

UNIVERZA V MARIBORU
FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

Luka Mohorič

**PROJEKTNE METODE ZA IZRAČUN ODPORNOSTI
PILOTOV NA PRAKTIČNEM PRIMERU**

Diplomsko delo

Maribor, avgust 2012



Univerza v Mariboru

Fakulteta za gradbeništvo

Diplomsko delo univerzitetnega študijskega programa

**PROJEKTNE METODE ZA IZRAČUN ODPORNOSTI PILOTOV NA
PRAKTIČNEM PRIMERU**

Študent: Luka Mohorič
Študijski program: univerzitetni, Gradbeništvo
Smer: Komunala

Mentor: red. prof. dr. Ludvik Trauner
Somentor: Ksenija Štern, univ. dipl. inž. grad.

Maribor, avgust 2012



Univerza v Mariboru

Fakulteta za gradbeništvo

Številka: 93603457
Maribor, 12.03.2012

Na osnovi 330. člena Statuta Univerze v Mariboru (Ur. l. RS, št. 6/2012) izdajam

SKLEP O DIPLOMSKEM DELU

Luka Mohorič, študent(ka) univerzitetnega študijskega programa GRADBENIŠTVO, smer KOMUNALNA SMER, lahko izdela diplomsko delo pri predmetu Zemeljska dela in temeljenje.

MENTOR(ICA): red. prof. dr. Ludvik Trauner
SOMENTOR(ICA): Ksenija Štern, univ. dipl. inž. grad.

Naslov diplomskega dela:

PROJEKTNE METODE ZA IZRAČUN ODPORNOSTI PILOTOV NA PRAKTIČNEM PRIMERU

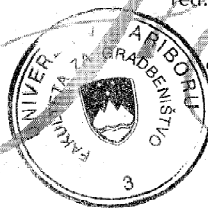
Naslov diplomskega dela v angleškem jeziku:

THE PROJECT METHODS FOR CALCULATION THE PILES CAPACITY ON THE PRACTICAL CASE

Diplomsko delo je potrebno izdelati skladno z "Navodili za izdelavo diplomskega dela" in ga oddati v treh izvodih ter en izvod elektronske verzije do 12.03.2013 v referatu za študentske zadeve.

Pravni pouk: Zoper ta sklep je možna pritožba na senat članice v roku 3 delovnih dni.

DEKAN
red. prof. dr. Miroslav Premrov



Stojan Kravanja
po pooblastilu dekana
prodékan FG
prof. dr. Stojan Kravanja

Obvestiti:

- kandidata -ko,
- mentorja,
- somentorja,
- odložiti v arhiv

UNIVERZA V MARIBORU

IZJAVA O ISTOVETNOSTI TISKANE IN ELEKTRONSKE VERZIJE DIPLOMSKEGA
DELA IN OBJAVI OSEBNIH PODATKOV DIPLOMANTOV

Ime in priimek diplomanta-tke: LUKA MOHORIC
Vpisna številka: 93603457
Študijski program: GRADBENIŠTVO - KOMUNALNA SMER
Naslov diplomskega dela: PROJEKTNE METODE ZA IZRAČUN
ODPORNOSTI PILOTOV NA PRAKTIČEN PRIMERU
Mentor: red. prof. dr. LUDVIK TRAVNER
Somentor: KSENIJA ŠTERN, univ. dipl. inž. grad.

Podpisani-a MOHORIC LUKA izjavljam, da sem za potrebe arhiviranja oddal elektronsko verzijo zaključnega dela v Digitalno knjižnico Univerze v Mariboru. Diplomsko delo sem izdelal-a sam-a ob pomoči mentorja. V skladu s 1. odstavkom 21. člena Zakona o avtorskih in sorodnih pravicah (Ur. l. RS, št. 16/2007) dovoljujem, da se zgoraj navedeno zaključno delo objavi na portalu Digitalne knjižnice Univerze v Mariboru.

Tiskana verzija diplomskega dela je istovetna elektronski verziji, ki sem jo oddal za objavo v Digitalno knjižnico Univerze v Mariboru.

Podpisani izjavljam, da dovoljujem objavo osebnih podatkov vezanih na zaključek študija (ime, priimek, leto in kraj rojstva, datum diplomiranja, naslov diplomskega dela) na spletnih straneh in v publikacijah UM.

Datum in kraj:
3. 9. 2012, MARIBOR

Podpis diplomanta-tke:

Luka Mohorič

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju dr. Ludviku Traunerju za pomoč in vodenje pri opravljanju diplomskega dela. Prav tako se zahvaljujem somentorici Kseniji Štern iz podjetja Geoinženiring za prispevano dokumentacijo.

Posebna zahvala velja staršema in Dunji za razumevanje in podporo v času študija.

PROJEKTNE METODE ZA IZRAČUN ODPORNOSTI PILOTOV NA PRAKTIČNEM PRIMERU

Ključne besede : globoko temeljenje, piloti, SPT, PMT, tlačna nosilnost, posedki pilota, statični obremenilni test

UDK : 624.154(043.2)

Povzetek

Diplomsko delo je sestavljeno iz treh sklopov in zajema teoretični in praktični del, ki se nanaša na globoko temeljenje obroča hladilnega stolpa bloka 6 v termoelektrarni Šoštanj. V prvem delu so predstavljene osnovne značilnosti pilota, ki se nanašajo na vrste pilotov, način in tehnologijo vgradnje. V drugem delu je predstavljena faza temeljenja z navedbo opravljenih laboratorijskih preiskav, opisom terenskih preiskav, kot sta: SPT in PMT in opisom računskih metod za analizo tlačne nosilnosti pilota na podlagi rezultatov iz presiometra z upoštevanjem standarda SIST EN 1997-1. V tretjem delu je predstavljen projekt z geološkimi značilnostmi, rezultati terenskih preiskav, analizo nosilnosti in uporabnosti ter primerjavo uporabljenih računskih metod z statičnim obremenilnim testom na terenu.

THE PROJECT METHODS FOR CALCULATION THE PILES CAPACITY ON THE PRACTICAL CASE

Key words: deep foundation, piles, PMT, SPT, pile capacity, pile settlement, static load test

UDK : 624.154(043.2)

Abstract

The thesis is divided into three sections with theoretical and practical part which refers to deep foundations ring cooling tower 6 of thermal power plant Šoštanj. The first section presents basic characteristics of the piles referring to the types of pile, method and built-in technology. The second section presents the foundation stage with completed laboratory tests, field investigation description such as: SPT and PMT, and with description of calculation methods used for the compressive resistance analysis of pile based on pressuremeter results according to SIST EN 1997-1 standard. The third section refers to geological characteristics of the location, the field investigation results, the ultimate compressive resistance analysis, the serviceability limit state analysis under vertical load and the comparison of used calculation methods with static load test on the field.

KAZALO

1	UVOD	1
2	SPLOŠNO O TEMELJENJU NA PILOTIH	3
2.1	Namen in funkcija temeljenja na pilotih	3
2.2	Vrste pilotov	4
2.2.1	Glede na način vgradnje	4
2.2.1.1	Piloti vgrajeni z izpodrivanjem oziroma razmikanjem zemljine.....	5
2.2.1.2	Piloti vgrajeni brez odmikanja zemljine.....	5
2.2.2	Glede na mobilizirani odpor	6
2.2.3	Glede na material	8
2.2.3.1	Leseni piloti	8
2.2.3.2	Armirano betonski piloti	9
2.2.3.3	Prednapeti piloti	13
2.2.3.4	Jekleni piloti	14
2.3	Tehnologija vgradnje.....	15
2.3.1	Tehnologija zabijanja.....	16
2.3.2	Tehnologija zabijanja in izgradnje na mestu	20
2.3.3	Tehnologija vrtanja in izgradnje na mestu.....	21
3	FAZE TEMELJENJA NA PILOTIH	25
3.1	Faza raziskave temeljnih tal za potrebe temeljenja na pilotih.....	25
3.1.1	Raziskave na terenu	27
3.1.2	Laboratorijske preiskave	36
3.2	Faza projektne metode po EC7	38
3.2.1	Projektiranje osno obremenjenega pilota.....	38
3.2.1.1	Tlačna odpornost določena iz rezultatov terenskih preiskav	40
3.2.1.2	Tlačna odpornost na osnovi statičnih obremenilnih preizkusov	47
3.2.1.3	Tlačna odpornost na osnovi dinamičnih obremenilnih preizkusov	48
3.2.1.4	Posedki pilota	49
3.2.1.5	Nosilnost skupine pilotov	49
3.2.1.6	Posedek skupine pilotov	50

4	PRIMER TEMELJENJA NA OBJEKTU HLADILNI STOLP BLOK 6 TEŠ ...	51
4.1	Podatki o objektu	51
4.2	Geološka zgradba, geomorfologija in seizmičnost terena.....	55
4.3	Temeljna tla.....	56
4.3.1	Podatki in rezultati raziskav na terenu	56
4.3.2	Laboratorijske preiskave	65
4.3.3	Razporeditev slojev.....	65
4.4	Način temeljenja hladilnega stolpa bloka 6 TEŠ	67
4.5	Projektne metode za izračun odpornosti pilotov pod obodom hladilnega stolpa bloka 6 TEŠ	69
4.5.1	Analiza in izračun osno obremenjenega navpičnega pilota na osnovi presiometerskih raziskav, modelni pilot.....	70
4.5.2	Analiza in izračun osno obremenjenega navpičnega pilota na osnovi alternativne metode.....	87
4.5.3	Analiza in izračun osno obremenjenega navpičnega pilota na osnovi dopustne obtežbe.....	88
4.5.4	Analiza in izračun osno obremenjenega navpičnega pilota na osnovi statičnega obremenilnega preizkusa	89
4.5.5	Primerjava rezultatov s statičnim obremenilnim pilotom.....	93
4.5.6	Primerjava rezultatov v primeru dopustne obtežbe	95
4.5.7	Primerjava vrednosti varnostnih faktorjev	98
4.5.8	Analiza in izračun pomikov	100
4.5.8.1	Pomik pilota po teoriji elastičnosti	101
4.5.8.2	Pomik pilota na podlagi statičnega obremenilnega testa.....	105
5	ZAKLJUČEK	108
6	VIRI IN LITERATURA	111
7	PRILOGE	114
7.1	Priloga A	114
7.2	Priloga B.....	117
7.3	Kazalo slik.....	140
7.4	Kazalo tabel.....	143

UPORABLJENI SIMBOLI IN KRATICE

TEŠ – Termoelektrarna Šoštanj

EC – Evropski standard

n.v. – nadmorska višina

E_M – Menardov presiometrski modul

E_{R1}, E_{R1} – elastični modul ponovne obremenitve

p_{lm}' – efektivni mejni tlak

1 UVOD

Vsak inženirski objekt je zasnovan tako, da s svojo funkcijo služi namenu za katerega je bil projektiran. Pri projektiranju se vedno išče najbolj varna, ekonomična in za okolje sprejemljiva rešitev, tako da ob upoštevanju vseh teh kriterijev vedno dobimo objekt s neko težo. To težo moramo uravnotežiti z okoliškimi tlemi, zato moramo poznati geološko sestavo tal in njene lastnosti. Na podlagi preiskav ali poizkusov lahko določimo primerno globino nosilnega sloja, ki pa se ne nahajajo vedno v plitvih tleh, zato moramo s posebnimi konstrukcijskimi elementi prenesti napetosti iz temeljev v večje globine. Takšen način temeljenja imenujemo globoko temeljenje in elemente, ki omogočajo premostitev obtežbe iz temelja v globine, piloti.

Vgrajevanje in dimenzioniranje pilotov je odvisno predvsem od lastnosti tal in s tem zadostne odpornosti pri delovanju obtežbe, zato imamo za preiskave tal razvite različne postopke na terenu in v laboratoriju. Vendar pa bi radi uporabili tisto, ki je za določena tla najbolj primerna, predstavlja hitro in kakovostno izvedbo ter po drugi strani predstavlja tudi manjše stroške. Na podlagi tega smo se odločili, da za izračun odpornosti tal uporabimo podatke na podlagi terenske opreme presiometer in računske metode, ki so bile razvite za potrebe globokega temeljenja na pilotih. Metoda, ki uporablja presiometrične rezultate se je v preteklosti najbolj razvila v Franciji, zato jo najdemo tudi v francoskih standardih, z uvedbo evropskega standarda Evrokod pa je vključena tudi v ta standard.

Z vpeljavo evropskega standarda Evrokod v Sloveniji se je v izračun vnesel novi način zagotavljanja varnosti z korelacijskimi faktorji, delnimi faktorji in modelnim faktorjem, ki tudi zahteva ločeno preverjanje nosilnosti in uporabnosti. Na drugi strani se je v preteklosti ustrezna varnost zagotavljala preko globalnega faktorja varnosti in dopustne obtežbe, ki je zagotovila tudi manjše pomike. Ker so računske metode temelječe na preiskavah se lahko

pojavijo tudi napake, zato je nujno potrebno vse preveriti na terenu s statičnim obremenilnim pilotom.

Cilj diplomskega dela, ki se bo nanašal na temeljenje hladilnega stolpa 6 termoelektrarne Šoštanj je, da na podlagi laboratorijskih in presiometrijskih preiskav z uporabo metode, ki jo predlaga francoski standard in evropski standard Evrokod izračunamo računsko tlačno odpornost tal ter z uporabo faktorjev varnosti izračunamo in med seboj primerjamo projektne tlačne nosilnosti in dopustno tlačno obtežbo na pilot pri različnih dolžinah pilotov. Primerjava se bo tako nanašala na izbrano dolžino pilota, katero smo izbrali na podlagi ocene lastnosti tal z dolžino, ki je bila izvedena za primer statičnega obremenilnega testa.

Predpostavka diplomskega dela bo temeljila na dejstvu, da so bile pri tem projektu na terenu izvedene kakovostne preiskave in da je bilo število vrtnin zadostno za določanje karakterističnih slojev ter parametrov. Na podlagi teh podatkov se bo določil tudi reprezentativen vzorec za celotno območje, na podlagi katerega se bo na tem mestu izvedel statični obremenilni preizkus. Zato predpostavka vodi do tega, da bo točnost teh rezultatov zanesljiva in da bo reprezentativna za celotno območje in da ta testni pilot predpostavlja maksimalno mejno nosilnost in pomike.

Diplomsko delo bo sestavljeno iz treh bistvenih sklopov in bo zajemal teoretični del in praktični del. V prvem sklopu bodo predstavljene osnovne značilnosti pilota, ki se nanašajo na vrste pilotov, način in tehnologijo vgradnje. V drugem sklopu bo problem diplomskega dela obsegal faze temeljenja z navedbo opravljenih laboratorijskih preiskav, opisom uporabljenih raziskav na terenu in opisom računskih metod, ki bodo uporabljene v izračunih. Tretji sklop diplomskega dela je temeljni del celotnega problema in bo obsegal analizo nosilnosti tlačnega pilota na primeru temeljenja obroča hladilnega stolpa termoelektrarne Šoštanj, TEŠ 6. V tem sklopu bo predstavljen obravnavani projekt, rezultati preiskav ter izračuni in primerjave.

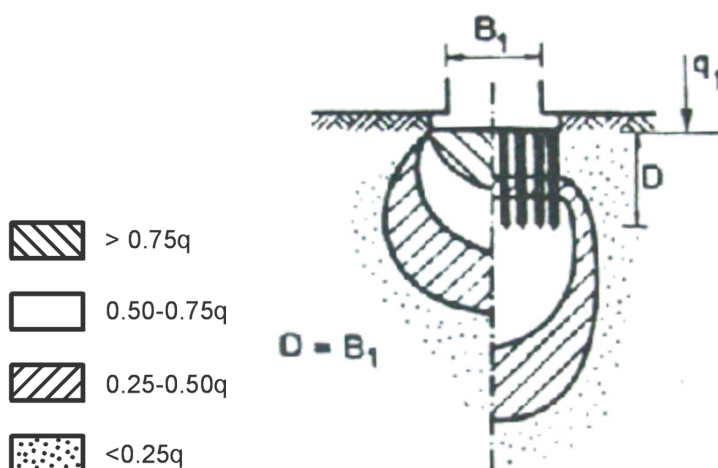
2 SPLOŠNO O TEMELJENJU NA PILOTIH

Piloti so elementi, ki imajo točno določen namen in funkcijo, izbor njihovih karakteristik kot so: dolžina, širina, materiali in posebni dodatki so odvisni od vrste tal, obremenitve, smeri delovanja sil, trajnosti in trenutne cene materialov. Prav tako je pomemben izbor tehnologije za izdelavo vrtine, vstavljanje in izdelavo pilotov, saj nam ta omogoča natančnejši, hitrejši in varnejši proces.

Pilot je konstrukcijski element, zato nosi tudi svojo identifikacijsko številko ali rojstni list, kjer so zapisani vsi tehnični podatki.

2.1 Namen in funkcija temeljenja na pilotih ^{1,2}

Namen temeljenja na pilotih je neposredni prenos obtežbe iz bolj stisljivih ali manj odpornih tal na manj stisljiva ali bolj odporna tla. Tako zmanjšamo napetosti neposredno izpod temelja in jih povečamo v globinah, kjer nam sloji omogočajo prevzem takšnih napetosti. Prav takšno razlago nam predstavlja Slika 1, kjer imamo obtežbo, q , in njeno razporeditev v tleh, na levi strani v primeru plitvega temeljenja in na desni v primeru globokega temeljenja. Pri tem je predpostavljeno, da je širina temelja, B_1 , enaka dolžini pilotov v skupini, D . Napetosti zaradi obremenitev se prenašajo iz temelja najprej na glavo pilota, ti pa prenašajo napetosti na okoliško zemljino preko plašča, noge ali v kombinaciji.



Slika 1: Primerjava razporeditve napetosti pri plitvem in globokem temeljenju [2]

Piloti opravljajo funkcijo podpiranja, kar pomeni da je pri tem pomembna nosilnost, da je zgrajen tako, da lahko prenese obremenitve ter negativne vplive (agresivnost tal in zabijanje) in da je pilot zmožen s pomiki v zemljini mobilizirati trdnost, ki določa mobiliziran odpor. Pri tem je pomembno, da so za odpor v odpornejši zemljini potrebni manjši pomiki, tako da ti premiki ne morejo mobilizirati odpora v manj odporni zemljini, za katero bi bili potrebni večji premiki. Zato je za nosilnost pilotov pomembna v kakšni zemljini se nahajajo, saj se mobilizacijski odpor lahko pojavi ob plašču, strižna odpornost zemljine ob plašču ali pa se pojavi na nogi, trdnost tal pod ного.

2.2 Vrste pilotov

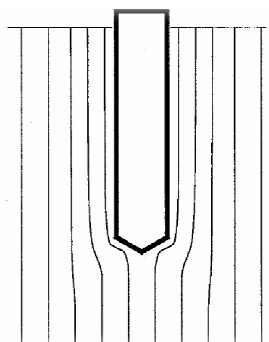
2.2.1 Glede na način vgradnje ^{4,5}

Glede na način vgradnje delimo pilote v dve skupini:

- piloti vgrajeni z izpodiranjem oziroma razmikanjem zemljine,
- piloti vgrajeni brez razmikanja zemljine.

2.2.1.1 Piloti vgrajeni z izpodrivanjem oziroma razmikanjem zemljine

Vgrajevanje pilotov na takšen način lahko razdelimo glede na veličino razmikanja zemljine na pilote z polnim razmikanjem zemljine in pilote z malo razmikanja zemljine, Slika 2. Obširnost razmikanja je v veliki meri odvisno od tipa zemljine, velikosti in oblike vgrajenih pilotov, prav tako pa od načina vgradnje, ki je v osnovi razdeljena na proces zabijanja ali vibriranja različnih tipov pilotov ali opažnih cevi. V tem primeru bi lahko pilote imenovali tudi zabiti ali vtisnjeni in narejeni na mestu. Prednost takšnega načina vgrajevanja je v tem, da zaradi radialnega izpodrivanja ali razrivanja zemljine okoli pilota, nastanejo dodatni bočni pritiski na pilot, kar ima za posledico ugodni vpliv na nosilnost. Slabost takšnega načina je v bočnem izpodrivanju okoliške zemljine, kar lahko povzroči določene negativne premike, ki vplivajo na okoliške objekte.

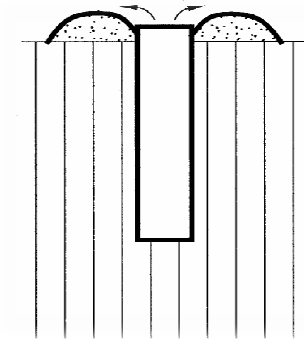


Slika 2: Primer pilota z razmikanjem zemljine [5]

2.2.1.2 Piloti vgrajeni brez odmikanja zemljine

Vgrajevanje pilotov brez odmikanja zemljine, Slika 3, lahko izvedemo na dva osnovna načina. Prvi način pomeni, da se izgradnja pilota izvršuje v naprej pripravljeno vrtino, ki se jo pridobi z vrtanjem ali izkopavanjem z možnostjo varovanja s pomočjo jeklene cevi ali tekočine. Drugi način pomeni, da se lahko s pomočjo neskončnega svedra kontinuirano izvede vrtanje in ob doseženi globini vrivanje injicirane mase med zemljino ali črpanje betonske mešanice v prazni prostor pod svedrom. Prednost takšnih pilotov, katerim lahko pravimo tudi uvrtni piloti je v tem, da omogočajo izgradnjo različnih dimenzij na mestu,

vendar pa lahko med izkopom pride do poškodovanja, spremembe fizikalnih lastnosti v neposredni okolici zemljine, kar ima za posledico zmanjšanje napetosti, katere se tudi po končanju betoniranja ne povrnejo popolnoma v začetno stanje.



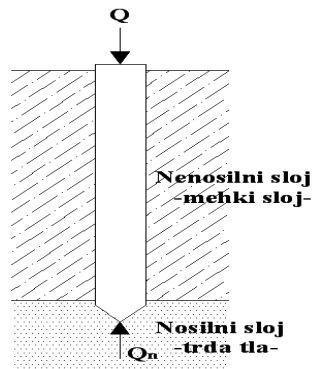
Slika 3: Primer pilota brez razmikanja zemljine [5]

2.2.2 Glede na mobilizirani odpor^{1,5}

Pri razvrstitvi glede na mobilizirani odpor je pomembno v kakšni zemljini se nahaja pilot, saj je nosilnost največja tam, kjer je zagotovljen največji mobilizacijski odpor. Glede na to, kje prevladuje odpor, ločimo pilote na:

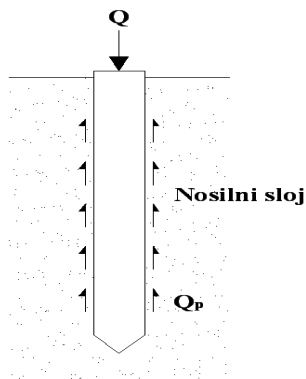
- stoječe,
- torne ali viseče,
- kombinacijo obeh.

Stoječi piloti imajo funkcijo, da se opirajo v glavnem na svoje noge, kar pomeni, da pilot največji del odpora doseže v najglobljem delu, pod bazo pilota, Slika 4. Tla, ki prevzamejo največji del obremenitve se imenujejo nosilna tla in imajo v tem primeru lastnost, da že v primeru majhnih pomikov omogočajo aktivirati zadosten odpor, ki ne povzroča prevelikih posredkov in s tem zadostno stabilnost celotne konstrukcije.



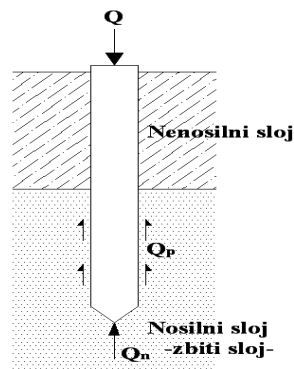
Slika 4: Stoječi pilot [2]

Torni ali viseči piloti imajo funkcijo, da največji del odpora dosežejo na stiku med obodom pilota in okoliškimi tlemi, Slika 5. Prav tako kot pri stoječih pilotih je tudi pri visečih pomembno, da imajo tla ali sloj vzdolž pilota takšno lastnost, da se z minimalnimi pomiki pilota doseže zadostni odpor. Odpor predstavlja trenje, ki se izrazi z strižno napetostjo vzdolž nosilnega sloja.



Slika 5: Torni ali viseči pilot [2]

V primeru, da pilot prehaja skozi slojevita tla lahko največji del odpora doseže kombinirano, delno s trenjem na stiku med obodom in okoliško zemljino in delno s odporom na nogi pilota, Slika 6. Pri tem je pomembno, da je nosilni sloj v tem delu homogen in čim debelejši, saj v primeru prve lastnosti potrebujemo relativno podobne premike in v primeru druge pridobimo večjo strižno odpornost.



Slika 6: Kombinirani pilot [2]

2.2.3 Glede na material

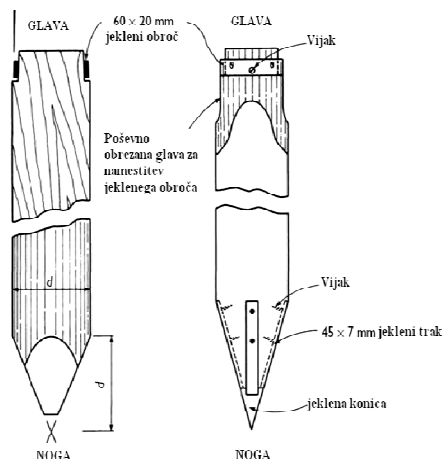
2.2.3.1 Leseni piloti ^{2,3}

Les je idealen material za izdelavo pilotov, saj ima visoko nosilnost v razmerju do teže, je enostaven za obdelavo in ima v ugodnih pogojih dolgo uporabno dobo. Za dosego čim daljše uporabne dobe je potrebno pilot vgraditi in zaščititi tako, da ni izpostavljen procesu gnitja. Glava pilota mora biti vedno pod vodno gladino ali najnižjim nivojem podtalnice, tako da je stalno v območju, kjer je konstantna vlažnost. Zaščito lesa pred propadanjem dosežemo z impregnacijo, v območju nekonstantne vlažnosti pa moramo les premazati s kreozotom. Primerne vrste lesa za izdelavo pilotov so:

- iglavci: jelka, bor, cedra, smreka,
- listavci: hrast.

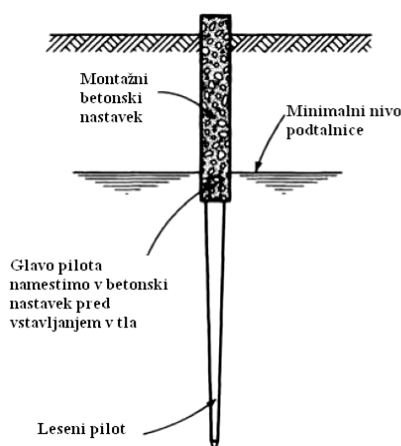
Pri uporabi pilotov iz lesa iglavcev moramo lubje odstraniti, da zaradi trenja med plaščem in zemljino ne bi prišlo do prekomernih zdrsov in da pri procesu impregniranja dosežemo večjo globino zaščite. Pri uporabi pilotov iz lesa listavcev je impregnacija priporočljiva, ni pa nujna, zaradi večje trdote lesa.

Pri dimenzioniranju moramo upoštevati evropski standard Evrokod za lesene konstrukcije. Pri vtiskanju ali zabijanju pilota moramo glavo pilota pred poškodbami zaščititi z jeklenim obročem, nogo pilota pa za lažje prodiranje v tla, obdelati v konico in ojačiti z jeklenim okovjem, Slika 7.



Slika 7: Zaščita glave in noge lesenega pilota [3]

V primeru, ko je glava pilota pod vodno gladino ali podtalnico, ga podaljšamo do temelja z montažnim betonskim nastavkom, Slika 8.



Slika 8: Montažni betonski nastavek nad nivojem vode [3]

2.2.3.2 Armirano betonski piloti^{2,4}

Armirano betonske pilote, AB piloti, glede na način in mesto izdelave delimo na:

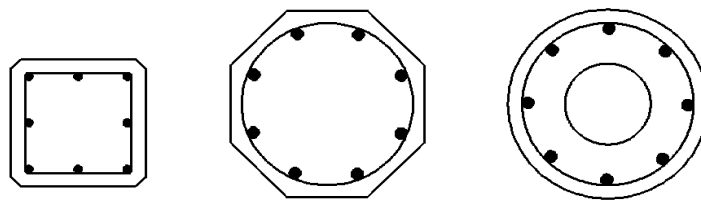
- AB montažne pilote,
- AB pilote izdelane v tleh.

Prvi se v tla vgrajujejo z zabijanjem ali vibriranjem, drugi pa so izdelani v tleh po predhodnem izkopavanju ali vrtanju.

Armirano betonski montažni piloti

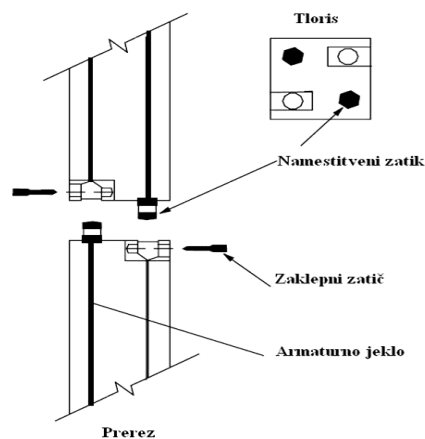
Armirano betonski montažni piloti so zaradi predhodne kontrolirane izdelave pripravljene za hitro vgradnjo, brez potrebnega kopanja.

Prečni preseki pilotov so pravokotnih, poligonalnih in krožnih oblik, ki so lahko votli ali polni, Slika 9.



Slika 9: Prečni preseki armirano betonskih pilotov [2]

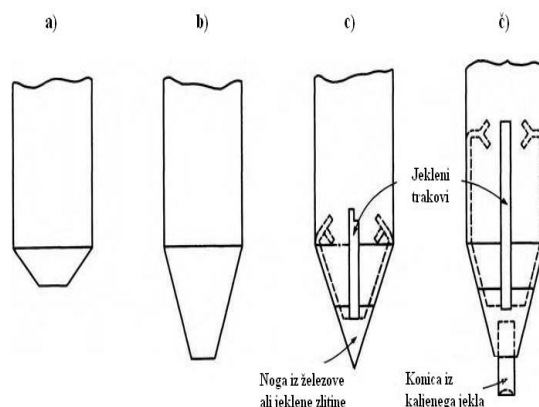
Pilote je možno izdelati v specializiranih obratih, kjer se za vsak objekt lahko projektira ustrezen polmer in dolžina pilota. Njihovo dolžino je mogoče podaljševati s posebnimi jeklenimi spoji, pri tem morajo imeti spoji enako nosilnost kot pilot, Slika 10.



Slika 10: Spajanje armirano betonskih pilotov [3]

Pri dimenzioniranju pilotov moramo upoštevati razred izpostavljenosti betona, ustrezeni zaščitni sloj za zaščito armature, potrebno vzdolžno in prečno armaturo za potrebe transporta in prevzemanje horizontalnih obremenitev ter dodatno ojačitev noge in glave,

zaradi obremenitev pri vgradnji. Pri tem je tudi pomembno, skozi kakšne sloje bo potoval pilot in na kaj se bo opiral, saj glede na to predvidimo ustrezno obliko noge, Slika 11.

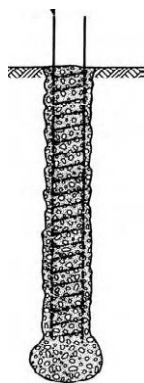


Slika 11: Oblike nog pri armirano betonskih pilotih a) Za prodiranje skozi mehko ali razrahljano zemljino, b) Za globoko prodiranje v srednje gosti do gosti pesek in težko gnetne do trdne gline, c) Za prodiranje skozi otrdela plast zemljine in za dober stik med konico in šibko kamnino, č) Za dober stik med konico in trdo kamnino [3]

Po izdelavi pilota se naredijo testi, ki zagotavljajo ustreznost pilota in njegove karakteristike, katere se vpišejo v rojstni list pilota. Slabost montažnih pilotov je v njihovi manipulaciji na gradbišču, v poroznosti betona in pojavljanju razpok, ki lahko nastanejo med prevozom ali vgradnjo, kar bi imelo za posledico korozijo armature.

Armirano betonski piloti izdelani v tleh^{6, 7}

Armirano betonski piloti zgrajeni v tleh nam omogočajo velike premere in dolžine, veliko nosilnost, hitro, ekonomično izdelavo ter možnost dodatne razširitve noge in premera pilotov, kar še dodatno poveča nosilnost, Slika 12.



Slika 12: Primer armirano betonskega pilota izdelanega v tleh [3]

Pri takšnem načinu izvedbe pilotov je pomembna predhodna izdelava ustrezne vrtine, izvedene s pomočjo ustrezne tehnologije, ki se v primeru slabih tal varuje s pomočjo votlega profila, neskončnega svedra, ustreznim nivojem vode ali bentonitno suspenzijo v vrtini. S stabilizacijo vrtine tudi preprečimo vdore zemljine v betonsko mešanico, kar pomeni boljšo homogenost betona in pilota.

Takšna izdelava onemogoča izvajanje vzdrževalnih in sanacijskih del, zato je pomembno upoštevanje evropskih standardov Evrokod, kjer so zajete zahteve glede materialov za beton, razred izpostavljenosti, debelina zaščitne plasti, beton na mestu vgrajevanja in vgrajevanje betona, saj vse te zahteve zagotavljajo trajnost betona, ki posledično vplivajo na trajnost pilota.

Pri uporabi betona je tudi pomembno, da imajo visoko plastičnost, dobro pretočnost in veliko sposobnost samo-zgoščevanja, saj nam omogočajo zapolnitev opaža in zgoščevanja strukture, brez potrebnih vibracij. Kot primer takšnega betona je SCC, samo-zgoščevalni beton (ang. Self-Compacting Concrete).

Za dimenzioniranje armaturnega koša moramo upoštevati zahteve iz evropskega standarda Evrokod, glede vzdolžne in prečne armature. Pri vgradnji večjih armaturnih košev obstaja možnost zvijanja, zato koš stabiliziramo z privarjenjem križev v notranjosti.

Armaturo lahko vgrajujemo pred ali po vstavljanju betonske mešanice v vrtino, ustrezní odmik od sten vrtine pa zagotovimo z distančniki, ki so na armaturnem košu. Pomembno je tudi, da se pilot zaključi 0,50 metra nad projektno koto pilota, da se lahko odbije nečisti beton.

2.2.3.3 Prednapeti piloti ^{2,3}

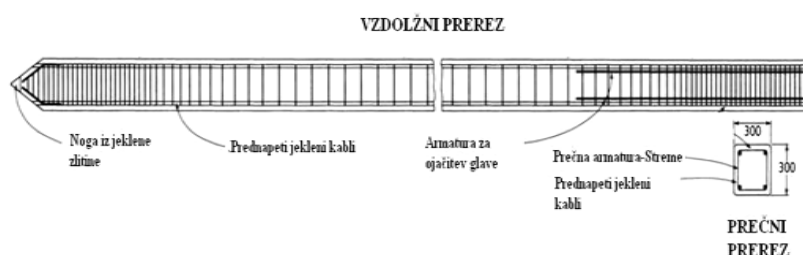
Prednapeti piloti so lahko pravokotnih, poligonálnih in krožnih oblik, votli ali polni.

Lastnost takšnih pilotov je, da se pred betoniranjem vzdolž kalupa vstavijo jekleni kabli in se napnejo na določeno silo. Prednapeti piloti so tako po izdelavi prednapeta in zmožna prevzemati sile zaradi horizontalnih obremenitev in preprečujejo nastanek razpok v betonu, ki bi nastale pri prevozu ali pri vgrajevanju (natezne napetosti).

Druga lastnost prednapetih pilotov je, da so lahko vitkejši in s tem mnogo lažji od masivno armirano betonskih pilotov, zato je z njimi lažje manipulirati in za zabijanje v tla potrebujemo manj energije. Mogoče jih je sestavljati, spoje med seboj pa se zaščiti z epoksi smolo. Primerni so za uporabo v vodi in agresivnih tleh, kjer bi razpoke omogočile nastanek korozije. V primeru, da je okolje v katerega vgrajujemo zelo agresivno, jeklene kable zaščitimo tako, da jih vstavimo v posebne cevi.

Pri zabijanju skozi pesek, glino in drobni gramoz zaščita noge ni potrebna, dodatna ojačitev pa je potrebna pri zabijanju skozi samice in pri kontaktu med ного pilota in trdimi tlemi. Nogo zaščitimo s pločevinastim plaščem in kovinsko konico.

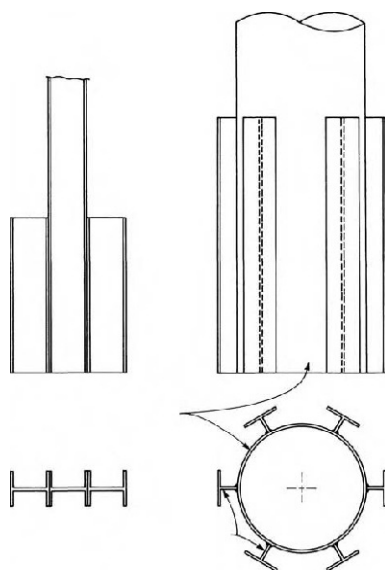
Prednapeti piloti se izdelujejo v posebnih specializiranih obratih, tako da je celotna izgradnja pilota kontrolirana. Pri dimenzioniranju je potrebno upoštevati standarde, ki zagotavljajo trajnost in varnost takšnih pilotov. Primer takšnega pilota je predstavljen na Sliki 13.



Slika 13: Detajl prednapetega pilota [3]

2.2.3.4 Jekleni piloti^{2,3}

Jekleni piloti narejeni iz konstrukcijskega jekla so lahko različnih dolžin in prerezov. Tipične oblike prerezov so: H-prerezi, votli škatlasti in krožni prerezi. Piloti votlega prereza imajo lahko odprti ali zaprti konec, za vse tri tipične prereze pa velja, da se lahko dopolnijo z različnimi tipi profilov ob straneh ali v notranjosti, Slika 14.



Slika 14: Prerez z dopolnilnimi profili ob straneh [3]

Karakteristike konstrukcijskega jekla omogočajo, da se oblikujejo piloti z visoko tlačno, natezno in upogibno odpornostjo. To odpornost pa lahko, glede na montažne in prednapete armirano betonske pilote, dosežemo z manjšo težo na enoto dolžine.

Manjša teža pilotov pomeni lažji transport in boljša manipulacija na gradbišču, njihova visoka odpornost pa je pomembna pri prodiranju skozi odpornejše materiale, kot so samice v slojih in pri globoki penetraciji v čvrsta tla, saj se pri tem ne poškodujejo prekomerno.

Piloti se v tla, odvisno od sestave slojev, vgrajujejo z zabijanjem ali vibriranjem. Piloti s H-prerezom so zaradi manjšega preseka in s tem manjšega izpodrivanja okoliške zemljine primerni za vgradnjo večjega števila pilotov na manjšem prostoru.

Votli prerezi z zaprtim koncem se uporabljajo v bolj koherentnih zemljinah, saj z zbijanjem in izpodrivanjem dosežemo večjo nosilnost na nogi in plašču pilota. Uporabnost pilotov z odprtim koncem pa pride v poštev tam, kjer imamo okoli plašča premalo debelino koherentne zemljine, zato z zabijanjem votlega profila skušamo doseči zadostno globino

penetracije v odpornejšem materialu. Kjer tega ne bi mogli dosegati vgradimo v votli prerez dodatno membrano ali dodatke na konici v obliki privarjenih profilov na zunanji in notranji strani votlega prereza. Glede na predvidene obremenitve lahko votle profile z zaprtim koncem pustimo prazne ali pa zapolnimo z betonom, pri odprtih koncih, pa po odstranitvi materiala, votli profil zapolnimo z armaturo in betonom.

Dolžine pilotov lahko prilagajamo glede na potrebe tudi na samem gradbišču, saj jih lahko režemo in spajamo. Spoj naredimo z zvarom, katerega preverimo z radiografsko kontrolo.

Slabost H-profilov je v njihovi manjši teži, kar bi pri zabijanju pomenilo, da bi se v stiku s odpornejšo zemljino lahko uklonil okoli šibke osi ali pa bi ga na stiku z poševnimi tlemi spodneslo, kar bi povzročilo prevelik upogib in nestabilnost. Druga slabost H-profilov je, da zaradi manjšega prečnega preseka ne more razviti zadostnega odpora. Za preprečitev prve in druge slabosti je potrebno dodatno obdelati in ojačiti nogo ter za dosego večjega odpora v območju noge, ob straneh dodatno zavariti profile. Slabost votlih prerezov z zaprtim koncem je v povečanem izpodrivanju okoliške zemljine, kar ima lahko negativne posledice, v smislu pomikov, na okoliške objekte.

