CESTAL, INŽENIRING IN SVETOVANJE, D.O.O.
Podpeška cesta 209, Vnanje Gorice
1351 Brezovica pri Ljubljani
MOBI: 041 665 271
E-mail: cestal.doo@gmail.com

GEOMEHANSKO POROČILO:	o sestavi tal, temeljenju, odvodnji meteornih vod in erozijskih razmerah pri gradnji športne dvorane pri osnovni šoli Brezovica
Lokacija:	Osnovna šola Brezovica
Naročnik:	Občina Brezovica Tržaška cesta 390 1351 Brezovica
Kontaktna oseba:	
Naročilo/pogodba:	e-mail naročilo
Številka poročila:	538/2023-CE
Datum:	03.09.2023

Pripravil: **Ciril Erbežnik**, univ. dipl. inž. grad.

Direktor: **Gregor Erbežnik**

Poročilo se sme reproducirati samo v celoti. Rok za reklamacije je 15 dni od izdaje poročila. Skupno število strani: 39 ; Priloga:28
Družba je registrirana pri Okrožnem sodišču v Ljubljani pod št.: Srg 2008/17272 Matična številka: 3314766000 Davčna številka:71059610
TRR odprt pri *Novi Ljubljanski banki d.d.* Ljubljana: 02053-0257167266, IBAN: SI56 0205 3025 7167 266

1. UVOD

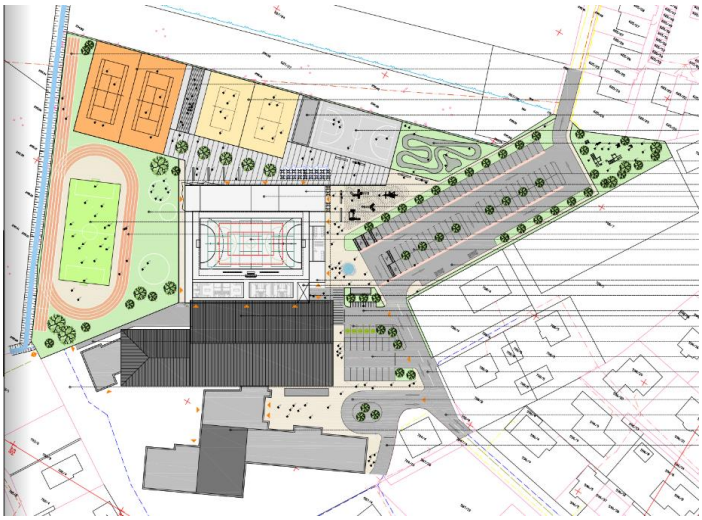
Po naročilu investitorja, Občina Brezovica, smo izdelali geomehansko poročilo o sestavi tal, temeljenju,odvodnji meteornih vod in erozijskih razmerah za gradnjo športne dvorane pri osnovni šoli Brezovica.
Skladno s SIST EN 1997-1 Evrokod 7: Geotehnično projektiranje – Del 1 : Splošna pravila (EC7) lahko uvrstimo objekt v geotehnično kategorijo 2. Geotehnična kategorija 2 vključuje običajne vrste konstrukcij, brez prevelikih tveganj in neobičajnih ali posebno težkih razmer v tleh ali obtežnih pogojev. Zahtevani so obsežnejši geotehnični podatki in analize. Pri tem se lahko uporabijo običajni postopki za terenske in laboratorijske preiskave.
Za natančnejšo ugotovitev karakteristik zemljine sta bilI na lokaciji gradnje izvedeni dve geomehanski vrtini, dolžine po 15 m in ena preiskava CPTu sondiranja dolžine 20 m.



Slika 1: Orto foto prikaz lokacije

2. PROJEKTNE OSNOVE

Naročnik nam je posredoval situativni prikaz izgradnje športnega parka.



