

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*



Jamova cesta 2
1000 Ljubljana, Slovenija
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

DRUGG – Digitalni repozitorij UL FGG
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Lovšin, P., 2013. Tehnologije izvedbe gradbene jame z vrha navzol. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Logar, J., somentor Pulko, B.): 29 str.

University
of Ljubljana

Faculty of
*Civil and Geodetic
Engineering*



Jamova cesta 2
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

DRUGG – The Digital Repository
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Lovšin, P., 2013. Tehnologije izvedbe gradbene jame z vrha navzol. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Logar, J., co-supervisor Pulko, B.): 29 pp.

Univerza
v Ljubljani

Fakulteta za
*gradbeništvo in
geodezijo*



Jamova 2
1000 Ljubljana, Slovenija
telefon (01) 47 68 500
faks (01) 42 50 681
fgg@fgg.uni-lj.si

PRVOSTOPENJSKI
ŠTUDIJSKI PROGRAM
GRADBENIŠTVO (UN)

MODUL PROMET

Kandidatka:

PETRA LOVŠIN

**TEHNOLOGIJA IZVEDBE GRADBENE JAME Z VRHA
NAVZDOL**

Diplomska naloga št.: 41/B-GR

TEHNOLOGY OF TOP-DOWN CONSTRUCTION METHOD

Graduation thesis No.: 41/B-GR

Mentor:

izr. prof. dr. Janko Logar

Predsednik komisije:

izr. prof. dr. Janko Logar

Somentor:

doc. dr. Boštjan Pulko

Ljubljana, 18. 09. 2013

STRAN ZA POPRAVKE

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

»Ta stran je namenoma prazna«

IZJAVE

Podpisana PETRA LOVŠIN izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom:
»TEHNOLOGIJA IZVEDBE GRADBENE JAME Z VRHA NAVZDOL«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v repozitoriju UL FGG.

Beltinci, 11.9.2013

Petra Lovšin

»Ta stran je namenoma prazna«

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	624.152(043.2)
Avtor:	Petra Lovšin
Mentor:	izr. prof. dr. Janko Logar
Somentor:	doc. dr. Boštjan Pulko
Naslov:	Tehnologija izvedbe gradbene jame z vrha navzdol
Tip dokumenta:	Diplomsko delo – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	29 str., 19 sl.
Ključne besede:	metoda z vrha navzdol, varovanje gradbene jame, diafragma, razporna plošča, Parkirna hiša Kongresni trg, Narodna in univerzitetna knjižnica Jožeta Plečnika.

Izvleček

V diplomskem delu je obravnavana tehnologija izvedbe gradbene jame z vrha navzdol. Predstavila sem osnovne tipe varovanja gradbene jame in različne tehnologije izvedbe gradbene jame. Podrobneje so razložene: klasična metoda z vrha navzdol, sistem z visečim opažem, sistem z uporabo trajnih razpor, sistem s širokimi gredami in sistem s hidravličnimi razpirali. Opisana sta še dva primera iz Slovenije: Parkirna hiša Kongresni trg in Narodna in univerzitetna knjižnica Jožeta Plečnika.

V diplomski nalogi je poudarek na opisu in primerjavi posameznih metod, njihovih prednosti in slabosti ter pogojev uporabe.

BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC:	624.152(043.2)
Author:	Petra Lovšin
Supervisor:	assoc. prof. Janko Logar, Ph. D.
Cosupervisor:	assist. prof. Boštjan Pulko, Ph. D.
Title:	Tehnology of top-down construction method
Document type:	Graduation Thesis – University studies
Scope and tools:	29 p., 19 fig.
Keywords:	Top-down method, excavation pit, diaphragm wall, supporting floors slabs, parking house Kongresni trg, National and university library by Jože Plečnik.

Abstract:

The thesis deals with the technology of top down construction method. The basic types of protection of excavation pit are presented. Details of classic top down method, nonshored formwork system for top down construction, strut as permanent system, bracket supported R/C downward and strut top down are explained. Two examples from Slovenia, parking house Kongresni trg in Ljubljana and The National and University Library of Slovenia designed by the architect Jože Plečnik, are described.

The focus of this work is the description and comparison of individual methods, their advantages and disadvantages and conditions of use.

ZAHVALA

Rodu, ki mi je predal in

rodu, ki mu predajam.

Za pomoč pri razumevanju študijskega gradiva in strokovno pomoč se iskreno zahvaljujem mentorju izr. prof. dr. Janku Logarju ter somentorju doc. dr. Boštjanu Pulku.

Zahvaljujem se tudi svoji družini, ki mi je omogočila študij, in vsem bližnjim, ki so mi med študijem stali ob strani.

»Ta stran je namenoma prazna«

KAZALO VSEBINE

IZJAVE	III
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	V
BIBLIOGRAPHIC-DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	VI
ZAHVALA.....	VII
1 UVOD.....	1
2 VAROVANJE GRADBENE JAME.....	2
2.1 Gradbena jama.....	2
2.2 Varovanje s prostimi brežinami.....	3
2.3 Podprte ali ojačane gradbene jame	4
2.3.1 Pilotna stena	4
2.3.2 Armirano betonska diafragma	5
2.3.3 Zagatna stena.....	7
2.3.4 Berlinska stena	8
3 GRADBENA JAMA GRAJENA Z VRHA NAVZDOL.....	9
3.1 Pregled metod.....	11
3.1.1 Klasična metoda z vrha navzdol.....	11
3.1.2 Sistem z visečim opažem	13
3.1.3 Sistem z uporabo trajnih razpor.....	17
3.1.4 Sistem s širokimi gredami	18

3.1.5	Sistem s hidravličnimi razpirali.....	19
3.2	Slabosti in prednosti	20
4	PRIMERI IZ SLOVENIJE.....	23
4.1	Parkirna hiša Kongresni trg Ljubljana.....	23
4.2	Narodna in univerzitetna knjižnica v Ljubljani (NUK II).....	25
5	ZAKLJUČEK.....	27
	VIRI.....	28