Zaščita jeklenih profilov je pomembna pri obstoju konstrukcije. Jeklo je glede na ostale materiale iz katerega so izdelani piloti najbolj primerno za vgradno v zelo agresivno okolje kot je morska voda in kontaminirana tla. Pred korozijo ga zaščitimo z ustrezno aktivno katodno zaščito z zunanjim izvorom toka. V primeru da se nahaja glava pilota v območju spreminjajočega nivoja vode, pa z betonskimi kapami, saj tukaj aktivna katodna zaščita ne deluje.

2.3 Tehnologija vgradnje

Z razvojem tehnike se uporabljajo vedno boljše in izpopolnjene tehnologije za izdelavo vrtine in vgradnjo pilotov. Izbira vrste tehnologije je v splošnem odvisna predvsem od sestave tal, karakteristik pilota, tehnične zahtevnosti in cene, zato lahko razdelimo izdelavo pilotov na tri tehnologije:

- tehnologijo zabijanja,
- tehnologija zabijanja in izgradnje na mestu,
- tehnologija vrtanja in izgradnje na mestu.

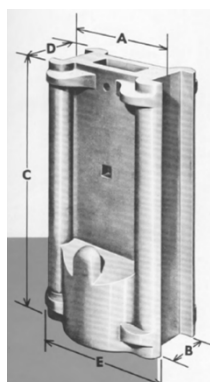
Kljub temu, pa je potrebno za začetek vsakega procesa ustrezno pripraviti delavni plato, ki omogoča natančno in varno delovanje težke mehanizacije.

2.3.1 Tehnologija zabijanja

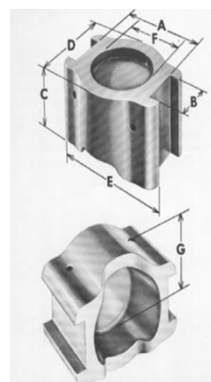
Gravitacijsko kladivo^{3,10}

Najstarejša in še vedno uporabna tehnologija zabijanja je padanje kladiva na pokrov ali kapo. Kladiva težka od 1000-5000 kg, višino pada od 1-3 metrov, se dvigajo s pomočjo jeklene vrvi in motornega vitla. Kladivo in kapa imata čeljusti, ki sta vpeti med dve vodili in omogočata vodeno padanje kladiva in premikanje kape ter pilota pod njo, Slika 15 in 16. Takšna tehnologija nam omogoča 30 do 60 udarcev na minuto.

Pri takšnem načinu nastanejo tudi težave, saj lahko s preveliko in nenadzorovano višino pada poškodujemo pilote, predvsem takrat, ko je prodiranje pilota težko in na območju nenadzorovane vode, kot je valovanje.



Slika 15: Gravitacijsko kladivo Vulcan [10]



Slika 16: Kapa Vulcan [10]

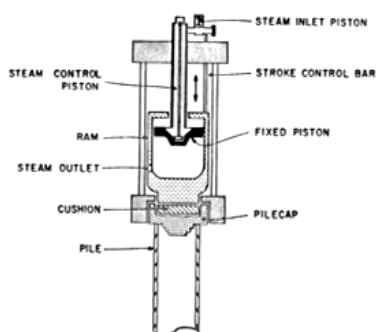
Kladivo na zrak ali paro^{2,3}

1. Enosmerno delovanje

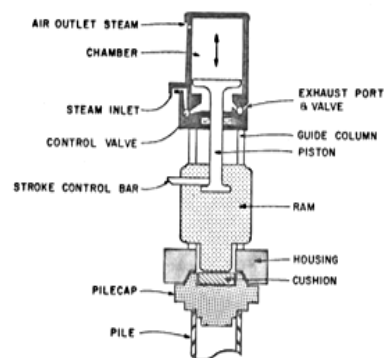
Kladivo z enosmernim delovanjem se dviga s pomočjo pare ali stisnjenega zraka. Proces dviga se začne, ko se preko bata dovaja para ali zrak v cilinder, ki je hkrati tudi kladivo. Preden cilinder doseže svojo maksimalno višino se dovod pare zaustavi, ekspanzija pa potisne cilinder do vrha. S tem, ko se doseže vrh, se začne odvajanje pare skozi odprtino in

kladivo pade na kapo, ki prenese udarec na pilot. Takšno kladivo ima v procesu delovanja fiksni bat, premika se samo cilinder oziroma kladivo, npr. Menck, Slika 17. Možno je tudi, da se premika tudi bat skupaj s kladivom, npr. Vulcan, Slika 18.

Takšen način zabijanja je primeren za vse vrste pilotov, predvsem pa za glinena tla, kjer je pomembno manjše število močnejših udarcev, ker vibracije v tleh ne vplivajo na trenje in odpor prodiranja, omejena višina pada in pod nadzorom operaterja, pa tudi omejijo poškodbe pilota. Višina pada je do 2,0 m.



Slika 17: Kladičo na paro Menck [9]



Slika 18: Kladičo na paro Vulcan [9]

2. Dvosmerno delovanje

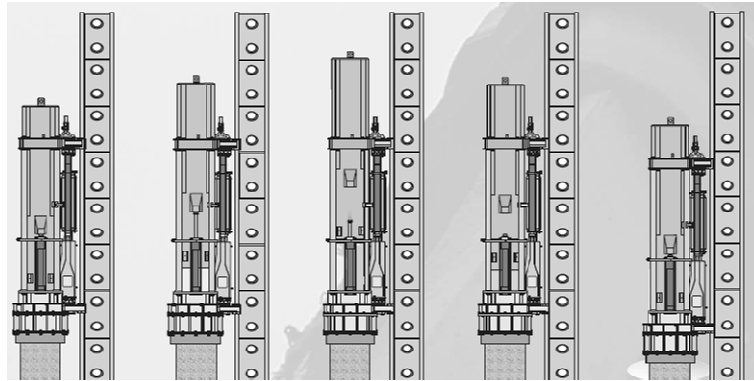
Kladičo z dvosmernim delovanjem uporablja paro ali zrak za dvigovanje in spuščanje bata. Ta je del kladiča, ki se v stabilnem cilindru dviga s pomočjo pare ali zraka do načrtovane višine, nato pa pospešeno pade nazaj dol zaradi lastne teže in pritiska vodne pare ali zraka. Tak način pospešuje delovanje, tudi do 300 udarcev na minuto, poveča moč udarca, ki je pomembno v glinenih tleh, uporaben pa je tudi pod vodo, če kladičo popolnoma zapremo v ustrezno zaščito.

Hidravlična kladiča

Hidravlična kladiča delujejo s pomočjo hidravlične tekočine pod visokim pritiskom. Tipična sestava takšnega kladiča je cilindar, batnica, bat, priključek za hidravlično olje in okvir.

V cilindar, ki je lahko tudi nabijalo, pod pritiskom dovajamo hidravlično olje, ki se s pomočjo batnice dvigne do vnaprej predvidene višine. V nekaterih kladičih namesto

batnice uporabljamo za dvig hidravlični cilinder. Ko se doseže višina se pritisk olja zaustavi, batnica se umakne v prvotno lego, cilinder ali nabijalo pa zaradi lastne teže pade na kapo, ki prenese energijo na pilot, Slika 19.

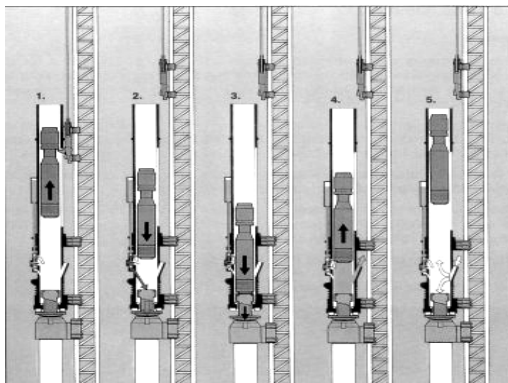


Slika 19: Hidravlično kladivo Banut [11]

Prednost takšnega načina je uporaba pod vodo, saj nima izpušnega sistema, na kopnem pa zaradi tega ne povzroča prevelikega hrupa in plinov. Zabijanje je vodeno preko računalniškega sistema, tako da se lahko določa višina in moč pada, spremlja pa globina in odpornost. Samo kladivo je kratko, omogoča do 100 udarcev na minuto in majhne izgube energije.

Dizelska kladiva³

Dizelska kladiva delujejo s pomočjo zraka in dizelskega goriva. Zrak se v cilinder vsesava skozi dovod z dvigovanjem bata, lastna teža padajočega bata, pa stisne zrak, ki ob kontroliranem vbrizgu dizelskega goriva preko črpalke in šobe, povzroči eksplozijo. Pomik pilota povzroči udarec bata na kapo in dodatni potisk zaradi eksplozije, katera tudi ponovno dvigne bat, Slika 20. Pri tem ločimo enostopenjski sistem z 40-60 udarci na minuto in dvostopenjski sistem z 70-90 udarci na minuto.



Slika 20: Enostopenjsko dizelsko kladivo APE [12]

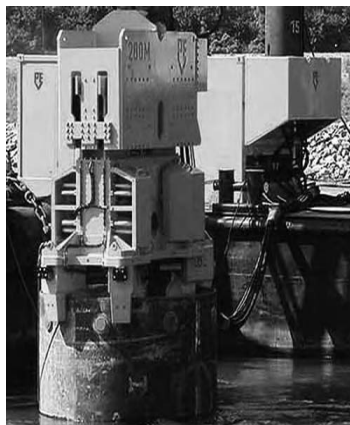
Takšen tip kladiva deluje z visoko hitrostjo in ima močan udarec, primerni so za vse tipe tal, razen za mehke gline. Višino pomika bata je mogoče nadzorovati z ročico za dotok goriva, ki določa jakost eksplozije.

Vibriranje^{2,3}

Vibracijsko zabijanje deluje na način, da rotirajoče ekscentrične mase v ohišju nad glavo pilota povzročajo vibracije konstantne frekvence in amplitude v smeri vzdolž osi pilota, Slika 21. Te vibracije zmanjšujejo odpornost tal in pilot lažje prodira v tla s pomočjo lastne teže in teže opreme za vibriranje.

Takšen način zabijanja je najbolj učinkovit v mehkih glinenih tleh in v naseljenih območjih, saj je raven hrupa nizka, najbolj primeren pa je za jeklene pilote. Teža vibratorjev je do 20000 kg in frekvenco delovanja od 10 do 39 Hz.

Slabost takšnega načina je, da vibracije lahko vplivajo na sosednje objekte in jih poškodujejo.

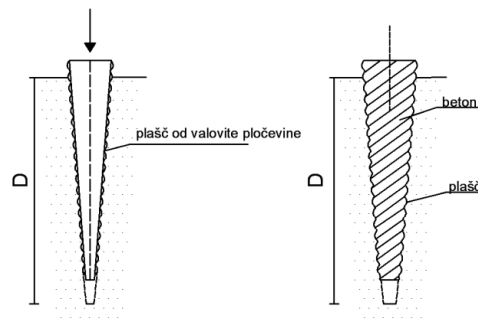


Slika 21: Vibracijsko kladivo [3]

2.3.2 Tehnologija zabijanja in izgradnje na mestu

Raymond²

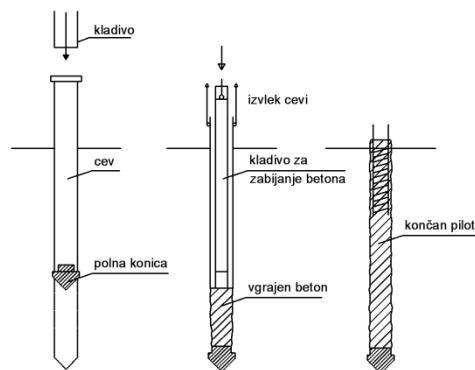
Raymonds tehnologija omogoča izgradnjo betonskih pilotov konusne oblike z valovito površino, Slika 22. Obložna valovita pločevina konusne oblike se zabija v tla s pomočjo železnega kalupa do potrebne globine ter zapolni z betonom po odstranitvi kalupa. Valovita površina zagotavlja dober prenos sile v tla s trenjem ob plašču.



Slika 22: Tehnologija Raymond [2]

Stern-Express²

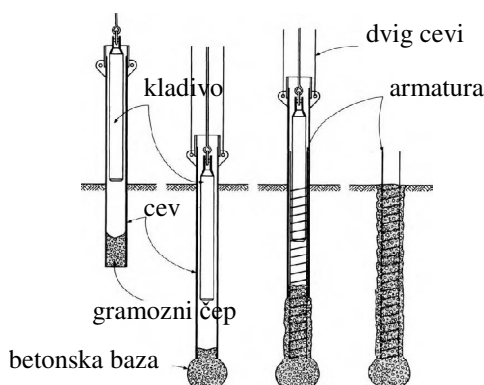
Stern-Express tehnologija omogoča izgradnjo betonskih pilotov z razširjenim premerom, Slika 23. Proces se prične z zabijanjem jeklene cevi pod katero se predhodno vstavi betonski polni vrh-konica in preneha, ko je dosežena zadostna odpornost. Praznina se začne polniti z betonom, kateri se nabija z cilindričnim kladivom, hkrati s tem procesom, pa se začne z vitlom izvlek jeklene cevi, zato se premer pilota lahko razširi, kar omogoča boljši prenos sile na tla s trenjem ob plašču.



Slika 23: Tehnologija Stern-Express [2]

Franki²

Franki tehnologija omogoča izgradnjo betonskih pilotov z razširjeno nogo in premerom, Slika 24. Proces se prične z zapolnitvijo spodnjega dela cevi s suhim betonom, kateri se začne nabijati s cilindričnim kladivom z namenom ustvariti trenje med cevjo in suhim betonom. Nastali čep od zbitega suhega betona omogoča tako hkratno premikanje čepa in cevi do potrebne globine. Za ločitev cevi in čepa moramo z močnimi udarci udarjati po čepu, da ga iztisnemo iz cevi, hkrati s tem procesom pa pripravimo cev za izvlek in polnjenje praznine z betonom in vstavitvijo armature. Z nabijanjem dodanega betona se dodatno razširi noga pilota, ob sočasnem počasnem izvleku cevi pa razširimo z nabijanjem še premer pilota. Takšen način izgradnje omogoča dober prenos sile v tla preko noge in plašča.



Slika 24: Tehnologija Franki [3]

2.3.3 Tehnologija vrtanja in izgradnje na mestu

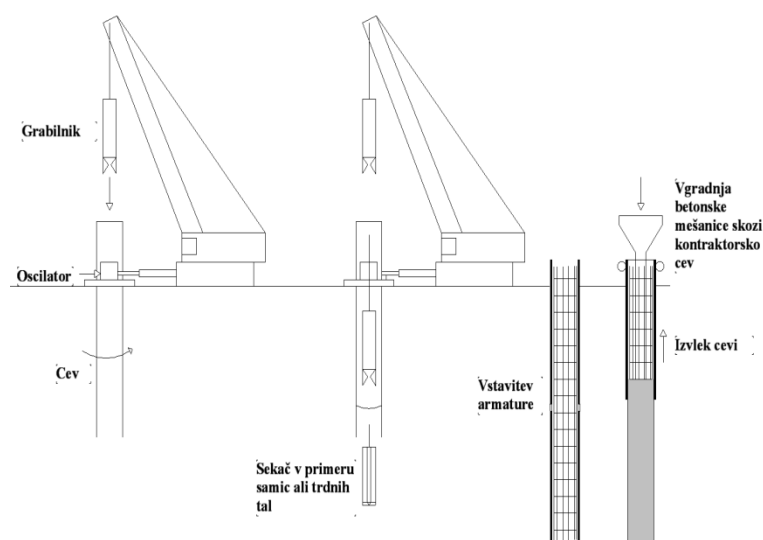
Benoto¹³

Tehnologija Benoto omogoča pripravo vrtine z posebnimi orodji za nadaljnjo izdelavo AB pilotov, Slika 25.

Proces se začne z vstavitvijo jeklene opažne cevi v hidravlični oscilator cevi ali lavirko, ki je povezana z hidravličnim agregatom. Prodiranje cevi v tla nam omogoča oscilator in posebno oblikovan konec cevi, dolžina posamezne cevi pa je omejena, zato lahko opažne cevi medsebojno spajamo s posebnimi spoji. Hkrati s potiskom cevi se začne izkop z enovrtnim grabilnikom ustreznega premera, ki pa se vedno izvaja znotraj opažne cevi. V

primeru, da med izkopom naletimo na večje kose kamnin oziroma samic ali da na dnu vrtine izdelamo poglobitev oziroma usek v trdno podlago uporabimo posebne sekače ali dleta. Tako zdrobljen material se izvleče z enovrtnim grabilnikom.

Ko izkopljemo do zahtevane globine in očistimo vrtino, vanjo vstavimo armaturni koš, znotraj katerega vstavimo kontraktorsko cev z lijakom, ki onemogoča segregacijo betona. Beton črpamo preko lijaka v cev, katera mora biti vseskozi minimalno 2 metra v betonu. Ko napolnimo vrtino z višino 7-8 metrov betona opravimo izvlek prve cevi iz vrtine in odklop od ostalih cevi. Proces nadaljujemo vse do zapolnitve vrtine z betonom.

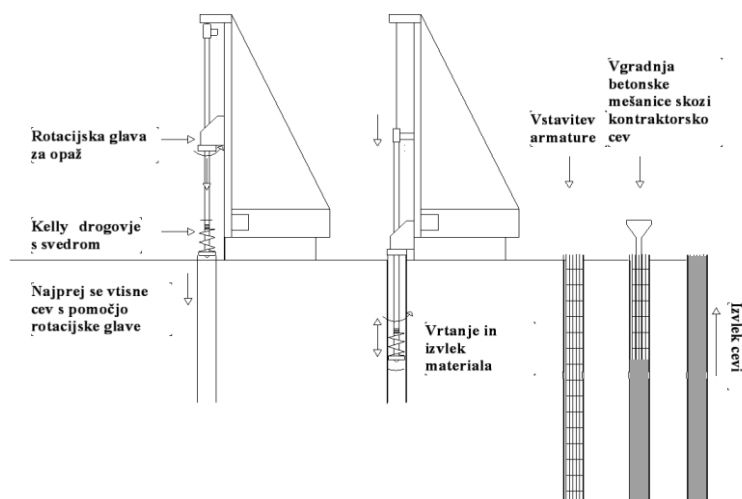


Slika 25: Tehnologija Benoto [14]

Kelly drogovje^{3, 4}

Tehnologija s Kelly drogovjem je način vrtanja, ki omogoča izvedbo vrtine s pomočjo posebnega drogovja in pogona. Vrtina se izvede po principu rotacije in grabljenja in jo je možno uporabiti v vseh vrstah tal. Drogovje vsebuje teleskopsko palico, ki omogoča globino vrtanja do 100 m. Na teleskopsko palico je mogoče namestiti specialno vrtalno opremo, kot so: vrtalne šape, spirale in krone. Premeri vrtine so lahko od 0,3 do 5,0 m, v primeru dodatne razširitve baze pa tudi do 7,3 m. Vrtenje teleskopske palice poteka preko rotacijske glave, ki se premika po vodilu ali preko rotacijske mize, ki je statična. Varovanje vrtine se lahko izvede z opažno cevjo, ki se uvrta in izvleče z rotacijsko glavo in s pomočjo vitla ali varovanje vrtine z bentonitno izplako.

Tehnologija omogoča neodvisno delovanje opažne cevi in vrtalne opreme, zato lahko material na površje izvlečemo brez premikanja opaža. Za nadaljnjo poglobitev najprej zavrtamo opaž ter kasneje prično z vrtnjem. Po končanem vrtnju in čiščenju vrtine se vstavi armaturni koš ter prične betoniranje z vstavitvijo kontraktorske cevi z lijakom. Cev mora biti vedno pod nivojem betona, ter vodotesna v primeru prisotnosti vode ali izplake. Po končanem betoniranju se izvleče opažna cev.



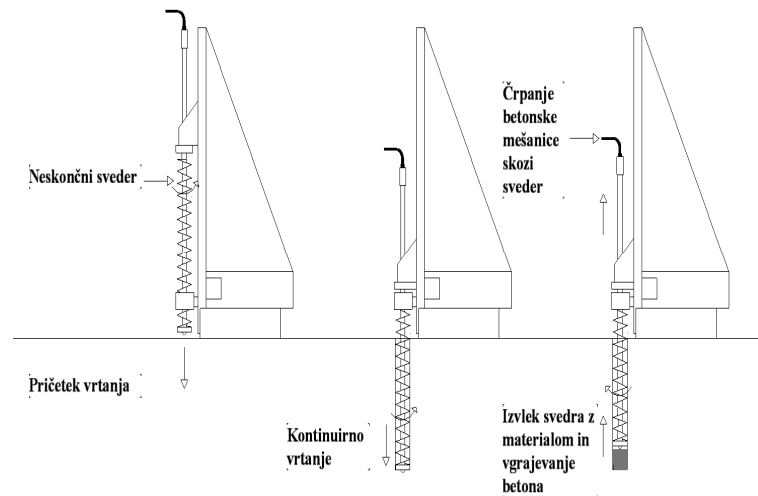
Slika 26: Tehnologija s Kelly drogovjem [4]

CFA⁶

Tehnologija neskončnega svedra omogoča izvedbo in zalitje vrtine z betonom v enem samem kontinuiranem procesu, Slika 27.

Proces se začne z vrtnjem v zemljinu s pomočjo svedra, ki mora biti daljši ali enak globini predvidene vrtine. Z dosegom predvidene globine se sveder ustavi in izvleče za približno 30 centimetrov. S priklopom cevi na vrh svedra začne skozi notranji votli del svedra s kontroliranim tlakom dotekati betonska mešanica in se črpa v vrtino skozi konico svedra. Sveder ponovno zavrtamo do predvidene globine, nato pa prično z enakomernim izvekom svedra skupaj z materialom, medtem ko beton zaliva prazni prostor pod svedrom. Operater vrtalne garniture preko monitorja vrtalne garniture spremlja tlak in količino vgrajenega betona. Vzdrževanje tlaka je pomembno, saj lahko padec tlaka povzroči vdor zemljine v betonsko mešanico. Izkopan material, ki pride na površje sprotno odstranimo,

ter po končanem betoniranju vtisnemo ali uvibriramo armaturni koš v svežo betonsko mešanico.



Slika 27: Tehnologija CFA [6]

Tehnologija uporabe vode in suspenzije¹

Tehnologija uporabe vode je primerna tam, kjer imamo opravka z nekoherentno zemljino, katera ni čvrsta in predstavlja problem rušenja. V tem primeru moramo vrtino izvrtati tako, da voda, ki mora biti nad nivojem podtalnice s svojim hidrostatičnim tlakom deluje na stene vrtine in preprečuje rušenje sten vrtine. Problem se pojavi pri zelo prepustnem materialu, kateri zahteva velike količine vode za ohranjanje potrebnega nivoja vode v vrtini. V tem primeru je zato bolj učinkovita uporaba suspenzija glin in bentonita v vodi v primernem razmerju. V tem primeru ustvarjeni hidrostatični nadtlak vtiska suspenzijo v okoliška tla ter s filtracijo ustvarja na stenah vrtine tanko plast, ki preprečuje prodor suspenzije v tla okoli vrtine. S tem vzdržujemo potrebni nivo tlaka, ki preprečuje krušenje znotraj vrtine. Odvečni material nastal pri vrtanju pomešan s suspenzijo se preko votle cevi na katero je privijačena vrtalna oprema in črpalke črpa v bazene na površju od koder se očiščena izplaka ponovno vrača v vrtino. Po dosegu ustrezne globine in končanem izpiranju odvečnega materiala v vrtini se prične betoniranje s pomočjo cevi, katere konec mora biti vedno 1,0 m pod nivojem vgrajenega betona, kar prepreči mešanje suspenzije in betona. Beton tako suspenzijo izriva iz vrtine na površje. V vrtino lahko vstavimo tudi vnaprej izdelano armaturo.

3 FAZE TEMELJENJA NA PILOTIH

Geotehnično projektiranje zahteva, da se za vsak objekt napravi poročilo o geotehničnem projektu. Projekt je sestavljen iz večjega števila faz, ki se v osnovi delijo na geotehnične raziskave, izračune in kontrolo gradnje. V tem poglavju je tako naš cilj predstaviti fazo raziskave temeljnih tal in fazo projektne metode.

3.1 *Faza raziskave temeljnih tal za potrebe temeljenja na pilotih*^{15,17}

Geotehnične preiskave morajo biti načrtovane tako, da se zagotovijo ustrezne in pomembne geotehnične informacije in podatki. Pri tem se morajo zagotoviti takšni podatki, da se lahko ustrezno opišejo bistvene lastnosti tal in se pridobijo zanesljive karakteristične vrednosti materialnih lastnosti tal za projektne računske analize. Za zagotovitev in preverjanje zanesljivih vrednosti se geotehnične preiskave delijo na tri faze:

- preliminarne raziskave,
- raziskave za projekt,
- kontrolne raziskave in tehnično opazovanje med gradnjo.

Za geotehnično projektiranje so pomembne vse raziskave, vendar bomo naše opise omejili na raziskave za projekt, saj lahko na podlagi teh pridobimo potrebne podatke za izbiro metode gradnje.

Raziskave za projekt morajo biti zbrane v Poročilu o preiskavah tal, ki mora vsebovati predstavitev geotehničnih podatkov vključno z geološkimi značilnostmi in merodajnimi podatki ter geotehnično vrednotenje. Geotehnične podatke pridobimo iz rezultatov preskusov neposredno ali prek korelacij, teorije ali empirično. Ti poskusi so sestavljeni iz terenskih in laboratorijskih preiskav. Pri obeh preiskavah je potrebno upoštevati

geotehnično kategorijo konstrukcije, dodatno pa lahko upoštevamo tudi priporočila glede obsega preiskav.

Ker ima evropski standard Evrokod 7-1 projektne zahteve glede minimalnega obsega geotehničnih preiskav, izračunov in nadzora gradnje, je potrebno ugotoviti zahtevnost vsakega geotehničnega projekta, zato se vpeljejo tri geotehnične kategorije:

- 1. kategorija,
- 2. kategorija in
- 3. kategorija.

Prav tako je potrebno upoštevati priporočeno globino preiskave pod nogo pilota, ki je določena s tremi pogoji:

- $z_a \geq 1,0 b_g$
- $z_a \geq 5,0 \text{ m}$
- $z_a \geq 3,0 D_F$

kjer so:

z_a globina preiskave pod nogo pilota

D_F premer noge pilota

b_g manjša dolžina stranice v primeru pilotov v skupini.

3.1.1 Raziskave na terenu

V primeru, da nam preliminarne raziskave ne priskrbijo potrebnih informacij o metodi gradnje je potrebno celotne raziskave opraviti skozi fazo za projekt. Prednost vseh raziskav na terenu je v uporabi tehnologije, ki nam omogoča zajem meritev na večjem vzorcu, možnost merjenja na vzorcih, katerim se lastnosti niso bistveno spremenile in v hitri ter preprosti obdelavi meritev. Katere preiskave so najbolj optimalne je tako odvisno od informacij, ki jih že imamo. V splošnem terenske preiskave obsegajo naslednje faze:

- vrtanje ali izkopavanje za vzorčenje,
- meritve podtalnice in
- terenski testi.

V projektu, projekt se nanaša na objekt opisan v poglavju 4, so bile za potrebe določitve podpornih ukrepov in dopolnitev podatkov o strukturi tal izvedene naslednje preiskave: sondažno raziskovalno vrtanje, meritve nivoja vode, geodetski posnetek ustja vrtin, standardni penetracijski preskus in presiometrične preiskave. V nadaljevanju bomo podrobneje opisali naslednji dve:

- standardni penetracijski preizkus in
- presiometrično preiskavo.

Rezultati obeh omenjenih preiskav bodo predstavljeni v poglavju 4.

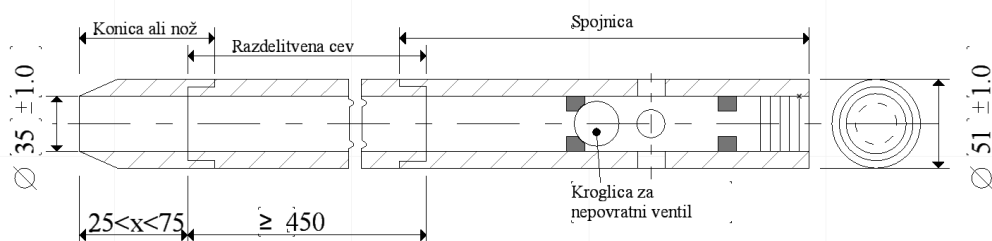
Standardni penetracijski preizkus (SPT) ^{18, 21}

Standardi penetracijski preizkus je s svojim standardiziranim postopkom namenjen določanju trdnostnih in deformabilnostnih karakteristik nevezljivih zemljin. Prvotno je bil testiran na kremenčevih peskih. V osnovi je preiskava z uporabo korekcij namenjena določanju relativne gostote zemljin, ter preko empiričnih zvez tudi ocenitvi strižnega kota, elastičnega modula, posedkov temeljev in nosilnosti tal.

Standardizirani postopek sestavlja naslednja oprema:

- vrtno drogovje,
- mehanizem in vodilo za dviganje in spuščanje uteži,
- 63,5 kg utež,
- votla konica z nožem, pod kotom 45° ali
- polna 60° konica, premera 51 mm.

Postopek meritev se začne z predhodno pripravo vrtnice, to opravimo z vrtnjem do globine v kateri želimo izvajati preizkus. Dno vrtnice se očisti in prične z zabijanjem standardnega cilindra z nožem, Slika 28 ali polno konico. Cilinder je pritrjen na drog na katerega z višine 750 mm prosto pada 63,5 kg utež. Začetni udarci, označeni pod N_0 so potrebni za prebitje poškodovane plasti zaradi vrtnja, do debeline 150 mm. Ko dosežemo ta ugrez začnemo šteti udarce za SPT preiskavo in jih merimo do pogreza noža za 300 mm, označimo jih z N_n in označuje število penetracije obravnavane zemljine. Če ne dosežemo predpisanega ugreza nadaljujemo z udarci in izmerimo posedek noža pri 60 udarcih (npr. 10 cm/60 ud.).



Slika 28: Votla konica z nožem [18]

Za pridobitev natančnih SPT rezultatov je potrebno terensko ugotovljene vrednosti prilagoditi z upoštevanjem korekcij:

- korekcija zaradi prenosa energije v drogovje k_{60}

$$k_{60} = \frac{E_r}{60} \quad (3.1.)$$

kjer sta:

k_{60} korekcijski koeficient prenosa energije, ki podaja razmerje med dejansko prenešeno energijo in 60% teoretične potencialne energije.

E_r energijsko razmerje med dejansko in teoretično potencialno energijo, ki je vnešena v drogovje za predpisan SPT sistem [%].

- korekcija zaradi dolžine drogovja, λ

TABELA 1: Korekcija zaradi dolžine drogovja, λ

Dolžina drogovja [m]	3-4	4-6	6-10	>10
Korekcijski factor λ	0,75	0,85	0,95	1,00

- korekcija zaradi napetosti v zemljini, prekonsolidacije in gostote, C_n

TABELA 2: Korekcija zaradi napetosti, prekonsolidacije in gostote, C_n

Vrsta peska	Relativna gostota	C_n
Normalno konsolidiran	40 do 60%	$200/(100+\sigma'_v)$
	60 do 80 %	$300/(200+\sigma'_v)$
Prekonsolidiran		$170/(70+\sigma'_v)$

OPOMBA: Pri tem podajamo σ'_v v kPa

V primeru, da je vrednost C_N večja od 2,0 je priporočeno, da se faktor ne uporablja.

- korekcija zaradi uporabe nestandardne konice

Če uporabimo nestandardno konico, polno 60° konico s premerom 51 mm, ki se uporablja večinoma v prodih in gruščih je potrebno število udarcev pridobljenih z nestandardno konico dodatno reducirati s faktorjem 0,75.

Z upoštevanjem teh korekcij izračunamo število udarcev, korigirano na 60% teoretične energije, N_{60} , po enačbi:

$$N_{60} = 0.75_{\text{po ln a konica}} \times k_{60} \times C_N \times N \times \lambda \quad (3.2.)$$

in število udarcev, korigirano na 60% teoretične energije in na efektivni vertikalni tlak $\sigma'_v = 100 \text{ kPa}$ ($C_N = 1$) ali $(N_1)_{60}$ po enačbi:

$$(N_1)_{60} = 0.75_{\text{po ln a konica}} \times k_{60} \times C_N \times N \quad (3.3.)$$

Rezultati SPT preiskave nam preko korelacij, ki jih priporoča Evrokod 7-2, omogočajo določiti nekatere parametre:

- korelacija med $(N_1)_{60}$ in relativno gostoto, I_D , za nekoherentne zemljine,
- korelacija med indeksom goste, I_D , in efektivnim strižnim kotom, φ' , v nekoherentnih zemljinah.

Presiometrične preiskave (PMT) ^{19, 20}

Presiometrične preiskave so meritve, ki omogočajo preko opreme ustvarjanje pritiska v cilindrični fleksibilni membrani na stene vrtine in posledično ugotavljanje deformacijskih lastnosti in napetostnega stanja v zemljinah in mehkih kamninah, predstavljeno z napetostno-deformacijsko krivuljo ali presiometrično krivuljo. Pri tem lahko meritve izvajamo s štirimi različnimi načini priprave vrtine in s tem povezanimi aparati:

- presiometer vstavljen v predhodno pripravljeno vrtino (PBP),
- Menardov presiometer (MPM),
- samovrtalni presiometer (SBP) in
- vtisnjeni presiometer (FDP).

Za potrebe projekta so bile izvedene presiometrične preiskave z uporabo dveh tipov presiometra, v predhodno pripravljenih vrtinah:

- Menardov presiometer in

- OYO Elastmeter 2.

Menardov presiometer se uporablja za preiskave v zemljinah, sestavljen je iz Menard-ove merilne sonde z membrano, drogovja, izvora tlaka, kontrolne enote in kabla za povezavo, Slika 29. Uporabljamo dva tipa sond AX in BX. Prvo uporabljamo v nekoherentnih zemljinah, zaradi dodatne zaščitne cevi, druga pa je primerna za koherentne zemljine in se vstavi v naprej pripravljeno vrtino. Membrane so narejene za obremenitve od 500 do 10000 kPa. Vso opremo je potrebno kalibrirati (umeriti) za korektno vrednotenje rezultatov.



Slika 29: Menard presiometer [21]

Preiskava poteka z izdelavo in pripravo vrtilne, ki mora biti ustreznega premera glede na premer sonde ter povrtana največ 1,0 m pod predvidenim mestom preiskave. Sondo spustimo v vrtino do globine preiskave in jo začnemo obremenjevati z enakimi prirastki tlaka, ki potekajo v intervalih 1 minute, skupno nekje 7 do 14 intervalov. Pri tem merimo ustrezne prirastke deformacij preko spremembe volumna ali spremembe radija membrane. Po končani meritvi izvedemo korekcije rezultatov glede na predhodno kalibracijo.

Rezultate pridobimo iz krivulje, ki definira odnos med spremembami tlaka in volumna ali polmera sonde iz katere odčitamo mejni tlak, določimo Menardov presiometrski modul in modul ponovne obremenitve. Mejni tlak, predstavlja podatek o trdnosti tal na koti preskusa, katerega odčitamo na mestu porušitve obodne zemljine ali ko je prostornina vrtilne enaka dvakratniku začetne vrednosti prostornine. Menardov presiometrski modul in

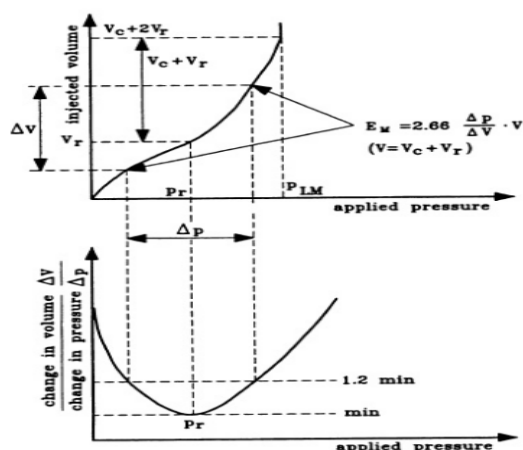
modul ponovne obremenitve, ki predstavljata deformabilnost tal, izračunamo iz linearnega dela krivulje.

V primeru izračuna Menardovega presiometriškega modula na podlagi krivulje tlak/volumen uporabimo enačbo 3.1. in interpretiramo rezultate na podlagi Slike 30.

$$E_M = 2.66 \frac{\Delta p}{\Delta V} \times V \quad (3.1.)$$

kjer so:

- Δp sprememba tlaka, $p_2 - p_1$, definirane na Sliki 30 [MPa]
- p_1 – tlak na začetku kvazilinearnega dela krivulje določenega na podlagi minimalne vrednosti $\frac{\Delta V}{\Delta p}$ in koeficienta 1.2,
- p_2 – tlak na koncu kvazilinearnega dela krivulje določenega na podlagi minimalne vrednosti $\frac{\Delta V}{\Delta p}$ in koeficienta 1.2,
- ΔV sprememba prostornine, $V_2 - V_1$, v območju iz vrednotenih tlakov p_1 in p_2 definirane na Sliki 30 [cm^3],
- p_r tlak, kjer je na krivulji $\frac{\Delta V}{\Delta p} / p$, vrednost $\frac{\Delta V}{\Delta p}$ minimalna [MPa],
- V_r vrednost, ki ustreza povečani prostornini ali prostornina v območju iz vrednotenih tlakov. Vrednost ustreza tlaku p_r , [cm^3],
- V_c začetna prostornina membrane po kalibraciji [cm^3],
- V $V_c + V_r$ [cm^3].

Slika 30: Interpretacija E_M in p_{LM} iz MPM testa[19]

V primeru izračuna Menardovega presiometriškega modula in modula ponovne obremenitve na podlagi krivulje tlak/radialna deformacija, Slika 31, uporabimo enačbo 3.2, kjer upoštevamo za Poissonov količnik, ν , vrednost 0,33. Kjer imamo več obremenilno-razbremenilnih zank, modul določimo tako, da vrednosti v točkah 1 in 2 nadomestimo z vrednostmi v točkah 3 in 4.

$$E_M = (1 + \nu) \times (p_2 - p_1) \times \frac{\left(1 + \left(\frac{\Delta R_0}{R_0}\right)_2\right)^2 + \left(1 + \left(\frac{\Delta R_0}{R_0}\right)_1\right)^2}{\left(1 + \left(\frac{\Delta R_0}{R_0}\right)_2\right)^2 - \left(1 + \left(\frac{\Delta R_0}{R_0}\right)_1\right)^2} \quad (3.2.)$$

kjer so:

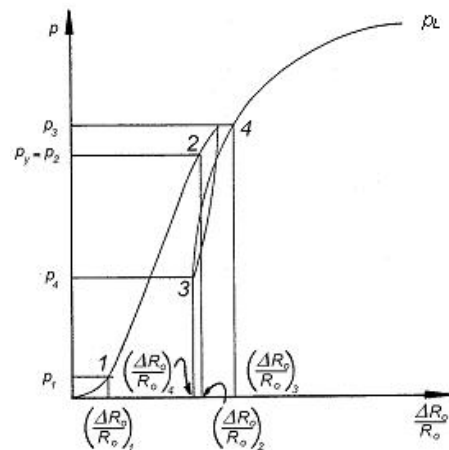
p_1 , tlak na začetku linearno-elastičnega dela ali kvazilinearnega dela krivulje pri

spremembi radija $\left(\frac{\Delta R_0}{R_0}\right)_1$, Slika 31,

p_2 tlak na koncu linearno-elastičnega dela ali kvazilinearnega dela krivulje pri

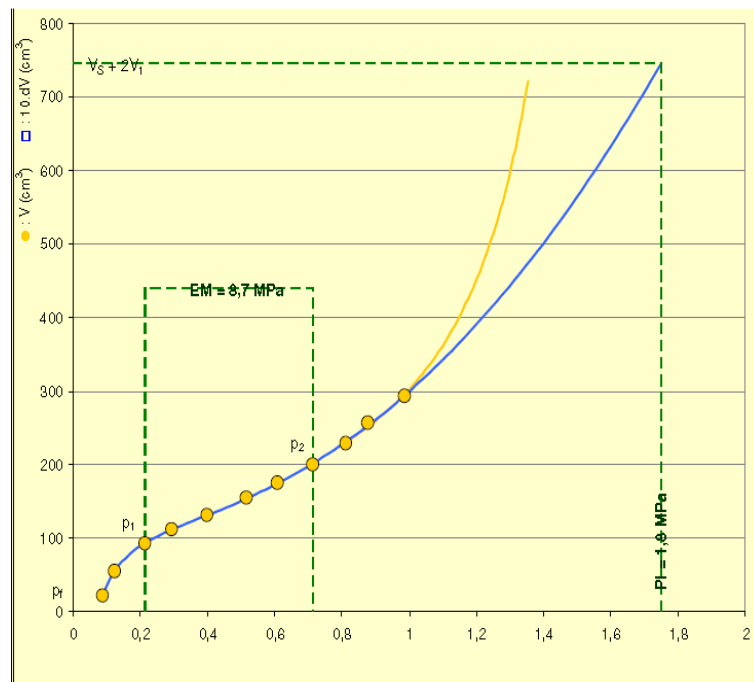
spremembi radija $\left(\frac{\Delta R_0}{R_0}\right)_2$, Slika 31,

R_0 začetni radij.