Slika 2: Situativni prikaz zasnove športnega parka

3. TERENSKA RAZISKOVALNA DELA

3.1 Sondažno vrtanje

Raziskovalno vrtanje je izvedlo podjetje Geodrill d.o.o.. Vrtanje je potekalo rotacijsko, na suho in z jedrovanjem. Sondažno vrtanje se je izvajalo v juliju 2023. V vsaki vrtini so bile izvedene tri preiskavi SPT. Po opravljenem vrtanju je bila popisana sestava jedra, izveden geodetski posnetek ustja vrtin, napravljena fotodokumentacija, izmerjen nivo podtalnice in odvzet vzorec za laboratorijsko preiskavo stisljivosti. V obeh vrtinah se je voda po končanem vrtanju ustalila na globini 0,7 m pod vrhom, sicer pa se je pri vrtanju pojavila nekoliko nižje, na globini 2 m, kar pomeni, da je nekoliko pod arteškim pritiskom.
Koordinate vrtin

	X (m)	Y (m)	Z (m)
V1	454448,36	97664,46	295,86
V2	454429,53	97646,29	295,62



Slika 3: Sestava tal v vrtini V1



Slika 4: Sestava tal v vrtini V2

3.1.1 Standardni penetracijski preiskusi

S standardnimi penetracijskimi preizkusi (SPT) ocenjujemo gostotno stanje praviloma nevezanih zemljin ter določamo strižne karakteristike ter module stisljivosti tal (Young-ov

modul E). Rezultate terenskih preiskav podajamo v obliki števila N. N je število udarcev, potrebnih, da se penetracijska igla zabije 30,5 cm globoko. V kolikor se s 60 udarci igla ne zabije 30,5 cm je podana globina ugreza pri 60 udarcih, kar imenujemo penetrabilnost in označimo s P.

Rezultati SPT so bili korigirani v skladu s standardom SIST EN ISO 22476-3:2005, rezultati so vrednoteni skladno s EN 1997-2 (Evrokod 7, 2. del). Najprej se reducira število udarcev, da se dobi normirano število udarcev, potem se na podlagi korelacije med indeksom gostote in normiranega števila udarcev izvrednoti ustrezni strižni kot φ'. Pri vrednotenju rezultatov smo upoštevali koeficient korekcijskega prenosa energije (k_{60} oziroma $E_r/60$), ki nam ga je podal lastnik vrtalne garniture k_{60} = 0,85.

gostota	zelo rahlo	rahlo		srednje		gosto	zelo gosto
$(N_1)_{60}$	0	3	8	15	25	42	58
D_r (%)	0	15	35	50	65	85	100
φ (°)		28	30	33	36	41	44

Tabela 1: Vrednotenje rezultatov dinamične standardne penetracije

Vrtina	H(m)	N_{mer}	γ (kN/m³)	σ´	C_N	λ	κ	$(N_1)_{60}$	Strižni kot φ°	Gostotno stanje
V1	2	3	19	18	1,37	0,75	0,85	2,6		zelo rahlo
V1	4,2	3	19	37,8	1,26	0,85	0,85	2,7		zelo rahlo
V1	15	7	19	135	0,90	1,0	0,85	5,4		rahlo
V2	2	3	19	18	1,37	0,75	0,85	2,6		zelo rahlo
V2	5,1	3	19	45,9	1,22	0,85	0,85	2,6		zelo rahlo
V2	12	15	19	108	0,97	1,0	0,85	12,4	32	srednje gosto

3.2 Preiskava CPTu

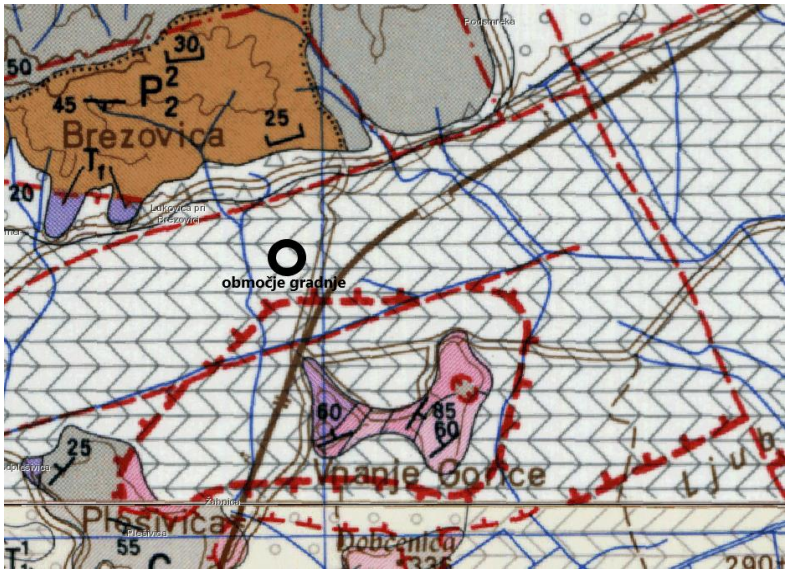
S preiskavo CPTu je ugotovljeno, da se pod zgornjo plastjo težko gnetne gline, ki je nekoliko prekonsolidirana, nahaja debelejša plast gline in melja z vmesnimi plastmi peska, ki ugodno vplivajo na konsolidacijo. Na globini 10,4 m se pojavi plast peska in proda, ki sega do globine 12,1 m. Sledijo glineno meljne plasti v težkognetnem stanju do globine 19,1 m. Do končne globine preiskave, 20 m, je v glini zaznana prisotnost grušča ali peska.