KAZALO SLIK

Slika 1: Primer suhe gradbene jame.	2
Slika 2: Primer gradbene jame s prostimi brežinami.	3
Slika 3: Toga pilotna stena.	5
Slika 4: Izmenična izvedba lamel diafragme.	6
Slika 5: Večkrat razprta podportna konstrukcija iz jeklenih zagatnic.	7
Slika 6: Primer varovanja gradbene jame z berlinsko steno.	8
Slika 7: Primer poteka gradnje z vrha navzdol.	10
Slika 8: Potek faze izkopavanja in razpiranja.	13
Slika 9: Začetna montaža MVO opaža.	14
Slika 10: Izkopavanje pod opažem.	14
Slika 11: Spušcanje in namestitvev opaža na nivo naslednje plošče.	14
Slika 12: Končna faza MVO sistema.	15
Slika 13 Glavni nosilni spoj.	15
Slika 14 Pomožni nosilno spoj.	16
Slika 15: Sestavni deli MVO opažnega sistema.	16
Slika 16: Razpiranje z jeklenimi nosilci.	18
Slika 17: Nosilna konstrukcija s širokimi gredami.	19
Slika 18: Razpiranje s hidravličnimi razporami.	20
Slika 19: Problem transportne poti.	21

Slika 20: Zaporedje izvedbe posamezne medetažne plošče, Parkirna hiša Kongresni trg.	24
Slika 21: Odprtine za transport izkopanega materiala, Parkirana hiša Kongresni trg.	25
Slika 22: Narodna univerzitetna knjižnica II.	26

1 UVOD

Zaradi vse večjih migracij v središče mesta in naraščanja gostote prebivalstva, se pojavi potreba po stanovanjskih objektih, parkirnih prostorih, skladiščih itd. V strnjenih mestnih središčih ni zadostnih površin, na katerih bi lahko uredili potrebno infrastrukturo. Zato se odločamo za gradnjo podkletenih stanovanjskih objektov in podzemnih parkirnih hiš. To so običajno novogradnje v kombinaciji parkirne hiše in poslovno-stanovanjskega objekta. Pojavljajo se tudi potrebe po raznih skladiščno-kletnih prostorih pod že obstoječimi objekti. Velikost gradbenih projektov postaja vse večja in vse bolj zapletena, globina izkopov za podzemne objekte se prav tako povečuje. Za takšen objekte so potrebni globoki izkopi. Posledica le-teh so velike in globoke gradbene jame, ki morajo biti izvedene pravilno in kakovostno. Večino gradbenih jam po navadi dodatno zavarujemo z geotehničnimi sidri. Zaradi posega v temelje sosednjih objektov, je takšno varovanje pogostno onemogočeno. V želji po varni gradnji v strnjenih mestih jedrih in v želji čim krajšega časa gradnje ter izkopavanja, so strokovnjaki razvili tehnologijo izvedbe gradbenih jam z vrha navzdol.

Tehnologija gradbene jame z vrha navzdol omogoča hkratno gradnjo podzemnega objekta in varovanja gradbene jame. Osnovni sistem je obodna konstrukcija, ki je razprta s horizontalnimi elementi. Horizontalni razporni elementi so istočasno horizontalna nosilna konstrukcija podzemnega dela objekta. Za takšno tehnologijo se odločimo glede na lokacijo objekta in geotehnične pogoje. Poročilo o raziskavah tal vsebuje podatke o sestavi tal, prepustnosti, deformabilnosti in trdnosti zemljine ter o globini talne vode. Na podlagi omenjenih dejavnikov se odločimo za različne variacije tehnologije gradbene jame z vrha navzdol.

V diplomski nalogi bom predstavila nekaj osnovnih tipov varovanja gradbenih jam po tehnologiji gradbene jame z vrha navzdol.

2 VAROVANJE GRADBENE JAME

2.1 Gradbena jama

Za večino gradbenih objektov moramo danes izkopati gradbeno jama. Izvedba gradbene jame je lahko preprosta, lahko pa je bolj zahtevna kot izvedba temeljev objekta ali objekta samega. [1]

Glede na način prenašanja obtežbe preko temeljev v temeljna tla ločimo plitvo in globoko temeljenje. Za enostavnejše objekte na dobrih tleh (npr.: enodružinske stanovanjske hiše) izvedemo prvi primer temeljenja. Preko pasovnih, točkovnih temeljev, temeljnih nosilcev ali temeljne plošče prenesemo obtežbo neposredno v temeljna tla, ki se nahajajo na dnu gradbene jame. [2]

Če je objekt zahtevnejši ali če so temeljna tla globoko pod površjem, izvedemo globoko temeljenje. Primer globokega temeljenja so koli (piloti) ali vodnjaki.

Sama izvedba gradbene jame in njene varnosti je odvisna od globine temeljenja objekta, od nivoja podzemne vode, od vrste temeljnih tal in od lokacije objekta. V temeljnih tleh pogosto naletimo na podzemno vodo, zato ločimo gradbene jame na suhe gradbene jame, gradbene jame pod gladino podzemne vode in gradbene jame v vodi. [1]

Glede na varovanje gradbene jame ločimo varovanje s prostimi brežinami in varovanje z oprtimi brežinami, kjer so le-te ojačene z različnimi podpornimi konstrukcijami.



Slika 1: Primer suhe gradbene jame.
(Vir: Majes, 2013)

2.2 Varovanje s prostimi brežinami

Gradbena jama s prostimi brežinami ima brežine pod naklonom, ki zagotavljajo globalno stabilnost, zato ne potrebuje morebitne ojačitve.

Naklon brežine (α) določajo karakteristike zemljine: prepustnost, deformabilnost in trdnost zemljine. Za vsak izkop moramo z ustreznimi stabilnostnimi analizami zagotoviti ustreznost naklona. [1]

V primeru, da je zemljina nekoherentna, mora biti naklon brežine manjši od strižnega kota. Globina izkopa ni omejena.