Slika 31: Presiometriška krivulja na podlagi Menardovega presiometra [20]

Na Sliki 32 je predstavljena krivulja pridobljena iz preiskusa na podlagi Menardovega presiometra, na območju temeljenja objekta podrobneje predstavljenega v poglavju 4, ki prikazuje odnos med spremembami tlaka in volumna sonde. Mejna tlak je pridobljen na podlagi definicije o dvakratniku začetne vrednosti prostornine, Menardov presiometriški modul pa na podlagi enačbe 3.1.



Slika 32: Primer presiometriške krivulje iz vrtnice DG-2, globina 3,0 m [22]

Oyo Elastmeter 2 ²² se uporablja za preiskave v hribinah, opremo sestavljajo presiometerska sonda z membrano, drogovje, izvor tlaka, kontrolna enota in kabel za povezavo. Presiometerska sonda se spusti v naprej pripravljeno vrtino, premera 76 mm, kjer lahko kamnino obremenjujemo s tlakom do 20 MPa.



Slika 33: Oyo Elastmeter 2 [22]

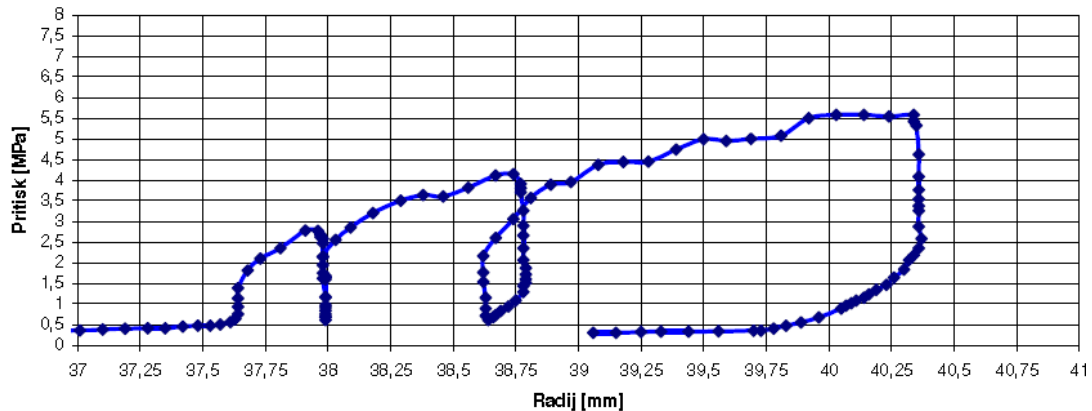
Rezultate pridobimo iz krivulje med tlakom in povzročeno radialno deformacijo iz katere razberemo mejni tlak. Mejni tlak je definiran kot maksimalno doseženi tlak na presiometerski krivulji. Za izračun presiometerskega modula, E_0 , uporabljamo enačbo 3.3, kjer upoštevamo za Poissonov količnik, ν , vrednost 0,3. Posamezne meritve pri preiskavi vsebujejo več obremenilno-razbremenilnih ciklov.

$$E_0 = \frac{\Delta p}{\Delta R} \times r_s \times (1 + \nu) \quad (3.3.)$$

kjer so:

- Δp sprememba pritiska na kvazilinearnem območju obremenilnega dela krivulje,
- ΔR sprememba radija vrtine pri Δp ,
- r_s sredinjski radij vrtine na kvazilinearnem območju obremenilnega dela krivulje.

Na Sliki 34 je predstavljena krivulja z več obremenilno-razbremenilnimi cikli, preiskava je bila izvedena na območju temeljenja obravnavanega objekta, podrobneje predstavljenega v poglavju 4.



Slika 34: Primer presiometriške krivulja iz vrtine DG-1, globina 12,0 m [22]

3.1.2 Laboratorijske preiskave ²²

Laboratorijske preiskave izvajamo na vzorcih, ki se pridobijo s postopkom vrtnja ali izkopavanja na terenu. Pri tem je pomembno, da se pri procesu vrtnja, vzorčenja in transporta, lastnosti vzorca ne spremenijo bistveno od njegovega naravnega stanja. Na podlagi tega lahko dobimo informacijo, katere lastnosti na posameznem kakovostnem razredu lahko merimo v laboratoriju in določimo potrebno metodo vzorčenja. Laboratorijske preiskave se izražajo z številčnimi vrednostmi in dopolnjujejo s terenskimi preiskavami.

V nadaljevanju bomo podali tiste laboratorijske preiskave na vzorcih, ki so bile uporabljene pri projektu in pri tem uporabljen standard. Rezultati preiskav bodo uporabljeni kot fizikalno-mehanske karakteristike zemljin in hribin v karakterističnih slojih, predstavljeni v poglavju 4.3.3.

TABELA 3: Laboratorijske preiskave na vzorcih

	TIP PREISKAVE	STANDARD
1.	Opis in klasifikacija vzorcev	<i>JUS U.B1.001/1990</i>
2.	Zrnavostna sestava	<i>SIST N 933-1, SIS-TS CEN ISO/TS 17892-4</i>
3.	Vlažnost vzorca	<i>SIS-TS CEN ISO/TS 17892-1</i>
4.	Plastičnost in konsistenca	<i>SIS-TS CEN ISO/TS 17892-12</i>
5.	Prostorninska masa	<i>SIS-TS CEN ISO/TS 17892-2</i>
6.	Specifična masa	<i>SIS-TS CEN ISO/TS 17892-3</i>
7.	Edometrska preiskava stisljivost z izmero nabrekalnih pritiskov	<i>SIS-TS CEN ISO/TS 17892-5</i>
8.	Vodoprepustnost zemljin	<i>SIS-TS CEN ISO/TS 17892-11</i>
9.	Enosna tlačna trdnost	<i>BS 1377, Part 7</i>
10.	Indeks točkovne trdnosti	<i>N.G. 10-007</i>
11.	Nedrenirana strižna trdnost	<i>BS 1377:Part 7:1990</i>
12.	Direktna strižna preiskava	<i>SIS-TS CEN ISO/TS 17892-10</i>
13.	Meritve hrapavosti razpok z 3D optičnim bralnikom ATOS	<i>ISRM; Suggested method for the Quantitative Description of Discontinuities</i>
14.	Robertsonova strižna preiskava hribin	<i>ISRM; Suggested method for laboratory determination of direct shear strenght</i>
15.	Triosna preiskava hribin	<i>ISRM; Suggested method for determinating the Strenght of rock material in triaxial compression</i>

3.2 Faza projektne metode po EC7^{16,17}

Faza projektne metode zahteva, da je potrebno za vsako geotehnično projektno stanje preveriti, da ne presega nobenega mejnega stanja. Pri tem mejno stanje za potrebe temeljenja na pilotih po evropskem standardu Evrokod preverimo z uporabo enega izmed naslednjih štirih pristopov: na rezultatih statičnih obremenilnih preskusov, na empiričnih ali analitičnih računskih metodah, na rezultatih dinamičnih obremenilnih preskusov in na rezultatih opazovanja primerljivega temelja na pilotih, če je takšen pristop podprt z rezultati preiskav terena in lastnosti tal. Standard veliko pozornost namenja statičnemu obremenilnemu preskusu, saj je to edina izkušnja s katero lahko preverimo dejansko obnašanje pilota na terenu, prav tako, pa lahko z njo preverimo uporabljene metode. Pri projektiranju je potrebno preveriti z računskimi metodami in upoštevanjem standarda Evrokod 7-1 in 7-2 mejno stanje nosilnosti, MSN in uporabnosti, MSU za osno in prečno obremenjene pilote ter skupine pilotov.

Geotehnično projektiranje po MSN tako zahteva, da se preveri mejno stanje porušitve v konstrukciji ali prekomerne deformacije konstrukcije v kateri prevladuje trdnost konstrukcijskega materiala, STR in geotehnično mejno stanje porušitve ali prekomerne deformacije tal, v kateri je pri zagotavljanju odpora pomembna trdnost zemljine ali hribine, GEO. Ta stanja morata biti preverjena z uporabo enega od treh projektnih pristopov, PP: PP1, PP2 in PP3. Z izbiro PP definiramo delne faktorje, ki se nanašajo na vplive ali učinke vplivov, parametre zemljin in odpornost. Projektni pristopi glede uvrtenih pilotov bodo predstavljeni v Prilogi A.

3.2.1 Projektiranje osno obremenjenega pilota¹⁵

Projektiranje osno obremenjenega pilota zajema preveritve mejnih stanj v primeru tlačne odpornosti tal, natezne odpornosti tal in vertikalnega premika temelja na pilotu zaradi tlačne in natezne obremenitve pilota.

Glavno pozornost diplomskega dela bo usmerjena v preračun tlačne odpornosti tal in pomika zaradi vertikalne obremenitve. Pri tem bomo upoštevali standard Evrokod ter uporabili računске pristope, ki jih predlaga ta standard. Za primerjavo bomo uporabili tudi računsko metodo, ki jo predlaga francoski standard v primeru izračuna tlačne odpornosti

na podlagi presiometra. Prav tako bomo mejno stanje uporabnosti preverili na podlagi analitične metode in statičnega obremenilnega testa. Vse splošne značilnosti zgoraj naštetega bomo podrobneje opisali v nadaljevanju.

V primeru, da je temelj na pilotu obremenjen s tlačno obtežbo mora biti za vse obtežbene primere in kombinacije v MSN izpolnjena naslednja neenačba:

$$F_{c;d} \leq R_{c;d} \quad (3.4.)$$

kjer člen na levi strani neenačbe, $F_{c;d}$, predstavlja projektno vrednost učinka vseh vplivov v osni smeri pilota in člen na desni strani, $R_{c;d}$, projektno vrednost odpornosti tal pod nogo in ob plašču pilota. Vrednost, $F_{c;d}$, načeloma vsebuje tudi težo pilota, vrednost, $R_{c;d}$, pa vsebuje tlak zemljine na nivoju konice pilota. V primeru, da sta ti vrednosti približno enaki se lahko zanemarita, te zanemaritve pa ne upoštevamo v primeru velikega negativnega trenja, ko je teža zemljine zelo majhna in ko se piloti nadaljujejo še nad površino tal. Projektne vrednosti v neenačbi se dobijo z uvedbo delnih faktorjev določenih glede na izbrani projektni pristop in v primeru pilotov tudi na način vgradnje. Projektna vrednost odporov je tako:

$$R_{c;d} = \frac{R_{b;k}}{\gamma_b} + \frac{R_{s;k}}{\gamma_s} \quad (3.5.)$$

$$R_{c;d} = \frac{R_{c;k}}{\gamma_t} \quad (3.6.)$$

kjer so:

- $R_{b;k}$ karakteristična vrednost odpornosti tal pod nogo
- $R_{s;k}$ karakteristična vrednost odpornosti tal ob plašču
- $R_{c;k}$ karakteristična vrednost odpornosti tal ob plašču in pod nogo
- γ_b delni faktor odpornosti tal pod nogo
- γ_s delni faktor odpornosti tal ob plašču
- γ_t delni faktor za celotno/kombinirano odpornost tal

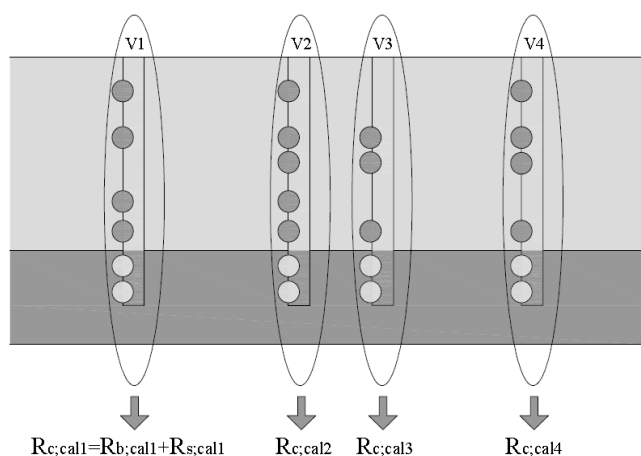
Karakteristično vrednost odpornosti tal pod ного in ob plašču, pa je mogoče dobiti iz terenskih preiskav in laboratorijskih preiskav → karakteristične vrednosti slojev ter z meritvami na testnih pilotih. V poglavjih 3.2.1.1, 3.2.1.2 in 3.2.1.3 bomo tako predstavili računske metode za izračun tlačne odpornosti tal.

3.2.1.1 Tlačna odpornost določena iz rezultatov terenskih preiskav

Karakteristično vrednost tlačne odpornosti tal izračunamo s pomočjo merjenih in dobljenih vrednosti pri terenskih in laboratorijskih preiskavah ter z izbiro ustrezne računske metode. Evrokod 7-1 omenja izračun karakteristične odpornosti tal na podlagi dveh možnih metod:

- metoda modelnega pilota in
- alternativna metoda.

Metoda modelnega pilota ²⁵



Slika 35: Metoda modelnega pilota[15]

Na podlagi Slike 35 se vidi, da metoda modelnega pilota temelji na vgraditvi namišljenega pilota na lokacijah, kjer so bile izvedene terenske preiskave. V našem primeru so bile to presiometrične preiskave, PMT. Pri tem za vsako raziskovalno vrtino (npr. V1, V2, V3, V4) posebej izračunamo vrednost računske odpornosti, $R_{c;cal}$, ter nato določimo dve računski odpornosti. Prva je srednja vrednost iz seštevka računske odpornosti vseh raziskovalnih vrtin, druga pa je minimalna vrednost računske odpornosti glede na vse raziskovalne vrtine. Pri tem moramo obe dobljeni vrednosti deliti z korelacijskim

faktorjem, ki je odvisen od števila terenskih preiskav. Karakteristično vrednost, enačba 3.7, tako predstavlja minimalna vrednost, določena iz srednje ali minimalne računske vrednosti z upoštevanjem korelacijskih faktorjev.

$$R_{c;k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c;cal})_{mean}}{\xi_3}, \frac{(R_{c;cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad (3.7.)$$

kjer so:

$R_{c;k}$ karakteristična vrednost odpora pilota

$R_{c;cal}$ računska vrednost odpora

ξ_3 korelacijski faktor za srednje vrednosti izračunanih odpornosti, Priloga A, Tabela 56,

ξ_4 korelacijski faktor za najmanjše vrednosti izračunanih odpornosti, Priloga A, Tabela 56.

Srednjo računsko vrednost odpora dobimo z enačbo 3.8 kot:

$$(R_{c;cal})_{mean} = (R_{b;cal} + R_{s;cal})_{mean} \quad (3.8.)$$

Minimalno računsko vrednost odpora dobimo z enačbo 3.9 kot:

$$(R_{c;cal})_{min} = (R_{b;cal} + R_{s;cal})_{min} \quad (3.9.)$$

kjer sta:

$R_{b;cal}$ računska vrednost odpora tal pod nogo,

$R_{s;cal}$ računska vrednost odpora tal ob plašču.

Upoštevati moramo tudi delitev konstrukcij na gibke in toge, slednje lahko prenašajo obtežbo s slabših na boljše pilote, zato korelacijska faktorja delimo z vrednostjo 1,1, vendar moramo upoštevati, da je $\xi_3 \geq 1$.

V diplomskem delu bomo uporabili za izračun računske odpornosti tal vrednosti iz presiometrične preiskave, kakor predlaga Evrokod 7-2 (Metoda A1) in francoski standard Fascicule 62-titre V (Metoda A2). Izračun po EC7-2 predstavlja enačba 3.10:

$$R = A \times k \times [p_{LM} - p_0] + P \sum [q_{si} \times z_i] \quad (3.10.)$$

kjer so:

- A presek pilota [m^2],
 p_{LM} mejni tlak na bazi pilota [MPa],
 p_0 [$K_0 (\sigma_{v0} - u) + u$], mirni horizontalni zemeljski tlak [MPa],
 K_0 koeficient mirnega zemeljskega pritiska, po dogovoru enak 0,5 ali
 $K_0 = 1 - \sin\varphi$,
 σ_{v0} geološki tlak ali vertikalni tlak na mestu pred vzetjem vzorca ali izkopom [kPa],
 u porni tlak na koti preskusa [kPa],
 k koeficient nosilnosti, Tabela 4,
 P obseg pilota [m],
 q_{si} odpor na plašču na enoto površine za i -ti sloj [kPa],
 Slika 36 v povezavi s Tabelo 5,
 z_i debelina i -tega sloja [m].

TABELA 4: Koeficient nosilnosti, k , osno obremenjenih pilotov, EC 7-2,

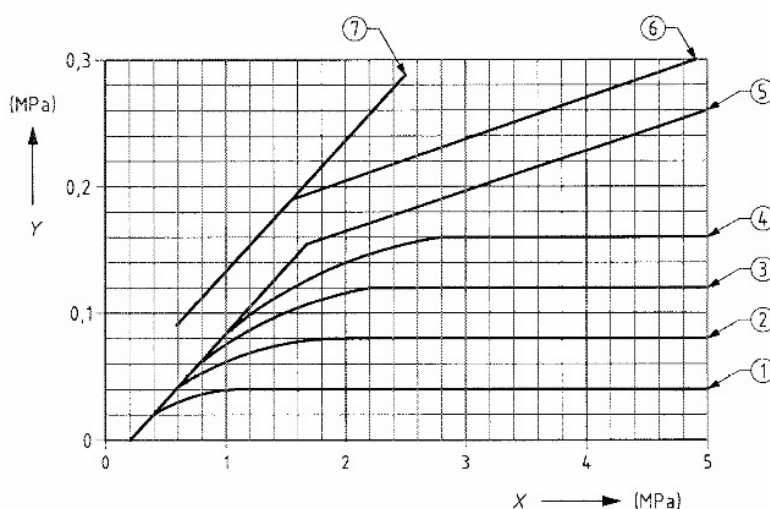
Dodatek E, Tabela E.4

Kategorija tal		p_{LM} [MPa]	Uvrtani piloti in piloti z malo izpodrivanja	Zabiti piloti ali piloti s polnim izpodrivanjem
Glina in melji	A	<0,7	1,1	1,4
	B	1,2-2,0	1,2	1,5
	C	>2,5	1,3	1,6
Pesek in prodi	A	<0,5	1,0	4,2
	B	1,0-2,0	1,1	3,7
	C	>2,5	1,2	3,2
Kreda	A	<0,7	1,1	1,6
	B	1,0-2,0	1,4	2,2
	C	>3,0	1,8	2,6
Lapor	A	1,5-4,0	1,8	2,6
	B	>4,5	1,8	2,6
Preperela skala	A	2,5-4,0	a	a
	B	>4,5	a	a

a) izbira k za najbližjo kategorijo zemljine

TABELA 5: Določitev projektne krivulje za določitev odpora po plašču, EC 7-2, Dodatek E, Tabela E.5

Kategorija tal		Gline in melji			Pesek in prod			Kreda			Lapor		Hribina
p _{LM} kategorija		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	
Vrsta pilota													
Uvrtani piloti in kesoni	Brez podpore	1	1/2	2/3	-		-	1	3	4/5	3	4/5	6
	Podpora z izplako	1	1/2	1/2	1	1/2	2/3	1	3	4/5	3	4/5	6
	Podpora z začasno cevjo	1	1/2	1/2	1	1/2	2/3	1	2	3/4	3	4	-
	Podpora s trajno cevjo	1	1	1	1	1	2				2	3	-
Vodnjaki		1	2	3	-	-	-	1	2	3	4	5	6
Zabiti piloti	Jekleni z zaprto konico	1	2	2	2	2	3				3	4	4
	Betonski	1	2	2	3	3	3				3	4	4
	Zabit začasni opaž, narejen na mestu	1	2	2	2	2	3	1	2	3	3	4	-
	Poinjektirani ^a	1	2	2	3	3	4				3	4	-
Injektirani	Nizki tlak	1	2	2	3	3	3	2	3	4	5	5	-
	Visoko tlak	1	4	5	5	5	6	-	5	6	6	6	7
a) Posebno oblikovan pilot okroglega ali H-prereza, katera cev oblike vijaka se vtisne v tla in se v fazi izvleka sočasno črpa-injektira beton.													

**Key**

(X) Limit pressure (p_{LM}), (Y) Unit shaft resistance (q_{si})
 1 to 7 design curves for unit shaft resistance

Slika 36: Določitev odpora po plašču na enoto površine i-sloja odvisno od mejnega tlaka, EC 7-2 ,
 Dodatek E, Slika E.1[17]

Izračun odpora po francoskem standardu je podoben standardu, ki ga predlaga EC7-2, saj je drugi imenovani povzet po prvem. Kljub temu se med njima pojavita dve glavni razliki. Prva razlika se pojavi v obravnavi mejnega tlaka pri preračunu odpora na nogi, saj EC7-2 predvideva uporabo mejnega tlaka na nivoju noge pilota, vendar pa poudarja, da ga je potrebno korigirati z oslabljenimi sloji, ki bi se pojavili pod nivojem noge pilota. Ker ni natančno določeno kolikšna naj bi bila ta globina, francoski standard uvede ekvivalentni mejni tlak, ki zajema tudi območje mejnega tlaka v okolici noge pilota. Izračun odpora po tem standardu predstavlja enačba 3.11:

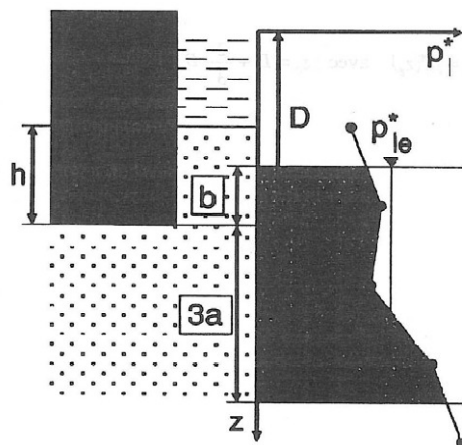
$$R = A \times k \times p_{le}^* + P \sum [q_{si} \times z_i] \quad (3.11.)$$

$$p_{le}^* = \frac{1}{b + 3a} \int_{D-b}^{D+3a} p_l^*(z) \times dz \quad (3.12.)$$

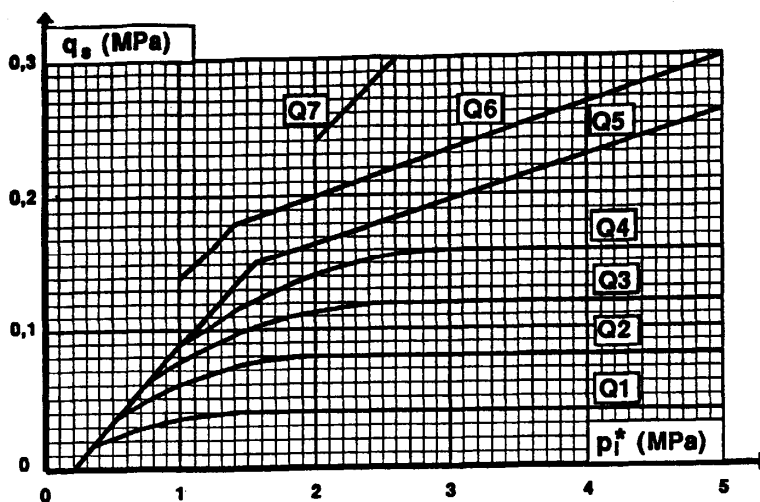
$$p_l^* = p_l - p_0 \quad (3.13.)$$

kjer so:

- p_L mejni tlak [MPa],
- p_L^* neto mejni tlak [MPa],
- p_{Le}^* ekvivalentni neto mejni tlak [MPa],
- a maks. ($\frac{B}{2}; 0.50 m$), Slika 37,
- B premer noge pilota [m],
- b min. ($a; h$), Slika 37,
- h dolžina pilota v nosilnem sloju [m], Slika 37,
- D globina noge pilota, merjeno od kote terena, Slika 37, [m].



Slika 37: Ekvivalentni neto mejni tlak pod ного pilota [25]

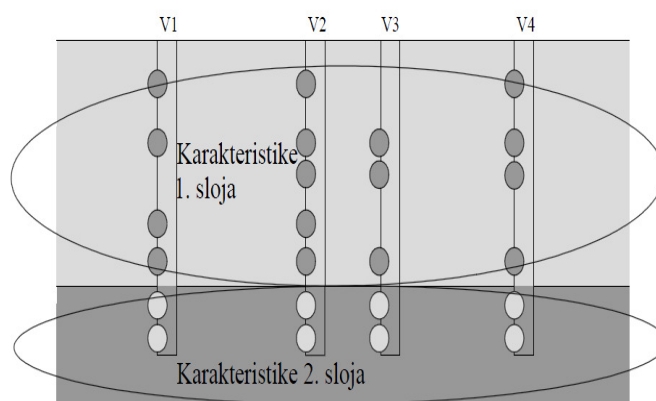


Slika 38: Določitev odpora po plašču na enoto površine i-sloja odvisno od neto mejnega tlaka [25]

Druga razlika med obema standardoma se pojavi pri določitvi odpora po plašču na enoto površine i-sloja. V primeru EC7-2 se v smeri osi x uporablja vrednost mejnega tlaka, Slika 36 in v primeru Fascicule 62-titre vrednost neto mejnega tlaka, Slika 38.

Oba standarda kljub nekaterim razlikam uporabljata enake tabele za določitev koeficienta nosilnosti in projektne krivulje za določitev odpora po plašču, Tabela 4 in Tabela 5.

Alternativna metoda



Slika 39: Alternativna metoda[15]

Alternativna metoda je primerna za računanje karakteristične tlačne odpornosti tal, kjer imamo na razpolago vrednosti parametrov tal, najpogosteje pridobljene iz laboratorijskih preskusov, lahko tudi iz terenskih preiskav. Na podlagi tega sestavimo ustrezen karakteristični model, razdeljenega v karakteristične sloje, Slika 39 in na podlagi tega modela računamo odpornosti in posejke pilotov. Pri tem ne upoštevamo korelacijskih faktorjev, zato ustrezno varnost zagotovimo z uporabo modelnega faktorja s katerim popravimo vrednosti delnih faktorjev pri izračunu projektne vrednosti odpora. Vrednost modelnega faktorja po nacionalnem dodatku je 1,3. Karakteristično nosilnost pilota, $R_{c;k}$, izračunamo kot vsoto karakteristične nosilnosti noge, $R_{b;k}$ in plašča, $R_{s;k}$ po enačbah 3.14 in 3.15:

$$R_{b;k} = A_b \times q_{b;k} \quad (3.14.)$$

$$R_{s;k} = \sum A_{s;i} \times q_{s;i;k} \quad (3.15.)$$

$$R_{c;k} = R_{b;k} + R_{s;k} \quad (3.16.)$$

kjer so:

- A_b efektivna površina noge pilota,
- $A_{s;i}$ efektivna površina plašča pilota v i -sloju,
- $q_{b;k}$ karakteristična vrednost odpora na nogi na enoto površine A_b ,
- $q_{s;i;k}$ karakteristična vrednost trenja na plašču na enoto površine $A_{s;i}$.

V diplomskem delu bomo uporabili za izračun projektne odpornosti tal metodo, ki temelji na karakterističnih vrednostih presiometerskega mejnega tlaka in slojev (Metoda C), pri tem bomo uporabili enačbo 3.10.

3.2.1.2 Tlačna odpornost na osnovi statičnih obremenilnih preizkusov

Statični obremenilni preizkusi se izvedejo tako, da so v skladu s standardom Evrokod 7-1 (poglavje 7.5) in s poročilom o geotehničnem projektu. Pri tem je potrebno izpostaviti nekatere zahteve iz standarda. Standard zahteva, da v kolikor se na pilotu izvede en sam obremenilni preskus, to storimo tam, kjer se pojavljajo najneugodnejši pogoji tal. Druga zahteva je, da morajo biti preskusni piloti grajeni na enak način in s konico segati v isti sloj tal kot piloti, ki bodo sestavljali temeljno konstrukcijo. Tretja zahteva pa je, da je potrebno izbrati takšno obtežbo, da je mogoče pridobiti podatke o mejni obremenitvi.

Rezultat meritev je krivulja obtežba-pomik, iz katere se izmeri vrednost merjene tlačne odpornosti pilota, $R_{c;m}$, pri zabeleženem posedku. Evrokod 7-1 predlaga, da porušitev nastopi pri posedku, ki znaša 10% premera konice pilota. Na podlagi izmerjene vrednosti tlačne odpornosti pilota lahko določimo karakteristično odpornost tal po enačbi 3.17 kot:

$$R_{c;k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c;m})_{mean}}{\zeta_1}, \frac{(R_{c;m})_{min}}{\zeta_2} \right\} \quad (3.17.)$$

kjer so:

- $(R_{c;m})_{mean}$ srednja merjena vrednost odpornosti vseh preskušanih pilotov,
 $(R_{c;m})_{min}$ minimalna merjena vrednost odpornosti izmed vseh preskušanih pilotov,
 ζ_1 korelacijski faktor, odvisen od števila preskušanih pilotov in se nanaša na $(R_{c;m})_{mean}$, Priloga A, Tabela 55,
 ζ_2 korelacijski faktor, odvisen od števila preskušanih pilotov in se nanaša na $(R_{c;m})_{min}$, Priloga A, Tabela 55.

3.2.1.3 Tlačna odpornost na osnovi dinamičnih obremenilnih preizkusov

Dinamični obremenilni preizkus se lahko uporabi za določitev tlačne odpornosti pilota v primeru, če so bili rezultati preverjeni z rezultati statičnega obremenilnega preskusa. Pri tem se zahteva, da je to izvedeno na enaki vrsti pilota, s podobno dolžino in premerom ter v podobnih pogojih tal. Zahtevano je tudi, da se mora za izračun nosilnosti izvesti minimalno dva dinamična obremenilna preskusa. Preskus poteka z merjenjem deformacij in pospeškov pilota v odvisnosti od časa med udarcem zabijala, ki prosto pada na glavo pilota. Energija udarca mora biti dovolj velika, da omogoča ustrezno vrednotenje nosilnosti pilota. Na podlagi teh meritev dobimo merjeno vrednost odpornosti pilota ter z uporabo enačbe 3.18 izračunamo karakteristično odpornost tal.

$$R_{c;k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c;m})_{mean}}{\zeta_5}, \frac{(R_{c;m})_{min}}{\zeta_6} \right\} \quad (3.18.)$$

kjer so:

- $(R_{c;m})_{mean}$ srednja merjena vrednost odpornosti vseh preskušanih pilotov,
 $(R_{c;m})_{min}$ minimalna merjena vrednost odpornosti izmed vseh preskušanih pilotov,
 ζ_5 korelacijski faktor, odvisen od števila preskušanih pilotov in se nanaša na $(R_{c;m})_{mean}$,
 ζ_6 korelacijski faktor, odvisen od števila preskušanih pilotov in se nanaša na $(R_{c;m})_{min}$.

3.2.1.4 Posedki pilota

Projektiranje pilotov na mejno stanje uporabnosti zaradi obremenitve v osni smeri zahteva izpolnitev neenačbe 3.19.

$$E_d \leq C_d \quad (3.19.)$$

kjer sta:

E_d projektna vrednost učinkov vseh vplivov, delni faktor za vse vplive je 1,0

C_d mejna projektna vrednost učinkov vplivov .

Mejno projektno vrednost učinkov vplivov predstavlja dovoljeni pomik zgornje konstrukcije, ki še ne vodi do deformacije konstrukcije oziroma do nesprejemljivih razpok. Projektna vrednost učinkov vseh vplivov naj za preverjanje MSU uporablja projektno obtežbo, kjer se naj za obtežbeno kombinacijo uporabljajo delni faktorji za vplive, ki so 1,0. Pri projektiranju moramo preveriti mejno stanje uporabnosti v primeru tlačno in natezno obremenjenega pilota.

Posedki, ki nastanejo zaradi tlačno obremenjenega pilota morajo ustrezati mejnemu stanju uporabnosti v zgornji konstrukciji, pri tem pa moramo upoštevati tudi negativno trenje, če je prisotno. Za analizo interakcije med temeljem na pilotih in zgornjo konstrukcijo lahko uporabimo rezultate obremenilnega preskusa (diagram obtežba-posedek) ali če rezultatov obremenilnega preskusa nimamo s pomočjo preverjenih empiričnih postopkov. Uporabimo lahko računske postopke, ki temeljijo na predpostavkah teorije elastičnosti, kjer lahko obravnavamo pilot kot togi ali podajnostni.

V diplomskem delu bomo uporabili za analizo posedka pilota na različnih lokacijah teorijo elastičnosti s predpostavko o togem pilotu, poglavje 4.5.8.1 in rezultat obremenilnega preskusa na najslabši lokaciji.

3.2.1.5 Nosilnost skupine pilotov

Nosilnost skupine pilotov zahteva preveritev mejnega stanja nosilnosti za osno obremenjene pilote v skupini.

Osno obremenjeni piloti v skupini

Osno obremenjene pilote v skupini, kjer deluje v osni smeri tlačna obremenitev je potrebno preveriti dva porušna mehanizma:

- prekoračitev tlačne odpornosti posameznih pilotov,
- prekoračitev tlačne odpornosti pilotov in zemljine med njimi, ki skupaj delujejo kot blok.

Prekoračitev tlačne odpornosti pilota preverimo z eno od metod, opisane v poglavju 3.2.1 za primer tlačne odpornosti, medtem ko lahko za blok uporabimo zmnožek števila pilotov v bloku z nosilnostjo enega samega, reducirano glede na medsebojno oddaljenost pilotov v bloku. Za projektno vrednost je potrebno vzeti nižjo izmed zgornjih dveh porušnih mehanizmov. Tlačna odpornost lahko izračunamo tudi tako, da upoštevamo namesto bloka en posamezen pilot z velikim premerom. Upoštevati moramo tudi togost in trdnost konstrukcije, ki povezuje skupino pilotov. Kadar piloti podpirajo togo konstrukcijo izkoristimo sposobnost prenosa oziroma prerazporeditve obtežbe med piloti. V tem primeru mejno stanje nastopi le, ko odpove večje število pilotov. Kadar piloti podpirajo gibko konstrukcijo se upošteva tlačna odpornost najšibkejšega pilota za nastanek mejnega stanja.

Pri preverjanju moramo upoštevati tudi možnost porušitve obodnih pilotov zaradi poševne ali ekscentrične obtežbe, ki jo povzroči zgornja konstrukcija.

3.2.1.6 Posedek skupine pilotov

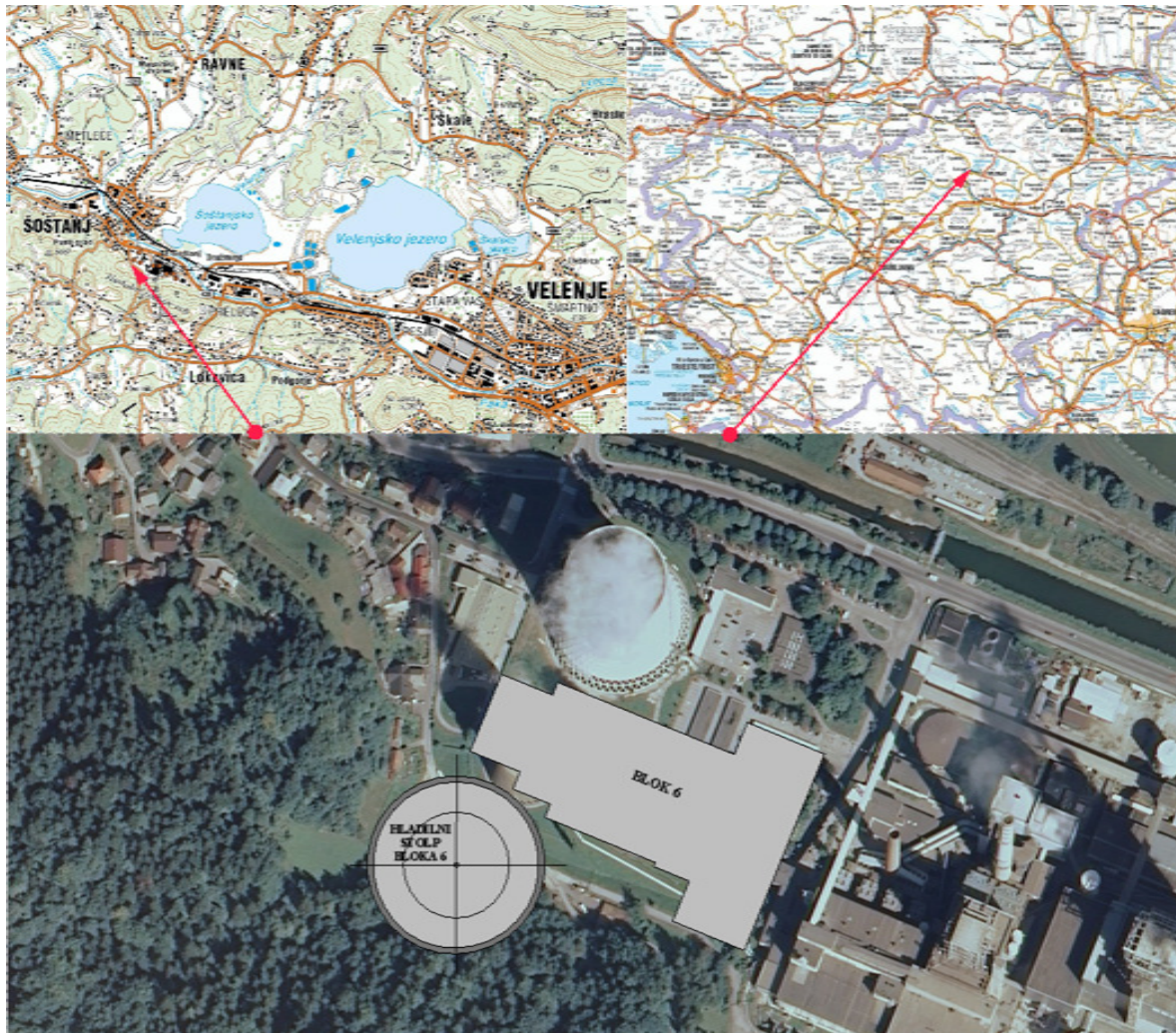
Posedek skupine pilotov naj upoštevajo načela iz poglavja 3.2.1.5, dodatno pa je potrebno upoštevati še določitev posedkov zaradi učinka skupine pilotov.

4 PRIMER TEMELJENJA NA OBJEKTU HLADILNI STOLP BLOK 6 TEŠ

Glavna tema diplomskega dela temelji na preračunu tlačne odpornosti pilotov in vertikalnih posedkov na praktičnem primeru. V tem poglavju bomo tako predstavili tiste značilnosti, ki so pomembne za temeljenje objekta in izvedbo preračuna oziroma bomo predstavili podatke in vrednosti pridobljene iz preiskav predstavljenih in opisanih v tretjem poglavju tega diplomskega dela. Po predstavitvi karakterističnih slojev bomo na osnovi metod opisanih v tretjem poglavju diplomskega dela izračunali in analizirali odpornost pilotov. Vsi podatki in rezultati se nanašajo na projektno dokumentacijo za pridobitev gradbenega dovoljenja, PGD in se lahko razlikujejo od projekta za izvedbo, PZI.

4.1 Podatki o objektu^{23, 28}

Investitor postavitve novega nadomestnega bloka 6, moči 600 MW, ki je že v teku je Termoelektrarna Šoštanj d.o.o. Namen projekta je postopoma nadomestiti stare bloke 1,2,3,4 in 5 z novim, ki bo energetsko učinkovitejši in okoljsko manj obremenjujoč. Objekt je lociran na južnem obrobju Velenjske kotline, na desnem bregu reke Pake, delno na območju industrijske cone termoelektrarne Šoštanj, na jugu in zahodu omejenega z hribino, na severu in vzhodu z obstoječimi industrijskimi objekti, hladilni stolp bloka 4. Novi objekt bo delno postavljen na območju odstranjenih hladilnih stolpov blokov 1,2,3 in stare upravne stavbe. Objekt je v osnovi sestavljen iz večjega števila enot, tako da bo strojnica postavljena ob bloku 1 ter bunkerski del, kotlovnica, elektrofilter in razžveplalna naprava v zahodni smeri proti Šoštanju, hladilni stolp pa bo lociran južno od bloka, vkopan v hribino. Glavno pozornost bomo namenili hladilnemu stolpu in območju na katerem bo izvedeno temeljenje.