Karakteristike posameznih slojev

Opis plasti	Modul stisljivosti (MPa)	Strižni kot (°)	Nedrenirana strižna trdnost (kPa)	Koeficient vodoprepustnosti (m/s)
Glina in melj (0,0m-2,0m)	**4,5**		**54**	**$1,9*10^{-7}$**
Glina in melj z vložki peska (2,0m-10,4m)	**2,95**		**36**	**$2,5*10^{-7}$**
Pesek s prodom (10,4m-12,1m)	**42,5**	**36**		**$2,5*10^{-5}$**
Glina in melj (12,1m-19,1m)	**5,5-8,6**		**56-96**	**$7*10^{-8}$ - $7*10^{-9}$**
Glina z gruščem	**15,6**		**131**	**$1,7*10^{-7}$**

4. INŽENIRSKO GEOLOŠKE RAZMERE IN OBLIKA POVRŠJA

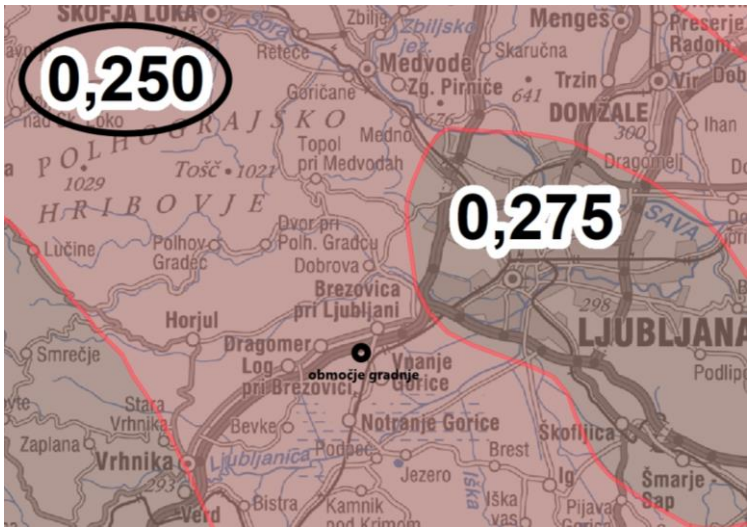
Obravnavana lokacija se nahaja na severnem robu Ljubljanskega barja, na območju mešanja barjanskih sedimentov z aluvialnimi nanosi. Teren je raven in v tleh prevladujejo kvartarni aluvialni nanosi peščenih plasti, v menjavanju s plastmi meljne gline. Sestava tal na obravnavanem področju ni tipično barjanska.
Talna voda niha z količino padavin in se nahaja plitvo pod površjem.



Slika 5: Izsek iz osnovne geološke karte za obravnavano lokacijo

5. SEIZMIČNOST TERENA

Na osnovi geološke karte in izvedenih preiskav ocenjujemo, da se tla uvrščajo v razred E. To pomeni, da površinska aluvialna plast debeline med 5 m do 20 m z vrednostmi hitrosti strižnega valovanja, ki ustrezajo tipom tal C in D, leži na bolj togem materialu z hitrostjo strižnega valovanja večjo od 800 m/s.
Pospešek tal je določen za povratno dobo 475 let, ki ustreza 90 % verjetnosti, da vrednost ne bo presežena v 50 letih, kar je predvidena življenjska doba navadnih objektov. Povratna doba je povprečen čas med prekoračitvami vrednosti pospeška tal na dani lokaciji. Vrednost pospeška tal velja za tla tipa A oz. trdna tla. Po EC8 je tip tal A skala ali druga geološka formacija, v kateri je hitrost strižnega valovanja vsaj 800 m/s in na kateri je največ 5 m slabšega površinskega materiala. Za druge tipe tal je treba pospešek tal pomnožiti z ustreznim koeficientom tal S. Obravnavano področje spada v območje z vrednostjo končnega projektnega pospeška tal a_g = 0,25g x 1,7 = 0,425g



Slika 6: Karta projektnih pospeškov tal za obravnavano območje

6. LABORATORIJSKE PREISKAVE

Odvzet je bil vzorec materiala za določitev modula stisljivosti. Rezultati preiskave so podani v prilogi .