Zaradi atmosferskih vplivov proste brežine zaščitimo z obrizgi (cementni, bitumenski, brizgan beton), z mrežami (pocinkane žične, naravni materiali/kokos, juta, konoplja in umetni geosintetični materiali) in z vegetativno zaščito. S tem zagotovimo površinsko stabilnost brežin in erozijsko obstojnost. [1]

Med samim izkopom moramo odvodnjavati vode iz brežin in iz gradbene jame. Na brežinah odvajamo vodo z jarki na bermah in ob obodu gradbene jame. [1]



Slika 2: Primer gradbene jame s prostimi brežinami.
(Vir: Majes, 2013)

2.3 Podprte ali ojačane gradbene jame

Podprte gradbene jame uporabljamo, kadar s prostimi brežinami ne moremo izvesti gradbene jame. V tem primeru je potrebno podporno konstrukcijo ustrezno dimenzionirati. Način podpiranja gradbene jame je odvisen od sestave tal, lokacije objekta, globine gradbene jame in morebitnih podzemnih vod. V urbanem okolju se zaradi pomanjkanja prostora izkopavajo jame z vertikalnimi brežinami. [3]

Glede na čas podpiranja ločimo začasne in stalne podporne konstrukcije. Prve po izgradnji objekta ali odstranimo ali jih pustimo, vendar več ne opravljajo podporne funkcije. Začasne podporne konstrukcije so lahko vse vrste konstrukcij. Lahko so narejene na več načinov. Na mestu podporne konstrukcije izkopljemo zemljino in jo nadomestimo z armiranim betonom ali zemljino na mestu podporne konstrukcije injektiramo, lahko pa elemente konstrukcije uvrtno ali vtisnemo v zemljino. Po končni izgradnji celotnega objekta, ta prevzame zemeljske pritiske okolice.

Trajne podporne konstrukcije so iz armiranega betona. Podporne konstrukcije postanejo nosilni deli objekta po koncu gradnje, lahko pa tudi že med samo gradnjo. Te konstrukcije so diafragme, izjemoma tudi pilotne stene z dodatno finalno obdelavo v obliki sten.

Podporne konstrukcije glede na način podpiranja delimo na toge in gibke podporne konstrukcije.

2.3.1 Pilotna stena

Pilotna stena je podporna konstrukcija, ki je sestavljena iz armirano betonskih stebrov okrogle oblike. Uporablja se za varovanje nasipnih ali vkopanih brežin, globokih gradbenih jam, ali za sanacijo plazov. Pilotna stena je sestavljena iz prekrivajočih se kolov ali dotikajočih se kolov. Koli so lahko majhnega prereza, premera med 10 in 30 cm, tako imenovani mikro koli, ali iz makro kolov, premera med 40 in 150 cm in več. Koli so med seboj povezani z gredami. Pilotno steno lahko po potrebi dodatno sidramo v zaledje z geotehničnimi sidri. [1]

Prekinjena pilotna stena sestoji iz razmaknjenih kolov. Razmak ne sme biti večji od trikratnega premera kola. To je pogoj, da steno še lahko računamo kot kontinuirano. Vmesni prostor zapolnimo z betonom, ali pa ga pustimo nezapolnjenega. [1]

Slabost pilotne stene je v ceni izvedbe. Za tako gradnjo se odločimo, če nimamo drugih možnosti. Zaradi slabe izkoriščenosti armature in velike porabe betona, je izvedba draga. Tako mora biti taka gradnja res ekonomsko upravičena.

Za izvedbo pilotne stene se uporabljajo različne tehnologije, na primer:

- tehnologija Benotto,
- tehnologija z dvojnimi rotacijskim pogonom,
- tehnologija s Kelly drogovjem,
- tehnologija s polžastim drogovjem CFA.



Slika 3: Toga pilotna stena.
(Vir: Majes, 2013)

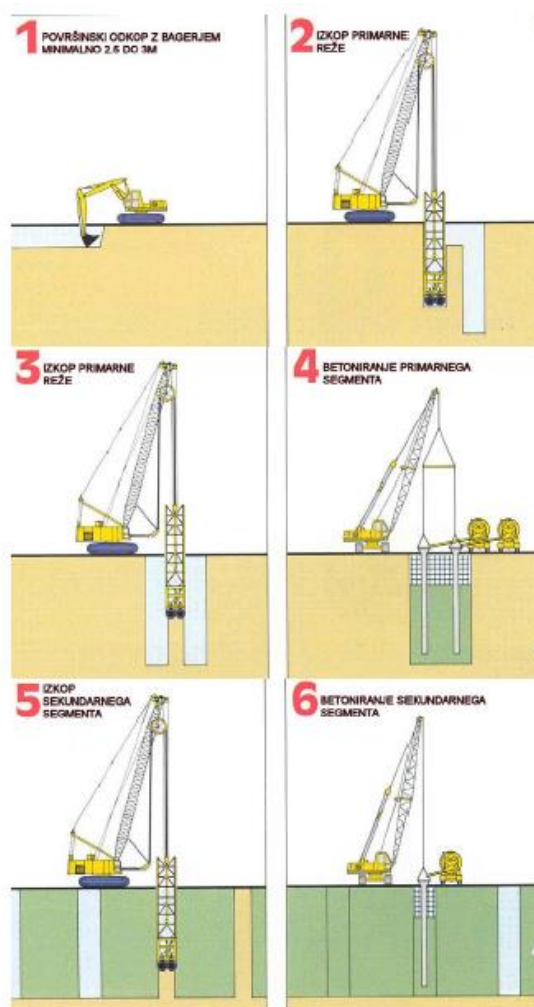
2.3.2 Armirano betonska diafragma

Armirano betonska diafragma spada med tanke membranske konstrukcije. Sega lahko do globine 60 m in je debeline med 30 cm in 120 cm. Diafragma je armirana betonska konstrukcija, sestavljena iz več lamel. Širina ene lamele je do 800 cm in je sposobna prenesti upogibne momente, horizontalne in prečne sile. Prve diafragme so uporabljali za zemeljske pregrade. Za zaščito gradbenih jam so se začele uporabljati pozneje, ko so razvili način betoniranja z bentonitno izplako. [1]