Slika 40: Situacija bloka 6 in hladilnega stolpa bloka 6 [29]

Hladilni stolp ima dve ločeni konstrukciji in prav tako ločeno izvedeno in obravnavano temeljenje:

- lupino ali plašč z ogrodjem,
- rosišče z lovilnim bazenom.

Hladilni stolp je po PGD visok $153,698\text{ m}$, spodnjega premera $93,623\text{ m}$ in zgornjega premera $59,460\text{ m}$. Koordinati centra stolpa ob vznožju brežine pobočja sta (Gauss-Krueger):

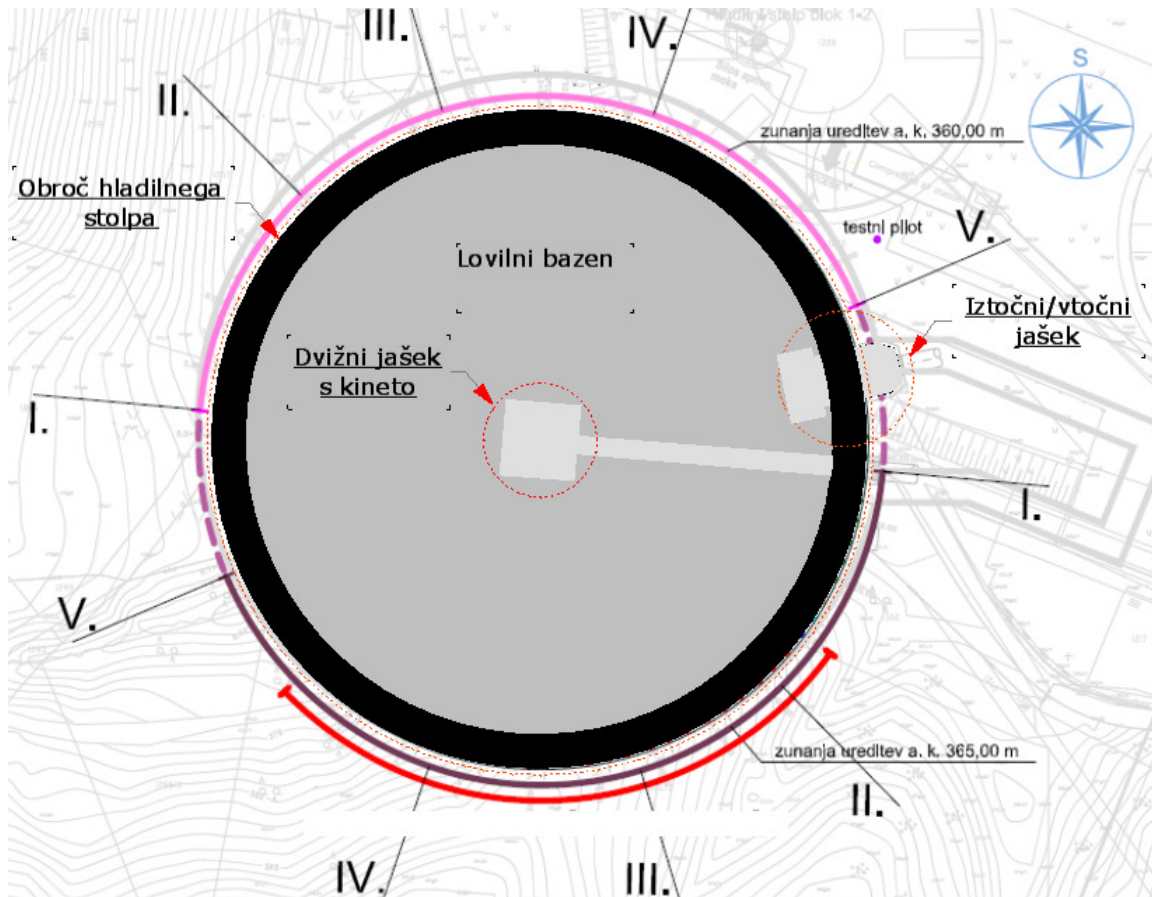
$$y = 504115,6210\text{ m},$$

$$x = 136534,3480\text{ m}.$$

Plašč hladilnega stolpa je monolitna armiranobetonska lupina, ki ima obliko hiperboloida. Plašč stolpa stoji na 32 poševno armirano betonskih stebrih višine 8,50 m, enakomerno razporejenih po obodnem obroču, spodaj vpetih v armirano betonski podstavek trapeznega prereza $B_1 - B_2 / H = 3,80 - 3,00 / 1,80 m$, zgoraj vpetih v spodnji ojačani del plašča. Armirano betonski podstavek trapeznega prereza sestavlja skupaj z armiranobetonsko temeljno vezno gredo pilotov, dimenzij $B/H=5,00/1,40 m$, obod obroča, premera 99,59 m in z dnom na absolutni koti, a.k. 361,80 m. Temeljenje obodnega obroča je izvedeno globoko na 192 uvrtnih armirano-betonskih pilotih.

Drugi del hladilnega stolpa rosišče z lovilnim bazenom sestavlja dvižni jašek s kineto ter temeljna plošča lovilnega bazena. V centru stolpa je nameščen dvižni jašek, ki je postavljen na temelj tlorisnih dimenzij 12,00x12,00 m, višine 1,70 m. Temeljenje dvižnega jaška s kineto je izvedeno globoko na 16 uvrtnih armirno-betonskih pilotih, dodatno je izvedeno še 8 pilotov pod vtočnim/iztočnim jaškom in 6 pilotov pod temeljno gredo. Temeljna plošča lovilnega bazena, znotraj obodnega obroča, krožnega tlorisa, debeline 0,25 m, je od temelja dvižnega jaška in obroča dilatirana. Plošča je projektirana delno na nasipu delno vkopu, dno temeljne plošče je na a.k. 362,95 m.

Konfiguracija terena narekuje večja zemeljska dela vzhodno, zahodno in južno od hladilnega stolpa. Največji posegi bodo izvedeni na južnem delu z odstranitvijo in izvedbo dodatnih podpornih ukrepov zalednega pobočja. Na severnem delu je obstoječi teren nižji od kote dna obroča in lovilnega bazena, zato so se sprejeli ustrezni ukrepi. S tem bo višina zunanje ureditve na južnem delu na a.k. 365,00 m, na severnem delu pa nižje na a.k. 360,00 m.



Slika 41: Konstrukcijski elementi hladilnega stolpa [23]

Celotni projekt glede na projektne zahteve uvrščamo v 3. geotehnično kategorijo, saj izpolnjuje v celoti ali delno naslednje kriterije:

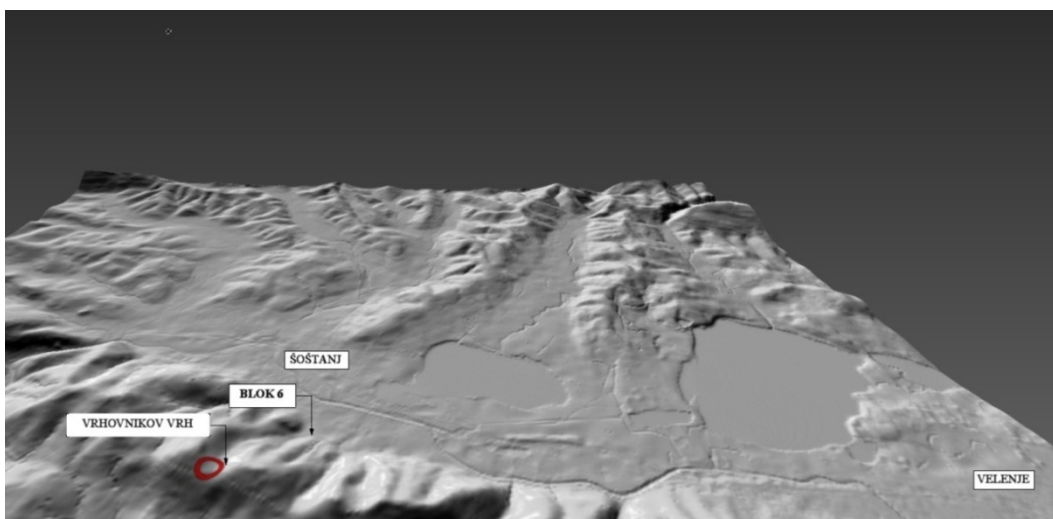
- zelo velike in nenavadne konstrukcije,
- konstrukcije, ki vključujejo neobičajno velika tveganja in izjemno zahtevne pogoje tal in obtežbe,
- konstrukcije na področjih z veliko seizmičnostjo in
- konstrukcije na področjih, kjer obstaja verjetnost nestabilnosti terena ali stalnih premikov tal, kar zahteva ločeno dodatne preiskave in posebne ukrepe.

4.2 Geološka zgradba, geomorfologija in seizmičnost terena ²²

Termoelektrarna Šoštanj, vključno z novo umeščnim blokom 6 spada v širše območje južnega dela Velenjske udorine, katera je dolga okrog 1 km in široka največ 4 km. Udorina je omejena z velenjskim prelomom na severu in šoštanjskim prelomom na jugu. V velenjski udorini in okolici ločujemo prelome prvega, drugega in tretjega reda. Na podlagi tega in karte potresne nevarnosti Slovenije so bile na mikrolokacije izvedene tudi geofizikalne preiskave.

Hladilni stolp je lociran v spodnjem severnem delu Vrhovnikovega vrha, tako da zajema tako ravninski kot pobočni del. Posledično imamo na tem delu skupaj z razgibanim reliefom zelo spremenljive in raznolike razmere v tleh. Prav tako preko opazovanega območja poteka več prelomov, ob katerih so se bloki pogrezali ali dvigovali. Posamezni bloki so med seboj litološko zelo heterogeni, kontakti med njimi pa so tektonsko močno poškodovani. Glede na geološko sestavo tal lahko območje temeljenja hladilnega stolpa bloka 6 razdelimo dve večji morfološki enoti:

- ravninski del Šoštanjske kotline
- vznožje in pobočje hriba Vrhovnikov vrh.



Slika 42: 3D relief Šoštanjske kotline [29]

Ravninski del območja sestavlja tudi območje fosilnega plazua, ki je večinoma omejen med dvema prelomoma, prelom II in IIa, Slika 43. Območje plazua sega približno do n.v. 390 m, v spodnjem delu preko lokalne ceste do obstoječega hladilnega stolpa.

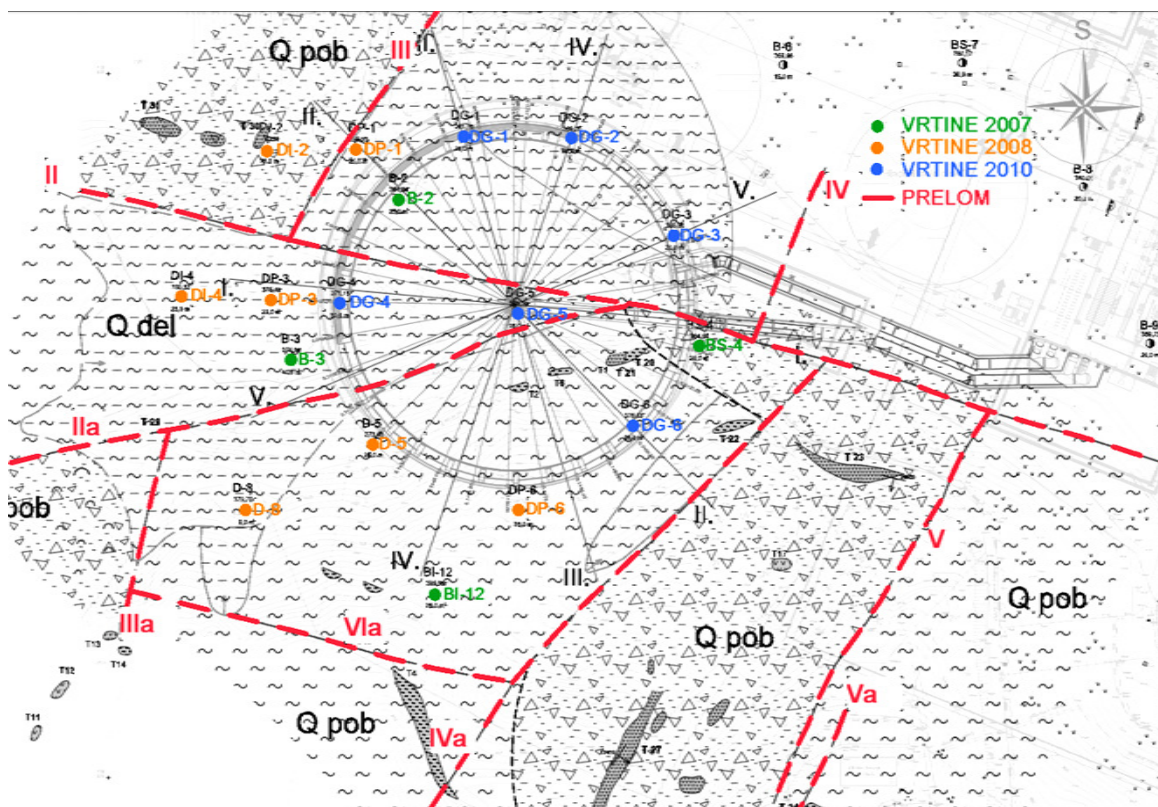
Geološko zgradbo v ravninskem delu sestavljajo trdne oligocenske (Ol_2) glinene plasti, ki se pojavijo sorazmeroma plitvo, pod slojem pliocenskih sedimentov (PIQ). Prevladuje siva lapornata glina in lapornati glinavec, večje debeline. Nekako na območju osrednjega in zgornjega dela plazua prevladujejo deluvialne kvartarne plasti (Q_{del}) pod katerimi se na globini okoli 7,6 m nahajajo oligocenske plasti (Ol_2). Hribine v tem delu so tektonsko poškodovane, kar se kaže v razpokanosti in pretrtosti.

Vznožje in pobočje Vrhovnikovega vrha, predvsem njegov spodnji severni del večinoma sestavljajo plasti glinavca, zato lahko ta del imenujemo tudi osrednji blok glinavca. Ta del je omejen na severu s prelomom II, IIa, na vzhodu s prelomom IVa, na jugu s prelomom VIa in na zahodu s prelomom IIIa, Slika 43. Ob vznožju pobočja ležijo na površini deluvialne kvartarne plasti (Q_{del}), samo pobočje hriba Vrhovnikov vrh pa je pokrito s kvartarnimi plastmi pobočnega grušča (Q_{pob}), pod katero so oligocenske plasti lapornatega glinavca in nižje masivne tufske plasti s skoraj položnim vpadom proti jugozahodu. Tufska podlaga se najvišje pojavi na vzhodnem delu, na koti 359,80 m, kar je nekje 2,0 m pod dnom obroča hladilnega stolpa, proti jugu tone do kote 339,50 m, kar je za 20 m nižje. Hribina je v zgornjem delu tektonsko poškodovana.

4.3 Temeljna tla

4.3.1 Podatki in rezultati raziskav na terenu²²

Terenske preiskave na terenu so bile izvedene v letu 2007, 2008 in 2010 in so obsegale geološki pregled terena, raziskovalno vrtanje z izvedbo spremljajočih meritev in »in situ« preiskave. Lokacije raziskovalnih vrtin so prikazane na Sliki 43.



Slika 43: Situacija raziskovalnih vrtin[22]

Sondažne raziskovalne vrtine

Sondažne raziskovalne vrtine so bile opravljene v treh časovnih obdobjih za različne potrebe, glede na to jih razvrščamo:

- VRTINE 2007,
- VRTINE 2008,
- VRTINE 2010.

V mesecu marcu 2010 je potekalo vrtnanje na območju hladilnega stolpa, izvrtanih je bilo 6 vrtin z oznakami: DG-1, DG-2, DG-3, DG-4, DG-5 in DG-6. Vrtnanje je potekalo z dvostenskim jedernikom in kronami premera 146-66 mm, v hribini z izplako. Nestabilne in oslABLJENE cone so bile zacevljene, vrtna je bila na mestu preiskave naknadno povrtana.

Jedro vseh vrtin je bilo geološko in geotehnično popisano z razvrstitvijo po enotni klasifikaciji, prav tako, pa je bilo odvzeto večje število intaktnih in porušeniH vzorcev hribine in zemljine. V vseh vrtinah je bilo opravljeno merjenje podtalne vode. Podatki o koti terena, globini vrtine in nivoju talne vode so predstavljeni v Tabeli 6.

TABELA 6: Podatki o raziskovalnih vrtinah

Zap. št.	Oznaka vrtine	Kota terena z (m)	Globina vrtine (m)	Nivo vode (m)
VRTINE 2010				
1	DG-1	361,70	25	-2,00/-4,00
2	DG-2	360,00	20	-2,70
3	DG-3	359,80	20	-1,50/-3,00
4	DG-4	371,15	30	-6,00
5	DG-5	363,39	15	-2,00/-5,00
6	DG-6	376,53	28	vode ni
VRTINE 2008				
5	D-5	373,40	35	-4,00
6	DP-6	388,00	35	-8,00
VRTINE 2007				
2	B-2	364,94	25	-2,00

STANDARDNI PENETRACIJSKI PREIZKUS

V sklopu vrtnja so bile izvedene standardne penetracijske preiskave za potrebe ugotavljanja gostote in posredno določitve mehansko fizikalnih lastnosti zemljin. Pri tem so je leta 2008 izvedlo skupaj 15 meritev na vrtinah z oznako VRTINE 2008. Uporabila se je vrtna garnitura GEO 305, kjer je znašal korekcijski faktor prenosa energije 1,342. V letu 2010 se je izvedlo 20 meritev na vrtinah z oznako VRTINE 2010, kjer se je uporabila vrtna garnitura GEO 305 z korekcijskim faktorjem prenosa energije 1,432. Pri vseh meritvah so se upoštevale dodatne korekcije zaradi uporabe nestandardne konice, dolžine drogova in korekcija zaradi efektivnega tlaka na koti preizkusa. Test in uporaba zgornjih omenjenih korekcij pri redukciji terensko ugotovljenih vrednosti so opisane v poglavju 3.1.1. Pri predstavitvi rezultatov SPT bomo upoštevali samo tiste vrtine, ki so v ožji bližini in pod območjem hladilnega stolpa, število udarcev brez uporabe korekcij so predstavljeni v Tabeli 7.

TABELA 7: Rezultati meritev SPT preizkusa

VRTINA	Globina preiskave (m)	N	AC klasifikacija	
DG-1	2,00	4	CL	VRTINE 2010
	7,50	75	lapornata glina	
	20,70	3cm/60	lapornata glina	
DG-2	2,00	4,5/60	CL s kosi hribine	
	4,00	59	lapornata glina	
	8,00	2cm/60	lapornata glina	
	14,00	5,5cm/60	lapornata glina	
	20,00	1cm/60	glinavec	
DG-3	3,00	10	GM	
	8,00	15cm/60	lapornata glina	
	17,80	2,5cm/60	lapornata glina	
DG-4	5,00	5	CL	
	12,00	0,5cm/60	lapornata glina	
	29,00	1cm/60	lapornata glina	
DG-5	2,00	5	CL	
	6,70	14cm/60	preperina tufa	
	10,00	1 cm/60	tuf	
	15,00	0,5cm/60	tuf	
DG-6	15,00	0,5cm/60	tuf	
	28,00	0,5cm/60	tuf	
D-5	2,00	16	CL	VRTINE 2008
	8,00	60/3,5cm	glinavec	
	18,00	60/1,5cm	glinavec	
DP-6	3,00	40	CL-CH	
	6,00	55	CL	
	9,00	60/7,0cm	lapornata glina	
B-2	4,30	3	SM-GM	VRTINE 2007
	8,80	60/17cm	lapornata glina	
	20,80	60/4cm	lapornata glina	

PRESIOMETRIČNE MERITVE

Presiometrične meritve so se izvedle v obdobju od 19.3 do 30.3.2010 na območju hladilnega stolpa, prav tako, pa so bile na razpolago meritve opravljene v okolici hladilnega stolpa do leta 2008. Meritve so se izvajale z zemeljskim presiometrom tipa Menard in s hribinskim presiometrom tipa OYO Elastmeter 2. Celotni postopek in vrednotenje meritev sta razložena v poglavju 3.1.1. Pri predstavitvi rezultatov se bomo omejili na vrtine, ki so na območju hladilnega stolpa (VRTINE 2010) ter na vrtine, ki so v ožji bližini obroča B-2, D-5(DP-5) in DP-6. Takšni kriterij smo izbrali zato, da bomo na podlagi karakterističnih slojev, ki jih je določil geolog izračunali odpornosti tal za temeljenje na pilotih, torej upoštevali bomo vrtine, ki so zajete v karakterističnih profilih in imajo meritve opravljene pod dnem obroča hladilnega stolpa. Posebno je potrebno poudariti, da vrednost p_L v tabelah predstavlja efektivni mejni tlak.

VRTINA DG-1

V vrtini se je izvedlo 5 presiometriških preiskav, do globine 14,00 m vrtana z izplako z widia krono, naprej z diamantno krono. Temeljna tla so večinoma sestavljena iz lapornate gline, ki je mestoma bolj ali manj pretrta in z vključki glinavca. Pretrtost in heterogenost zemljine vpliva na neenakomerno naraščanje elastičnega modula z globino, kar so pokazala merjenja na globini 23,00 in 24,00 m, kjer so temeljna tla nekoliko bolj pretrta in razpokana.

TABELA 8: Rezultati presiometriških preiskav v vrtini DG-1

Globina (m)	E_0 (MPa)	E_{R1} (MPa)	E_{R2} (MPa)	p_L (MPa)	OPIS
12,00	336,48	645,06	799,78	4,65	Meljno lapornata glina, lapornati glinavec-pretrto
18,50	304,49	622,72	367,53	3,69	Meljna lapornata glina-pretrto
23,00	213,22	316,00	436,91	4,10	Pretrta meljna lapornata glina
24,00	148,83	169,82	139,04	3,13	Razpokan glinovec
24,80	563,24	1136,80	909,38	6,82	Pretrta meljna lapornata glina

VRTINA DG-2

V vrtini se je izvedlo 6 presiometrskih preiskav, do globine 14,00 m vrtana z izplako z widia krono, naprej z diamantno krono. Meritve so na globini 3,00 m izvedene z Menardovim presiometromn, nadalje z hribinskim. Temeljna tla so sestavljena iz sivo meljno-lapornate glin, na globini 15,40 in 16,30 m pretrte ter na globini 18,10 m s kosi lapornatega glinavca. Elastični modul narašča z globino, razen na 16,30 m malo pade, vpliv pretrostiti, močno pa se poveča na 18,10 m, na kar vplivajo vključki trdnejšega materiala.

TABELA 9: Rezultati presiometrskih preiskav v vrtini DG-2

Globina (m)	E_M (MPa)	E_0 (MPa)	E_{R1} (MPa)	E_{R2} (MPa)	p_L (MPa)	OPIS
3,00	8,70				1,80	Razmočena siva glina, prodniki
5,80		179,22	714,25	718,22	3,74	Meljna lapornata glina
6,30		195,50	455,12	418,75	2,11	Meljna lapornata glina
15,40		365,34	1371,36	983,56	6,23	Pretrta meljna lapornata glina
16,30		237,27	473,20	464,04	4,58	Pretrta meljna lapornata glina
18,10		883,95	1933,41	2945,31	9,19	Glinavec

VRTINA DG-3

V vrtini se je izvedlo 6 presiometrskih preiskav, do globine 6,60 m vrtana z izplako z widia krono, naprej z diamantno krono. Temeljna tla so do globine 9,20 m sestavljene iz sivo meljno-lapornate glin, globlje trdne konsistence. Vrednosti modula do globine 9,20 m naraščajo, na globini 14,00 m se zgodi preskok in vrednosti padejo. Na globini 16,50 m se ponovno zelo povečajo. Moduli v tej vrtini so v povprečju najnižji.

TABELA 10: Rezultati presiometriških preiskav v vrtini DG-3

Globina (m)	E_0 (MPa)	E_{R1} (MPa)	E_{R2} (MPa)	p_L (MPa)	OPIS
7,50	18,97	121,17	117,68	1,65	Siva, meljno lapornata glina
8,20	30,29	106,19	111,19	1,62	Siva, meljno lapornata glina
9,20	118,98	375,85	378,78	2,58	Siva, meljno lapornata glina
14,00	17,67	74,21	103,95	1,67	Siva, meljno lapornata glina, trdna
15,00	16,56	66,52	94,23	1,67	Siva, meljno lapornata glina, trdna
16,50	477,77	1428,88	1252,87	4,71	Siva, meljno lapornata glina, trdna

VRTINA DG-4

V vrtini se je izvedlo 7 presiometriških preiskav, do globine 5,00 m vrtana z izplako z widia krono, naprej z diamantno krono. Temeljna tla sestavljata glinavec mestoma razpokan in sivo meljno-lapornata pretrta glina. Kjer se pojavljajo glinavci so elastični moduli višji, manjše vrednosti so dosežene tam, kjer je glina pretrta.

TABELA 11: Rezultati presiometriških preiskav v vrtini DG-4

Globina (m)	E_0 (MPa)	E_{R1} (MPa)	E_{R2} (MPa)	p_L (MPa)	OPIS
9,50	1162,12	4655,88	2692,29	12,76	Siv glinavec
10,00	2324,69	3636,75	8848,54	12,53	Siv glinavec
15,30	265,74	788,05	873,08	4,89	Siva, meljno-lapornata glina-pretrta
16,20	62,93	431,52	689,06	2,91	Siva, meljno-lapornata glina-pretrta
22,50	1317,32	6189,98	3175,04	9,37	Drobnozrnati pesek s kosi glinavca
23,50	231,03	586,28	616,90	5,32	Siva, meljno-lapornata glina-pretrta
24,50	3103,08	5419,27	4305,20	12,18	Meljno-lapornata glina s kosi glinavca

VRTINA DG-5

V vrtini se je izvedlo 5 presiometriških preiskav, do globine 7,50 m vrtana z izplako z widia krono, naprej z diamantno krono. Meritve so bile na globini 7,50 m izvedene z Menardovim presiometrom, nadalje s hribinskim. Temeljna tla na globina 7,50 m sestavlja preperina tufa, na globini 8,40 m grušč tufa in v večjih globinah tuf. Tuf je bolj razpokan zaradi bližine preloma. Vrednost elastičnega modula je najnižja v preperini tufa in najvišja v srednje zrnatem tufu na globini 13,50 m.

TABELA 12: Rezultati presiometriških preiskav v vrtini DG-5

Globina (m)	E_M (MPa)	E_0 (MPa)	E_{R1} (MPa)	E_{R2} (MPa)	p_L (MPa)	OPIS
7,50	13,70				1,60	Preperina tufa
8,40		297,46	1332,23	935,99	12,53	Grušč tufa v meljni osnovi
12,50		934,61	2485,12	3193,34	4,89	Siv srednje zrnat tuf
13,50		3346,38	4511,84	8034,39	2,91	Siv srednje zrnat tuf
14,30		872,45	1753,56	1959,82	9,37	Zelen drobnozrnat tuf

VRTINA DG-6

V vrtini se je izvedlo 3 presiometriške preiskave, do globine 6,00 m vrtana z izplako z widia krono, naprej z diamantno krono. Temeljna tla generalno sestavlja svetlo siv kompakten tuf, kar ima za posledico visoke vrednosti elastičnega modula. V tej vrtini so bile dosežene maksimalne vrednosti.

TABELA 13: Rezultati presiometriških preiskav v vrtini DG-6

Globina (m)	E_0 (MPa)	E_{R1} (MPa)	E_{R2} (MPa)	p_L (MPa)	OPIS
17,30	4676,33	13110,78	22298,80	13,31	Svetlo siv kompakten tuf
18,30	4758,38	8001,07	11317,14	13,95	Svetlo siv kompakten tuf
19,30	26216,19	26480,67	35880,00	14,52	Svetlo siv kompakten tuf

VRTINA B-2

TABELA 14: Rezultati presiometriških preiskav v vrtini B-2

Globina (m)	E_0 (MPa)	E_{R1} (MPa)	E_{R2} (MPa)	p_L (MPa)	OPIS
11,60	364,60	667,00	575,50	8,00	Siva pretrta glina, trdna
12,60	212,20	258,00	216,70	5,80	Siva pretrta glina, trdna
13,60	287,30	434,40	287,30	7,20	Siva pretrta glina, trdna
18,10	298,20	559,10	485,00	9,60	Siva pretrta glina, trdna
19,10	377,00	861,50	578,10	12,00	Siva pretrta glina, trdna
20,10	209,70	735,00	574,10	11,50	Siva pretrta glina, trdna

VRTINA D-5

TABELA 15: Rezultati presiometriških preiskav v vrtini D-5

Globina (m)	E_M (MPa)	E_0 (MPa)	E_{R1} (MPa)	p_L (MPa)	OPIS
3,60	18,00		50	1,15	Pusta glina, težko gnetna do poltrdna
4,70	375,00		800	3,50	Pusta glina, trdna
5,90	375,00		1100	6,00	Pusta glina, trdna
30,90		8567,00	15226,90	>15	Glinavec in tuf
31,70		3059,50	6361,00	>14	tuf
32,70		5876,70		>18	tuf

VRTINA DP-6

TABELA 16: Rezultati presiometriških preiskav v vrtini DP-6

Globina (m)	E_M (MPa)	E_{R1} (MPa)	E_{R2} (MPa)	p_L (MPa)	OPIS
20,8	6239,9	11528,9	7534	>8	Glinavec
21,8	3017,6		5600,8	>18	Glinavec
22,8	2487,0	5182	3676	>17	Glinavec

4.3.2 Laboratorijske preiskave ²²

Vzorci potrebni za preiskave so bili v geomehanski laboratorij dostavljeni v mesecu aprilu 2010. Preiskave so potekale na intaktnih in delno porušeni vzorcih, kateri so bili vzeti pri sondažnem vrtanju pod območjem hladilnega stolpa v vrtinah DG-1, DG-2, DG-3, DG-4, DG-5 in DG-6. Opis preiskav v laboratoriju in pri tem uporabljen standard sta predstavljena v poglavju 3.1.2, v nadaljevanju bomo v Tabeli 17 predstavili obseg laboratorijskih preiskav in v poglavju 4.3.3 tudi fizikalno-mehanske karakteristike zemljin in hribin po posameznih slojih.

TABELA 17: Obseg laboratorijskih preiskav

Preiskava v laboratoriju	Število preiskav
Opis in klasifikacija vzorcev	27
Naravna vlažnost	15
Atterbergova meja plastičnosti	19
Prostorninska teža	21
Enoosna tlačna trdnost	16
Indeks točkovne trdnosti	6
Zrnava sestava	1
Modul stisljivosti v edometru	6
Koeficient vodoprepustnosti v edometru	5
Strižna trdnost v direktnem strižnem aparatu	10
Triosna tlačna trdnost hribine	3
Robertsonova strižna preiskava hribine	2

4.3.3 Razporeditev slojev ²²

Temeljna tla na lokaciji hladilnega stolpa so zaradi geološko geotehničnih razmer zelo heterogena in specifična, zato so se parametri mehanskih lastnosti zemljin določili na podlagi podatkov iz mikrolokacije. Za posamezne sloje so se upoštevale karakteristične vrednosti pridobljene na podlagi merjenih in dobljenih vrednosti. Karakteristični sloji so se v prvi vrsti določili na osnovi vizualne razvrstitve na terenu, fizikalnih lastnosti zemljin, zrnivosti, gostote, konsistentnih mej, plastičnosti, v nižjih delih pa tudi na osnovi razpokanosti in pretrtosti. V drugi vrsti so bili določeni na osnovi podatkov standardnih

penetracijskih preiskav in presiometričnih meritev v vrtinah in delnih oziroma predhodnih rezultatov laboratorijskih preiskav.

Območje hladilnega stolpa, katerega del je delno na ravnini, večji del pa v pobočju, se je na podlagi zgoraj upoštevanih kriterijih o določitvi karakterističnih vrednosti razdelil na štiri sloje zemljine in hribine. Opisi značilnih slojev so predstavljeni v nadaljevanju, razporeditev karakterističnih slojev, pa je razvidna iz prečnih prereзов vrtin v poglavju 4.5.1.

- 1. SLOJ:** 0,00 do 5,00–8,00 m ⇒ Gline, melji, peski, tudi gruščnato
pod dnom obroča (CL, CH, ML, SM-GM, ML-SU, GM-GC)
- ▷ prostorninska teža $\gamma = 18,5 \text{ kN} / \text{m}^3$
 - ▷ strižna trdnost
 - kohezija $c = 16,0 \text{ kN} / \text{m}^2$
 - strižni kot $\varphi = 10,0^\circ$
 - ▷ strižna trdnost (peščeni del)
 - kohezija $c = 0,0 \text{ kN} / \text{m}^2$
 - strižni kot $\varphi = 28,0^\circ$
 - ▷ modul stisljivosti $M_E = 1000 - 5000 \text{ kN} / \text{m}^2$
- 2. SLOJ:** > 5,00–8,00 m ⇒ Lapornata glina, meljna lapornata glina, glinavec
pod dnom obroča
- ▷ prostorninska teža $\gamma = 23,00 \text{ kN} / \text{m}^3$
 - ▷ strižna trdnost
 - kohezija $c = 0,00 \text{ kN} / \text{m}^2$
 - strižni kot $\varphi = 28,0^\circ$
 - ▷ enoosna tlačna trdnost $q_u = 400 \text{ kN} / \text{m}^2$
 - ▷ modul elastičnosti, zgornji del $E = 20000 - 200000 \text{ kN} / \text{m}^2$
 - ▷ modul elastičnosti, spodnji del $E = 200000 - 800000 \text{ kN} / \text{m}^2$
 - ▷ mejni tlak $p_{LM} = 4000 \text{ kN} / \text{m}^2$

3.SLOJ: \Rightarrow Glinavec*na območju obroča*

- ▷ prostorninska teža $\gamma = 26,00 \text{ kN} / \text{m}^3$
- ▷ strižna trdnost
 - kohezija $c = 30,00 \text{ kN} / \text{m}^2$
 - strižni kot $\varphi = 15,0^\circ$
- ▷ enoosna tlačna trdnost $q_u = 4000 \text{ kN} / \text{m}^2$
- ▷ modul elastičnosti, spodnji del $E = 500000 \text{ kN} / \text{m}^2$
- ▷ mejni tlak $p_{LM} = 9000 \text{ kN} / \text{m}^2$

4.SLOJ: > 4,00 – 20,00 m \Rightarrow tuf*pod dnomo obroča*

- ▷ prostorninska teža $\gamma = 25,00 \text{ kN} / \text{m}^3$
- ▷ strižna trdnost
 - kohezija $c = 100,00 \text{ kN} / \text{m}^2$
 - strižni kot $\varphi = 52,0^\circ$
- ▷ enoosna tlačna trdnost $q_u = 25000 \text{ kN} / \text{m}^2$
- ▷ modul elastičnosti, spodnji del $E = 800000 \text{ kN} / \text{m}^2$
- ▷ mejni tlak $p_{LM} = 10000 \text{ kN} / \text{m}^2$

4.4 Način temeljenja hladilnega stolpa bloka 6 TEŠ ²³

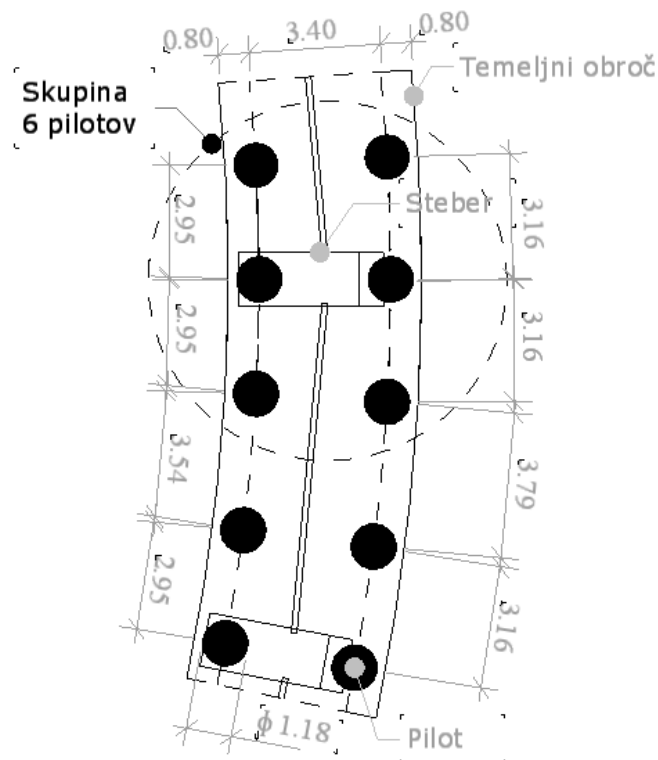
Obroč hladilnega stolpa je temeljen na AB uvrtenih pilotih, premera 1,18 m, izvedenih s tehnologijo vrtnanja in izgradnje na mestu. Uporabljen je stroj Casagrande B250 s Kelly drogovjem, opremo za trdo vrtnanje (špirale in košare) in izvedbo varovanja vrtine s pomočjo opažne cevi, ki se jo na koncu izvleče. Armaturni koš se vstavi pred betoniranjem. Karakteristike pilota so predstavljene v spodnji tabeli, Tabela 18.

TABELA 18: Karakteristike pilota

BETONSKA MEŠANICA				ARMATURA	
Razred	$\gamma[\text{kN}/\text{m}^3]$	E[GPa]	ν	Vzdolžna	Prečna
C25/30 XC 2 Cl 0,2	25	28	0,2	$\Phi 28, S500(B)$	$\Phi 12, S500(B)$

Glede na zasnovo temeljenja, širino temeljnega obroča 5,00 m in na podlagi reakcijskih vektorjev v nožišču stebrov se zahteva izvedba 6 pilotov pod vsakim stebrom. Glede na to pilote razvrstimo v dve vzporedni krožni osi, kjer pilote znotraj skupine razvrstimo na medosne razdalje, ki so manjše od $3xD$. Pri tem moramo upoštevati vpliv medosne razdalje, kjer se nosilnost pilota reducira s faktorjem, $F = 0.88$.

Glede na zgornje zahteve bo nosilnost hladilnega stolpa zagotovljena z 192 piloti razvrščenimi kakor je prikazano na spodnji sliki, Slika 44.



Slika 44: Razvrstitev pilotov po obodu[27]

4.5 Projektne metode za izračun odpornosti pilotov pod obodom hladilnega stolpa bloka 6 TEŠ

Za preračun vertikalne nosilnosti oziroma tlačne odpornosti uvrtanega pilota bomo uporabili postopke temelječe na projektne pristopu 1 in projektne pristopu 2 po EC7-1 ter uporabi globalnega varnostnega faktorja za izračun dopustne obtežbe na pilot. Pri PP1 bomo uporabili kombinacijo nizov delnih količnikov $A2+M1+R4$ in pri PP2 kombinacijo nizov delnih količnikov $A1+M1+R2$. V primeru izračuna dopustne obtežbe bomo uporabili globalni varnostni faktor 2,7.

Izračun in primerjava rezultatov bo temeljila na štirih postopkih:

- modelni pilot, postopek opisan v poglavju 3.2.1.1 (PP1, PP2), uporaba vrednosti presiometerskih mejnih tlakov in karakterističnih slojev, rezultati izračuna bodo predstavljeni v poglavju 4.5.1, Metoda A,
- alternativna metoda, postopek opisan v poglavju 3.2.1.1 (PP1, PP2), uporaba karakterističnih slojev, uporaba karakterističnih vrednosti presiometerskih mejnih tlakov, rezultati izračuna bodo predstavljeni v poglavju 4.5.2, Metoda B,
- izračun dopustne obtežbe z uporabo globalnega varnostnega faktorja, uporaba karakterističnih slojev in uporaba karakterističnih vrednosti presiometerskih mejnih tlakov, rezultati izračuna bodo predstavljeni v poglavju 4.5.3, Metoda C,
- statični obremenilni test na enem testnem pilotu, postopek opisan v poglavju 3.2.1.2, rezultati izračuna bodo predstavljeni v poglavju 4.5.4.

Pri izračunu bomo zaradi raznolike geološke sestave temeljnih tal pod obročem hladilnega stolpa območje razdelili na tri dele:

- severni ravninski del, SR,
- severni prehodni del, SP,
- severni pobočni del, SPO.