7. MEJNO STANJE NOSILNOSTI

Na podlagi terenskih meritev so ocenjene strižne karakteristike zemljin pod objektom. Pri izračunu dopustnih obremenitev temeljnih tal upoštevamo sledeče karakteristike zemljine v katero bo temeljen objekt:

Plitvo temeljenje

strižni kot $\varphi = 27°$, kohezija $c = 0$, prostorninska teža tal $\gamma = 19\ kN/m^3$.

Izračun mejnega stanja nosilnosti izkazuje sledeče stanje:

$\gamma_{R;v} = 1,4$

$N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan \varphi = 12,41$

$N_q = e^{\Pi \tan \varphi} \tan^2 (45 + \varphi/2) = 13,18$

$q' = \gamma.d = 8\ kN/m^3 . 1,5\ m = 12\ kN/m^2$

- oblik temelja (temeljna plošča B:L =1:1)

$s_\gamma = 1 - 0,3\ (B/L) = 0,7 \quad s_q = 1 + (B/L) \sin \varphi = 1,48$

- nagib obtežbe

$i_\gamma = i_q = 1$

- nagib temeljne ploskve

$b_\gamma = b_q = 1$

$R/A' = (\gamma/2.B'. N_\gamma.b_\gamma.s_\gamma.i_\gamma + q'.N_q.s_q.b_q.i_q)$

$R_d/A' = (34,7\ kN/m^2 + 234,1\ kN/m^2) / 1,4$

$R_d/A' = 192,0\ kN/m^2$

Projektne napetosti na stiku temeljev in temeljnih tal naj ne presegajo $100\ kN/m^2$.

Modul reakcije tal

Vertikalni modul reakcije temeljnih tal je ocenjen na 2 MN/m^3.

Posedki

a) Velikost posedkov za plitvo temeljenje izračunamo na osnovi predpostavljene maksimalne obtežbe na stiku točkovnih temeljev in temeljnih tal **100 kN/m^2** in dimenziji temelja 3 m x 3 m

Izračun po Steinbrennerju

$q = q_{obj...} = 100$ kN/m^2

a/b = 1, b = 1,5 m

		4*$\Delta\sigma_z/q$			
kN/m^2	z (m)	z/b	$\Delta\sigma_z/q$	$\sum\Delta\sigma_z/q$	$\Delta\sigma_z$(kN/m^2)
NASIP Ms=40000	0,0	0	0,25	1,0	100
	0,5	0,33	0,245	0,98	98
	1,0	0,67	0,215	0,86	86
CL/ML Ms=3000	5,7	3,8	0,03	0,12	12
	10,4	6,9	0,01	0,04	4
GP/SU Ms=42500	11,25	7,5	0,008	0,032	3,2
	12,1	8,07	0,007	0,028	2,8
CL Ms=7000	15,6	10,4	0,005	0,02	2
	19,1	12,7	0,003	0,012	1,2
CL/GP Ms=15600	19,55	13,0	0,002	0,008	0,8
	20	13,3	0,002	0,008	0,8

$U_{nasip} = 0,002$m, $U_{CL/ML} = 0,092$m, $U_{GP/SU} = 0,000$ m, $U_{CL} = 0,002$ m, $U_{GP} = 0,000$ m

$U_{končni} = 0,096$ m

b) Velikost posedkov za plitvo temeljenje izračunamo na osnovi predpostavljene maksimalni obtežbe na stiku točkovnih temeljev in temeljnih tal **150 kN/m^2** in dimenziji temelja 3 m x 3 m

