debelina (cm)	količnik ekvivalentnosti	debelinski indeks (cm)	Dpo	opis plasti
4	0.42	1.7		SMA 11 PmB 45/80-65 A2
10	0.35	3.5		AC 22 bin 45/80-65 A2
10	0.35	3.5		AC 22 base50/70 A2
19	0.2	3.8		cementna stabilizacija drobljenec D32 NNP
15	0.14	2.1		tamponski drobljenec D32
		14.6	>13.88	ustreza
*				kamnita greda (izboljšana temeljna tla, izravna)
58				skupaj debelina; ustreza kriteriju zmrzovanja

preglednica 5: izračunani debelinski indeksi po TSC za območje pre-tripa, pralnice, skladiščnih površin

Ne glede na zgoraj predstavljen običajen uveljavljen postopek dimenzioniranja voziščnih konstrukcij smo na željo Investitorja tudi na tem območju preverili možnost izvedbe tanjših asfaltnih plasti na račun izvedbe debelejših spodnjih vezanih plasti v obliki cementne stabilizacije. Tako podlagi izračuna debelinskega indeksa ter na podlagi debelin slojev povzetih iz že izdelanih projektov na območju Luke Koper predlagamo naslednje plasti:

debelina (cm)	količnik ekvivalentnosti	debelinski indeks (cm)	Dpo	opis plasti
4	0.42	1.7		SMA 11 PmB 45/80-65 A2
12	0.35	4.2		AC 32 base50/70 A2
18	0.2	3.6		cementna stabilizacija drobljenec D32 - uporaba rezkanega in izkopanega materiala - asfalti in tampon
15	0.2	3.0		cementna stabilizacija drobljenec D32 NNP
15	0.14	2.1		tamponski drobljenec D32
		14.6	>13.88	ustreza
*				kamnita greda (izboljšana temeljna tla, izravnava)
64				skupaj debelina; ustreza kriteriju zmrzovanja

preglednica 6: predlagane plasti in izračun debelinskega indeksa za območje pre-tripa, pralnice, skladiščnih površin

Glede na obstoječe stanje razbrano iz Geodetskega posnetka je kota tirnic v povprečju na +2,30 m. Kote okoliškega terena so med +1,20 do +1,60 m.

Gredo se lahko vgrajuje v sloje, ki so debelejši od 30 cm, torej povsod, kjer je kota sedanjega terena +2,30m - 0,64m - 0,3m = 1,36m ali nižje in jo vgradimo do kote

+1,66m. Na preostalem delu terena za izravnavo uporabimo tampon, ki ga vgradimo do kote +1,66 m.

Kjer je sedanja asfaltna površina na kotah nad koto +1,66 m, se teren do te kote odstrani, utrdi planum, položi filtrni geosintetik in vgradi tamponsko plast ter vezane nosilne plasti. Obstoječe asfaltne plasti so debele do največ 7 cm in niso ustrezne za prometne obremenitve, ki nastanejo pri pretovoru zabožnikov.

6. KLIMATSKI IN HIDROLOŠKI POGOJI

Hidrološki pogoji na območju so ugodni. Na obravnavanem odseku podlago konstrukcije lahko smatramo kot zmrzlinško odporno (utrjen gruščnati in flišni nasip).

Tako pri ugodnih hidroloških pogojih in odpornih materialih, minimalna potrebna debelina voziščnih konstrukcij za globino prodiranja mraza $h_m = 30$ cm znaša:

$$h_{\min} \geq 0,7 h_m = 21 \text{ cm}$$

sestavila: Melanija Huis, univ.dipl.inž.grad.