4.5.1 Analiza in izračun osno obremenjenega navpičnega pilota na osnovi presiometerskih raziskav, modelni pilot

Uporaba te metode temelji na mejnih tlakih, zato smo morali le te na nekaterih globinah oceniti, saj preiskave niso bile izvedene dovolj globoko. Oceno smo podali na podlagi grobe predpostavke, da so sloji zemljine ali hribine, ki jim pripada zadnja meritev homogeni tudi v večje globine in da se mejni tlaki povečujejo sorazmerno z vertikalno napetostjo. Pri tem nam bodo v pomoč tudi SPT preiskave, katere so bile izvedene v večjih globinah. Tako bomo primerjali vertikalno napetost na zadnji opravljeni PMT preiskavi z vertikalno napetostjo na izbrani globini in iz znane vrednosti mejnega tlaka na zadnji meritvi izračunali mejni tlak na izbrani globini. V primeru, da imamo meritve opravljene v višjih slojih in nato samo še v nižjih, meritve v srednjih slojih pa ne, povežemo zadnjo meritev v višjih z prvo v nižjih slojih s premico.

Nadalje bomo pri preračunu upoštevali, da so bili mejni tlaki določeni glede na koto vrha vrtine, ki se lahko razlikuje od kote glave pilota. Zato bomo v primeru izkopa, globino noge pilota določili kot izkop plus dolžina pilota merjeno od kote vrha vrtine in v primeru, da je glava pilota nad koto vrha vrtine kot dolžina pilota minus del pilota nad koto vrha vrtine.

Ker moramo upoštevati tudi vertikalni totalni tlak na koti noge pilota ga bomo merili od kote glave pilota in ga upoštevali pri skupni računski odpornosti. V primeru odstranitve dela območja ali izkopa bomo podali grobo oceno zmanjšanja napetosti zaradi izkopa kot vertikalna totalna napetost pred izkopom minus sprememba vertikalne totalne napetosti zaradi izkopa. Pri tem lahko privzamemo, da tudi tukaj lahko merimo napetosti od glave pilota.

Težo pilota bomo upoštevali pri projektni odpornosti pilota, kjer bomo težo pilota upoštevali kot lastno obtežbo vplivov in v primeru PP1 pomnožili z vrednostjo 1,0 in v primeru PP2 z vrednostjo 1,35. Težo pilota bomo tako odšteli od projektne odpornosti pilota.

V nadaljevanju bomo v tabelah predstavili vrednosti efektivnega mejnega tlaka za vsako vrtino, v primeru metode A1 smo privzeli kar vrednost na konici pilota kot reprezentivno, v primeru metode A2 pa na konici pilota, 0,59 m nad konico pilota in 1,80 m pod konico pilota. Pod vsako tabelo, glede na vrtino bomo predstavili še graf poteka efektivnega

mejnega tlaka z globino in prečni prerez vrtine s podatki o absolutni koti vrha vrtine, o koti dna obroča, podtalnice, karakterističnih slojev in meritev PMT glede na absolutno koto.

Pri takšnem določevanju vrednosti mejnega tlak kot je opisano zgoraj je možnost napake lahko velika, saj so v tako geološko pestri sestavi tal lahko v nižjih globinah pojavljajo tudi slabši sloji, možno je tudi večje poškodovanost zemljin, kar bi imelo za posledico nižje vrednosti mejnega tlaka in elastičnega modula. Zato bodo rezultati po tej metodi le groba ocena nosilnosti, kateri bodo pokazali tudi koliko je bilo naše predvidevanje natančno v primerjavi s statičnim obremenilnim pilotom opravljenem na terenu.

- Severni ravninski del

Izračuni bodo temeljili na vrtinah DG-1, DG-2, DG-3, DG-4 in B-2. V izračunu bomo uporabili dolžino pilota 22,0 m in 18,0 m. Dolžino 22,0 m smo izbrali na podlagi rezultatov preiskav, kjer smo ocenili, da sloji na nivoju noge pilota izkazujejo dovolj dobre karakteristike in da bi lahko zagotovili dovolj veliko odpornost na tej globini. Dolžino 18,0 m smo izbrali zaradi primerjave uporabljene računske metode z statičnim obremenilnim pilotom, ki se je izvedel na dolžini pilota 18,0 m v bližini vrtine DG-3. Tlačna odpornost pilota bo podana z upoštevanjem odpora na nogi in plašču. Pri tem bomo odpornost po plašču začeli računali glede na položaj prve presiometriške meritve v vrtini, če se ta pojavi v nosilnem sloju.

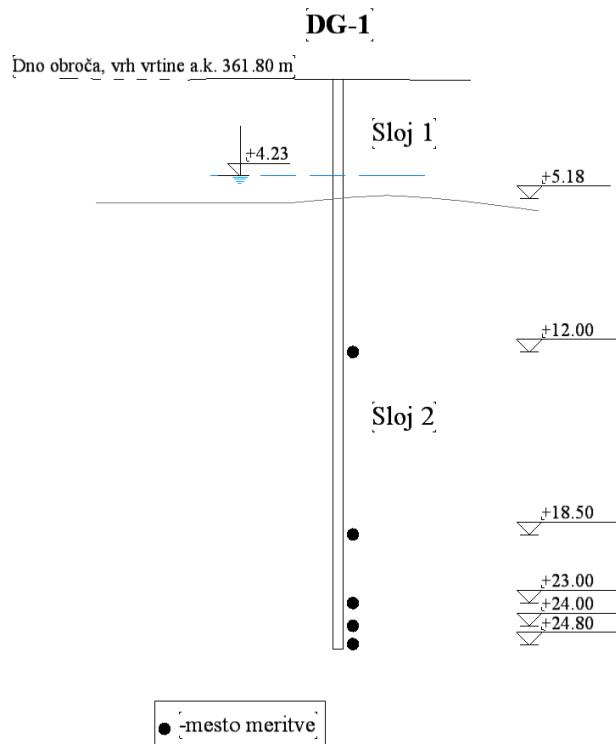
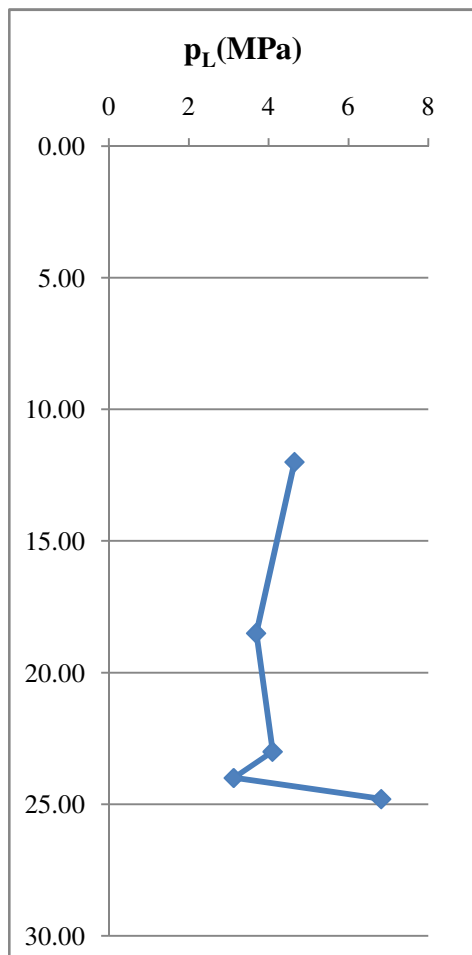
Tlačna odpornost pilota bo izračunana glede na maksimalno število terenskih preiskav, $n=5$, rezultati bodo predstavljeni v Tabeli 24 in glede na minimalno število terenskih preiskav $n=1$, pri tem bomo izbrali vrtino, ki ima najslabšo računsko nosilnost, rezultati bodo predstavljeni v Tabeli 25.

VRTINA DG-1

V vrtini so bile meritve izvedene dovolj globoko in tako ni bilo potrebno uporabiti ocene mejnega tlaka. Vrh vrtine in glava pilota sta na istem nivoju. Nosilni sloj predstavlja meljno lapornata glina, ki je pretrta. Na globini 20,70 m imamo tudi SPT preiskavo z izmerjeno vrednostjo 3 cm/60, kar pomeni, da imamo na tem mestu sloj hribine, ki izkazuje zadovoljivo odpornost proti prodiranju konusa. Nivo podtalnice je na globini 4,23 m. Postopek preračuna bo predstavljen v prilogi B, Metoda A1, A2.

TABELA 19: Podatki o efektivnih mejnih tlakih po obeh metodah, vrtina DG-1

Presiometer		EC 7-2		FASC 62		Karakteristični sloj		
z(m)	p_L (MPa)	z(m)	p_L (MPa)	z(m)	p_L (MPa)	OD(m)	DO(m)	
		Na nogi		Na + okolica noge				
12.00	4.65			21.40	3.95	0.00	5.18	Sloj 1
18.50	3.69	22.00	4.01	22.00	4.01	5.18	>25.00	Sloj 2
23.00	4.10			23.80	3.32			
24.00	3.13							
24.80	6.82			17.40	3.85			
		18.00	3.76	18.00	3.76			
				19.80	3.81			



Slika 45: Vrtina DG-1, levo-efektivni tlak odvisen od globine, desno-prečni prežez vrtine

VRTINA DG-2

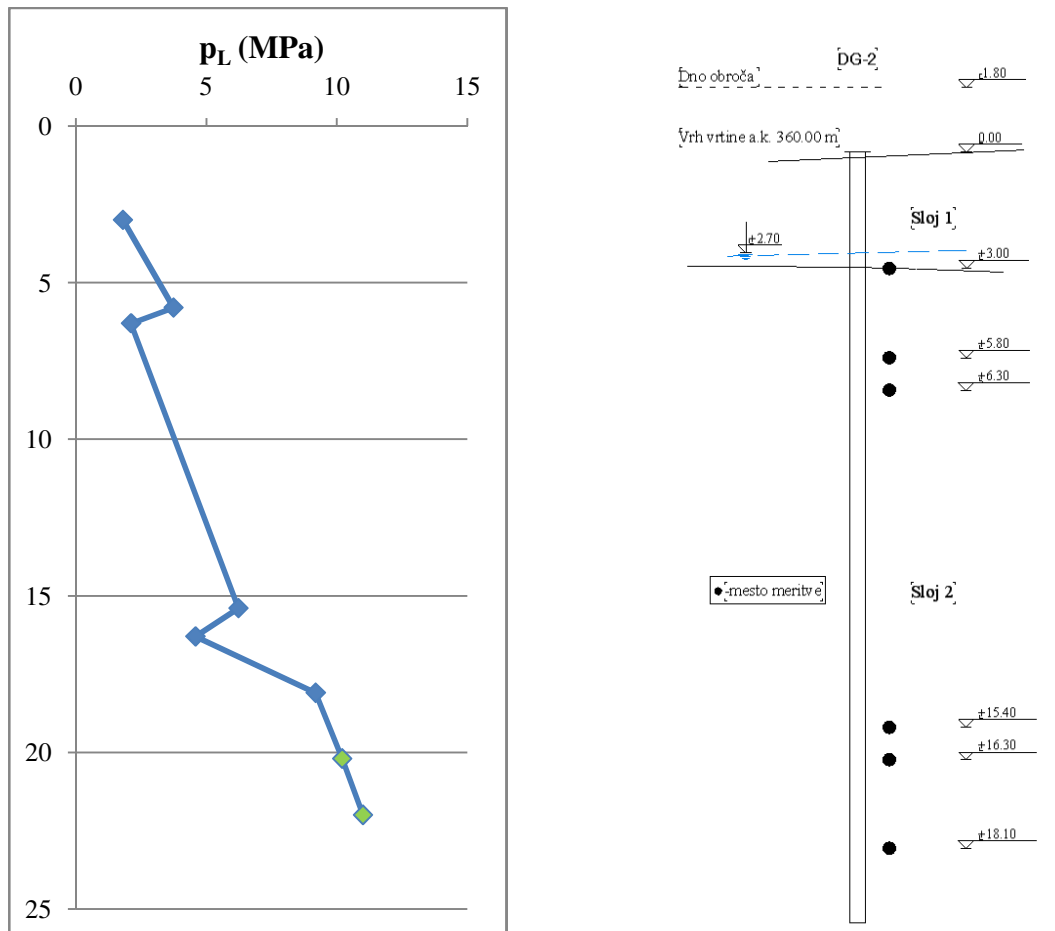
V vrtini smo morali mejni tlak za dolžino pilota 22,00 m oceniti, medtem ko za dolžino 18,0 m to ni bilo potrebno. Pri tem je glava pilota 1,8 m nad vrhom vrtine, zato je pri 22,0 m dolgem pilotu noga na globini 20,20 m in pri 18,00 m dolgem pilotu na 16,20 m. Nosilni sloj predstavlja meljno lapornata glina, ki je mestoma pretrta, kar se najbolj opazi na 16.30 m. Na zadnji meritvi se pojavi glinavec, kar potrdi tudi SPT preiskava z izmerjeno vrednostjo 1 cm/60. Oceno mejnega tlaka smo podali za globini 20,20 in 22,00 m glede na zadnje meritve, vmesne vrednosti smo dobili z interpolacijo. Nivo podtalnice je na globini 2,70 m.

Postopek preračuna bo predstavljen v prilogi B, Metoda A1, A2.

TABELA 20: Podatki o efektivnih mejnih tlakih po obeh metodah, vrtina DG-2

Presiometer		EC 7-2		FASC 62		Karakteristični sloj		
z(m)	p _L (MPa)	z(m)	p _L (MPa)	z(m)	p _L (MPa)	OD(m)	DO(m)	
		Na nogi		Na + okolica noge				
3.00	1.80			19.60	9.91	0	3	Sloj 1
5.80	3.74	20.20	10.2	20.20	10.20	3	>20	Sloj 2
6.30	2.11			22.00	11.00			
15.40	6.23							
16.30	4.58			15.60	5.86			
18.10	9.19	16.20	4.76	16.20	4.76			
20.20	10.20	*		18.00	8.93			
22.00	11.00	*						

* vrednost p_L je ocenjena



Slika 46: Vrtina DG-2, levo-efektivni tlak odvisen od globine, desno-prečni prerez vrtine

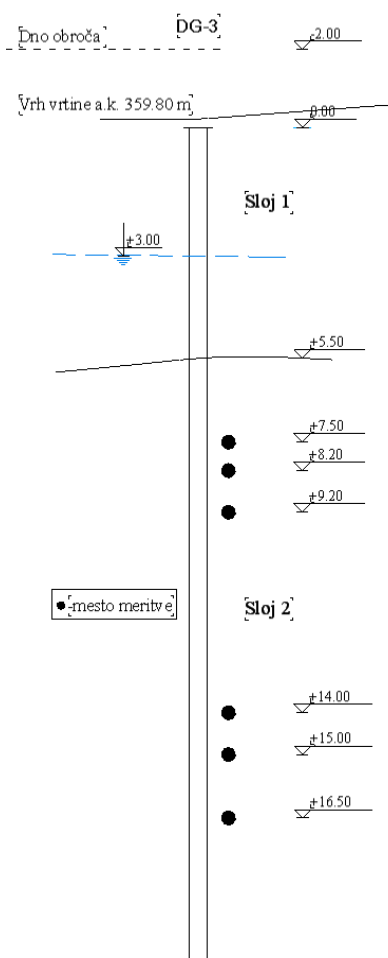
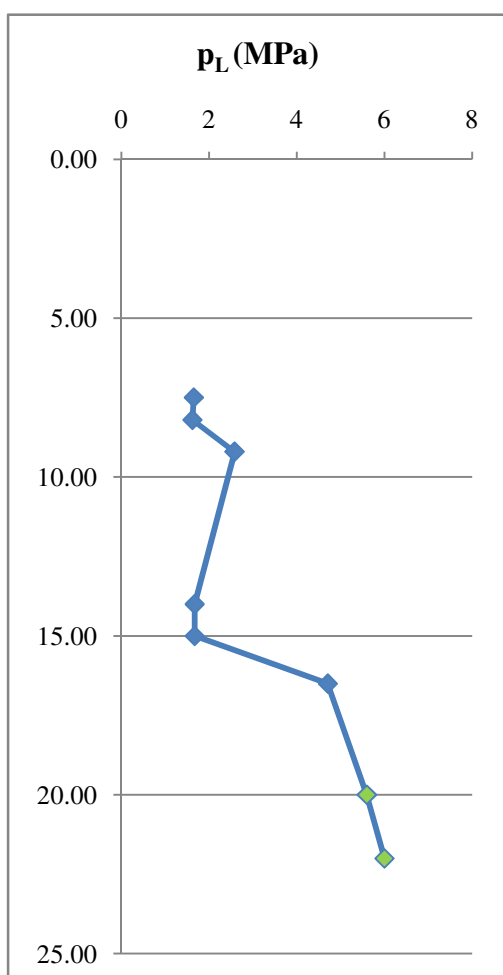
VRTINA DG-3

V vrtini smo morali mejni tlak za dolžino pilota 22,00 m oceniti, medtem ko smo za dolžino 18,0 m ocenili samo za globino 17,80 m. Pri tem je glava pilota 2,00 m nad vrhom vrtine, zato je pri 22,00 m dolgem pilotu noga na globini 20,00 m in pri 18,00 m dolgem pilotu na 16,00 m. Nosilni sloj predstavlja siva meljno lapornata glina, trdna, kar potrди tudi SPT preiskava z izmerjeno vrednostjo 2,5 cm/60 na globini 17,80 m. Lapornata glina je tudi pretrta, kar se najbolj opazi na globini 14,00 in 15,00 m. Od globine 18,00 m se začne pojavljati tudi siv lapornati glinavec, ki je razpokan. Oceno mejnega tlaka smo podali za globini 20,00 in 22,00 m glede na zadnjo meritev, vmesne vrednosti smo dobili z interpolacijo. Nivo podtalnice je na globini 3,00 m.

Postopek izračuna bo predstavljen v prilogi B, Metoda A1, A2.

TABELA 21: Podatki o efektivnih mejnih tlakih po obeh metodah, vrtina DG-3

Presiometer		EC 7-2		FASC 62		Karakteristični sloj		
z(m)	p_L (MPa)	z(m)	p_L (MPa)	z(m)	p_L (MPa)	OD(m)	DO(m)	
		Na nogi		Na + okolica noge				
7.50	1.65			19.40	5.45	0	5.5	Sloj 1
8.20	1.62	20.00	5.60	20.00	5.60	5.5	>20	Sloj 2
9.20	2.58			21.80	5.95			
14.00	1.67							
15.00	1.67			15.40	2.48			
16.50	4.71	16.00	3.70	16.00	3.70			
20.00	5.60	*		17.80	5.04			
22.00	6.00	*						

 * vrednost p_L je ocenjena

Slika 47: Vrtina DG-3, levo-efektivni tlak odvisen od globine, desno-prečni prerez vrtine

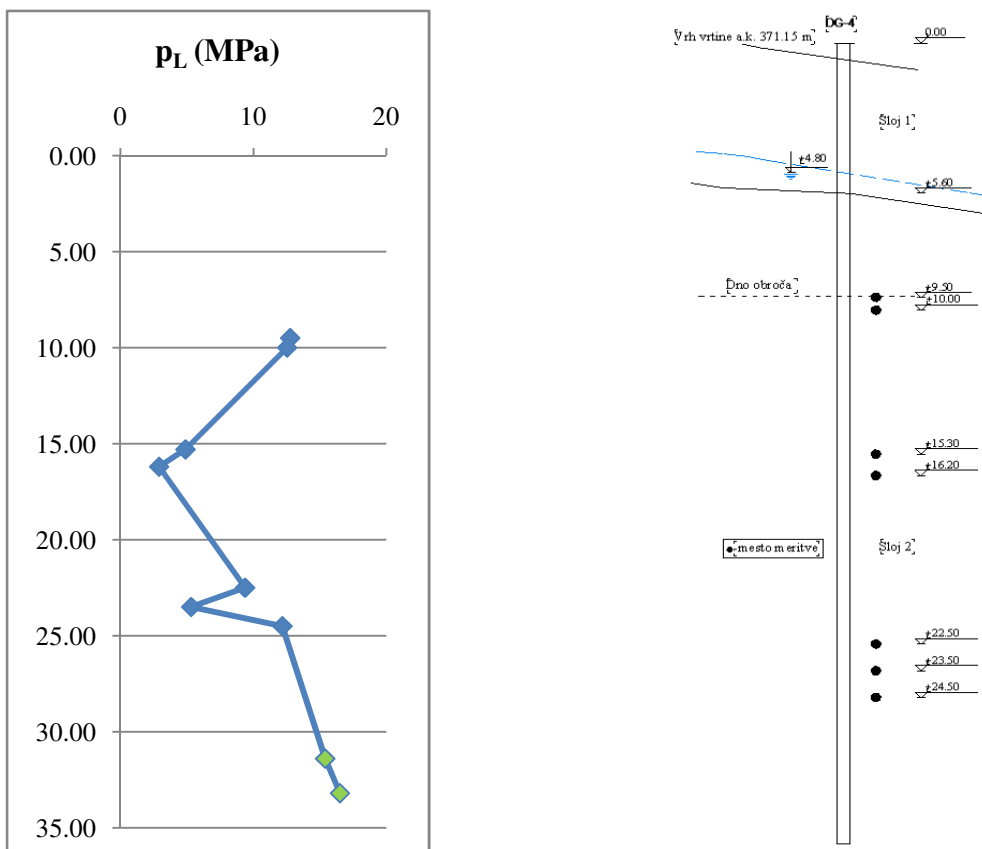
VRTINA DG-4

V vrtini smo morali mejni tlak za dolžino pilota 22,00 in 18,00 m oceniti. Pri tem imamo izkop, zato je glava pilota 9,40 m pod vrhom vrtine ali obsoječega terena in je pri 22,00 m dolgem pilotu noga na globini 31,40 m in pri 18,00 m dolgem pilotu na 27,40 m. Nosilni sloj predstavlja večinoma meljno lapornata glina, pri zadnji meritvi se pojavijo tudi kosi glinavca. Pretrtost lapornate gline zniža mejne tlake, kar se opazi na globinah 15,30, 16,20 in 23,50 m. SPT preiskava z izmerjeno vrednostjo 1,0 cm/60 na globini 29,00 m potrjuje sloj hribine. Ocenjeno mejnega tlaka smo podali za globini 31,40 in 33,20 m glede na zadnje meritve, vmesne vrednosti smo dobili z interpolacijo. Nivo podtalnice je na globini 4,80 m. Postopek izračuna bo predstavljen v prilogi B, Metoda A1, A2.

TABELA 22: Podatki o efektivnih mejnih tlakih po obeh metodah, vrtina DG-4

Presiometer		EC 7-2		FASC 62		Karakteristični sloj		
z(m)	p _L (MPa)	z(m)	p _L (MPa)	z(m)	p _L (MPa)	OD(m)	DO(m)	
		Na nogi		Na + okolica noge				
9.50	12.76			30.80	15.12	0	5.6	Sloj 1
10.00	12.53	31.40	15.40	31.40	15.40	5.6	>30	Sloj 2
15.30	4.89			33.20	16.50			
16.20	2.91							
22.50	9.37							
23.50	5.32			26.76	13.20			
24.50	12.18	27.40	13.53	27.40	13.53			
31.40	15.40	*		29.10	14.30			
33.20	16.50	*						

* vrednost p_L je ocenjena



Slika 48: Vrtina DG-4, levo-efektivni tlak odvisen od globine, desno-prečni prerez vrtine

VRTINA B-2

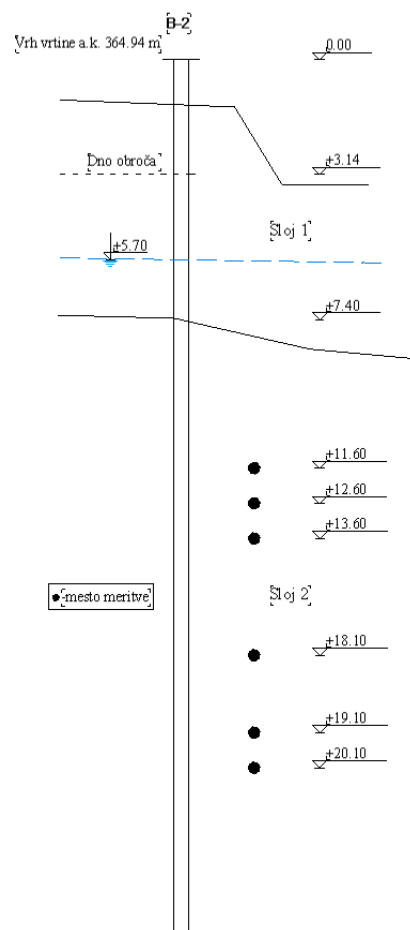
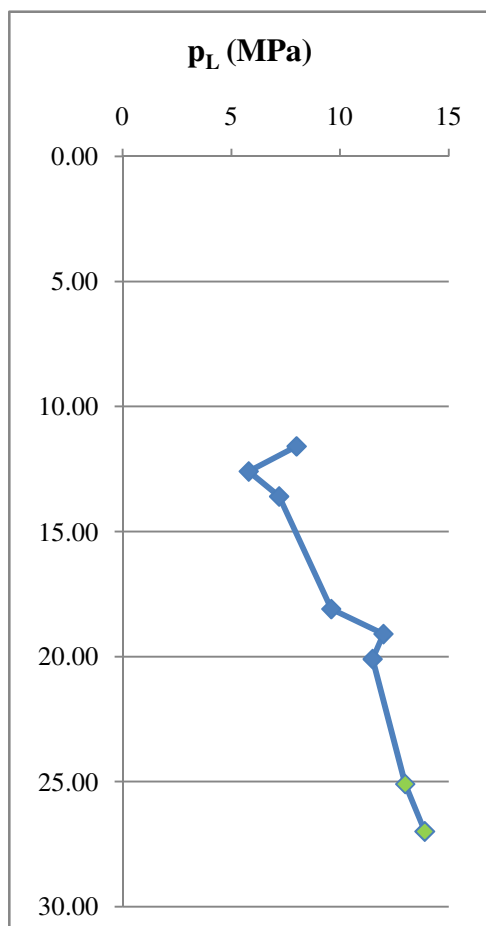
V vrtini smo morali mejni tlak za dolžino pilota 22,00 in 18,00 m oceniti. Pri tem imamo izkop, zato je glava pilota 3,10 m pod vrhom vrtine ali obsoječega terena in je pri 22,00 m dolgem pilotu noga na globini 25,10 m in pri 18,00 m dolgem pilotu na 21,10 m. Nosilni sloj predstavlja trdna siva glina, ki je pretrta. Na globini 20,80 m imamo SPT preiskavo z izmerjeno vrednostjo 4,0 cm/60, kar nakazuje da je sloj trden. Oceno mejnega tlaka smo podali za globini 25,10 in 27,00 m glede na meritev na globini 18,10 m, vmesne vrednosti smo dobili z interpolacijo. Nivo podtalnice je na globini 5,70 m.

Postopek izračuna bo predstavljen v prilogi B, Metoda A1, A2.

TABELA 23: Podatki o efektivnih mejnih tlakih po obeh metodah, vrtina B-2

Presiometer		EC 7-2		FASC 62		Karakteristični sloj		
z(m)	p_L (MPa)	z(m)	p_L (MPa)	z(m)	p_L (MPa)	OD(m)	DO(m)	
		Na nogi		Na + okolica noge				
11.60	8.00			24.50	12.80	0	7.4	Sloj 1
12.60	5.80	25.10	13.00	25.10	13.00	7.4	>25.0	Sloj 2
13.60	7.20			26.90	13.85			
18.10	9.60							
19.10	12.00			20.50	11.62			
20.10	11.50	21.10	11.80	21.10	11.80			
25.10	13.00	*		22.90	12.34			
27.00	13.90	*						

* vrednost p_L je ocenjena



Slika 49: Vrtina B-2, levo-efektivni tlak odvisen od globine, desno-prečni prerez vrtine

REZULTATI**TABELA 24:** Rezultati projektne odpornosti pilota in skupine pilotov za severni ravninski del na podlagi presiometerskih preiskav, število preiskav, n=5.

n=5	Metoda A1		Metoda A2		Metoda A1		Metoda A2	
	L = 22,0 m				L = 18,0 m			
	gibke	toge	gibke	toge	gibke	toge	gibke	toge
R _{c;d} (PP1)	6768	7505	6734	7468	5526	6128	5589	6197
R _{c;d;g} (PP1)	5956	6604	5926	6572	4863	5393	4918	5453
R _{c;d} (PP2)	9237	10242	9191	10191	7543	8363	7628	8457
R _{c;d;g} (PP2)	8129	9013	8088	8969	6638	7360	6713	7442

TABELA 25: Rezultati projektne odpornosti pilota in skupine pilotov za severni ravninski del na podlagi presiometerskih preiskav, število preiskav, n=1.

n=1	Metoda A1		Metoda A2		Metoda A1		Metoda A2	
	L = 22,0 m				L = 18,0 m			
	gibke	toge	gibke	toge	gibke	toge	gibke	toge
R _{c;d} (PP1)	5452	6057	5424	6027	4452	4946	4503	5002
R _{c;d;g} (PP1)	4798	5330	4773	5304	3917	4352	3963	4402
R _{c;d} (PP2)	7443	8268	7405	8227	6077	6751	6147	6828
R _{c;d;g} (PP2)	6549	7276	6516	7239	5348	5941	5409	6009

KOMENTAR

Izračuni kažejo, da je pri uporabi petih terenskih preiskav za primer dolžine pilota 22 m in gibke konstrukcije najnižja tlačna projektna odpornost pilota pri uporabi francoske metode in PP1 z vrednostjo 6734 kN ter ravno tako v primeru toge konstrukcije z vrednostjo 7468 kN. Pri dolžini pilota 18 m je v primeru gibke konstrukcije najnižja tlačna projektna odpornost v primeru uporabe metode po evropskem standardu in PP1 z vrednostjo 5526 kN ter prav tako v primeru toge konstrukcije z vrednostjo 6128 kN.

Pri uporabi ene terenske preiskave za primer dolžine pilota 22 m in gibke konstrukcije dobimo najnižjo vrednost pri francoski metodi in PP1, 5424 kN ter ravno tako v primeru toge konstrukcije z vrednostjo 6027 kN. Pri dolžini pilota 18 m je v primeru gibke konstrukcije najnižja tlačna projektna odpornost v primeru uporabe metode po evropskem standardu in PP1 z vrednostjo 4452 kN ter prav tako v primeru toge konstrukcije z vrednostjo 4946 kN.

Izračuni tlačne odpornosti pilota v Tabeli 24, kjer smo uporabili pet terenskih preiskav v primerjavi z Tabelo 25, kjer smo uporabili eno terensko preiskavo nam dajo večjo nosilnost, saj je korelacijski faktor pri večjem številu uporabljenih terenskih preiskav manjši.

- Severni prehodni del

Izračuni bodo temeljili na vrtini DG-6. V izračunu bomo uporabili dolžino pilota 12,0 m. Dolžina 12,0 m je bila izbrana na podlagi ocene, da hribina v katerem bo noga pilota izkazuje zelo dobre karakteristike. Pri tem smo tudi predpostavili, da izračunamo samo odpornost na nogi pilota, saj se v trdni hribini ne aktivirajo zadostni pomiki ob plašču pilota in zato ne bomo upoštevali strižne odpornosti ob plašču. Tlačna odpornost bo izračuna glede na eno terensko preiskavo, $n=1$, rezultati bodo predstavljeni v Tabeli 28.

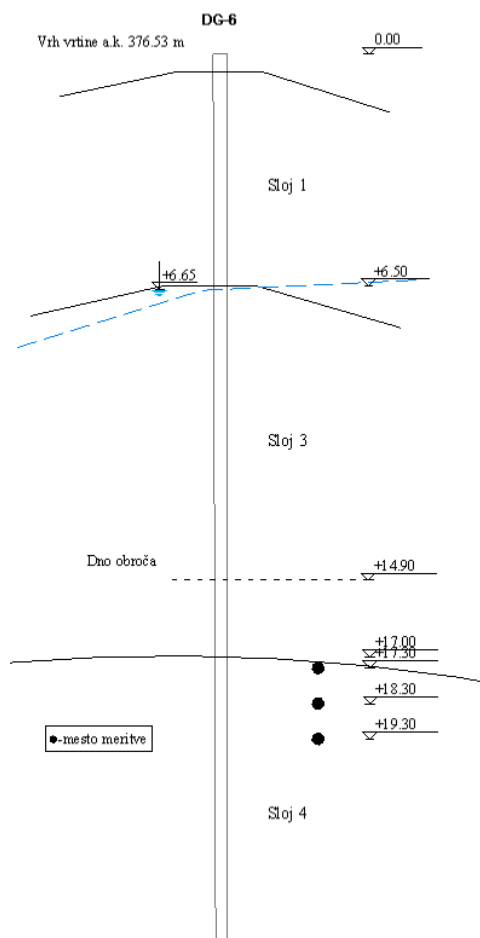
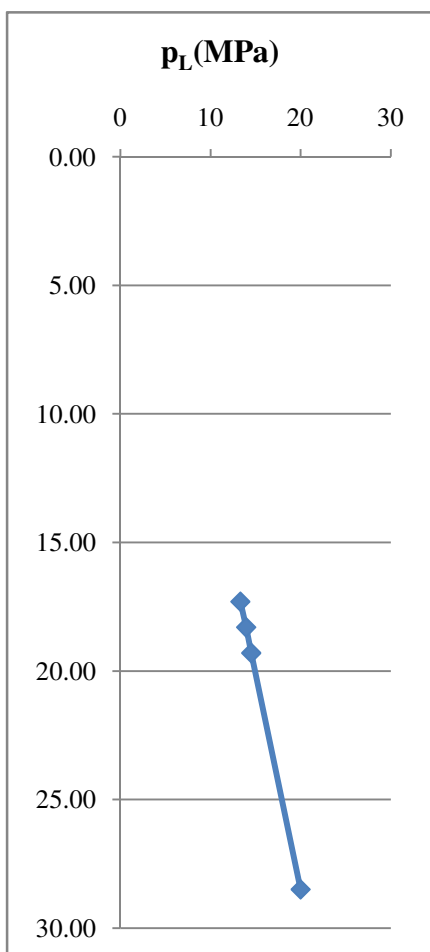
VRTINA DG-6

V vrtini smo morali mejni tlak za dolžino pilota 12,00 m oceniti. Pri tem imamo izkop, zato je glava pilota 14,70 m pod nivojem vrha vrtine ali prvotnega terena in je pri 12,00 m dolgem pilotu noga na globini 26,70. Nosilni sloj predstavlja svetlo siv kompakten tuf, sloj 4, v katerem so bile izvedene tudi PMT meritve. SPT preiskava je bila narejena na globini 28,0 m z izmerjeno vrednostjo 0,5 cm/60, kar potrjuje da je sloj hribina. Oceno mejnega tlaka smo podali za globino 28,50 m glede na zadnjo meritev v vrtini, vmesne vrednosti smo dobili z interpolacijo. Nivo podtalnice je na globini 6,65 m. Postopek izračuna bo predstavljen v prilogi B, Metoda A1, A2.

TABELA 26: Podatki o efektivnih mejnih tlakih po obeh metodah, vrtina DG-6

Presiometer		EC 7-2		FASC 62		Karakteristični sloj		
z(m)	p_L (MPa)	z(m)	p_L (MPa)	z(m)	p_L (MPa)	OD(m)	DO(m)	
		Na nogi		Na + okolica noge				
17.30	13.31			26.10	18.50	0	6.5	Sloj 1
18.30	13.95	26.70	18.90	26.70	18.90	6.5	17.0	Sloj 3
19.30	14.52			28.50	20.00	17.0	>30.0	Sloj 4
28.50	20.00	*						

* vrednost p_L je ocenjena


Slika 50: Vrtina DG-6, levo-efektivni tlak odvisen od globine, desno-prečni prežez vrtine

REZULTATI

TABELA 27: Rezultati projektne odpornosti pilota in skupine pilotov za severni prehodni del na podlagi presiometerskih preiskav, število preiskav, $n=1$.

n=1	Metoda A1		Metoda A2	
	L = 12,0 m			
	gibke	toge	gibke	toge
$R_{c;d}$ (PP1)	16347	18015	16950	18678
$R_{c;d:g}$ (PP1)	14386	15853	14916	16437
$R_{c;d}$ (PP2)	23812	26238	24689	27202
$R_{c;d:g}$ (PP2)	20955	23089	21726	23938

KOMENTAR

Najnižjo tlačno odpornost pilota v primeru gibke konstrukcije dobimo pri uporabi metode po evropskem standardu in PP1 z vrednostjo 16347 kN ter prav tako v primeru toge konstrukcije z vrednostjo 18015 kN.

- Severni pobočni del

Izračuni bodo temeljili na vrtinah DP-5 in DP-6. V izračunu bomo uporabili dolžino pilota 6,00 m. Dolžina 6,00 m je bila izbrana na podlagi ocene, da hribina v katerem bo noga pilota izkazuje zelo dobre karakteristike. Pri tem smo tudi predpostavili, da izračunamo samo odpornost na nogi pilota, saj se v trdni hribini ne aktivirajo zadostni pomiki ob plašču pilota in zato ne bomo upoštevali strižna odpornost ob plašču. Tlačna odpornost bo izračuna glede na maksimalno število terenskih preiskav, $n=2$, rezultati bodo predstavljeni v Tabeli 30 in glede na minimalno število terenskih preiskav, $n=1$, pri tem bomo izbrali vrtino, ki ima najslabšo računsko nosilnost, rezultati bodo predstavljeni v Tabeli 31.

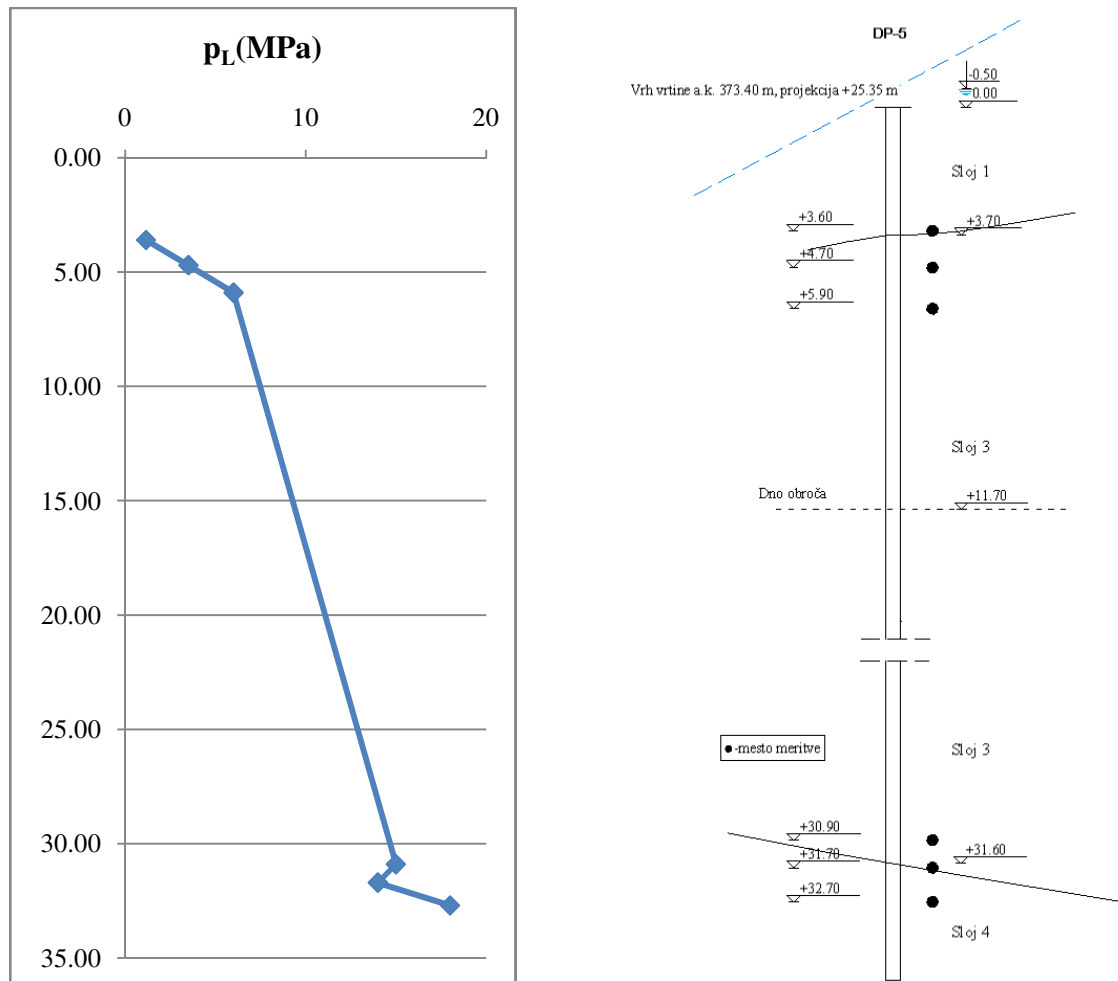
VRTINA DP-5

V vrtini smo morali mejni tlak za dolžino pilota 6,00 m oceniti na podlagi zveznosti med meritvami v višjih slojih, meritev na globini 5,90 m in meritve v nižjih slojih, meritev na globini 30,90 m. Zveznost predstavlja premica. Obe meritve sta bili izvedeni v sloju 3. Pri tem imamo izkop, zato je glava pilota 11,60 m pod vrhom vrtine ali prvotnega terena in je pri 6,00 m dolgem pilotu noga na globini 17,70 m. Nosilni sloj predstavlja pusta glina, trdna, ki nižje prehaja v glinavec. Pod tem slojem, sloj 3, se nahaja sloj tufa, meritev na globini 30,70 in 31,70 m. SPT preiskava je bila narejena na globini 18,00 m z izmerjeno vrednostjo 1,5 cm/60, kar potrjuje da je sloj trden, glinavec. Oceno mejnega tlaka smo določili z interpolacijo med 5,90 in 30,90 m. Nivo vode je nad nivojem vrtine. Postopek izračuna bo predstavljen v prilogi B, Metoda A1, A2.