Izračun po Steinbrennerju

$q = q_{obj...} = 150$ kN/m^2

a/b = 1, b = 1,5 m

		4*$\Delta\sigma_z/q$			
kN/m^2	z (m)	z/b	$\Delta\sigma_z/q$	$\sum\Delta\sigma_z/q$	$\Delta\sigma_z$(kN/m^2)
NASIP Ms=40000	0,0	0	0,25	1,0	150
	0,5	0,33	0,245	0,98	147
	1,0	0,67	0,215	0,86	129
CL/ML Ms=3000	5,7	3,8	0,03	0,12	18
	10,4	6,9	0,01	0,04	6
GP/SU Ms=42500	11,25	7,5	0,008	0,032	4,8
	12,1	8,07	0,007	0,028	4,2
CL Ms=7000	15,6	10,4	0,005	0,02	3
	19,1	12,7	0,003	0,012	1,8
CL/GP Ms=15600	19,55	13,0	0,002	0,008	1,2
	20	13,3	0,002	0,008	1,2

U_{nasip} = 0, 004m, $U_{CL/ML}$= 0, 134m, $U_{GP/SU}$ = 0,000 m, U_{CL} = 0,004 m, U_{GP} = 0,000 m

$U_{končni}$ = 0,142 m

Globoko temeljenje

Pri izračunu upoštevamo sledeče vhodne vrednosti:
Piloti segajo v prodno peščeno plast. Pri računu projektne odpornosti je upoštevan odpor na konici in po plašču. Pri izračunu upoštevamo strižni kot peščeno prodne plasti φ = 33°.

Betonski piloti
Nosilnost po plašču
Piloti bodo nosili po plašču in na konico. Pri izračunu nosilnosti upoštevamo strižni kot zemljine φ = 25° in dolžino pilotov l = 12 m.
Nosilnost ob plašču v koherentnih zemljinah je izražena z enačbo:

$q_s = K_0 . 0,5.\sigma'_v . \tan\varphi'$
$K_0 = 1- \sin\varphi' = 0,63$
$\sigma'_v = h . \rho' = 96$
$q_s = 12,12$ kN/m^2
$R_{s;k} = q_s . A_s$

Nosilnost na konico
Strižni kot prodnega sloja, v katerega bodo segli piloti je ocenjen s strižnim kotom φ = 32°.
$q_b = N_q . \sigma'_v$
$\sigma'_v = h . \rho' = 96$
$N_q = 49$
$q_b = 4704$ kN/m^2
$R_{b;k} = q_b . A_b$

Celotni karakteristični odpor pilota
$R_{c;k} = R_{s;k} + R_{b;k}$
Celotni projektni odpor pilota
$\mathbf{R_{c;d}} = R_{c;k} / (\gamma_{R;c} . \gamma_M)$

Premer pilota (m)	$R_{c;d}$ (kN)
0,6	**1121**
0,8	**1908**
1,0	**2901**
1,2	**4102**

8. ODVAJANJE METEORNE VODE

Raščena tla so zelo slabo prepustna in odvodnja meteornih vod v podtalje ni možna.
Meteorno vodo bo potrebno odvajati v meteorno kanalizacijo oziroma površinske odvodnike, v kolikor ni meteorne kanalizacije. Vodo s povoznih površin bo potrebno predhodno

prečistiti preko lovilca olj. V kolikor je potrebno, naj se za zmanjšanje hipnih obremenitev padavinskih vod, zgradijo umirjevalniki.

9. EROZIJA

Erozija nastane, kadar intenzivnost padavin preseže infiltracijsko sposobnost prsti in nastane površinski odtok. Erozivnost je odvisna od hipnosti padavin in s tem nastalega vodnega toka ter odpornosti podlage nanj.

Ločimo sledeče tipe erozij: (Blaž Komac, ZRC-SAZU):

1 Površinsko erozijo (medžlebična erozija)
Posledica dežne erozije in ploskovne erozije površinskega vodnega toka, ki poteka, preden se voda združi v curke in deluje globinsko.
2 Žlebičasta erozija
Globinska erozija, pri kateri voda, združena v curke, vrezuje erozijske žlebiče globoke največ 30 cm in več metrov dolge vdolbine v pobočju.
3 Jarkovna erozija
Globinska erozija, pri kateri z združevanjem erozijskih žlebičev nastajajo več metrov globoki in več deset metrov dolgi erozijski jarki.
4 Cevičenje : nastane zaradi tokov vode v preperini, ki so vzporedni s pobočjem. Pri tem voda odnaša delce, v preperini nastajajo vedno večji kanali oziroma »cevi«. Po navadi nastajajo v manj odpornem spodnjem sloju preperine pod bolj stabilnim zgornjim slojem.

Na obravnavani lokaciji je možna; 1 površinska erozija.