Za izkop diafragme potrebujemo vodilni kanal, ki služi kot vodilo. Z grabežem na vertikalnem vodilu naredimo celoten izkop. Zaradi napredne gradbene mehanizacije lahko izkopavamo tudi v trših kamninah. Izkopani material transportiramo na deponijo. Izkop zavarujemo pred porušitvijo z bentonitno izplako. Bentonitna izplaka je suspenzija vode in montmorillonitne gline – bentonita. V bentonitno izplako vstavimo armaturni koš, ki ga pripravimo na sami lokaciji, ali pa v železokrivnici. Armaturni koš pritrdimo na vodilni kanal in ga tako fiksiramo na ustrezno pozicijo. Naslednja faza je

betoniranje diafragme. To poteka po principu izpodrivanja lažjega materiala. Beton v izkop dovajamo po kontraktorskih ceveh, pri čemer upoštevamo navodila za podvodno betoniranje. Beton zaradi večje specifične teže izpodriva bentonitno izplako. Ko beton doseže želene trdnostne karakteristike, pregledamo diafragmo. Po potrebi zamenjamo zgornji del, saj na tem mestu pride do mešanja bentonita in betona. Na koncu segmente med seboj povežemo preko grede. [4]

Po sklenitvi lamel začnemo z izkopavanjem gradbene jame. Zaradi aktivnih zemeljskih pritiskov moramo dodatno podpreti konstrukcijo. Načini podpiranja so odvisni od lokacije gradbene jame. Če se nahaja v urbanih središčih, kjer smo omejeni s prostorom, uporabimo razpirala v obliki razpornih plošč ali hidravličnih razpiral. Če nam okolica omogoča, lahko tudi sidramo z geotehničnimi sidri.



Slika 4: Izmenična izvedba lamel diafragme.
(Vir: Majes, 2013)

2.3.3 Zagatna stena

Zagatne stene so gibke podporne konstrukcije. Ločimo jih glede na material, ki ga uporabljamo za zagatne elemente. Imamo lesene, armirano-betonske, jeklene zagatnice ter kombinacijo jeklenih nosilcev in lesenih polnil. Zagatnice lahko vtisnemo, zabijemo ali uvibriramo v tla. Glede na izvedbo jih ločimo na prefabricirane elemente zagatnih sten ter na kombinacijo montažnih in na mestu izdelanih elementov. V primeru velikih aktivnih pritiskov iz zaledja zagatne stene dodatno podpiramo. Načini podpiranja so razpiranje, sidranje, kombinacija vzdolžnih nosilcev in prečnih razpor ter kombinacija vzdolžnih nosilcev in sider.

Lesene zagatne stene uporabljamo za začasno opiranje v temeljnih tleh, kjer jih je mogoče zabiti. Uporabljamo smrekov, borov, macesnov ali hrastov les. Debelina lesene zagatnice je med 6 in 30 cm, širina je 30 cm in dolžina do 15 m. [1]

Betonske zagatnice so iz armiranega ali prednapetega betona. Zaščitni sloj betona je 3 cm v sladki in 4 cm v slani vodi. Debelina zagatnice je med 12 in 40 cm, širina med 40 in 50 cm ter dolžina do 12 m, izjemoma do 20 m. [1]

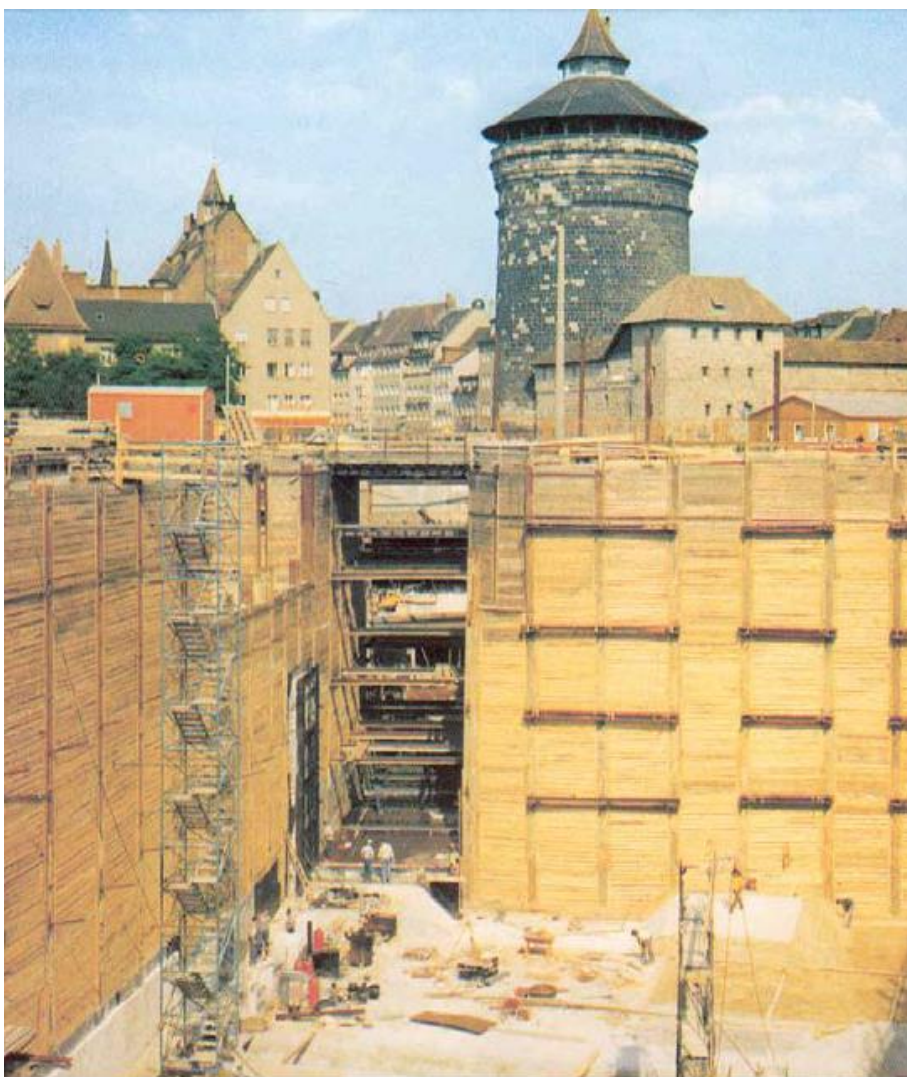
Jeklene zagatnice so zaradi različno oblikovanih prereзов najbolj ekonomične. Prerez jeklene zagatnice ima največji vztrajnostni in odpornostni moment. Zagatnice so vodonepropustne in se lahko varijo. Zaradi prereza in razmeroma tanke debeline porabimo malo materiala. V dolžino segajo do 30 m in so za večkratno uporabo. [1]