TABELA 28: Podatki o efektivnih mejnih tlakih po obeh metodah, vrtina DP-5

Presiometer		EC 7-2		FASC 62		Karakteristični sloj		
z(m)	p _L (MPa)	z(m)	p _L (MPa)	z(m)	p _L (MPa)	OD(m)	DO(m)	
		Na nogi		Na + okolica noge				
3.60	1.15			17.00	9.90*	0	3.7	Sloj 1
4.70	3.50	17.60	10.2*	17.60	10.20*	3.7	31.6	Sloj 3
5.90	6.00			19.40	10.90*	31.6	>31.6	Sloj 4
30.90	15.00							
31.70	14.00							
32.70	18.00							

* vrednost p_L je ocenjena



Slika 51: Vrtina DP-5, levo-efektivni tlak odvisen od globine, desno-prečni prerez vrtine

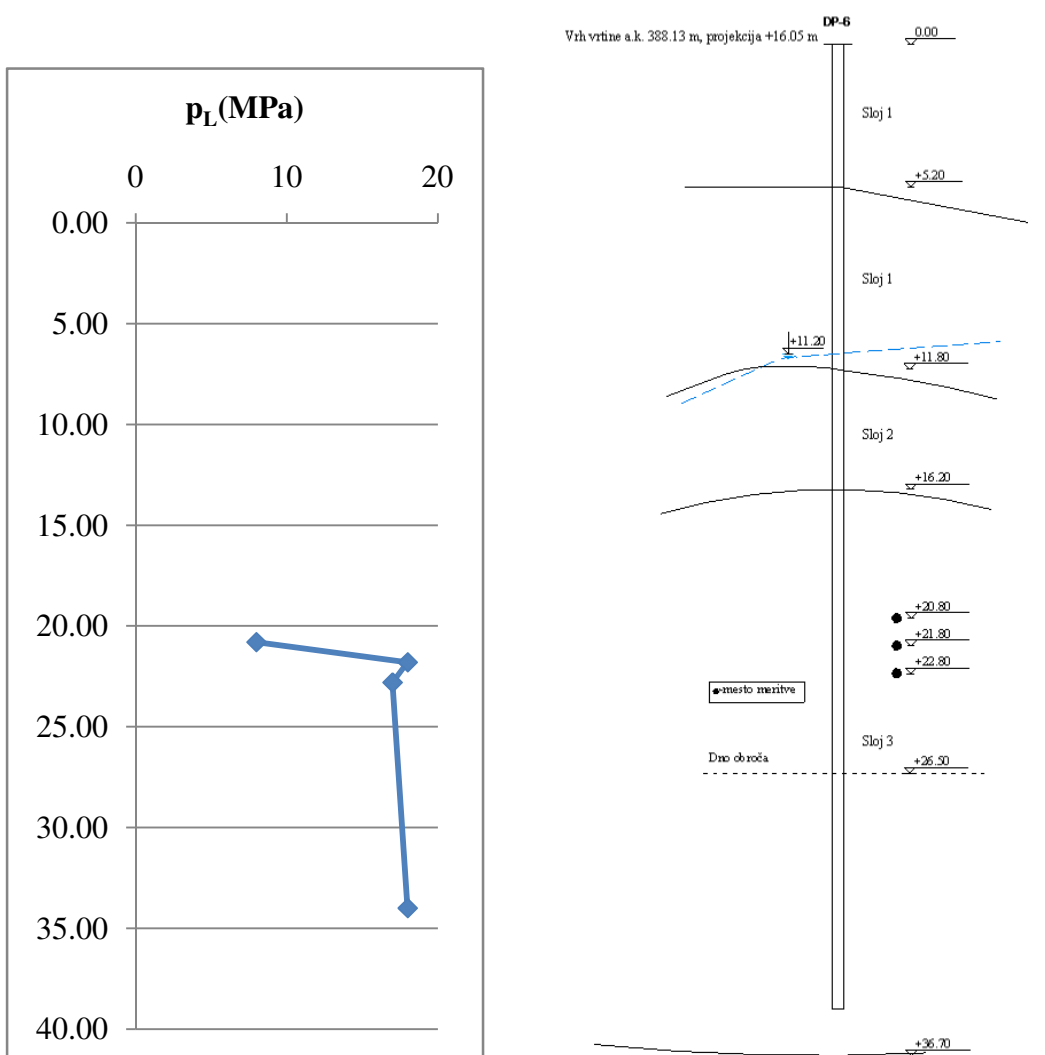
VRTINA DP-6

V vrtini smo morali mejni tlak za dolžino pilota 6,00 m oceniti. Pri tem imamo izkop, zato je glava pilota 26,20 m pod vrhom vrtine ali prvotnega terena in je pri 6,00 m dolgem pilotu noga na globini 32,20 m. Nosilni sloj predstavlja glinavec z vmesnimi plastmi lapornate gline, sloj 3. Pod tem slojem se nahaja sloj tufa. SPT preiskava je bila narejena v sloju 2. Pri tej oceni nismo upoštevali sorazmernosti med vertikalno napetostjo in mejnim tlakom ampak smo privzeli, da od zadnje meritve mejni tlak narašča do globine 34,00 m, vendar pa ne preseže vrednosti 18,0 MPa. Tako smo izbrali bolj varno oceno. Vmesne vrednosti smo določilo z interpolacijo. Nivo podtalnice je na globini 11,20 m. Postopek izračuna bo predstavljen v prilogi B, Metoda A1, A2.

TABELA 29: Podatki o efektivnih mejnih tlakih po obeh metodah, vrtina DP-6

Presiometer		EC 7-2		FASC 62		Karakteristični sloj		
z(m)	p_L (MPa)	z(m)	p_L (MPa)	z(m)	p_L (MPa)	OD(m)	DO(m)	
		Na nogi		Na + okolica noge				
20.80	8.00			31.60	17.70	0	11.8	Sloj 1
21.80	18.00	32.20	17.80	32.20	17.80	11.8	16.2	Sloj 2
22.80	17.00			34.00	18.00	16.2	36.7	Sloj 3
34.00	18.00	*				36.7	>36.7	Sloj 4

* vrednost p_L je ocenjena


Slika 52: Vrtina DP-6, levo-efektivni tlak odvisen od globine, desno-prečni prerez vrtine

REZULTATI

TABELA 30: Rezultati projektne odpornosti pilota in skupine pilotov za severni pobočni del na podlagi presiometerskih preiskav, število preiskav, $n=2$.

n=2	Metoda A1		Metoda A2	
	L = 6,0 m			
	gibke	toge	gibke	toge
$R_{c;d}$ (PP1)	9619	10597	9993	11009
$R_{c;d;g}$ (PP1)	8464	9325	8794	9688
$R_{c;d}$ (PP2)	14008	15431	14610	16030
$R_{c;d;g}$ (PP2)	12327	13579	12857	14106

TABELA 31: Rezultati projektne odpornosti pilota in skupine pilotov za severni pobočni del na podlagi presiometerskih preiskav, število preiskav, $n=1$.

n=1	Metoda A1		Metoda A2	
	L = 6,0 m			
	gibke	toge	gibke	toge
$R_{c;d}$ (PP1)	8710	9598	9050	9971
$R_{c;d;g}$ (PP1)	7665	8446	7964	8775
$R_{c;d}$ (PP2)	12687	13977	13238	14521
$R_{c;d;g}$ (PP2)	11164	12300	11649	12778

KOMENTAR

Izračuni kažejo, da je pri uporabi dveh terenskih preiskav za primer dolžine pilota 6 m in gibke konstrukcije najnižja tlačna projektna odpornost pilota pri uporabi evropskega standarda in PP1 z vrednostjo 9619 kN ter ravno tako v primeru toge konstrukcije z vrednostjo 10597 kN. Pri uporabi ene terenske preiskave za primer dolžine pilota 6m in gibke konstrukcije dobimo najnižjo vrednost pri uporabi evropskega standarda in PP1, 8710 kN ter ravno tako v primeru toge konstrukcije z vrednostjo 9598 kN.

Izračuni tlačne odpornosti pilota v Tabeli 30, kjer smo uporabili dve terenski preiskavi v primerjavi s Tabelo 31, kjer smo uporabili eno terensko preiskavo nam dajo večjo nosilnost, saj je korelacijski faktor pri večjem številu uporabljenih terenskih preiskav manjši.

4.5.2 Analiza in izračun osno obremenjenega navpičnega pilota na osnovi alternativne metode

Tlačna odpornost osno obremenjenega navpičnega pilota bomo izračunali na podlagi karakterističnih slojev in vrednosti ter na podlagi karakteristične vrednosti mejnega efektivnega tlaka. Postopek izračuna bo tako temeljil na alternativni metodi, opisani v poglavju 3.2.1.1 z uporabo parcialnih varnostnih faktorjev za odpore in vplive po PP1 in PP2 ter dodatno še v uporabi modelnega faktorja 1,3. Pri tem bomo na mestih, kjer imamo narejene radialne prereze pod obodom hladilnega stolpa vstavili navidezne pilote in izračunali odpornost slojev. Ker ti sovpadajo z vrtinami bomo pilote navidezno vgradili v te vrtine. Nosilni sloj z najslabšo odpornostjo bo referenčen za tisto območje. Kakor tudi pri prejšnjih metodah bomo tudi tukaj v izračunu upoštevali odpor po plašču v območju SR, medtem ko bomo za ostala območja upoštevali samo odpor pod nogo. Pomembno je poudariti, da je sedaj vrednost mejnega tlaka konstantna za nosilni sloj.

V primeru, da so piloti pod nivojem prvotnega terena bomo vertikalne napetosti računali od kote glave pilota in v primeru, da se piloti nadaljujejo še nad prvotnim terenom bomo napetosti v zemljini ali hribini računali od prvotnega terena. Težo pilota bomo upoštevali pri projektni odpornosti pilota, kjer bomo težo pilota upoštevali kot lastno obtežbo vplivov in v primeru PP1 pomnožili z vrednostjo 1,0 in v primeru PP2 z vrednostjo 1,35. Težo pilota bomo tako odšteli od projektne odpornosti pilota.

Postopek izračuna bo predstavljen v prilogi B, Metoda B, rezultati pa bodo predstavljeni v Tabeli 32.

REZULTATI**TABELA 32:** Rezultati projektne odpornosti pilota in skupine pilotov na podlagi alternativne metode z uporabo karakteristične vrednosti presiometriških mejnih tlakov

Metoda B				
	SR(L=22,0 m)	SR(L=18,0 m)	SP (L=12,0 m)	SPO(L=6,0 m)
$R_{c;d}$ (PP1)	6846	6019	9258	8368
$R_{c;d;g}$ (PP1)	6025	5297	8147	7364
$R_{c;d}$ (PP2)	9344	8215	13501	12189
$R_{c;d;g}$ (PP2)	8223	7229	11880	10726

KOMENTAR

Glede na izračune, Tabela 32, dobimo najmanjše tlačne projektne nosilnosti pilota z uporabo PP1 in sicer v primeru SR območja, dolžine pilota 22 m z vrednostjo 6846 kN in v primeru dolžine pilota 18 m z vrednostjo 6019 kN. Za območje SP, dolžine pilota 12 m z vrednostjo 9258 kN in za območje SPO, dolžine pilota 6 m z vrednostjo 8368 kN.

4.5.3 Analiza in izračun osno obremenjenega navpičnega pilota na osnovi dopustne obtežbe

Dopustno tlačna obtežbo na vrh pilota bomo izračunali na enak način kot v poglavju 4.5.2. pri tem pa bomo uporabili globalni varnostni faktor, ki bo nadomestil parcialne faktorje varnosti za vplive in odpore po evropskem standardu Evrokod 7-1. Torej uporabili bomo alternativno metodo s karakteristično vrednostjo efektivnega mejnega tlaka, ki bo temeljila na metodi A1, ki jo predlaga evropski standard Evrokod 7-2, opisana v poglavju 3.2.1.1. Za temeljenje na pilotih se uporablja globalni varnostni faktor med 2,0-3,0 in je odvisna od zanesljivosti preizkav. V našem primeru smo izbrali globalno varnost 2,7 in je enaka kot v projektu. Pri izračunu dopustne obtežbe na pilot bomo težo pilota odšteli od skupne odpornosti po tem, ko bomo odpornost reducirali z globalnim varnostnim faktorjem. Primer izračuna je predstavljen v prilogi B, Metoda C, rezultati so predstavljeni v Tabeli 33.

REZULTATI**TABELA 33:** Rezultati dopustne obtežbe na pilot in skupine pilotov na podlagi alternativne metode z uporabo karakteristične vrednosti presiometriških mejnih tlakov

Dopustna obtežba				
	SR(L=22,0 m)	SR(L=18,0 m)	SP (L=12,0 m)	SPO(L=6,0 m)
R _{dop}	4777	4211	7057	6409

KOMENTAR

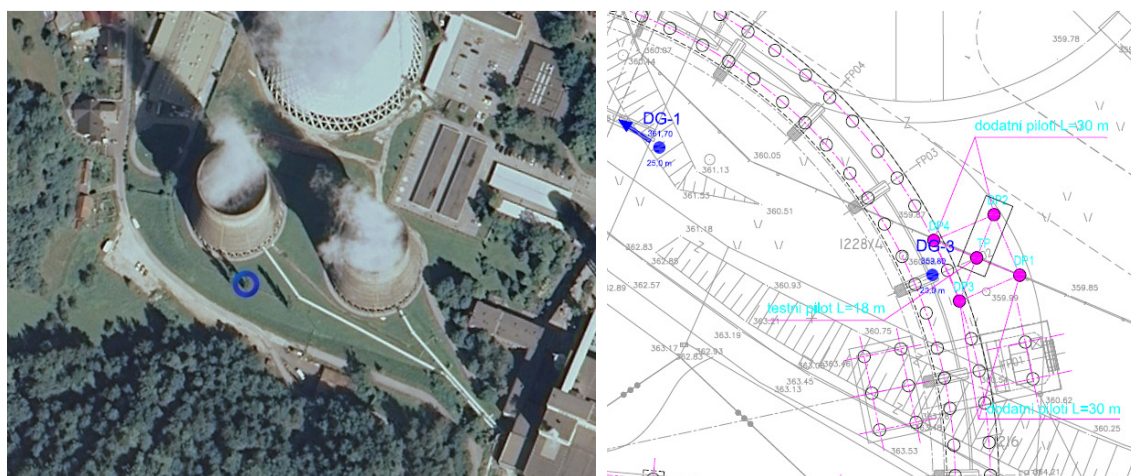
Glede na izračune, Tabela 33, dobimo pri uporabi globalnega varnostnega faktorja 2,7 za SR območje za dolžino pilota 22 m dopustno obtežbo na pilot, 4777 kN, pri dolžini 18 m, 4211 kN. Za območje SP in dolžino pilota 12 m dobimo dopustno obtežbo z vrednostjo 7057 kN in za območje SPO za dolžino pilota 6 m dopustno obtežbo z vrednostjo 6409 kN.

4.5.4 Analiza in izračun osno obremenjenega navpičnega pilota na osnovi statičnega obremenilnega preizkusa²⁴

Statični obremenilni test s testnim pilotom, TP, premera 1,18 m in dolžine 18,0 m se je izvedel 25.8.2010 na območju severnega ravninskega dela, bližina vrtine DG-3. Koordinate testnega pilota so:

Y=504165,898

X=136555,771



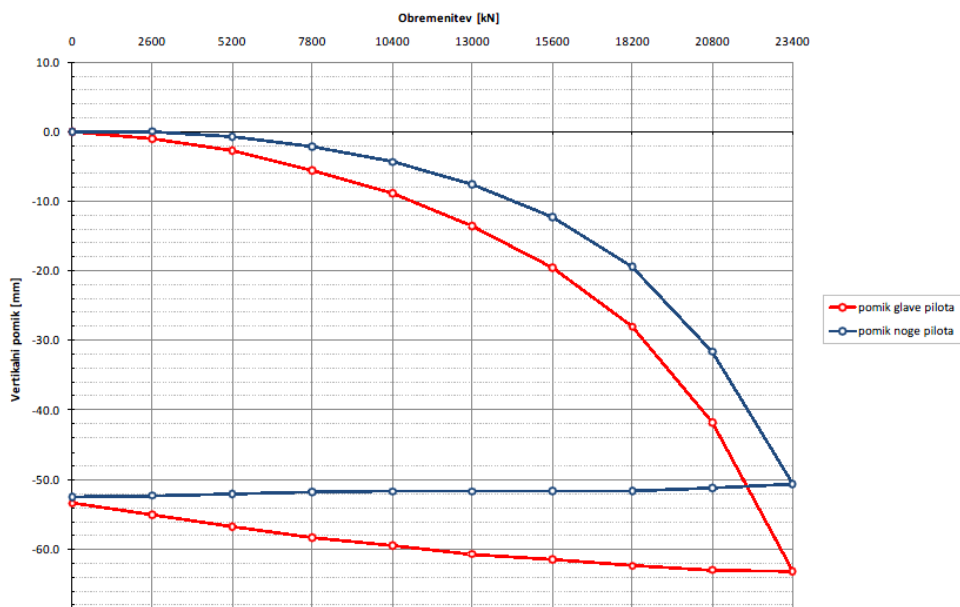
Slika 53: Položaj testnega pilota, TS, in izvlečnih pilotov[29,24]

Pri tem je predhodne vrtanje pokazalo, da se nosilni sloj lapornate gline nahaja za 1,5 m globlje kot v vrtini DG-3. Celotno konstrukcijo za potrebe vertikalne obremenitve sestavljajo še štirje natezni piloti z oznakami DP-1, DP-2, DP-3 in DP-4, vsi dolžine 30,0 m. Konstrukcija ali jarem je zgrajena tako, da se AB vezi, ki povezujejo natezne pilote združijo pod TP, kjer se potem med pilotom TP in konstrukcijo namesti hidravlična preša. Preko te preše se vnaša vertikalna obremenitev na pilot z opiranjem na jarem. Spremljanje meritev nam omogoča predhodno nameščena oprema s senzorji za meritev specifičnih deformacij vzdolž osi TP, ki se je namestila na armaturni koš pilota in induktivni merilci pomikov, ki merijo pomike glave pilota-spodnji in pomike jarma-zgornji. Senzorji so povezani na merilno enoto na površini.

Test se je izvedel po postopku s konstantnim prirastkom sile v stopnjah po 60 minut. Pilot se je obremenil z osmimi enakimi stopnjami do maksimalne računske obremenitve, kjer se je pri vsaki stopnji v predpisanem zaporedju: 1, 3, 7, 15, 30, 45, 60 minut opazoval premik glave pilota. Ker ni prišlo do porušitve pilota po zemljini se je opravila še ena dodatna stopnja po enakem postopku do obremenitve 23400 kN. Po obremenitvi je sledila razbremenitev. Rezultat testa je diagram obremenitev/pomik. Rezultati testa so predstavljeni v spodnji tabeli. Tabela 34 in v obliki diagrama na Sliki 54.

TABELA 34: Zabeleženi pomik pri različnih bremenskih stopnjah

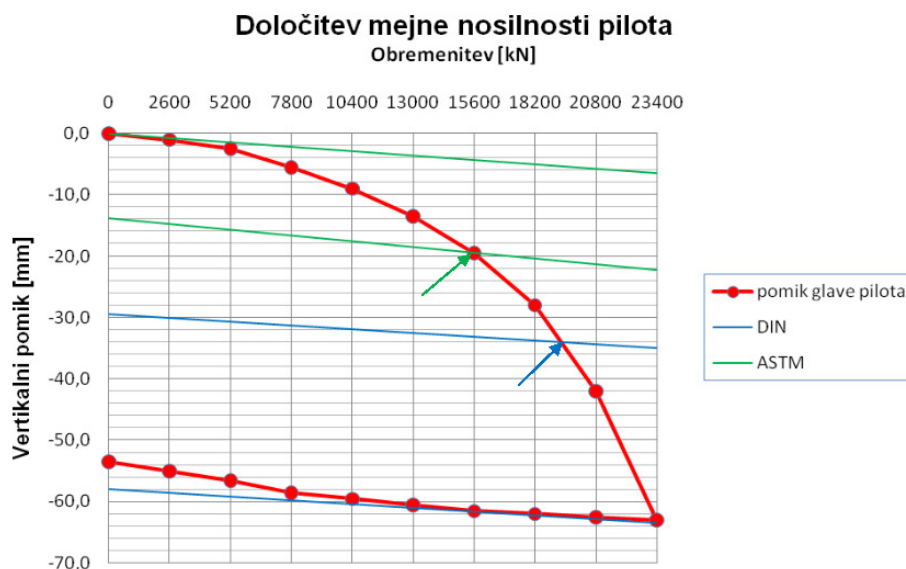
Sila[kN]	0	2600	5200	7800	10400	13000	15600	18200	20800	23400	20800	18200	15600	13000	10400	7800	5200	2600	0
pomik glave pilota [mm]	0.00	-1.00	-2.70	-5.50	-8.80	-13.50	-19.50	-28.00	-41.80	-63.20	-63.00	-62.40	-61.50	-60.70	-59.50	-58.30	-56.80	-55.10	-53.40
pomik noge pilota [mm]	0.00	0.10	-0.70	-2.10	-4.30	-7.50	-12.20	-19.40	-31.60	-50.60	-51.20	-51.60	-51.60	-51.70	-51.70	-51.80	-52.10	-52.30	-52.50



Slika 54: Pomik glave in noge pilota pri obremenitvi in razbremenitvi[24]

Vrednotenje meritev za določitev merjene odpornosti pilota se je določila po priporočilih standarda DIN 4026 in ASTM 1143- Davisson. Po obeh standardih moramo določiti premici, ki jo premaknemo za izračunano razdaljo. Kjer premaknjena premica seka krivuljo obremenitev/pomik na ordinati razberemo vrednost kot merjeno nosilnost, $R_{c,m}$.

Mejna merjena nosilnost po standardu DIN in ASTM na podlagi diagrama obremenitev / pomik glave pilota je predstavljena na sliki 55.



Slika 55: Diagram obremenitev/pomik glave pilota[24]

Po standardu DIN je tako izmerjena mejna nosilnost :

$$R_{c;m} = 19\,000 \text{ kN} \quad (4.1.)$$

Po standardu ASTM je izmerjena mejna nosilnost:

$$R_{c;m} = 15\,600 \text{ kN} \quad (4.2.)$$

Karakteristična tlačna odpornost v primeru gibke in toge konstrukcije je predstavljena v nadaljevanju in jo določimo na podlagi poglavja 3.2.1.2, kjer smo izbrali izmerjeno vrednost po standardu ASTM in korelacijska faktorja za primer enega preizkusnega pilota.

$$R_{c;m} = 15\,600 \text{ kN}; \zeta_1, \zeta_2 = 1,40 (\text{gibke}); \zeta_1, \zeta_2 = \frac{1,40}{1,1} = 1,27 (\text{toge})$$

$$R_{c;k} = \text{Min} \left(\frac{15600}{1,40}; \frac{15600}{1,40} \right),$$

$$\text{gibke} \rightarrow R_{c;k} = 11\,143 \text{ kN},$$

$$R_{c;k} = \text{Min} \left(\frac{15600}{1,27}; \frac{15600}{1,27} \right),$$

$$\text{toge} \rightarrow R_{c;k} = 12\,284 \text{ kN}.$$

Projektna tlačna odpornost pilota na primeru statičnega obremenilnega testa za primer PP1 in PP2 je predstavljena v Tabeli 35.

TABELA 35: Projektna tlačna odpornost TP na podlagi SOT

	Karakteristični odpor	Projektni odpor	
		PP1	PP2
Gibka konstrukcija[kN]	11143	7429	10130
Toga konstrukcija[kN]	12284	8189	11167

KOMENTAR

Na podlagi statičnega obremenilnega testa, ki je bil izveden na lokaciji, ki predstavlja reprezentativen vzorec za celotno območje se je izkazalo, da pilot izkazuje po PP1 za primer gibke konstrukcije projektno tlačno nosilnost z vrednostjo 7429 kN ter v primeru toge konstrukcije projektno tlačno nosilnost z vrednostjo 8189 kN. Projektna tlačna nosilnost po PP2 izkazuje večje nosilnosti, vendar bomo nadalje vseeno upoštevali projektne nosilnosti po PP1, tako da bomo še bolj na varni strani.

4.5.5 Primerjava rezultatov s statičnim obremenilnim pilotom

Primerjavo bomo naredili za primer toge konstrukcije za PP1 in PP2, kjer bomo v primeru metode A privzeli najnižje vrednosti tlačne odpornosti pilota in vse skupaj primerjali z ostalimi metodami ter za preveritev uporabljenih računskih metod še s statičnim obremenilnim testom, SOT. Pri tem bomo predstavili projektno tlačno nosilnost po obeh projektnih pristopih.

Severno ravninsko območje**L=22m****TABELA 36:** Primerjava tlačne nosilnosti po različnih metodah za L=22m in območje SR

toga konstrukcija	Metoda A n=5	Metoda A n=1	Metoda B	Metoda C	SOT L=18m
PP1[kN]	7468	6027	6846	4777	8189
PP2[kN]	10191	8227	9344		11167

L=18m**TABELA 37:** Primerjava tlačne nosilnosti po različnih metodah za L=18m in območje SR

toga konstrukcija	Metoda A n=5	Metoda A n=1	Metoda B	Metoda C	SOT L=18m
PP1[kN]	6128	4946	6019	4211	8189
PP2[kN]	8363	6751	8215		11167

Severni prehodni del**L=12m****TABELA 38:** Primerjava tlačne nosilnosti po različnih metodah za L=12m, območje SP

toga konstrukcija	Metoda A n=1	Metoda B	Metoda C	SOT, L=18m
PP1[kN]	18015	9258	7057	8189
PP2[kN]	26238	13501		11167

Severni pobočni del**L=6m****TABELA 39:** Primerjava tlačne nosilnosti po različnih metodah za L=6m, območje SPO

toga konstrukcija	Metoda A n=2	Metoda A n=1	Metoda B	Metoda C	SOT L=18m
PP1[kN]	10597	9598	8368	6409	8189
PP2[kN]	15431	13977	12189		11167

KOMENTAR

V primeru severnega ravninskega območja, kjer smo predpostavili dolžino pilota 22 m dobimo najnižjo vrednost projektne tlačne nosilnosti v primeru PP1 z metodo A, kjer smo upoštevali samo eno terensko preiskavo, sledi metodo B z cca 800 kN večjo nosilnostjo, najvišjo nosilnost pa dosežemo z metodo A, kjer smo upoštevali pet terenskih preiskav. V primeru dolžine pilota 18m dobimo najnižjo vrednost projektne tlačne nosilnosti v primeru PP1 z metodo A, kjer smo upoštevali samo eno terensko preiskavo, sledi metodo B z cca 1100 kN večjo nosilnostjo, najvišjo nosilnost pa dosežemo z metodo A, kjer smo upoštevali pet terenskih preiskav.

V primeru severnega prehodnega dela, kjer imamo predpostavljeno dolžino pilota 12 m dobimo najnižjo vrednost tlačne nosilnosti v primeru PP1 z metodo B, najvišjo nosilnost pa dosežemo z metodo A, kjer smo upoštevali eno terensko preiskavo.

V primeru severnega pobočnega dela, kjer smo predpostavili dolžino pilota 6 m dobimo najnižjo vrednost projektne tlačne nosilnosti v primeru PP1 z metodo B, sledi metodo A, kjer smo upoštevali eno terensko preiskavo z cca 1200 kN večjo nosilnostjo, najvišjo nosilnost pa dosežemo z metodo A, kjer smo upoštevali dve terenski preiskavi.

Če bi upoštevali še metodo C z dopustno obtežbo dobimo s to metodo najnižje vrednosti nosilnosti na vseh prej opisanih območjih.

V primeru primerjave računskih metod s SOT lahko ugotovimo, da testni pilot izkazuje projektno tlačno odpornost, ki je večja od projektne tlačne nosilnosti v primeru dolžine pilota 22 m izračunana z vsemi uporabljenimi računskimi metodami. Zato lahko pilote v tem območju skrajšamo na dolžino 18 m. Če primerjamo SOT z računskimi metodami v primeru dolžine 18 m in pri tem uporabimo PP1 ugotovimo, da je največje odstopanje predstavlja metoda A, kjer smo uporabili samo eno terensko preiskavo in je nosilnost manjša za cca 40%, sledi metoda B, kjer je nosilnost manjša za cca 27%, najmanjše odstopanje pa predstavlja metoda A, kjer smo uporabili pet terenskih preiskav, kjer je nosilnost manjša za cca 10%. Iz tega lahko sklepamo, da večje število preiskav na določenem območju zagotavlja večjo nosilnost pilota. V primerjavi računskih metod s SOT bi lahko tako za projektno tlačno nosilnost pilota uporabili najvišje vrednosti pridobljene računsko.

Za območje kjer smo predpostavili dolžino pilotov 12 m in 6 m lahko zaključimo, da uporabljene računske metode zagotavljajo večjo projektno tlačno nosilnost kot je bila pridobljena s SOT in da je bila ta nosilnost pridobljena na območju, kjer so lastnosti tal najslabše, zato predpostavljene dolžine pilotov izkazujejo dovolj veliko nosilnost in s tem tudi varnost.

4.5.6 Primerjava rezultatov v primeru dopustne obtežbe ²⁶

V primeru primerjave rezultatov projektne nosilnosti po Evrokodu 7-1, izračunanih v poglavju 4.5.1 in 4.5.2 z dopustno obtežbo na vrhu pilota, moramo pri tem dobljene projektne nosilnosti reducirati še z obtežbenim faktorjem F_{obt} , ki pa je odvisen od projektne pristopa in deleža stalne in spremenljive obtežbe. Pri tem smo upoštevali vertikalno stalno obtežbo, ki znaša cca 10018 kN na en steber in vertikalno spremenljivo obtežbo vetra, ki znaša cca 4956 kN na en steber. Obtežba vetra je dominantna spremenljiva obtežba. Glede na to, da imamo definirano 6 pilotov pod vsakim stebrom, se vertikalna obtežba porazdeli na teh 6 pilotov. Tako vertikalna obtežba predstavlja cca 67% stalne in cca 33% spremenljive obtežbe. Za PP1, kombinacija 2 smo tako uporabili naslednji obtežbeni faktor, F_{obt} :

$$F_{obt} = 0,67 * 1,00 + 0,33 * 1,30 = 1,1$$

in za primer PP2 smo uporabili naslednji obtežbeni faktor:

$$F_{obt} = 0,67 * 1,35 + 0,33 * 1,50 = 1,4.$$

Primerjava bo tako temeljila na dopustni obtežbi na en pilot.. Za severno ravninsko območje bomo naredili primerjavo na pilotu dolžine 22,0 in 18,0 m. V primeru računske metode uporabljene v poglavju 4.5.1 bomo prikazali dopustno obtežbo za primer ene in petih razpoložljivih terenskih preiskav, prav tako pa za primer gibke in toge konstrukcije. Rezultati bodo predstavljeni v spodnji tabeli, Tabela 40.

TABELA 40: Primerjava dopustne obtežbe na pilot po različnih metodah za L=22m in L=18m območje SR

za

	Metoda A1		Metoda A2		Metoda A1		Metoda A2	
	L = 22,0 m				L = 18,0 m			
	gibke	toge	gibke	toge	gibke	toge	gibke	toge
	n=1							
R _{c;dop} (PP1)	4961	5512	4936	5484	4051	4500	4097	4552
R _{c;dop} (PP2)	5318	5908	5291	5878	4342	4824	4392	4879
	n=5							
R _{c;dop} (PP1)	6158	6829	6128	6795	5029	5576	5085	5639
R _{c;dop} (PP2)	6600	7318	6567	7282	5390	5976	5450	6043
	Metoda B							
R _{c;dop} (PP1)	6230				5477			
R _{c;dop} (PP2)	6677				5870			
	F=2,7							
R _{c;dop}	4777				4211			

Za severno prehodno območje bomo dopustno obtežbo na vrhu pilota primerjali z ostalimi metodami na dolžini pilota 12,0 m. V primeru računske metode uporabljene v poglavju 4.5.1 bomo prikazali dopustno obtežbo za primer ene razpoložljive terenske preiskave, ki

bo vključevala gibke in toge konstrukcije. Rezultati bodo predstavljeni v spodnji tabeli, Tabela 41.

TABELA 41: Primerjava dopustne obtežbe na pilot po različnih metodah za $L=12\text{m}$ za območje SP

	Metoda A1		Metoda A2	
	L = 12,0 m			
	gibke	toge	gibke	toge
	n=1			
$R_{c;dop}(PP1)$	14875	16392	15423	16995
$R_{c;dop}(PP2)$	17015	18748	17641	19437
	Metoda B			
$R_{c;dop}(PP1)$	8424			
$R_{c;dop}(PP2)$	9647			
	F=2,7			
$R_{c;dop}$	7057			

Za severni pobočni del bomo dopustno obtežbo na vrhu pilota primerjali z ostalimi metodami na dolžini pilota 6,0 m. V primeru računske metode uporabljene v poglavju 4.5.1 bomo prikazali dopustno obtežbo za primer ene in dveh razpoložljivih terenskih preiskav, prav tako pa za primer gibke in toge konstrukcije. Rezultati bodo predstavljeni v spodnji tabeli, Tabela 42.

TABELA 42: Primerjava dopustne obtežbe na pilot po različnih metodah za $L=6\text{m}$ za območje SPO

	Metoda A1		Metoda A2	
	L = 6,0 m			
	gibke	toge	gibke	toge
	n=1			
$R_{c;dop}(PP1)$	7926	8733	8235	9073
$R_{c;dop}(PP2)$	9065	9987	9459	10376
	n=2			
$R_{c;dop}(PP1)$	8752	9642	9093	10017
$R_{c;dop}(PP2)$	10009	11026	10439	11454
	Metoda B			
$R_{c;dop}(PP1)$	7614			
$R_{c;dop}(PP2)$	8709			
	F=2,7			
$R_{c;dop}$	6409			

4.5.7 Primerjava vrednosti varnostnih faktorjev ²⁶

Ker imamo izbrano globalno varnost 2,7 bomo naredili tudi primerjavo kakšne so vrednosti varnostnih faktorjev izračunanih po metodah v poglavju 4.5.1 in 4.5.2. V primeru metode uporabljene v poglavju 4.5.1 bomo uporabili tisto računsko odpornost, minimalno ali srednjo, ki ob upoštevanju korelacijskih faktorjev da minimalno vrednost → karakteristično vrednost. Upoštevano računsko odpornost bomo reducirali z dopustno obtežbo izračunane v poglavju 4.5.6. V primeru metode uporabljene v poglavju 4.5.2 bomo uporabili karakteristično vrednost, ki je v tem primeru enaka računski odpornosti, ki predstavlja minimalno vrednost za tisto območje, karakteristični sloj. Upoštevano karakteristično vrednost bomo reducirali z dopustno obtežbo izračunane v poglavju 4.5.6, v tabeli pod oznako Metoda B. Vsi izračuni in primerjave bodo temeljile na dolžini pilotov 22,0 m in 18,0 m za območje SR, na dolžini 12,0 m za območje SP in na dolžini 6,0 m za območje SPO. Primerjava bo narejena za primer enega pilota.

Za severno ravninsko območje smo na podlagi opisa zgoraj izračunali naslednje varnostne faktorje, Tabela 43.

TABELA 43: Primerjava varnostnih faktorjev, F, po različnih metodah za L=22m in L=18m za območje SR

	Metoda A1		Metoda A2		Metoda A1		Metoda A2	
	L = 22,0 m				L = 18,0 m			
	gibke	toge	gibke	toge	gibke	toge	gibke	toge
	n=1							
F(PP1)	2.563	2.306	2.564	2.307	2.563	2.307	2.556	2.301
F(PP2)	2.390	2.152	2.392	2.153	2.391	2.152	2.385	2.147
	n=5							
F(PP1)	2.064	1.862	2.065	1.862	2.065	1.862	2.063	1.860
F(PP2)	1.926	1.737	1.927	1.738	1.926	1.737	1.925	1.736
	Metoda B							
F(PP1)	2.331				2.318			
F(PP2)	2.175				2.163			
	R_{c,dop}							
F	2,7							

Za severno prehodno območje smo na podlagi opisa zgoraj izračunali naslednje varnostne faktorje, Tabela 44.

TABELA 44: Primerjava varnostnih faktorjev, F, po različnih metodah za L=12m za območje SP

	Metoda A1		Metoda A2	
	L = 12,0 m			
	gibke	toge	gibke	toge
	n=1			
F(PP1)	2.508	2.276	2.506	2.275
F(PP2)	2.193	1.990	2.182	1.989
	Metoda B			
F(PP1)	2.367			
F(PP2)	2.067			
	R_{c,dop}			
F	2,7			

Za severni pobočni del smo na podlagi opisa zgoraj izračunali naslednje varnostne faktorje, Tabela 45.

TABELA 45: Primerjava varnostnih faktorjev, F, po različnih metodah za L=6m za območje SPO

	Metoda A1		Metoda A2	
	L = 6,0 m			
	gibke	toge	gibke	toge
	n=1			
F(PP1)	2.511	2.279	2.509	2.277
F(PP2)	2.195	1.992	2.194	1.991
	n=2			
F(PP1)	2.271	2.062	2.270	2.060
F(PP2)	1.986	1.803	1.977	1.802
	Metoda B			
F(PP1)	2.331			
F(PP2)	2.038			
	R_{c,dop}			
F	2,7			

KOMENTAR

Globalna varnost je v primeru severnega ravninskega dela, dolžine pilota 22 m in metode A ocenjena med 1,7 do 2,6. Najvišjo vrednost globalnega faktorja 2,564 dobimo za primer gibke konstrukcije, PP1 in $n=1$. Najnižjo vrednost globalnega faktorja 1,737 dobimo za primer toge konstrukcije, PP2 in $n=5$. V primeru dolžine 18 m so vrednosti globalnega faktorja podobne kot pri dolžini 22 m. V primeru metode B in dolžine 22 m je globalna varnost najnižja pri PP2 z 2,175 in najvišja pri PP1 z 2,331. V primeru dolžine 18m so te vrednosti malo manjše.

Za primer severnega prehodnega dela je globalna varnost v primeru metode A ocenjena med 1,9 do 2,5. Najvišjo vrednost globalnega faktorja 2,508 dobimo za primer gibke konstrukcije, PP1 in $n=1$. Najnižjo vrednost globalnega faktorja 1,989 dobimo za primer toge konstrukcije, PP2 in $n=1$. V primeru metode B je globalna varnost najnižja pri PP2 z 2,067 in najvišja pri PP1 z 2,367.

Za primer severnega pobočnega dela je globalna varnost v primeru metode A ocenjena med 1,8 do 2,5. Najvišjo vrednost globalnega faktorja 2,509 dobimo za primer gibke konstrukcije, PP1 in $n=1$. Najnižjo vrednost globalnega faktorja 1,802 dobimo za primer toge konstrukcije, PP2 in $n=2$. V primeru metode B je globalna varnost najnižja pri PP2 z 2,038 in najvišja pri PP1 z 2,331.

Gledano celotno se največji globalni faktor pojavi tam kjer imamo uporabljeno manjšo število terenskih preiskav, gibke konstrukcije in PP z večjim faktorjem za odpore. Najmanjši globalni faktorji pa se pojavijo tam, kjer smo uporabili večje število terenskih preiskav, bolj zanesljivi podatki, toge konstrukcije in PP z manjšim faktorjem odpora.

4.5.8 Analiza in izračun pomikov

Kakor je bilo opisano v poglavju 3.2.1.4 lahko premiki pilota povzročijo deformacije zgornje konstrukcije, zato se je za objekt podal kriterij, da posedek ne sme presegati 10 mm.