teško tovorno					
obremenjenost vozila	sprednja os		zadnja os		
	L ₁ (kN)	FE ₁	L ₂ (kN)	FE ₂	
prazno	40	0.01157	50	0.01854	
polobremenjeno	60	0.05859	85	0.15484	
polno	80	0.18518	120	0.61508	
	struktura (%)				
prazno	25	0.002893		0.004635	
polobremenjeno	25	0.014648		0.038710	
polno	50	0.092590		0.307539	
skupaj		0.110132		0.350883	
			FEV=	0.46101	
	f0	0.4521			
	f02	0.3235			
	fk1	1			
	fk2	0.9			
	fk3	0.97		OK	

teško tovorno s prikolic							
obremenjenost vozila	sprednja os		zadnja os		zadnja os		
	L ₁ (kN)	FE ₁	L ₂ (kN)	FE ₂	L ₃ (kN)	FE ₂	
prazno	40	0.00759	40	0.00543	20	0.00052	
polobremenjeno	70	0.07122	70	0.05096	35	0.00485	
polno	100	0.29662	100	0.21225	50	0.02022	
	struktura (%)						
prazno	25	0.001898		0.001358		0.000129	
polobremenjeno	25	0.017805		0.012740		0.001214	
polno	50	0.148311		0.106124		0.010109	
skupaj		0.168015		0.120223		0.011452	
				FEV=	0.299690 prikolica		
	f0	0.4521		FEV=	0.461015 vlečno vozilo		
	f02	0.3235		FEV=	0.76070 skupaj		
	fk1	1					
	fk2	0.9					
	fk3	0.97			OK		

manjši manipulator						f0=0.4521, fk=0.9		f0=0.4521, fk=1		dvojna kolesa na prvi c	
obremenjenost vozila	sprednja os		zadnja os		zadnja os		zadnja os				
	L ₁ (kN)	FE ₁	L ₂ (kN)	FE ₂	L ₃ (kN)	FE ₂	L ₄ (kN)	FE ₂			
prazno L1	375	58.65832	310	41.75238							
prazno L2	420	92.30000	265	22.29554							
polno L1	965	2572.25369	130	1.29124							
polno L2	886	1827.84528	69	0.10248							
polno	881	1786.93263	214	9.48177							
	struktura (%)										
prazno L1	12.5	7.332290		5.219048							
prazno L2	12.5	11.537500		2.786943							
polno L1	25	643.063421		0.322811							
polno L2	25	456.961321		0.025620							
polno	25	446.733157		2.370444							
skupaj	100	1565.627689		10.724864							
				FEV=	1576.35255						
	f0	0.4521									
	f02	0.3235									
	fk1	1									
	fk2	0.9									
	fk3	0.97			OK						

vežji manipulator		f0=0.4521, fk=0.9		f0=0.4521, fk=1	
obremenjenost vozila		sprednja os		zadnja os	
		L ₁ (kN)	FE ₁	L ₂ (kN)	FE ₂
prazno L1		420	92.30000	415	87.98263
prazno L2		464	137.49170	371	56.19532
prazno L3		519	215.21571	316	29.57692
polno L1		1044	3523.76177	130	0.84718
polno L2		1160	5370.76935	950	2416.01133
polno L3		999	2954.38097	760	989.59824
polno		948	2395.73013	337	38.25817
	struktura (%)				
prazno L1	12		11.076000		10.557915
prazno L2	12		16.499003		6.743439
prazno L3	12		25.825886		3.549230
polno L1	16		563.801883		0.135550
polno L2	16		859.323096		386.561812
polno L3	16		472.700956		158.335718
polno	16		383.316820		6.121307
skupaj	100		2332.543644		572.004971
				FEV=	2904.54861
	f0	0.4521			
	f02	0.3235			
	fk1	1			
	fk2	0.9			
	fk3	0.97			OK

viličar		f0=0.4521, fk=0.9		f0=0.4521, fk=1	
obremenjenost vozila		sprednja os		zadnja os	
		L ₁ (kN)	FE ₁	L ₂ (kN)	FE ₂
prazno		251	11.77333	128	0.79624
polno		390	68.62194	78	0.10980
	struktura (%)				
prazno	50		5.886667		0.398120
polno	50		34.310969		0.054898
skupaj	100		40.197635		0.453018
				FEV=	40.65065
	f0	0.4521			
	f02	0.3235			
	fk1	1			
	fk2	0.9			
	fk3	0.97			OK