Slika 5: Večkrat razprta podportna konstrukcija iz jeklenih zagatnic.
(Vir: Majes, 2013)

2.3.4 Berlinska stena

Berlinska stena je sestavljena iz jeklenih nosilcev (I ali H profili) ter lesenega polnila. V vrtnice ustreznega premera vstavimo jeklene profile v razmaku 1–2 metra. Po vgradnji profilov postopoma odkopavamo zemljino in vstavljamo polnila. Polnila so leseni plohi, ki jih zagostimo med profile. Podporno konstrukcijo lahko ojačamo z geotehničnimi sidri ali razporami. Prednost berlinske stene je, da je za večkratno uporabo. Po končani graditvi objekta odstranimo steno in jo ponovno uporabimo. Edina slabost je počasna gradnja ter potreba po ročnem delu za zagostitev plohov. [5]



Slika 6: Primer varovanja gradbene jame z berlinsko steno.
(Vir: Majes, 2013)

3 GRADBENA JAMA GRAJENA Z VRHA NAVZDOL

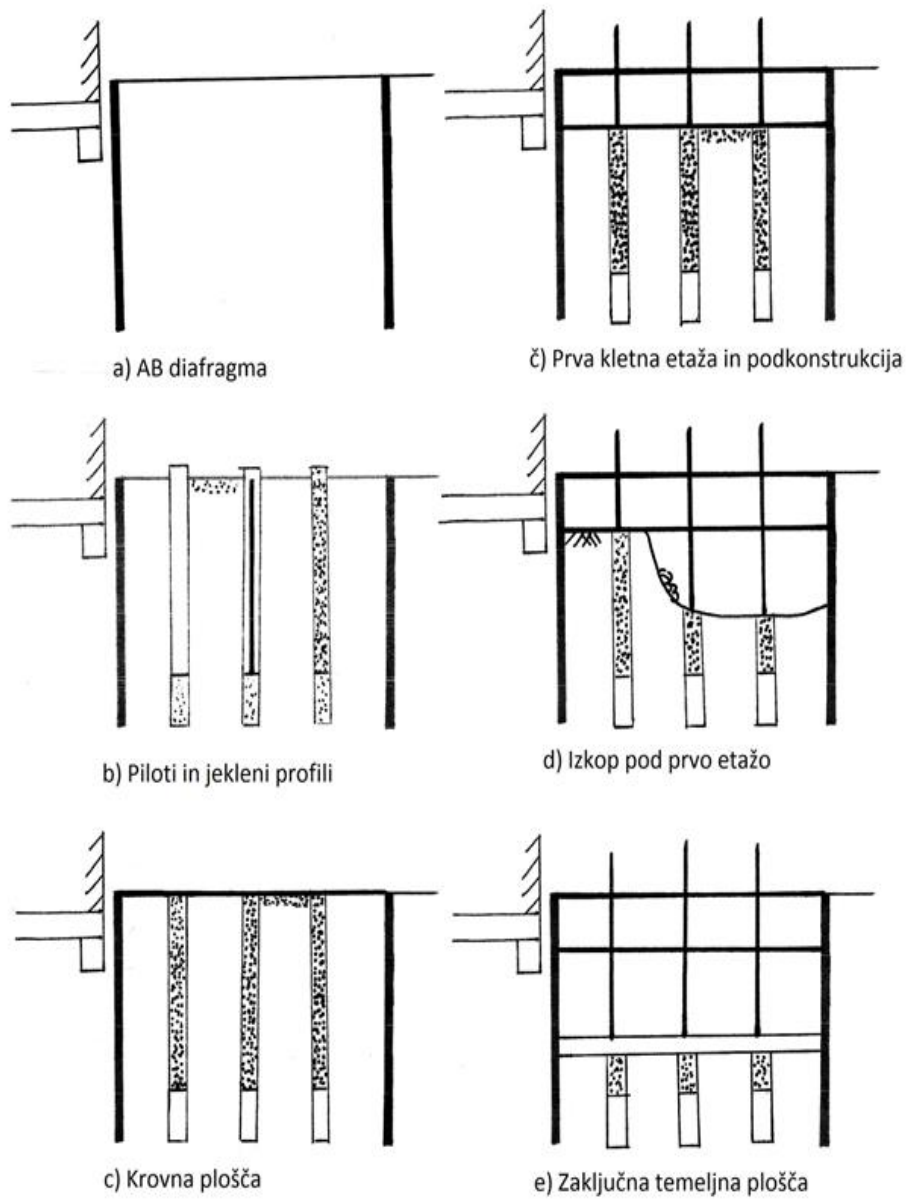
Gradbena jama grajena z vrha navzdol je poseben način izdelave gradbene jame. Uporabljamo jo za izgradnjo večetažnih kletnih prostorov.

Osnovni koncept gradnje je dodatno podpiranje z razpornimi elementi. To so lahko plošče, jekleni okvirji ali hidravlični sistemi. Na začetku naredimo zunanjo obodno konstrukcijo (Slika 7a). V polju izkopavanja uvtamo ali zabijemo nosilne stebre (Slika 7b). Na nivoju prve plošče naredimo razporne elemente ali krovno ploščo, ki deluje kot razpora (Slika 7c). Nadaljujemo z izkopavanji pod prvim nivojem in namestimo nove razporne elemente (Sliki 7č in 7d). Z enakim vzorcem nadaljujemo do zadnje kletne etaže in na koncu do temeljne plošče (Slika 7e). V tam času lahko začnemo z izgradnjo zgornjega dela objekta, če je ta predviden v projektu.