Posedek pilota bomo izračunali po dveh metodah. Prva metoda bo temeljila na teoriji elastičnosti, kjer bomo predpostavili, da sta zemljina in pilot linearno elastična materiala, poglavje 4.5.8.1. Druga metoda bo temeljila na statičnem obremenilnem testu in diagramu obtežba/pomik, poglavje 4.5.8.2.

4.5.8.1 Pomik pilota po teoriji elastičnosti ⁵

Po teoriji elastičnosti privzamemo, da je pilot tog in zaradi tega predpostavimo, da je pomik konice in plašča povsod enak. Na podlagi tega lahko odnos med odporom ob plašču in posedkom pilota ter odporom pod konico in posedkom pilota medsebojno seštejemo. Pri tem nas bo zanimalo, kakšen je odnos med silo na pilot in premikom pilota. V nadaljevanju bomo opisali ta odnos in pri znani obtežbi izračunali pomik.

Strižno deformacijo lahko izrazimo kot:

$$\gamma = \frac{ds}{dR} \quad (4.3.)$$

Uporabimo lahko zvezo med strižno napetostjo in strižno deformacijo, ki da strižni modul:

$$G = \frac{\tau}{\gamma} \quad (4.4.)$$

Iz enačbe 4.3 izrazimo pomik kot:

$$s = \int_{R_0}^{R_L} \gamma dR \quad (4.5.)$$

Če uporabimo še predpostavko, da pilot obdajajo koncentrični kolobarji zemljine lahko izpeljemo ravnovesno enačbo:

$$\tau R = \tau_0 R_0 \quad (4.6.)$$

Iz enačbe 4.6 izpeljemo strižno napetost, τ , in iz enačbe 4.4 specifično deformacijo, γ . Pri tem v izraz za specifično deformacijo vstavimo izraz za izpeljano strižno napetost, enačba 4.8.

$$\tau = \frac{\tau_0 R_0}{R} \quad (4.7.)$$

$$\gamma = \frac{\tau}{G} = \frac{\tau_0 R_0}{RG}. \quad (4.8.)$$

Izpeljano specifično deformacijo vstavimo v enačbo za pomik, enačba 4.5 in dobimo:

$$s = \int_{R_0}^{R_L} \frac{\tau_0 R_0}{RG} dR = \frac{\tau_0 R_0}{RG} \ln \frac{R_L}{R_0} \quad (4.9.)$$

Pri tem lahko privzamemo, da je:

$$\ln \frac{R_L}{R_0} = 4 \quad (4.10.)$$

Enačba za pomik se zapiše kot:

$$s = \frac{4\tau_0 R_0}{RG} \quad (4.11.)$$

Ker poznamo enačbo za odpor ob plašču pilota lahko iz enačbe za pomik izrazimo τ_0 in nadalje izrazimo odnos med obtežbo in pomikom:

$$R_s = 2\pi R_0 L \tau_0 \quad (4.12.)$$

$$\tau_0 = \frac{sG}{4R_0} \quad (4.13.)$$

$$\frac{R_s}{s} = \frac{\pi GL}{2} \quad (4.14.)$$

Enačbo za odnos med odporom pod pilotom in pomikom povzamemo po Timoshenko, Goodier kot:

$$\frac{R_b}{s} = \frac{4R_b G_b}{1-\nu} \quad (4.15.)$$

Oba odnosa seštejemo in dobimo končno enačbo odnosa med silo na pilot, F , in premikom, s , kot:

$$\frac{F}{s} = \frac{R_b + R_s}{s} = \frac{4R_b G_b}{1-\nu} + \frac{\pi GL}{2} \rightarrow s \quad (4.16.)$$

REZULTATI

Izračuni bodo temeljili na referenčnih vrtinah, za severno ravninsko območje vrtina DG-3, za severno prehodno območje vrtina DG-6 in za severni pobočni del vrtina DP-5. Referenčna vrtina predstavlja vrtino z najslabšimi vrednostmi elastičnih modulov, ki so bili

pridobljeni na podlagi terenskih preiskav, presiometrične preiskave. Pri izračunu smo upoštevali, da se pri dolžini pilota, L , ne upošteva celotna dolžina ampak samo tisti del dolžine, sodelujoča dolžina, za katero imamo na razpolago karakteristične vrednosti elastičnih modulov zemljin ali hribin in da se upošteva tisti karakteristični sloj kateri je nosilen, odpor ob plašču in na nogi. V primeru vrtine DG-3 je tako sodelujoča dolžina pri 22,00 m dolgem pilotu 14,50 m, saj sloja 1 ne bomo upoštevali in pri 18,00 m dolgem pilotu 10,50 m. V primeru vrtine DG-6 je sodelujoča dolžina 9,90 m saj ne upoštevamo sloja 3 in v primeru vrtine DP-5 je sodelujoča dolžina 6,00 m saj se celotna dolžina pilota nahaja v sloju 3.

Rezultat, pomik pilota, za vrtino DG-3 je predstavljen v Tabeli 46 in v Tabeli 47, za vrtino DG-6 v Tabeli 48 in za vrtino DP-5 v Tabeli 49.

VRTINA DG-3, $L=22,00$ m

TABELA 46: Pomik pilota pod vertikalno obremenitvijo za vrtino DG-3, $L_{\text{pilota}}=22$ m

	Vrtina:	DG-3
Sila na pilot[kN]	$F=$	3097
Dolžina pilota[m]	$L=$	14.50
Premer noge pilota[m]	$R_b=$	1.18
Elastični deformacijski modul vzdolž pilota[kPa]	$E=$	20000
Poissonov koeficient-zemline vzdolž pilota	$\nu=$	0.3
Povp. strižni modul zemljine vzdolž pilota[kPa]	$G=$	7692
Elastični deformacijski modul na konici pilota[kPa]	$E_b=$	400000
Poissonov koeficient-zemljine na konici pilota	$\nu_b=$	0.2
Povp. strižni modul zemljine na konici pilota[kPa]	$G_b=$	166667
	$s[\text{mm}]$	2.67

VRTINA DG-3, L=18,00 m**TABELA 47:** Pomik pilota pod vertikalno obremenitvijo za vrtino DG-3, $L_{\text{pilota}}=18$ m

	Vrtina:	DG-3
Sila na pilot[kN]	F=	2988
Dolžina pilota[m]	L=	10.50
Premer noge pilota[m]	R_b =	1.18
Elastični deformacijski modul vzdolž pilota[kPa]	E=	20000
Poissonov koeficient-zemline vzdolž pilota	ν =	0.3
Povp. strižni modul zemljine vzdolž pilota[kPa]	G=	7692
Elastični deformacijski modul na konici pilota[kPa]	E_b =	400000
Poissonov koeficient-zemljine na konici pilota	ν_b =	0.2
Povp. strižni modul zemljine na konici pilota[kPa]	G_b =	166667
	s[mm]	2.69

VRTINA DG-6**TABELA 48:** Pomik pilota pod vertikalno obremenitvijo za vrtino DG-6, $L_{\text{pilota}}=12$ m

	Vrtina:	DG-6
Sila na pilot[kN]	F=	2824
Dolžina pilota[m]	L=	9.90
Premer noge pilota[m]	R_b =	1.18
Elastični deformacijski modul vzdolž pilota[kPa]	E=	800000
Poissonov koeficient-zemline vzdolž pilota	ν =	0.3
Povp. strižni modul zemljine vzdolž pilota[kPa]	G=	307692
Elastični deformacijski modul na konici pilota[kPa]	E_b =	800000
Poissonov koeficient-zemljine na konici pilota	ν_b =	0.2
Povp. strižni modul zemljine na konici pilota[kPa]	G_b =	333333
	s[mm]	0.42

VRTINA DP-5**TABELA 49:** Pomik pilota pod vertikalno obremenitvijo za vrtino DG-6, $L_{\text{pilota}}=6$ m

	Vrtina:	DP-5
Sila na pilot[kN]	F=	2660
Dolžina pilota[m]	L=	6.00
Premer noge pilota[m]	R_b =	1.18
Elastični deformacijski modul vzdolž pilota[kPa]	E=	500000
Poissonov koeficient-zemljine vzdolž pilota	ν =	0.3
Povp. strižni modul zemljine vzdolž pilota[kPa]	G=	192308
Elastični deformacijski modul na konici pilota[kPa]	E_b =	500000
Poissonov koeficient-zemljine na konici pilota	ν_b =	0.2
Povp. strižni modul zemljine na konici pilota[kPa]	G_b =	208333
	s[mm]	0.87

KOMENTAR

Največje pomike dobimo pri 18 m pilotu, ki so tako za minimalno vrednost večji kot pri 22 m dolgem pilotu. Na to vpliva predvsem to, da smo v preračunu upoštevali enake elastične deformacijske module na nogi in plašču in da smo za krajši pilot predpostavili, da ima manjšo sodelujočo dolžino v nosilnem sloju. V primeru, da bi izbrali slabši elastični deformacijski modul na nogi bi se razlika pri vertikalnem posedku med 18 m in 22 m pilotom povečala.

Za območje SP smo dobili na podlagi vrtine DG-6 in predpostavljene dolžine pilota 12 m zelo male posedke, na kar vplivajo visoke vrednosti elastičnih deformacijskih modulov na nogi in plašču. Pri tem lahko tudi potrdimo, da so posedki premajhni, da bi lahko mobilizirali strižno odpornost ob plašču. Za območje SPO lahko ugotovimo podobne značilnosti kot za območje SP.

Gledano celotno so vsi posedki znotraj dovoljenega, tako da je po tej računski metodi zagotovljena dovolj visoka varnost glede MSU.

4.5.8.2 Pomik pilota na podlagi statičnega obremenilnega testa

Mejno stanje uporabnosti bomo preverili na podlagi statičnega obremenilnega testa, STO, opisanega v poglavju 4.5.4. Na podlagi diagrama obremenitev/pomik glave pilota, Slika 56 bomo s projektno obtežbo, $F_{c,d}$, za mejno stanje uporabnosti preverili, da ne presega mejne

projektne vrednosti učinkov vplivov 10 mm. Pri tem bomo projektno obtežbo pomnožili še s korelacijskim faktorjem, glede na število preiskav in tako pridobili vrednost računske obtežbe, R_{cal} . S to vrednostjo bomo tako v diagramu preverili, če presega pomik 10 mm.

REZULTATI

$$E_d < C_d$$

$$F_{c,d} = 1 \times 2162 \text{ kN} + 1 \times 826 \text{ kN} = 2988 \text{ kN (MSU)}$$

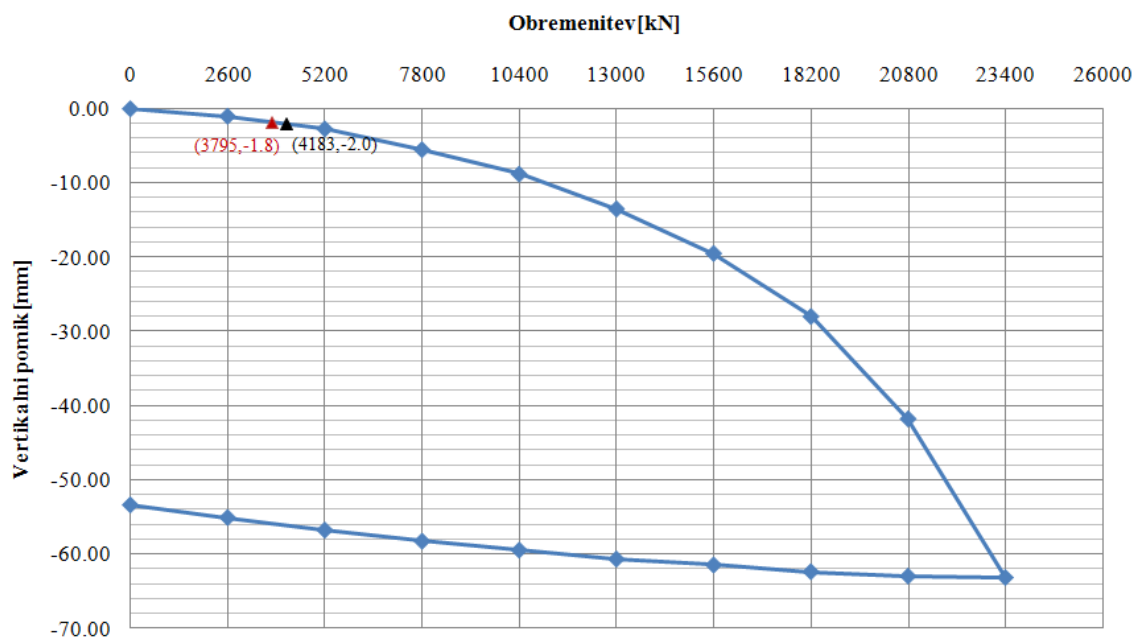
$$n = 1 \rightarrow \zeta_1 = 1,4 \text{ (gibke konstrukcije); } \zeta_1 = 1,27 \text{ (toge konstrukcije)}$$

$$F_{cal,gibke} = 2988 \text{ kN} \times 1,4 = 4183 \text{ kN}$$

$$F_{cal,toge} = 2988 \text{ kN} \times 1,27 = 3795 \text{ kN}$$

$$E_{d,gibke} = 2,0 \text{ mm} < 10 \text{ mm} \quad ; \text{ po MSU ustreza}$$

$$E_{d,toge} = 1,8 \text{ mm} < 10 \text{ mm} \quad ; \text{ po MSU ustreza}$$



Slika 56: Diagram obremenitev/pomik in preverjanje pomika na podlagi SOT

KOMENTAR

Pomik 18 m dolgega pilota pod projektno obtežbo in na podlagi diagrama obremenitev/pomik ustreza mejnemu stanju uporabnosti. V primerjavi z metodo po teoriji elastičnosti dobimo s to metodo manjše pomike. Ker je pomik po SOT bolj verodostojen

podatek bomo za toge konstrukcije privzeli pomik 1,8 mm in za gibke konstrukcije pomik 2,0 mm.

5 ZAKLJUČEK

V diplomskem delu smo z uporabljenimi laboratorijskimi preiskavami, terenskimi raziskavami ter na drugi strani z uporabljenimi računskimi metodami in upoštevanjem standarda Evrokod in Fascicule prišli do naslednjih ugotovitev:

- Pri uporabi metod A1 in A2 lahko ugotovimo, da pri predpostavki homogenosti sloja pod zadnjo opravljeno presiometersko meritvijo in s tem naraščanjem presiometerskega mejnega tlaka z globino z metodo A1 dobimo nižje vrednosti računskega odpora, kakor pri metodi A2, kjer z uporabo ekvivalentnega mejnega tlaka dobimo večje vrednosti računskega odpora. Obratno se pokaže v primeru, ko imamo oslabiljene cone pod nogo pilota, kjer pridobimo z metodo A1 večje vrednosti računskega odpora, kakor z metodo A2. Pri tem lahko potrdimo zahtevo Evrokoda 7-2, ki zahteva pri upoštevanju presiometerskega mejnega tlaka v enačbi za izračun odpora upoštevanje oslabiljenih con pod nogo pilota.
- Pri preračunu projektne vrednosti smo z uporabljenimi PP in korelacijskimi faktorji prišli do ugotovitve, da smo najvišje vrednosti projektne odpornosti pridobili tam, kjer smo zajeli večje število terenskih preiskav in uporabili PP2. S tem smo ugotovili, da je v primeru terenskih preiskav faktor varnosti manjši pri večjem številu preiskav, v preračunu zajeto več vrtin, kar pomeni, da je zanesljivost podatkov večja. V primeru manjšega števila raziskav, v preračunu zajeto manj vrtin, smo ugotovili, da je zanesljivost podatkov z območja manjša, kar nadomestimo z večjim faktorjem varnosti, korelacijskim faktorjem. Pri izbiri PP smo ugotovili, da z večjim faktorjem odpora dobimo manjše vrednosti projektne odpora, vendar pa to pomeni varnejše temeljenje.

- Pri preračunu projektne odpornosti na podlagi metode B, alternativna metoda s karakteristično vrednostjo presiometerskega mejnega tlaka smo ugotovili, da po določitvi karakteristik za vsak sloj posebej, te so izbrane kot varna ocena, karakteristično odpornost tal določimo direktno iz metode za izračun računske odpornosti, ki jo predlaga Evrokod 7-2. Ker je za določen sloj mejni tlak konstanten, karakteristična odpornost variira glede na globino noge in dolžino na kateri deluje trenje na plašču. Projektno odpornost določimo iz karakteristične odpornosti z upoštevanjem faktorjev odpora in dodatno še z modelnim faktorjem. V primerjavi z metodo A, modelni pilot lahko ugotovimo, da ta modelni faktor nadomesti korelacijske faktorje glede zanesljivosti podatkov ali parametrov tal in upoštevanje toge konstrukcije. Do te ugotovitve smo prišli na podlagi primera, kjer smo imeli pri metodi A vključeno samo eno terensko preiskavo, kjer je bil korelacijski faktor 1,4, v primeru toge konstrukcije je znašal 1,27. Ta vrednost se tako dobro ujema z vrednostjo modelnega faktorja, ki je 1,3. V primerjavi z metodo A lahko tudi ugotovimo, da dobimo večjo karakteristično odpornost ob plašču pilota, kjer je odstopanje pri dolžini 22 m do 30% in pri 18 m do 40%. Takšno odstopanje je v tem, da pri metodi A upoštevamo začetek upoštevanja mejnega tlaka od prve meritve v nosilnem sloju in da pri tem lahko vrednosti mejnih tlakov padajo in naraščajo in niso konstantne za celotni sloj.
- Pri uporabi globalnega varnostnega faktorja 2,7 in dopustne obtežbe na pilot smo v primerjavi z drugimi uporabljenimi računskimi metodami ugotovili, da so globalni varnostni faktorji manjši od 2,7. S tem smo prišli tudi do ugotovitve, da je v primeru takšne raznolike sestave tal bolje izbrati večji faktor varnosti v kolikor nimamo dovolj dobrih podatkov oziroma števila terenskih preiskav. Po evropskem standardu tako dobimo manjše vrednosti faktorjev, manjša globalna varnost, vendar pa to predstavlja večjo nosilnost.
- S statičnim obremenilnim testom na najslabše ocenjeni lokaciji, referenčna vrtina za vso območje temeljenja hladilnega stolpa, smo dokazali, da je ta nosilnost veliko večja kakor smo jo pridobili z vsemi računskimi metodami na območju severnega ravninskega dela pri dolžini pilotov 22,00 in 18,00 m. Za ostalo območje, kjer so

karakteristike tal veliko boljše smo pričakovali, da bodo računske metode dale večje nosilnosti. S tem smo dokazali zahtevo Evrokoda, da je potrebno vse računske metode preveriti z testom in da je edini verodostojen podatek za določanje nosilnosti pilota.

- Pomiki izračunani po teoriji elastičnosti in na podlagi statičnega obremenilnega testa dokazujejo, da so manjši od 10,00 mm in da je razlika med uporabljenima metodama minimalna in je tako za primer dolžine pilota 18,00 m za cca 0,9 mm v primeru toge konstrukcije in v primeru gibke za 0,7 mm. Za območje severnega prehodnega dela in severnega pobočnega dela lahko ugotovimo, da so pomiki manjši, kakor izkazuje statični obremenilni test in da je bilo na podlagi preiskav, noga v sloju hribine, pravilno ugotovljeno, da se v preračunih ne upošteva trenje ob plašču, saj bodo premiki premajhni.

V diplomskem delu smo tako predstavili projektne metode za izračun tlačne odpornosti pilota, temelječe na presiometriških preiskavah in vrednotenje statičnega obremenilnega testa na terenu za preveritev in dokazovanje realne nosilnosti pilota. Za preveritev celotne zgornje konstrukcije smo dokazali s teorijo elastičnosti in z diagramom obremenitev/pomik glave pilota, da so pomiki v mejah uporabnosti. Pri celotni diplomski nalogi smo ugotovili, da bi bilo veliko lažje primerjati rezultate med seboj, če bi bile presiometerske preiskave izvedene globlje ali pod nogo pilota za dolžino, katero predlaga evropski standard Evrokod 7-2. Z oceno mejnih tlakov smo sicer prišli do rezultatov, ki zagotavljajo varno temeljenje, vendar pa je v prvi vrsti pomembno zagotoviti zanesljive in kakovostne raziskave in podatke, saj taka predpostavka lahko pomeni tudi veliko zmoto v odpornosti in posledično v nosilnosti in varnosti temeljenja. Na koncu lahko tudi poudarimo, da so presiometerske preiskave zaradi enostavne izvedbe v spremenljivih okoliščinah zelo dober pripomoček za hiter izračun odpornosti tal v večjih globinah kot tudi v primeru plitvega temeljenja.

6 VIRI IN LITERATURA

1. Lujo Šuklje, 1984, Mehanika tal, Ljubljana
2. Ervin Nonveiller, 1981, Mehanika tla i temeljenje građevina, Zagreb
3. Michael Tomlinson and John Woodward, 2008, Pile Design and Construction Practice, Fifth edition, Taylor & Francis, Oxon
4. Ken Fleming, Austin Weltman, Mark Randolph, Keith Elson, 2009, Piling Engineering, Third edition, Taylor & Francis, Oxon
5. Globoko temeljenje, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo.
Dostopno na:
http://www.fgg.uni-lj.si/kmtal-gradiva/GR-VSS-izr/GG/GG_VSS_po_VIS_izr_-_skripta.htm [22.2.2012]
6. Uroš Breclj, Zvonko Cotič in Dean Nemeč, Primeri tehnologij zaščite gradbenih jam na gradbiščih Primorja d.d., Dostopno na:
www.primorje.si/mma_bin.php?id=2009041511261875 [1.3.2012]
7. Zvonko Cotič, Uporaba SCC betona za izvedbo uvrtnih pilotov
Dostopno na:
www.primorje.si/mma_bin.php?id=2008102817003178 [1.3.2012]
8. Martin Pregelj, Boštjan Kocijančič in Alen Boštjančič, Predstavitev tehnologij izgradnje objektov v Luki Koper-od temeljev do uporabe
Dostopno na:
<http://www.sloged.si/Knjiznica/ZbornikiŠukljetovihdnevov/10Šukljetovidnevi/tabid/120/Default.aspx> [1.3.2012]
9. <http://www.vulcanhammer.info/off/conventional.php> [15.3.2012]
10. <http://www.vulcanhammer.info/on/drop-hammer.php> [15.3.2012]
11. <http://www.banut.com/hydraulic-impact-hammer.html> [15.3.2012]
12. <http://www.apeholland.com/page/en/diesel-hammers> [15.3.2012]

13. <http://www.geoinvest.si/default.aspx?ID=103> [20.3.2012]
14. Majes Bojan, Gradbena jama, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Dostopno na:
<http://www.fgg.uni-lj.si/kmtal-gradiva/GR-UNI/F1/gradbena%20jama.pdf> [1.3.2012]
15. Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po evrokod standardih, 2009, Inženirska zbornica Slovenije, Ljubljana
16. Slovenski inštitut za standardizacijo: Evrokod 7: Geotehnično projektiranje - 1. del: Splošna pravila, SIST EN 1997-1:2005
17. Slovenski inštitut za standardizacijo: Evrokod 7 : Geotehnično projektiranje - 2. del: Preiskovanje in preskušanje tal, SIST EN 1997-2:2007
18. Slovenski standard, SIST EN ISO 22476-3:2005, 1 maj 2005, Geotehnično preiskovanje in preskušanje, Preskušanje na terenu-3.del: Standardni penetracijski preskus
19. DD ENV 1997-3:2000, Eurocode7, Geotechnical design, Design assisted by fieldtesting, 15 april 2000
20. Menardov presiometer, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo
Dostopno na:
<http://www3.fgg.uni-lj.si/oddelki-in-katedre/oddelek-za-gradbenistvo/kmtal-katedra-za-mehaniko-tal-z-laboratorijem/oprema> [22.2.2012]
21. Doc. dr. Bojana Dolinar, Zemeljska dela in temeljenje, Terenske preiskave zemljin in hribin, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, Gradbeni inštitut, Laboratorij za mehaniko tal, Maribor
22. Geoinženiring d.o.o., Elaborat, Poročilo o preiskavah tal, Objekt blok 6 v TE Šoštanj URA-Hladilni stolp, PGD, maj 2010, interno gradivo
23. Geoinženiring d.o.o., Elaborat, Poročilo o geotehničnem projektu temeljenja hladilnega stolpa bloka 6 termoelektrarne Šoštanj, Objekt blok 6 v TE Šoštanj URA-Hladilni stolp, PGD, maj 2010
24. Geoinženiring d.o.o., Poročilo o vertikalni in horizontalni statični obremenilni preizkušnji testnega pilota, Hladilni stolp-blok 6, PZI, oktober 2010, interno gradivo
25. Regles techniques de conception et de calcul des fondations des ouvrages de genie civil, Cahier des clauses techniques générales applicables aux marchés publics de

travaux FASCICULE N° 62 - Titre V, MINISTÈRE DE L'ÉQUIPEMENT, DU LOGEMENT ET DES TRANSPORTS, Paris, 1993

Dostopno na:

http://www.fntp.fr/travaux-publics/p_571001/fascicules-du-cctg-travaux [6.5.2012],

26. Alenka Robas, Janko Logar; Napoved nosilnosti osno obremenjenih navpičnih pilotov na osnovi presiometriških meritev, Univerza v Ljubljani, FGG, Katedra za mehaniko tal z laboratorijem

Dostopno na:

<http://www.sloged.si/LinkClick.aspx?fileticket=MmQDAsJ1cYE%3D&tabid=122>

[6.5.2012]

27. Geoinženiring d.o.o., Hladilni stolp na naravni vlek z dimovodnim kanalom, Temeljenje hladilnega stolpa, Tloris pilotov, PZI, oktober 2010, interno gradivo

28. Skupina HSE in TEŠ, Novelirani investicijski program, Postavitev nadomestnega bloka moči 600MW v TE Šoštanj, Revizija 4, Avgust 2011

Dostopno na:

<http://www.te-sostanj.si/blok6/gradiva/novelirani-investicijski-program> [20.4.2012],

29. Interaktiven spletni atlas in zemljevid Slovenije

Dostopno na:

<http://v1.geopedia.si/> [16.4.2012].

7 PRILOGE

7.1 Priloga A

Projektni pristopi

TABELA 50: Projektni pristop 1

PP1-Projektni pristop 1	
Kombinacija 1	A1"+"M1"+"R1
Kombinacija 2	A2"+"(M1*ali M2**)"+"R4
*pri računanju odporov pilotov ali sider **pri računanju neugodnih vplivov na pilote zaradi npr. negativnega trenja ali prečnih obtežb	

TABELA 51: Projektni pristop 2

PP2-Projektni pristop 2	
Kombinacija	A1"+"M1"+"R2

Delni faktorji za preverjanje mejnih stanj v konstrukcijah (STR) in geotehničnih mejnih stanj (GEO)

TABELA 52: Delni faktorji za vplive

Vpliv; EC7-2, Preglednica A.3		Oznaka	Nabor	
			A1	A2
Stalni	Neugodni	γ_G	1,35	1,0
	Ugodni		1,0	1,0
Spremenljivi	Neugodni	γ_Q	1,5	1,3
	Ugodni		0	0

TABELA 53: Delni faktorji za parametre zemljin

Parameter zemljine; EC7-2, Preglednica A.4	Oznaka	Nabor	
		M1	M2
Kot strižne odpornosti	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Efektivna kohezija	$\gamma_{c'}$	1,1	1,25
Nedrenirana strižna trdnost	γ_{cu}	1,2	1,4
Enoosna tlačna trdnost	γ_{qu}	1,3	1,4
Prostorninska teža	γ_{γ}	1,4	1,0

TABELA 54: Delni faktorji za odpornost

Odpornost; EC7-2, Preglednica A.7 “uvrtani piloti”	Oznaka	Nabor			
		R1	R2	R3	R4
Konica	γ_b	1,25	1,1	1,0	1,6
Plašč(tlak)	γ_s	1,0	1,1	1,0	1,3
Celotna/kombinirana(tlak)	γ_t	1,15	1,1	1,0	1,5
Plašč v nategu	γ_{st}	1,25	1,15	1,1	1,6

Korelacijski faktorji za temeljenje na pilotih

TABELA 55: Korelacijski faktorji/statičnih obremenilnih testov

EC 7-2; Preglednica A.9: Korelacijski faktorji za izračun karakteristične vrednosti na podlagi statičnih obremenilnih preiskusov pilotov(n-število preskušanih pilotov)					
ξ za n =	1	2	3	4	≥ 5
ξ_1	1,40	1,30	1,20	1,10	1,00
ξ_2	1,40	1,20	1,05	1,00	1,00

TABELA 56: Korelacijski faktorji/terenske preiskave

EC 7-2; Preglednica A.10: Korelacijski faktorji za izračun karakteristične vrednosti na podlagi terenskih preiskav(n-število profilov terenskih preiskav)							
ξ za n =	1	2	3	4	5	7	10
ξ_3	1,40	1,35	1,33	1,31	1,29	1,27	1,25
ξ_4	1,40	1,27	1,23	1,20	1,15	1,12	1,08

7.2 Priloga B

METODA A1

L=22m

DG-1	Noga Podtalnica 4.23 m	Pllašč	$L_{\text{trenje}}=$	10	Krivulja
		od[m]	do[m]	$q_{\text{si}} \cdot z$	
p_{lm}' [MPa]	4.01	12	18.5	0.82	Q4;Q3;Q3
p_0 [kPa]	161.81	18.5	22	0.42	Q3;Q3;Q3
K_0	0.53				
σ_{v0} [kPa]	482.69				
u [kPa]	177.70				
k	1.8	$\Sigma(q_{\text{si}} \cdot z)$ [MPa*m]		1.24	
A [m ²]	1.09	P [m]		3.71	
z_{izkop} [m]	0.00				
$\sigma_{v,\text{totalni tlak na nogi}}$ [kPa]	482.69				
R_{noge} [kN]	7575	$R_{\text{pllašča}}$		4609	
R_{cal} [kN]				12184	
$R_{\text{cal}} + \text{ver. tot. tlak na nogi}$ [kN]				12712	

DG-2	Noga podtalnica 2.7 m	Pllašč	$L_{\text{trenje}}=$	17.2	Krivulja
		od[m]	do[m]	$q_{\text{si}} \cdot z$	
p_{lm}' [MPa]	10.20	3	5.8	0.33	Q3;Q3;Q3
p_0 [kPa]	146.48	5.8	6.3	0.06	Q3;Q3;Q3
K_0	0.53	6.3	15.4	1.15	Q3;Q3;Q4
σ_{v0} [kPa]	451.10	15.4	16.3	0.14	Q4;Q4;Q4
u [kPa]	175.00	16.3	18.1	0.29	Q4;Q4;Q4
k	1.8	18.1	20.2	0.34	Q4;Q4;Q4
A [m ²]	1.09	$\Sigma(q_{\text{si}} \cdot z)$ [MPa*m]		2.31	
z_{izkop} [m]	0.00				
$\sigma_{v,\text{totalni tlak na nogi}}$ [kPa]	451.10	P [m]		3.71	
R_{noge} [kN]	19790	$R_{\text{pllašča}}$		8561	
R_{cal} [kN]				28351	
$R_{\text{cal}} + \text{ver. tot. tlak na nogi}$ [kN]				28844	

DG-3	Noga podtalnica 3.0 m	Pllašč	$L_{\text{trenje}}=$	12.5	Krivulja
		od[m]	do[m]	$q_{\text{si}}*z$	
p_{im}' [MPa]	5.60	7.5	8.2	0.07	Q3;Q3;Q3
p_0 [kPa]	140.72	8.2	9.2	0.12	Q3;Q3;Q3
K_0	0.53	9.2	14.0	0.57	Q3;Q3;Q3
σ_{v0} [kPa]	435.25	14.0	15.0	0.11	Q3;Q3;Q3
u [kPa]	170.00	15.0	16.5	0.19	Q3;Q3;Q4
k	1.8	16.5	20.0	0.56	Q4;Q4;Q4
A [m ²]	1.09	$\Sigma(q_{\text{si}}*z)$ [MPa*m]		1.62	
z_{izkop} [m]	0.00				
$\sigma_{v,\text{totalni tlak na nogi}}$ [kPa]	435.25	P [m]		3.71	
R_{noge} [kN]	10746	$R_{\text{pllašča}}$		5994	
R_{cal} [kN]				16740	
$R_{\text{cal}} + \text{ver. tot. tlak na nogi}$ [kN]				17216	

DG-4	Noga podtalnica 4.8 m	Pllašč	$L_{\text{trenje}}=$	21.9	Krivulja
		od[m]	do[m]	$q_{\text{si}}*z$	
p_{im}' [MPa]	15.40	9.5	10.0	0.08	Q4;Q4;Q4
p_0 [kPa]	228.66	10.0	15.3	0.85	Q4;Q4;Q4
K_0	0.53	15.3	16.2	0.11	Q4;Q3;Q3
σ_{v0} [kPa]	697.00	16.2	22.5	0.97	Q3;Q4;Q4
u [kPa]	266.00	22.5	23.5	0.16	Q4;Q4;Q4
k	1.8	23.5	24.5	0.16	Q4;Q4;Q4
A [m ²]	1.09	24.5	31.4	1.10	Q4;Q4;Q4
z_{izkop} [m]	9.40	$\Sigma(q_{\text{si}}*z)$ [MPa*m]		3.43	
$\sigma_{v,\text{totalni tlak na nogi}}$ [kPa]	506.00	P [m]		3.71	
R_{noge} [kN]	29864	$R_{\text{pllašča}}$		12723	
R_{cal} [kN]				42587	
$R_{\text{cal}} + \text{ver. tot. tlak na nogi}$ [kN]				43140	

B-2	Noga podtalnica 5.7 m	Plašč	L_{trenje}	13.5	Krivulja
		od[m]	do[m]	$q_{\text{si}} \cdot z$	
p_{lm} [MPa]	13.00	11.6	12.6	0.16	Q4;Q4;Q4
p_0 [kPa]	185.68	12.6	13.6	0.16	Q4;Q4;Q4
K_0	0.53	13.6	18.1	0.72	Q4;Q4;Q4
σ_{v0} [kPa]	544.00	18.1	19.1	0.16	Q4;Q4;Q4
u [kPa]	194.00	19.1	20.1	0.16	Q4;Q4;Q4
k	1.8	20.1	25.1	0.80	Q4;Q4;Q4
A [m ²]	1.09				
z_{izkop} [m]	3.10	$\Sigma(q_{\text{si}} \cdot z)$ [MPa*m]		2.16	
σ_v : totalni tlak na nogi [kPa]	486.70	P[m]		3.71	
R_{noge} [kN]	25224	$R_{\text{plašča}}$		8007	
R_{cal} [kN]				33232	
$R_{\text{cal}} + \text{ver. tot. tlak na nogi}$ [kN]				33764	

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{R_{\text{cal,mean}}}{\zeta_3}; \frac{R_{\text{cal,min}}}{\zeta_4} \right\};$$

$$\bullet n = 1 \rightarrow (\zeta_3 = 1, 4; \zeta_4 = 1, 4) \rightarrow \frac{R_{\text{cal,mean}}}{\zeta_3} = \frac{12712}{1,40} = 9080; \frac{R_{\text{cal,min}}}{\zeta_4} = \frac{12712}{1,40} = 9080$$

$$R_{c,k} = 9080 \rightarrow \text{gibke}; R_{c,k} = \frac{12712}{1,40} = 9988 \rightarrow \text{toge}$$

$$PP1 \rightarrow \gamma_t = 1,5; R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_t}$$

$$R_{c,d} = \frac{9080}{1,5} = 6053 \text{ kN (gibke)}; R_{c,d} = \frac{9988}{1,5} = 6659 \text{ kN (toge)}$$

$$PP2 \rightarrow \gamma_t = 1,1$$

$$R_{c,d} = \frac{9080}{1,1} = 8255 \text{ kN (gibke)}; R_{c,d} = \frac{9988}{1,1} = 9080 \text{ kN (toge)}$$

$$\bullet n = 5 \rightarrow (\zeta_3 = 1,29; \zeta_4 = 1,15) \rightarrow \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3} = \frac{27149}{1,29} = 21046; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} = \frac{12712}{1,15} = 11054$$

$$R_{c,k} = 11054 \rightarrow gibke; R_{c,k} = \frac{12712}{\frac{1,15}{1,1}} = 12159 \rightarrow toge$$

$$PP1 \rightarrow \gamma_t = 1,5$$

$$R_{c,d} = \frac{11054}{1,5} = 7369kN(gibke); R_{c,d} = \frac{12159}{1,5} = 8106kN(toge)$$

$$PP2 \rightarrow \gamma_t = 1,1$$

$$R_{c,d} = \frac{11054}{1,1} = 10049kN(gibke); R_{c,d} = \frac{12159}{1,1} = 11054kN(toge)$$

$$\text{Lastna teža pilota: } \gamma = 25 \frac{kN}{m^3}, L = 22m, D = 1,18m, A = 1.09m^2$$

$$PP1 \rightarrow F_g = 601,5kN$$

$$PP2 \rightarrow F_g = 812,0kN$$

L=12 m

DG-6	Noga podtalnica 6.65 m
p_{im} [MPa]	18.90
p_0 [kPa]	92.27
K_0	0.21
σ_{v0} [kPa]	635.75
u [kPa]	200.50
k	1.8
A [m ²]	1.09
z_{izkop} [m]	14.70
σ_v ;totalni tlak na nogi[kPa]	302.30
R_{noge} [kN]	37022
R_{cal} [kN]	37022
$R_{cal} + \text{ver.tot. tlak na nogi}$ [kN]	37353

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3}; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} \right\};$$

$$\bullet n = 1 \rightarrow (\zeta_3 = 1,4; \zeta_4 = 1,4) \rightarrow \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3} = \frac{37353}{1,40} = 26681; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} = \frac{37353}{1,40} = 26681$$

$$R_{c,k} = 26681 \rightarrow gibke; R_{c,k} = \frac{37353}{\frac{1,40}{1,1}} = 29349 \rightarrow toge$$

$$PP1 \rightarrow \gamma_b = 1,6; R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_b}$$

$$R_{c,d} = \frac{26681}{1,6} = 16675kN(gibke); R_{c,d} = \frac{29349}{1,6} = 18343kN(toge)$$

$$PP2 \rightarrow \gamma_b = 1,1$$

$$R_{c,d} = \frac{26681}{1,1} = 24255kN(gibke); R_{c,d} = \frac{29349}{1,1} = 26681kN(toge)$$

$$\text{Lastna teža pilota: } \gamma = 25 \frac{kN}{m^3}, L = 12m, D = 1,18m, A = 1.09m^2$$

$$PP1 \rightarrow F_g = 328kN$$

$$PP2 \rightarrow F_g = 443kN$$

L=6 m

DP-5	Noga podtalnica 0.0 m	DP-6	Noga podtalnica 11.2 m
p_{lm} [MPa]	10.20	p_{lm} [MPa]	17.80
p_0 [kPa]	188.15	p_0 [kPa]	389.49
K_0	0.74	K_0	0.74
σ_{v0} [kPa]	429.85	σ_{v0} [kPa]	735.50
u [kPa]	176.00	u [kPa]	210.00
k	1.8	k	1.8
A [m ²]	1.09	A [m ²]	1.09
z_{izkop} [m]	11.60	z_{izkop} [m]	26.20
σ_v :totalni tlak na nogi[kPa]	156.00	σ_v :totalni tlak na nogi[kPa]	156.00
R_{noge} [kN]	19708	R_{noge} [kN]	34272
R_{cal} [kN]	19708	R_{cal} [kN]	34272
$R_{cal} + \text{ver.tot. tot. tlak na nogi}$ [kN]	19879	$R_{cal} + \text{ver.tot. tot. tlak na nogi}$ [kN]	34442