Čeprav je sestava tal glede plazovitosti nenevarna, lahko pri kakršnih koli posegih v hribino pride do poškodb, nastanejo v času gradnje lahko tudi nove brežine, občutljive na erozijske vplive.

Za preprečitev nastanka erozijskih poškodb je potrebno upoštevati sledeče:

- Pri gradnji bo z gradbeno mehanizacijo odstranjen vegetacijski pokrov. S tem se bo povečala erozijska ranljivost na nepokritih odkopih in na nasutjih materiala. Pred odnašanjem drobnega materiala bo potrebno vsa odlagališča nakopanega materiala zaščititi pred zdrsom in okoli odlagališča izkopati začasne odtočne jarke.

Izvajalec med gradnjo zagotovi naslednje omilitvene ukrepe:

- Preperinski pokrov z rodovitnim delom se deponira na predhodno določena mesta.
- Vse brežine se po končanih zemeljskih delih utrdi in zaščiti z vegetacijo in s tem prepreči erozijo.
- Pri gradnji je dovoljena le uporaba materialov, za katera obstajajo dokazila o njihovi neškodljivosti za okolje.
- Humus mora izvajalec del odstraniti, premestiti in deponirati tako, da je izključeno onesnaženje z gorivi in motornimi olji, oziroma z drugimi škodljivimi snovmi, predvsem pa mora poskrbeti, da v čim večjem obsegu obnovi humusni pokrov.
- Tla in podzemne vode sta medsebojno povezani prvini okolja, zato odpadnih vod ni dovoljeno odvajati v podtalje, oziroma jih je prej potrebno očistiti tako, da stopnja onesnaženosti ne presega mejnih vrednosti določenih v Uredbi o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda iz virov onesnaževanja.

- Vse odpadne gradbene vode je potrebno zadrževati in nadzorovati v bazenih zaradi nevarnosti nekontroliranega pronicanja v teren, bazeni morajo imeti usedalnike ter sistem potopnih sten in lovilcev olj, dovoljeni so samo izpusti z opisanimi usedalniki očiščene vode

Ukrepi po izgradnji:

- Vse brežine se vegetacijsko zaščiti,
- gospodarno ravnanje z odrivi in odkopi plodne zemlje.
- vsa poškodovana mesta, ki nastanejo pri posegih v brežine, je potrebno po končanju del sanirati, zatraviti, oziroma hortikulturno urediti- (zasaditi grmovje ali drevje)

10. TEMELJENJE

Glede na ugotovljeno sestavo tal je ocenjeno, da je športno dvorano potrebno temeljiti na armirano betonskih pilotih, ki bodo segalo do peščeno prodne plasti na globini 12 m, absolutna kota dna (283,8 m n.m.v.).
Plitvo temeljenje ni primerno, ker bodo posedki preveliki in bodo lahko imeli kvarne posledice na objekt.
V primeru globokega temeljenja na pilotih, bodo posedki velikosti do 3 cm.

11. HIDROLOŠKE RAZMERE

Obravnavana gradnja ne bo povzročila spremembe površinskega in podzemnega vodnega režima. Območje gradnje se nahaja na obrobju vpliva 100 letnih poplavnih vod.



Slika 7: Prikaz poplavne ogroženosti območja gradnje na 100 letne vode (vir Atlas okolja)

12. ZAKLJUČEK

Obravnavana lokacija se nahaja na severnem robu Ljubljanskega Barja. Sedimenti, ki so odloženi v podlagi niso tipični za barjanska tla, vendar pa kljub temu lahko pri dodatnih obremenitvah pričakujemo velike posedke. Objekt naj se temelji na uvrtanih armirano betonskih pilotih, ki bodo segali do prodno peščene plasti, ki je bila ugotovljena tako v vrtinah kot pri preiskavi CPTu.
Lokacija gradnje se nahaja izven vplivnega območja sto letnih poplavnih vod.
Pri gradnji naj se upoštevajo priporočila pod točko 9, da bodo vplivi na okolje v času gradnje čim manjši.

Za temeljenje športne dvorane bo potrebno izdelati načrt pilotiranja, ki naj vključuje tudi izvedbo dveh testnih pilotov za meritve nosilnosti.

Obdelal:
Ciril Erbežnik, univ.dipl.inž.grad.

Priloga:

- Elaborat o CPTu sondiranju tal na lokaciji gradnje poslovno skladiščnega objekta 17 listov
- Profili vrtin 4 listi
- Poročilo o laboratorijskih preiskavah 7 listov