Nosilna konstrukcija sestoji iz obodnih sten, vertikalne in horizontalne konstrukcije. Obodne stene so po večini armirano betonske diafragme, lahko pa so tudi berlinski zid ali zagatnice, ki pozneje služijo kot opaž za notranje stene. Za vertikalno nosilno konstrukcijo uporabljamo jeklene profile ali armirano betonske stebre ter notranje stene ob obodnih konstrukcijah. Horizontalne konstrukcije opravljajo tudi funkcijo razpiranja. Tak primer so prednapete armirano betonske plošče ali jekleni okvirji, ki so del sovprežne konstrukcije. Obstajajo tudi kombinacije razpornih elementov ter plošč. Plošče morajo imeti odprtine za vertikalni transport in dostop v naslednjo, globljo etažo.

Metoda je priporočljiva za gradnjo v mestnih središčih ter urbanih naseljih. Na takšnih lokacijah je največji problem prostor. Zaradi objektov v neposredni bližini si ne moremo privoščiti ogromnih podpornih konstrukcij ali sidranja v zaledje.

Končni rezultat te metode so kletni prostori za novogradnje, kletni prostori pod že obstoječim objektom, ali pa podzemne garažne hiše. Najbolj znani primer take gradnje v Sloveniji je Parkirna hiša Kongresni trg v Ljubljani.



Slika 7: Primer poteka gradnje z vrha navzdol.
(Vir: Petra Lovšin)

3.1 Pregled metod

3.1.1 Klasična metoda z vrha navzdol

Pri večini gradbenih jam, ki so zgrajene po metodi z vrha navzdol, uporabljamo kombinacijo armirano betonske diafragme in razporne armirano betonske plošče.

Osnovna vertikalna nosilna konstrukcija je armirano betonska diafragma. Pripravljalna dela za diafragma so sestavljena iz priprave sistema za proizvodnjo in čiščenje izplake ter ureditve delovnega platoja za izkopni bager. Bentonitna izplaka varuje izkop panela diafragme pred poružitvijo. Za pravilno namestitev diafragme uporabljamo vodilni kanal. Kanal je sestavljen iz uvednic, ki zagotavljajo natančnost izvedbe izkopa. Po končanem betoniranju le-te odstranimo. Panele za diafragma vedno izvajamo v naprej določenem zaporedju. Za izkop uporabljamo grabež. Z njim preko vodilnega kanala izkopljemo pravokotni jašek. Odvečen material transportiramo na deponijo. Jašek sprti napolnimo z bentonitno izplako. Če imamo čist izkop, lahko pričnemo z vgrajevanjem armature in zaključnic. Z zaključnicami zagotovimo geometrijsko popoln stik dveh sosednjih panelov. Vnaprej pripravljene armaturne koše z bagrom počasi spustimo v izkop. Armaturni koš pritrdimo na vodilni kanal. S tem dobimo pravilno pozicijo armature. Naslednja faza je betoniranje. Pri betoniranju moramo biti pozorni, da ne pride do mešanja betona in bentonita. To preprečimo tako, da kontraktorsko cev spustimo 10 cm nad dno izkopa. Betoniranje deluje na principu izpodrivanja lažjega materiala. Sledi še kontrola diafragme. [3]

Osnovna razporna konstrukcija je naknadno prednapeta armirano betonska plošča. Razporno ploščo načrtujemo tako, da je primerna za transport različnih materialov in gradbene mehanizacije. Na utrjeni zravnanen teren izdelamo podložni beton in nanj položimo ločilni sloj. Na ločilni sloj postavimo armaturne mreže in cevi za naknadno prednapete kable. Z distančniki vse skupaj dvignemo na projektno višino. Zabetoniramo ploščo, ko beton doseže projektno trdnost, napeljemo kable skozi cevi, zaklinimo in prednapnemo. Projektna debelina plošče mora biti vsaj 30 cm. [6]

Faze gradnje po klasični metodi z vrha navzdol [7]:

- Prva faza: vertikalna konstrukcija. Za obodno konstrukcijo uporabimo armirano betonsko diafragma. V primeru podtalne vode moramo ustrezno izvesti odvodnjavanje in zagotoviti neprepustnost diafragme. V polju izkopavanja uvrstimo ali zabijemo pilote, ki služijo za vertikalno nosilno konstrukcijo poznejšega objekta.
- Druga faza: prva plošča. Naredimo izkop do kote dna prve ali krovne plošče. Utrdimo teren, izdelamo podložni beton, postavimo ločilni sloj, namestimo armaturo in zabetoniramo.

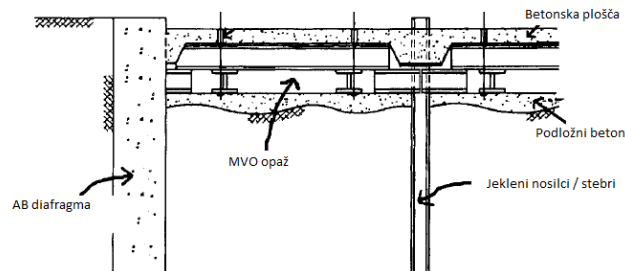
- Tretja faza: izkop in druga plošča. Pod prvo ploščo naredimo izkop v izmeri višine prve etaže. Ponovno pripravimo podlago in zabetoniramo ploščo. Druga plošča je po navadi tanjša od krovne plošče.
- Četrta faza: vertikalne stene. Zunanje vertikalne stene preko armature povežemo z diafragmo. Plošče povežemo s steno in s tem zagotovimo togi stik. Če so v projektu predvidene stene znotraj tlorisa, potem izdelamo še te.
- Peta faza: temeljna plošča. Postopek izkopavanja in betoniranja plošče ponavljamo vse do zadnje plošče. Zadnja plošča je znatno debelejša, saj gre za temeljno ploščo, ki more biti v primeru podtalne vode vodonepropustna.