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3}; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} \right\};$$

$$\bullet n = 1 \rightarrow (\zeta_3 = 1,4; \zeta_4 = 1,4) \rightarrow \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3} = \frac{19879}{1,40} = 14199; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} = \frac{19879}{1,40} = 14199$$

$$R_{c,k} = 14199 \rightarrow \text{gibke}; R_{c,k} = \frac{19879}{\frac{1,40}{1,1}} = 15619 \rightarrow \text{toge}$$

$$PP1 \rightarrow \gamma_b = 1,6; R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_b}$$

$$R_{c,d} = \frac{14199}{1,6} = 8874kN(\text{gibke}); R_{c,d} = \frac{15619}{1,6} = 9762kN(\text{toge})$$

$$PP2 \rightarrow \gamma_b = 1,1$$

$$R_{c,d} = \frac{14199}{1,1} = 12908kN(\text{gibke}); R_{c,d} = \frac{15619}{1,1} = 14199kN(\text{toge})$$

$$\bullet n = 2 \rightarrow (\zeta_3 = 1,35; \zeta_4 = 1,27) \rightarrow \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3} = \frac{27161}{1,35} = 20119; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} = \frac{19879}{1,27} = 15652$$

$$R_{c,k} = 15652 \rightarrow \text{gibke}; R_{c,k} = \frac{19879}{\frac{1,27}{1,1}} = 17218 \rightarrow \text{toge}$$

$$PP1 \rightarrow \gamma_b = 1,6$$

$$R_{c,d} = \frac{15652}{1,6} = 9783kN(\text{gibke}); R_{c,d} = \frac{17218}{1,6} = 10761kN(\text{toge})$$

$$PP2 \rightarrow \gamma_b = 1,1$$

$$R_{c,d} = \frac{15652}{1,1} = 14229kN(\text{gibke}); R_{c,d} = \frac{17218}{1,1} = 15652kN(\text{toge})$$

$$\text{Lastna teža pilota: } \gamma = 25 \frac{kN}{m^3}, L = 6m, D = 1,18m, A = 1.09m^2$$

$$PP1 \rightarrow F_g = 164kN$$

$$PP2 \rightarrow F_g = 222kN$$

L=18 m

DG-1	Noga podtalnica 4.23 m	Plašč	$L_{\text{trenje}}=$	6	Krivulja
		od[m]	do[m]	$q_{\text{si}} \cdot z$	
p_{lm} [MPa]	3.76	12.0	18.0	0.76	Q4;Q3;Q3
p_0 [kPa]	134.22				
K_0	0.53				
σ_{v0} [kPa]	390.69				
u [kPa]	137.70				
k	1.8				
A [m ²]	1.09	$\Sigma(q_{\text{si}} \cdot z)$ [MPa*m]		0.76	
z_{izkop} [m]	0.00				
$\sigma_{v\text{:totalni tlak na nogi}}$ [kPa]	390.69	P[m]		3.71	
R_{noge} [kN]	7137	$R_{\text{plašča}}$		2817	
R_{cal} [kN]				9955	
$R_{\text{cal}} + \text{ver. tot. tlak na nogi}$ [kN]				10382	

DG-2	Noga podtalnica 2.7 m	Plašč	$L_{\text{trenje}}=$	13.2	Krivulja
		od[m]	do[m]	$q_{\text{si}} \cdot z$	
p_{lm} [MPa]	4.76	3	5.8	0.33	Q3;Q3;Q3
p_0 [kPa]	118.89	5.8	6.3	0.06	Q3;Q3;Q3
K_0	0.53	6.3	15.4	1.15	Q3;Q3;Q4
σ_{v0} [kPa]	359.10	15.4	16.2	0.13	Q4;Q4;Q4
u [kPa]	135.00				
k	1.8				
A [m ²]	1.09	$\Sigma(q_{\text{si}} \cdot z)$ [MPa*m]		1.67	
z_{izkop} [m]	0.00				
$\sigma_{v\text{:totalni tlak na nogi}}$ [kPa]	359.10	P[m]		3.71	
R_{noge} [kN]	9136	$R_{\text{plašča}}$		6188	
R_{cal} [kN]				15324	
$R_{\text{cal}} + \text{ver. tot. tlak na nogi}$ [kN]				15717	

DG-3	Noga podtalnica 3.0 m	Plašč	L_{trenje}	8.5	Krivulja
		od[m]	do[m]	$q_{\text{si}} \cdot z$	
p_{lm} [MPa]	3.70	7.5	8.2	0.07	Q3;Q3;Q3
p_0 [kPa]	113.13	8.2	9.2	0.12	Q3;Q3;Q3
K_0	0.53	9.2	14.0	0.57	Q3;Q3;Q3
σ_{v0} [kPa]	343.25	14.0	15.0	0.11	Q3;Q3;Q3
u [kPa]	130.00	15.0	16.0	0.12	Q3;Q3;Q3
k	1.8				
A [m ²]	1.09	$\Sigma(q_{\text{si}} \cdot z)$ [MPa*m]		0.99	
z_{izkop} [m]	0.00				
σ_{v} ; totalni tlak na nogi [kPa]	343.30	P [m]		3.71	
R_{noge} [kN]	7061	$R_{\text{plašča}}$		3662	
R_{cal} [kN]				10722	
R_{cal} + ver. tlak na nogi [kN]				11098	

DG-4	Noga podtalnica 4.8 m	Plašč	L_{trenje}	17.9	Krivulja
		od[m]	do[m]	$q_{\text{si}} \cdot z$	
p_{lm} [MPa]	13.53	9.5	10.0	0.08	Q4;Q4;Q4
p_0 [kPa]	201.07	10.0	15.3	0.85	Q4;Q4;Q4
K_0	0.53	15.3	16.2	0.11	Q4;Q3;Q3
σ_{v0} [kPa]	605.00	16.2	22.5	0.97	Q3;Q4;Q4
u [kPa]	226.00	22.5	23.5	0.16	Q4;Q4;Q4
k	1.8	23.5	24.5	0.16	Q4;Q4;Q4
A [m ²]	1.09	24.5	27.4	0.46	Q4;Q4;Q4
z_{izkop} [m]		$\Sigma(q_{\text{si}} \cdot z)$ [MPa*m]		2.79	
σ_{v} ; totalni tlak na nogi [kPa]	414.00	P [m]		3.71	
R_{noge} [kN]	26237	$R_{\text{plašča}}$		10350	
R_{cal} [kN]				36588	
R_{cal} + ver. tlak na nogi [kN]				37040	

B-2	Noga podtalnica 5.7 m	Plašč	L _{trenje} =	9.5	Krivulja
		od[m]	do[m]	q _{si} *z	
p _{lm} '[MPa]	11.80	11.6	12.6	0.16	Q4;Q4;Q4
p ₀ [kPa]	158.10	12.6	13.6	0.16	Q4;Q4;Q4
K ₀	0.53	13.6	18.1	0.72	Q4;Q4;Q4
σ _{v0} [kPa]	452.00	18.1	19.1	0.16	Q4;Q4;Q4
u[kPa]	154.00	19.1	20.1	0.16	Q4;Q4;Q4
k	1.8	20.1	21.1	0.16	Q4;Q4;Q4
A[m ²]	1.09				
z _{izkop} [m]	3.10	Σ(q _{si} *z)[MPa*m]		1.52	
σ _v :totalni tlak na nogi[kPa]	394.70	P[m]		3.71	
R _{noge} [kN]	22917	R _{plášča}		5635	
R _{cal} [kN]				28551	
R _{cal + ver. tlak na nogi} [kN]				28983	

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3}; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} \right\};$$

$$\bullet n = 1 \rightarrow (\zeta_3 = 1,4; \zeta_4 = 1,4) \rightarrow \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3} = \frac{10382}{1,40} = 7416; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} = \frac{10382}{1,40} = 7416$$

$$R_{c,k} = 7416 \rightarrow gibke; R_{c,k} = \frac{10382}{\frac{1,40}{1,1}} = 8157 \rightarrow toge$$

$$PP1 \rightarrow \gamma_t = 1,5; R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_t}$$

$$R_{c,d} = \frac{7416}{1,5} = 4944kN(gibke); R_{c,d} = \frac{8157}{1,5} = 5438kN(toge)$$

$$PP2 \rightarrow \gamma_t = 1,1$$

$$R_{c,d} = \frac{7416}{1,1} = 6742kN(gibke); R_{c,d} = \frac{8157}{1,1} = 7416kN(toge)$$

$$\bullet n = 5 \rightarrow (\zeta_3 = 1,29; \zeta_4 = 1,15) \rightarrow \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3} = \frac{20644}{1,29} = 16003; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} = \frac{10382}{1,15} = 9028$$

$$R_{c,k} = 9028 \rightarrow gibke; R_{c,k} = \frac{10382}{\frac{1,15}{1,1}} = 9931 \rightarrow toge$$

$$PP1 \rightarrow \gamma_t = 1,5$$

$$R_{c,d} = \frac{9028}{1,5} = 6019kN(gibke); R_{c,d} = \frac{9931}{1,5} = 6620kN(toge)$$

$$PP2 \rightarrow \gamma_t = 1,1$$

$$R_{c,d} = \frac{9028}{1,1} = 8207kN(gibke); R_{c,d} = \frac{9931}{1,1} = 9028kN(toge)$$

$$\text{Lastna teža pilota: } \gamma = 25 \frac{kN}{m^3}, L = 18m, D = 1,18m, A = 1,09m^2$$

$$PP1 \rightarrow F_g = 492kN$$

$$PP2 \rightarrow F_g = 664kN$$

Metoda A2

L=22m

DG-1	Noga podtalnica 4.23 m	Pllašč	L _{trenje} =	10.0 m
p _L *[MPa]	3.82	Σ(q _{si} *z)[MPa*m]		1.24
Σ(p _L * dz)[MPa*m]	9.01	P[m]		3.71
K ₀	0.53			
k	1.8			
A[m ²]	1.09			
z _{izkop} [m]	0.00			
σ _{v0;noga} [kPa]	482.69			
R _{noge} [kN]	7517	R _{pllašča} [kN]		4609
R _{cal} [kN]				12126
R _{cal + ver. tlak na nogi} [kN]				12654

DG-2	Noga podtalnica 2.7 m	Pllašč	$L_{\text{trenje}}=$	17.2 m
p_{Le}^* [MPa]	10.49	$\Sigma(q_{si}^*z)$ [MPa*m]		2.31
$\Sigma(p_L^* dz)$ [MPa*m]	24.75	P[m]		3.71
K_0	0.53			
k	1.8			
A[m ²]	1.09			
z_{izkop} [m]	0.00			
$\sigma_{v0;\text{noga}}$ [kPa]	451.10			
R_{noge} [kN]	20645	$R_{\text{pllašča}}$ [kN]		8549
R_{cal} [kN]				29194
$R_{\text{cal}} + \text{ver. tlak na nogi}$ [kN]				29687

DG-3	Noga podtalnica 3.0 m	Pllašč	$L_{\text{trenje}}=$	12.5 m
p_{Le}^* [MPa]	5.66	$\Sigma(q_{si}^*z)$ [MPa*m]		1.59
$\Sigma(p_L^* dz)$ [MPa*m]	13.36	P[m]		3.71
K_0	0.53			
k	1.8			
A[m ²]	1.09			
z_{izkop} [m]	0.00			
$\sigma_{v0;\text{noga}}$ [kPa]	435.30			
R_{noge} [kN]	11145	$R_{\text{pllašča}}$ [kN]		5878
R_{cal} [kN]				17023
$R_{\text{cal}} + \text{ver. tlak na nogi}$ [kN]				17499

DG-4	Noga podtalnica 4.8 m	Pllašč	$L_{\text{trenje}}=$	21.9 m
p_{Le}^* [MPa]	15.81	$\Sigma(q_{si}^*z)$ [MPa*m]		3.43
$\Sigma(p_L^* dz)$ [MPa*m]	37.31	P[m]		3.71
K_0	0.53			
k	1.8			
A[m ²]	1.09			
z_{izkop} [m]	9.40			
$\sigma_{v0;\text{noga}}$ [kPa]	506.00			
R_{noge} [kN]	31118	$R_{\text{pllašča}}$ [kN]		12723
R_{cal} [kN]				43840
$R_{\text{cal}} + \text{ver. tlak na nogi}$ [kN]				44394

B-2	Noga podtalnica 5.7 m	Pllašč	L _{trenje} =	13.5 m
p _{L_e} *[MPa]	13.33	Σ(q _{si} *z)[MPa*m]		2.16
Σ(p _L * dz)[MPa*m]	31.46	P[m]		3.71
K ₀	0.53			
k	1.8			
A[m ²]	1.09			
z _{izkop} [m]	3.10			
σ _{v0;noga} [kPa]	486.70			
R _{noge} [kN]	26240	R _{pllašča} [kN]		8007
R _{cal} [kN]				34247
R _{cal + ver. tlak na nogi} [kN]				34779

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3}; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} \right\};$$

$$\bullet n = 1 \rightarrow (\zeta_3 = 1,4; \zeta_4 = 1,4) \rightarrow \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3} = \frac{12654}{1,40} = 9039; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} = \frac{12654}{1,40} = 9039$$

$$R_{c,k} = 9039 \rightarrow \text{gibke}; R_{c,k} = \frac{12654}{\frac{1,40}{1,1}} = 9942 \rightarrow \text{toge}$$

$$PP1 \rightarrow \gamma_t = 1,5; R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_t}$$

$$R_{c,d} = \frac{9039}{1,5} = 6026kN(\text{gibke}); R_{c,d} = \frac{9942}{1,5} = 6628kN(\text{toge})$$

$$PP2 \rightarrow \gamma_t = 1,1$$

$$R_{c,d} = \frac{9039}{1,1} = 8217kN(\text{gibke}); R_{c,d} = \frac{9942}{1,1} = 9039kN(\text{toge})$$

$$\bullet n = 5 \rightarrow (\zeta_3 = 1,29; \zeta_4 = 1,15) \rightarrow \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3} = \frac{27803}{1,29} = 21553; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} = \frac{12654}{1,15} = 11004$$

$$R_{c,k} = 11004 \rightarrow gibke; R_{c,k} = \frac{12654}{\frac{1,15}{1,1}} = 12104 \rightarrow toge$$

$$PP1 \rightarrow \gamma_t = 1,5$$

$$R_{c,d} = \frac{11004}{1,5} = 7336kN(gibke); R_{c,d} = \frac{12104}{1,5} = 8069kN(toge)$$

$$PP2 \rightarrow \gamma_t = 1,1$$

$$R_{c,d} = \frac{11004}{1,1} = 10003kN(gibke); R_{c,d} = \frac{12104}{1,1} = 11004kN(toge)$$

$$\text{Lastna teža pilota: } \gamma = 25 \frac{kN}{m^3}, L = 18m, D = 1,18m, A = 1,09m^2$$

$$PP1 \rightarrow F_{g,d} = 601,5kN$$

$$PP2 \rightarrow F_{g,d} = 812,0kN$$

L=12m

DG-6	Noga podtalnica 6.65 m
p_{Le}^* [MPa]	19.49
$\Sigma(p_L^* dz)$ [MPa*m]	46.01
K_0	0.21
k	1.8
A[m ²]	1.09
z_{izkop} [m]	14.70
$\sigma_{v0;noga}$ [kPa]	302.30
R_{noge} [kPa]	38372
R_{cal} [kPa]	38372
$R_{cal} + \text{ver. tlak na nogi}$ [kPa]	38703

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3}; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} \right\};$$

$$\bullet n=1 \rightarrow (\zeta_3 = 1,4; \zeta_4 = 1,4) \rightarrow \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3} = \frac{38703}{1,40} = 27645; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} = \frac{38703}{1,40} = 27645$$

$$R_{c,k} = 27645 \rightarrow gibke; R_{c,k} = \frac{38703}{\frac{1,40}{1,1}} = 30410 \rightarrow toge$$

$$PP1 \rightarrow \gamma_b = 1,6; R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_b}$$

$$R_{c,d} = \frac{27645}{1,6} = 17278kN(gibke); R_{c,d} = \frac{30410}{1,6} = 19006kN(toge)$$

$$PP2 \rightarrow \gamma_b = 1,1$$

$$R_{c,d} = \frac{27645}{1,1} = 25132kN(gibke); R_{c,d} = \frac{30410}{1,1} = 27645kN(toge)$$

$$\text{Lastna teža pilota: } \gamma = 25 \frac{kN}{m^3}, L = 12m, D = 1,18m, A = 1.09m^2$$

$$PP1 \rightarrow F_g = 328kN$$

$$PP2 \rightarrow F_g = 443kN$$

L=6m

DP-5	Noga podtalnica 0.00 m	DP-6	Noga podtalnica 11.2 m
p_{Le}^* [MPa]	10.40	p_{Le}^* [MPa]	17.76
$\Sigma(p_L^* dz)$ [MPa*m]	24.54	$\Sigma(p_L^* dz)$ [MPa*m]	41.91
K_0	0.74	K_0	0.74
k	1.8	k	1.8
A[m ²]	1.09	A[m ²]	1.09
z_{izkop} [m]	11.60	z_{izkop} [m]	26.20
$\sigma_{v0;noga}$ [kPa]	156.00	$\sigma_{v0;noga}$ [kPa]	156.00
R_{noge} [kPa]	20469	R_{noge} [kPa]	34957
R_{cal} [kPa]	20469	R_{cal} [kPa]	34957
$R_{cal} + \text{ver. tlak na nogi}$ [kPa]	20639	$R_{cal} + \text{ver. tlak na nogi}$ [kPa]	35127

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3}; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} \right\};$$

$$\bullet n = 1 \rightarrow (\zeta_3 = 1,4; \zeta_4 = 1,4) \rightarrow \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3} = \frac{20639}{1,40} = 14742; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} = \frac{20639}{1,40} = 14742$$

$$R_{c,k} = 14742 \rightarrow \text{gibke}; R_{c,k} = \frac{20639}{\frac{1,40}{1,1}} = 16216 \rightarrow \text{toge}$$

$$PP1 \rightarrow \gamma_b = 1,6; R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_b}$$

$$R_{c,d} = \frac{14742}{1,6} = 9214kN(\text{gibke}); R_{c,d} = \frac{16216}{1,6} = 10135kN(\text{toge})$$

$$PP2 \rightarrow \gamma_b = 1,1$$

$$R_{c,d} = \frac{14742}{1,1} = 13402kN(\text{gibke}); R_{c,d} = \frac{16216}{1,1} = 14742kN(\text{toge})$$

$$\bullet n = 2 \rightarrow (\zeta_3 = 1,35; \zeta_4 = 1,27) \rightarrow \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3} = \frac{27883}{1,35} = 20654; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} = \frac{20639}{1,27} = 16251$$

$$R_{c,k} = 16251 \rightarrow \text{gibke}; R_{c,k} = \frac{20639}{\frac{1,27}{1,1}} = 17876 \rightarrow \text{toge}$$

$$PP1 \rightarrow \gamma_b = 1,6$$

$$R_{c,d} = \frac{16251}{1,6} = 10157kN(\text{gibke}); R_{c,d} = \frac{17876}{1,6} = 11173kN(\text{toge})$$

$$PP2 \rightarrow \gamma_b = 1,1$$

$$R_{c,d} = \frac{16251}{1,1} = 14774kN(\text{gibke}); R_{c,d} = \frac{17876}{1,1} = 16251kN(\text{toge})$$

$$\text{Lastna teža pilota: } \gamma = 25 \frac{kN}{m^3}, L = 6m, D = 1,18m, A = 1.09m^2$$

$$PP1 \rightarrow F_g = 164kN$$

$$PP2 \rightarrow F_g = 222kN$$

L=18 m

DG-1	Noga podtalnica 4.23 m	Pllašč	$L_{\text{trenje}}=$	6.0 m
p_{Le}^* [MPa]	3.68	$\Sigma(q_{si} \cdot z)$ [MPa*m]		0.76
$\Sigma(p_L \cdot dz)$ [MPa*m]	8.69	P[m]		3.71
K_0	0.53			
k	1.8			
A[m ²]	1.09			
z_{izkop} [m]	0.00			
$\sigma_{v0;\text{noga}}$ [kPa]	390.69			
R_{noga} [kN]	7245	$R_{\text{pllašča}}$ [kN]		2817
R_{cal} [kN]				10062
$R_{\text{cal}} + \text{ver. tlak na nogi}$ [kN]				10489

DG-2	Noga podtalnica 2.7 m	Pllašč	$L_{\text{trenje}}=$	13.2 m
p_{Le}^* [MPa]	6.29	$\Sigma(q_{si} \cdot z)$ [MPa*m]		1.67
$\Sigma(p_L \cdot dz)$ [MPa*m]	14.84	P[m]		3.71
K_0	0.53			
k	1.8			
A[m ²]	1.09			
z_{izkop} [m]	0.00			
$\sigma_{v0;\text{noga}}$ [kPa]	359.10			
R_{noga} [kN]	12379	$R_{\text{pllašča}}$ [kN]		6175
R_{cal} [kN]				18553
$R_{\text{cal}} + \text{ver. tlak na nogi}$ [kN]				18946

DG-3	Noga podtalnica 3.0 m	Pllašč	$L_{\text{trenje}}=$	8.5 m
p_{Le}^* [MPa]	4.24	$\Sigma(q_{si}^*z)$ [MPa*m]		0.96
$\Sigma(p_L^* dz)$ [MPa*m]	10.01	P[m]		3.71
K_0	0.53			
k	1.8			
A[m ²]	1.09			
z_{izkop} [m]	0.00			
$\sigma_{v0;\text{noga}}$ [kPa]	343.10			
R_{noge} [kN]	8351	$R_{\text{pllašča}}$ [kN]		3547
R_{cal} [kN]				11899
$R_{\text{cal}} + \text{ver. tlak na nogi}$ [kN]				12274

DG-4	Noga podtalnica 4.8 m	Pllašč	$L_{\text{trenje}}=$	17.9 m
p_{Le}^* [MPa]	13.43	$\Sigma(q_{si}^*z)$ [MPa*m]		2.79
$\Sigma(p_L^* dz)$ [MPa*m]	31.69	P[m]		3.71
K_0	0.53			
k	1.8			
A[m ²]	1.09			
z_{izkop} [m]	9.40			
$\sigma_{v0;\text{noga}}$ [kPa]	414.00			
R_{noge} [kN]	26435	$R_{\text{pllašča}}$ [kN]		10350
R_{cal} [kN]				36786
$R_{\text{cal}} + \text{ver. tlak na nogi}$ [kN]				37238

B-2	Noga podtalnica 5.7 m	Pllašč	$L_{\text{trenje}}=$	9.5 m
p_{Le}^* [MPa]	12.02	$\Sigma(q_{si}^*z)$ [MPa*m]		1.52
$\Sigma(p_L^* dz)$ [MPa*m]	28.37	P[m]		3.71
K_0	0.53			
k	1.8			
A[m ²]	1.09			
z_{izkop} [m]	3.10			
$\sigma_{v0;\text{noga}}$ [kPa]	394.70			
R_{noge} [kN]	23665	$R_{\text{pllašča}}$ [kN]		5635
R_{cal} [kN]				29300
$R_{\text{cal}} + \text{ver. tlak na nogi}$ [kN]				29731

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3}; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} \right\};$$

$$\bullet n = 1 \rightarrow (\zeta_3 = 1,4; \zeta_4 = 1,4) \rightarrow \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3} = \frac{10490}{1,40} = 7493; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} = \frac{10490}{1,40} = 7493$$

$$R_{c,k} = 7493 \rightarrow \text{gibke}; R_{c,k} = \frac{10490}{\frac{1,40}{1,1}} = 8242 \rightarrow \text{toge}$$

$$PP1 \rightarrow \gamma_t = 1,5; R_{c,d} = \frac{R_{c,k}}{\gamma_t}$$

$$R_{c,d} = \frac{7493}{1,5} = 4995 \text{ kN (gibke)}; R_{c,d} = \frac{8242}{1,5} = 5495 \text{ kN (toge)}$$

$$PP2 \rightarrow \gamma_t = 1,1$$

$$R_{c,d} = \frac{7493}{1,1} = 6811 \text{ kN (gibke)}; R_{c,d} = \frac{8242}{1,1} = 7493 \text{ kN (toge)}$$

$$\bullet n = 5 \rightarrow (\zeta_3 = 1,29; \zeta_4 = 1,15) \rightarrow \frac{R_{cal,mean}}{\zeta_3} = \frac{21736}{1,29} = 16849; \frac{R_{cal,min}}{\zeta_4} = \frac{10490}{1,15} = 9121$$

$$R_{c,k} = 9121 \rightarrow \text{gibke}; R_{c,k} = \frac{10490}{\frac{1,15}{1,1}} = 10034 \rightarrow \text{toge}$$

$$PP1 \rightarrow \gamma_t = 1,5$$

$$R_{c,d} = \frac{9121}{1,5} = 6081 \text{ kN (gibke)}; R_{c,d} = \frac{10034}{1,5} = 6689 \text{ kN (toge)}$$

$$PP2 \rightarrow \gamma_t = 1,1$$

$$R_{c,d} = \frac{9121}{1,1} = 8292 \text{ kN (gibke)}; R_{c,d} = \frac{10034}{1,1} = 9121 \text{ kN (toge)}$$

$$\text{Lastna teža pilota: } \gamma = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}, L = 18\text{m}, D = 1,18\text{m}, A = 1,09\text{m}^2$$

$$PP1 \rightarrow F_g = 492 \text{ kN}$$

$$PP2 \rightarrow F_g = 664 \text{ kN}$$

METODA B

L=22m

Noga podtalnica 3.0 m		Pllašč	L _{trenje} =	14.5	Krivulja
		od[m]	do[m]	q _{si} *z	
p _{lm} '[MPa]	4.00	5.5	20	1.74	Q3
p ₀ [kPa]	140.72				
K ₀	0.53				
σ _{v0} [kPa]	435.25				
u[kPa]	170.00				
k	1.8				
A[m ²]	1.09				
z _{izkop} [m]	0.00	Σ(q _{si} *z)[MPa*m]		1.74	
σ _{v0;noga} [kPa]	435.30	P[m]		3.71	
R _{noge} [kN]	7597	R _{pllašča}		6450	
R _{cal} [kN]				14047	
R _{cal + ver. tlak na nogi} [kN]				14523	

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 14523 \text{ kN}$$

$$PP1 \rightarrow \gamma_t = 1,5; 1,3$$

$$R_{c,d} = \frac{14523}{1,5 * 1,3} = 7448 \text{ kN}$$

$$PP2 \rightarrow \gamma_t = 1,1; 1,3$$

$$R_{c,d} = \frac{14523}{1,1 * 1,3} = 10156 \text{ kN}$$

Lastna teža pilota: $\gamma = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$, $L = 22\text{m}$, $D = 1,18\text{m}$, $A = 1.09\text{m}^2$

$$PP1 \rightarrow F_{g,d} = 601,5 \text{ kN}$$

$$PP2 \rightarrow F_{g,d} = 812 \text{ kN}$$

L=18m

Noga podtalnica 3.0 m		Plašč	$L_{\text{trenje}}=$	14.5	Krivulja
		od[m]	do[m]	$q_{si} * z$	
p_{tm} [MPa]	4.00	5.5	16	1.26	Q3
p_0 [kPa]	113.13				
K_0	0.53				
σ_{v0} [kPa]	343.25				
u [kPa]	130.00				
k	1.8				
A [m ²]	1.09				
z_{izkop} [m]	0.00	$\Sigma(q_{si} * z)$ [MPa*m]		1.26	
$\sigma_{v0;noga}$ [kPa]	343.25	P [m]		3.71	
R_{noga} [kN]	7651	$R_{\text{plašča}}$		4671	
R_{cal} [kN]				12322	
$R_{\text{cal}} + \text{tot. tlak na nogi}$ [kN]				12697	

$$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 12697 \text{ kN}$$

$$PP1 \rightarrow \gamma_t = 1,5; 1,3$$

$$R_{c,d} = \frac{12697}{1,5 * 1,3} = 6512 \text{ kN}$$

$$PP2 \rightarrow \gamma_t = 1,1; 1,3$$

$$R_{c,d} = \frac{12697}{1,1 * 1,3} = 8879 \text{ kN}$$

$$\text{Lastna teža pilota: } \gamma = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}, L = 18 \text{ m}, D = 1,18 \text{ m}, A = 1,09 \text{ m}^2$$

$$PP1 \rightarrow F_{g,d} = 492 \text{ kN}$$

$$PP2 \rightarrow F_{g,d} = 664 \text{ kN}$$

L=12 m

Noga podtalnica 0.0 m	
p_{lm} [MPa]	10.00
p_0 [kPa]	38.65
K_0	0.21
σ_{v0} [kPa]	302.30
u [kPa]	120.00
k	1.8
A [m ²]	1.09
z_{izkop} [m]	14.70
$\sigma_{v0,noga}$ [kPa]	302.30
R_{noga} [kN]	19609
R_{cal} [kN]	19609
$R_{cal + ver. tlak na nogi}$ [kN]	19939

$$R_{c,k} = R_{b,k} = 19939 \text{ kN}$$

$$PP1 \rightarrow \gamma_b = 1,6; 1,3$$

$$R_{c,d} = \frac{19939}{1,6 * 1,3} = 9586 \text{ kN}$$

$$PP2 \rightarrow \gamma_b = 1,1; 1,3$$

$$R_{c,d} = \frac{19939}{1,1 * 1,3} = 13943 \text{ kN}$$

Lastna teža pilota: $\gamma = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$, $L = 12 \text{ m}$, $D = 1,18 \text{ m}$, $A = 1.09 \text{ m}^2$

$$PP1 \rightarrow F_{g,d} = 328 \text{ kN}$$

$$PP2 \rightarrow F_{g,d} = 443 \text{ kN}$$

L=6 m

Noga podtalnica 0.0 m	
p_{tm} [MPa]	9.00
p_0 [kPa]	71.15
K_0	0.74
σ_{v0} [kPa]	156.00
u [kPa]	60.00
k	1.8
A [m ²]	1.09
z_{izkop} [m]	11.60
$\sigma_{v0;noga}$ [kPa]	156.00
R_{noge} [kN]	17576
R_{cal} [kN]	17576
$R_{cal} + \text{ver. tlak na nogi}$ [kN]	17747

$$R_{c,k} = R_{b,k} = 17747 \text{ kN}$$

$$PP1 \rightarrow \gamma_b = 1,6; 1,3$$

$$R_{c,d} = \frac{17747}{1,6 * 1,3} = 8532 \text{ kN}$$

$$PP2 \rightarrow \gamma_b = 1,1; 1,3$$

$$R_{c,d} = \frac{17747}{1,1 * 1,3} = 12410 \text{ kN}$$

$$\text{Lastna teža pilota: } \gamma = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}, L = 6 \text{ m}, D = 1,18 \text{ m}, A = 1.09 \text{ m}^2$$

$$PP1 \rightarrow F_{g,d} = 164 \text{ kN}$$

$$PP2 \rightarrow F_{g,d} = 222 \text{ kN}$$

Metoda C, F=2,7**L=22 m**

$$R = 14523kN$$

$$R_{dop} = \frac{R}{F} = \frac{14523}{2,7} = 5379kN$$

Lastna teža pilota: $F_g = 601,5kN$ **L=18 m**

$$R = 12697kN$$

$$R_{dop} = \frac{R}{F} = \frac{12697}{2,7} = 4703kN$$

Lastna teža pilota: $F_g = 492kN$ **L=12m**

$$R = 19939kN$$

$$R_{dop} = \frac{R}{F} = \frac{19939}{2,7} = 7385kN$$

Lastna teža pilota: $F_g = 328kN$ **L=6m**

$$R = 17747kN$$

$$R_{dop} = \frac{R}{F} = \frac{17747}{2,7} = 6573kN$$

Lastna teža pilota: $F_g = 164kN$

7.3 Kazalo slik

Slika 1:	Primerjava razporeditve napetosti pri plitvem in globokem temeljenju	4
Slika 2:	Primer pilota z razmikanjem zemljine	5
Slika 3:	Primer pilota brez razmikanja zemljine	6
Slika 4:	Stoječi pilot	7
Slika 5:	Torni ali viseči pilot	7
Slika 6:	Kombinirani pilot	8
Slika 7:	Zaščita glave in noge lesenega pilota	9
Slika 8:	Montažni betonski nastavek nad nivojem vode	9
Slika 9:	Prečni preseki armirano betonskih pilotov	10
Slika 10:	Spajanje armirano betonskih pilotov	10
Slika 11:	Oblike nog pri armirano betonskih pilotih	11
Slika 12:	Primer armirano betonskega pilota izdelanega v tleh	12
Slika 13:	Detajl prednapetega pilota.....	13
Slika 14:	Prerez z dopolnilnimi profili ob straneh.....	14
Slika 15:	Gravitacijsko kladivo Vulcan.....	16
Slika 16:	Kapa Vulcan.....	16
Slika 17:	Kladivo na paro Menck.....	17
Slika 18:	Kladivo na paro Vulcan.....	17
Slika 19:	Hidravlično kladivo Banut	18
Slika 20:	Enostopenjsko dizelsko kladivo APE	19
Slika 21:	Vibracijsko kladivo	19
Slika 22:	Tehnologija Raymond	20
Slika 23:	Tehnologija Stern-Express	20
Slika 24:	Tehnologija Franki	21
Slika 25:	Tehnologija Benoto	22
Slika 26:	Tehnologija s Kelly drogovjem.....	23
Slika 27:	Tehnologija CFA	24
Slika 28:	Votla konica z nožem.....	28
Slika 29:	Menard presiometer.....	31
Slika 30:	Interpretacija E_M in p_{LM} iz MPM testa.....	33

Slika 31:	Presiometriška krivulja na podlagi Menardovega presiometra	34
Slika 32:	Primer presiometriške krivulje iz vrtine DG-2, globina 3,0 m	34
Slika 33:	Oyo Elastmeter 2	35
Slika 34:	Primer presiometriške krivulje iz vrtine DG-1, globina 12,0 m.....	36
Slika 35:	Metoda modelnega pilota	40
Slika 36:	Določitev odpora po plašču na enoto površine i-sloja odvisno od mejnega tlaka.	44
Slika 37:	Ekvivalentni neto mejni tlak pod nogo pilota	45
Slika 38:	Določitev odpora po plašču na enoto površine i-sloja odvisno od neto mejnega tlaka	45
Slika 39:	Alternativna metoda	46
Slika 40:	Situacija bloka 6 in hladilnega stolpa bloka 6	52
Slika 41:	Konstruktivski elementi hladilnega stolpa.....	54
Slika 42:	3D relief Šoštanjske kotline.....	55
Slika 43:	Situacija raziskovalnih vrtin	57
Slika 44:	Razvrstitev pilotov po obodu.....	68
Slika 45:	Vrtina DG-1, levo-efektivni tlak odvisen od globine, desno-prečni prerez vrtine	72
Slika 46:	Vrtina DG-2, levo-efektivni tlak odvisen od globine, desno-prečni prerez vrtine	74
Slika 47:	Vrtina DG-3, levo-efektivni tlak odvisen od globine, desno-prečni prerez vrtine	75
Slika 48:	Vrtina DG-4, levo-efektivni tlak odvisen od globine, desno-prečni prerez vrtine	77
Slika 49:	Vrtina B-2, levo-efektivni tlak odvisen od globine, desno-prečni prerez vrtine	78
Slika 50:	Vrtina DG-6, levo-efektivni tlak odvisen od globine, desno-prečni prerez vrtine	81
Slika 51:	Vrtina DP-5, levo-efektivni tlak odvisen od globine, desno-prečni prerez vrtine	84
Slika 52:	Vrtina DP-6, levo-efektivni tlak odvisen od globine, desno-prečni prerez vrtine	85

Slika 53:	Položaj testnega pilota, TS, in izvlečnih pilotov	89
Slika 54:	Pomik glave in noge pilota pri obremenitvi in razbremenitvi.....	91
Slika 55:	Diagram obremenitev/pomik glave pilota.....	91
Slika 56:	Diagram obremenitev/pomik in preverjanje pomika na podlagi SOT	106

7.4 Kazalo tabel

TABELA 1:	Korekcija zaradi dolžine drogovja, λ	29
TABELA 2:	Korekcija zaradi napetosti, prekonsolidacije in gostote, C_n	29
TABELA 3:	Laboratorijske preiskave na vzorcih	37
TABELA 4:	Koeficient nosilnosti, k , osno obremenjenih pilotov, EC 7-2,	42
	Dodatek E, Tabela E.4	42
TABELA 5:	Določitev projektne krivulje za določitev odpora po plašču, EC 7-2, Dodatek E, Tabela E.5	43
TABELA 6:	Podatki o raziskovalnih vrtinah	58
TABELA 7:	Rezultati meritev SPT preskusa	59
TABELA 8:	Rezultati presiometriških preiskav v vrtini DG-1	60
TABELA 9:	Rezultati presiometriških preiskav v vrtini DG-2	61
TABELA 10:	Rezultati presiometriških preiskav v vrtini DG-3	62
TABELA 11:	Rezultati presiometriških preiskav v vrtini DG-4	62
TABELA 12:	Rezultati presiometriških preiskav v vrtini DG-5	63
TABELA 13:	Rezultati presiometriških preiskav v vrtini DG-6	63
TABELA 14:	Rezultati presiometriških preiskav v vrtini B-2	64
TABELA 15:	Rezultati presiometriških preiskav v vrtini D-5	64
TABELA 16:	Rezultati presiometriških preiskav v vrtini DP-6	64
TABELA 17:	Obseg laboratorijskih preiskav	65
TABELA 18:	Karakteristike pilota	67
TABELA 19:	Podatki o efektivnih mejnih tlakih po obeh metodah, vrtina DG-1	72
TABELA 20:	Podatki o efektivnih mejnih tlakih po obeh metodah, vrtina DG-2	73
TABELA 21:	Podatki o efektivnih mejnih tlakih po obeh metodah, vrtina DG-3	75
TABELA 22:	Podatki o efektivnih mejnih tlakih po obeh metodah, vrtina DG-4	76
TABELA 23:	Podatki o efektivnih mejnih tlakih po obeh metodah, vrtina B-2	78
TABELA 24:	Rezultati projektne odpornosti pilota in skupine pilotov za severni ravninski del na podlagi presiometerskih preiskav, število preiskav, $n=5$	79

TABELA 25: Rezultati projektne odpornosti pilota in skupine pilotov za severni ravninski del na podlagi presiometerskih preiskav, število preiskav, n=1.....	79
TABELA 26: Podatki o efektivnih mejnih tlakih po obeh metodah, vrtina DG-6.....	81
TABELA 27: Rezultati projektne odpornosti pilota in skupine pilotov za severni prehodni del na podlagi presiometerskih preiskav, število preiskav, n=1.	82
TABELA 28: Podatki o efektivnih mejnih tlakih po obeh metodah, vrtina DP-5.....	83
TABELA 29: Podatki o efektivnih mejnih tlakih po obeh metodah, vrtina DP-6.....	85
TABELA 30: Rezultati projektne odpornosti pilota in skupine pilotov za severni pobočni del na podlagi presiometerskih preiskav, število preiskav, n=2.	86
TABELA 31: Rezultati projektne odpornosti pilota in skupine pilotov za..... severni pobočni del na podlagi presiometerskih preiskav, število preiskav, n=1.	86
TABELA 32: Rezultati projektne odpornosti pilota in skupine pilotov na podlagi alternativne metode z uporabo karakteristične vrednosti presiometerskih mejnih tlakov.....	88
TABELA 33: Rezultati dopustne obtežbe na pilot in skupine pilotov na podlagi alternativne metode z uporabo karakteristične vrednosti presiometerskih mejnih tlakov.....	89
TABELA 34: Zabeleženi pomik pri različnih bremenskih stopnjah.....	90
TABELA 35: Projektna tlačna odpornost TP na podlagi SOT.....	92
TABELA 36: Primerjava tlačne nosilnosti po različnih metodah za L=22m, območje SR.....	93
TABELA 37: Primerjava tlačne nosilnosti po različnih metodah za L=18m, območje SR.....	93
TABELA 38: Primerjava tlačne nosilnosti po različnih metodah za L=12m, območje SP.....	94
TABELA 39: Primerjava tlačne nosilnosti po različnih metodah za L=6m, območje SPO.....	94

TABELA 40: Primerjava dopustne obtežbe na pilot po različnih metodah za L=22m in L=18m, območje SR.....	96
TABELA 41: Primerjava dopustne obtežbe na pilot po različnih metodah za..... L=12m za območje SP.....	97
TABELA 42: Primerjava dopustne obtežbe na pilot po različnih metodah za L=6m za območje SPO	97
TABELA 43: Primerjava varnostnih faktorjev, F, po različnih metodah za L=22m in L=18m za območje SR	98
TABELA 44: Primerjava varnostnih faktorjev, F, po različnih metodah za L=12m za območje SP.....	99
TABELA 45: Primerjava varnostnih faktorjev, F, po različnih metodah..... za L=6m za območje SPO	99
TABELA 46: Pomik pilota pod vertikalno obremenitvijo za vrtino DG-3, L _{pilota} =22 m	103
TABELA 47: Pomik pilota pod vertikalno obremenitvijo za vrtino DG-3, L _{pilota} =18 m	104
TABELA 48: Pomik pilota pod vertikalno obremenitvijo za vrtino DG-6, L _{pilota} =12 m.....	104
TABELA 49: Pomik pilota pod vertikalno obremenitvijo za vrtino DG-6, L _{pilota} =6 m	105
TABELA 50: Projektni pristop 1	114
TABELA 51: Projektni pristop 2	114
TABELA 52: Delni faktorji za vplive.....	114
TABELA 53: Delni faktorji za parametre zemljin.....	115
TABELA 54: Delni faktorji za odpornost	115
TABELA 55: Korelacijski faktorji/statičnih obremenilnih testov	115
TABELA 56: Korelacijski faktorji/terenske preiskave.....	116