Metoda je priporočljiva za enostavne tipe prednapetih plošč. V primeru velikih horizontalnih pritiskov moramo povečati debelino plošče. S tem povečamo potrebo po materialu in posledično imamo dražjo investicijo. Temu se lahko izognemo, če dodamo dodatne razpore v obliki hidravličnih razpor. [7]

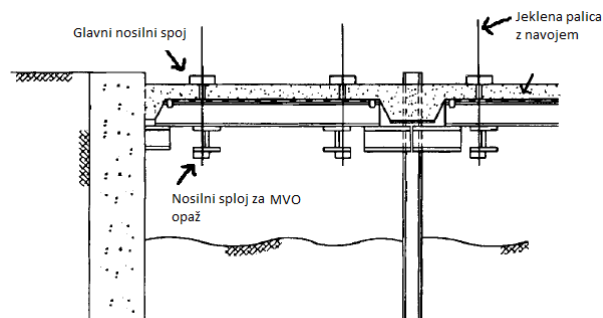
V primeru meljastih ali glinenih tal lahko zaradi lokalnih posedkov tal pride do deformiranja plošče, ki je položena neposredno na utrjen teren ali podložni beton. Poleg tega ni nujno, da vsaka plošča deluje kot razpora za zagotavljanje globalne stabilnosti gradbene jame oziroma da v vsaki fazi izkopa izvedemo vse kletne plošče. V ta namen imamo dve modificirani metodi:

- Plošča podprta z opažem: namesto na utrjen teren, ploščo betoniramo na opaž. Ta je postavljen na utrjen teren ali podložni beton. S tem se izognemo deformacijam zaradi lokalnih posedkov terena. Dejstvo je, da zaradi opaža in zorenja betona ne moremo nadaljevati izkopavanja, tako se čas izkopavanja podaljša in podraži pa se tudi cena investicije. [7]
- Prehod na naslednjo ploščo: v tem primeru naredimo izkop za dve etažni plošči. Spodnjo ploščo izdelamo na terenu brez opaža in zgornjo ploščo s pomočjo opaža. Kot razpora deluje samo ena plošča, ki zagotavlja globalno stabilnost. Problem lahko nastane, če ne zagotovimo zadostne odpornosti obodne konstrukcije proti prečnim silam v času izkopavanja. Začasno si lahko pomagamo s hidravličnimi razporami. Tak primer poteka je razviden na Sliki 8. Etažna plošča ne deluje kot razpora.[7]

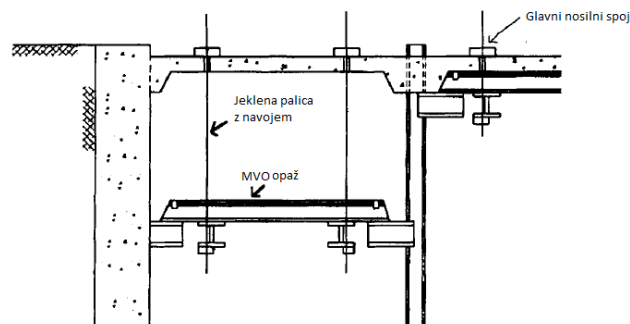
- Četrta faza: vertikalne stene. Diafragma lahko obdelamo s finalno obdelavo ali dodatno naredimo armirano betonske stene in jih preko armature povežemo z diafragma. Stene še dodatno podpirajo ploščo.
- Peta faza: temeljna plošča. Ponovno ponovimo postopek druge, tretje in četrte faze (Slika 11). Na v naprej določenih mestih pustimo odprtine, ki služijo za transport izkopanega materiala. Čisto na koncu izdelamo temeljno ploščo.



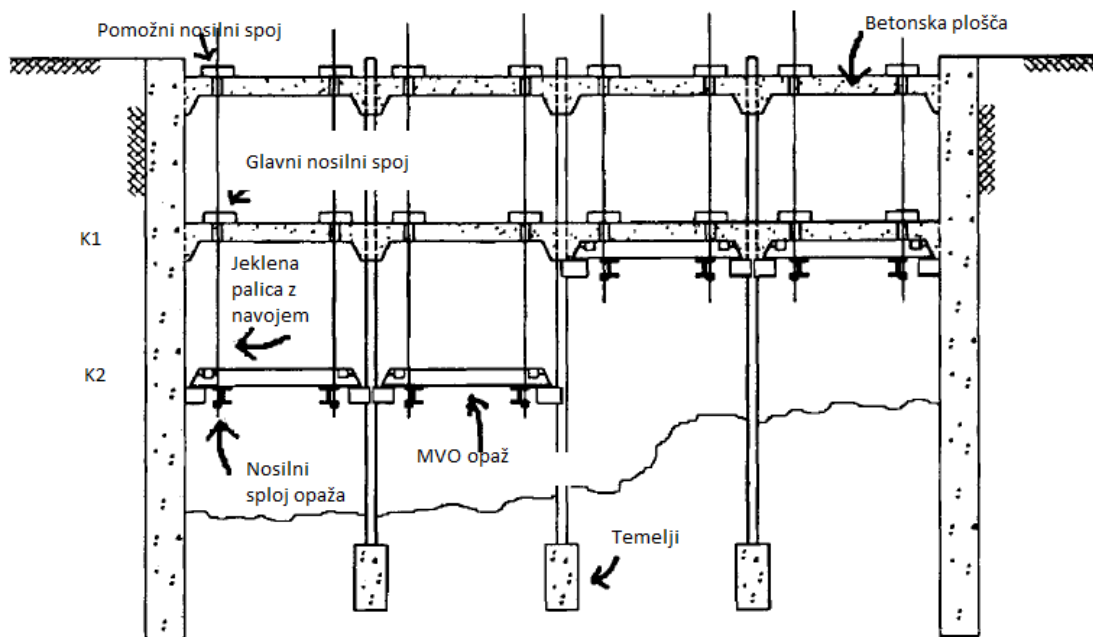
Slika 9: Začetna montaža MVO opaža.
(Vir: Lee, 1999)



Slika 10: Izkopavanje pod opažem.
(Vir: Lee, 1999)

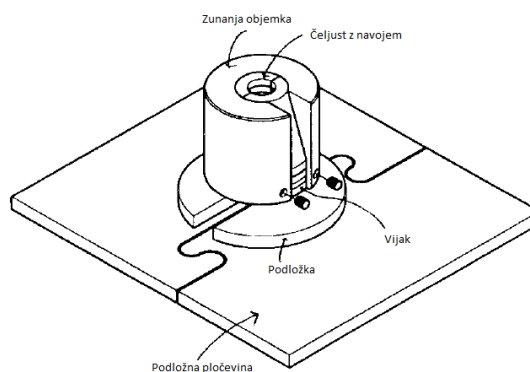


Slika 11: Spuščanje in namestitev opaža na nivo naslednje plošče.
(Vir: Lee, 1999)

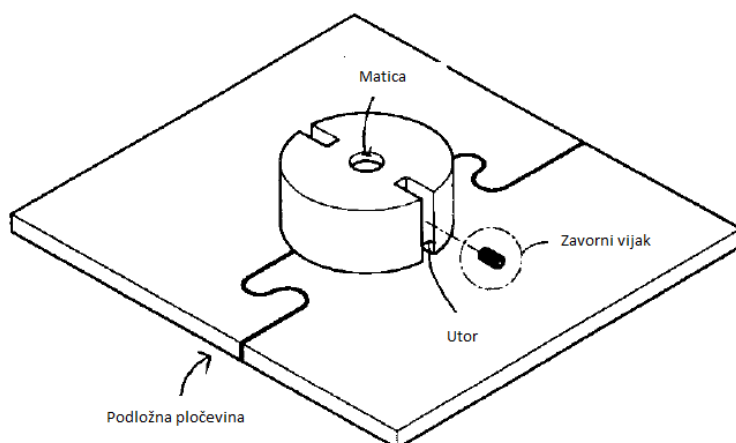


Slika 12: Končna faza MVO sistema.
(Vir: Lee, 1999)

Viseči opažni sistem je sestavljen iz več sestavnih komponent. Glavne komponente so opaž, glavni nosilni spoj, pomožni nosilni spoj, spona, nosilni spoj opaža, jeklene palice z navojem in hidravlično dvigalo. Glavni nosilni spoj namestimo na ploščo pod katero visi opaž. Na glavni nosilni spoj deluje kombinacija lastne in koristne obtežbe. Da bi preprečili pretirane deformacije ali porušitev plošče, namestimo pomožni nosilni spoj na ploščo, ki je višje od glavnega spoja. S tem razporedimo obtežbo in povečamo varnost proti porušitvi. [7]

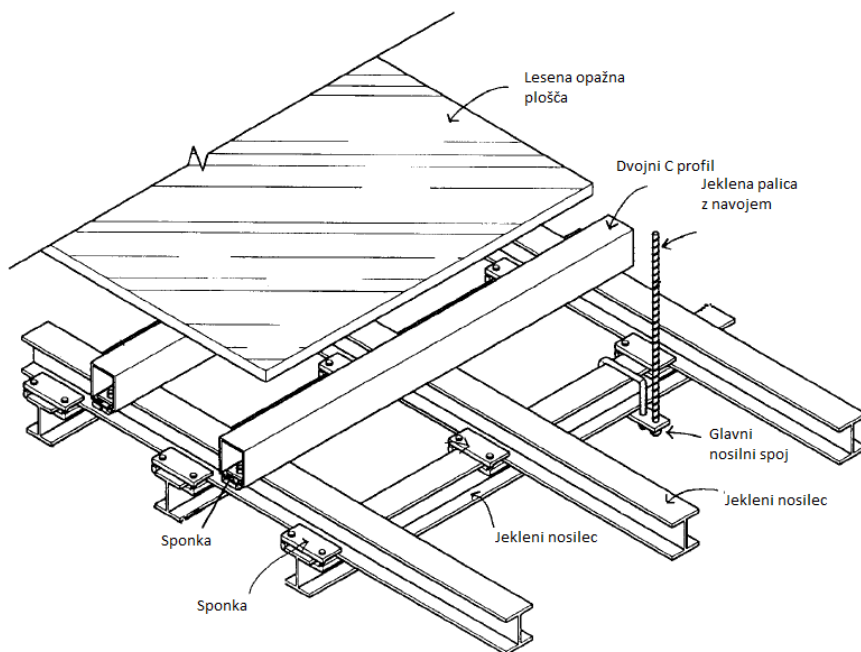


Slika 13: Glavni nosilni spoj.
(Vir: Lee, 1999)



Slika 14 Pomožni nosilno spoj.
(Vir: Lee, 1999)

Opaž je sestavljen iz vezanih plošč, podkonstrukcije in nosilne konstrukcije. Podkonstrukcija je iz jeklenih C profilov in je preko veznih sredstev povezana na osnovno konstrukcijo. Nosilno konstrukcijo tvorijo jekleni H profili v vzdolžni in prečni smeri (Slika 15). Velikost profilov je odvisna od velikosti obtežbe. Preko jeklenega okvirja in hidravličnega dvigala prenašamo obtežbo na pasivna sidra. [7]



Slika 15: Sestavni deli MVO opažnega sistema.
(Vir: Lee, 1999)

Metodo so razvili z namenom, da zmanjšamo čas in stroške gradnje ter zagotovimo varnost pri delu. Prednosti so v istočasnosti betoniranja plošče in izkopavanja pod opažem. Tako lahko reduciramo čas za namestitvev opaža, armiranega betona in podložnega betona. Privarčujemo tudi pri opažu, ki ga večkrat uporabimo. Nimamo dela s postavitvijo ali odstranitvijo podpornikov za opaž. Poleg tega ne potrebujemo dodatnega materiala ali orodja za podpornike. Zaradi visečega opaža lahko nemoteno izkopavamo pod opažem. Tam nimamo nikakršnih ovir, ki bi preprečevale izkopavanje ter vplivale na čas izkopavanja. [7]

V primerjavi z drugimi metodami se MNO lahko uporablja za vse vrste zemljin (lapor, glina, skala ...) in tipov plošč (ravna, z naklonom, rebrasta plošča ...). V kamninah je izkopavanje možno samo z ustrezno gradbeno mehanizacijo. V tem primeru poteka gradnja počasneje, kar jo tudi podraži. Zato ta metoda za kamnine ni priporočljiva. [7]

3.1.3 Sistem z uporabo trajnih razpor

Sistem z uporabo trajnih razpor je metoda, ki h klasični metodi doda trajno razporno konstrukcijo v obliki jeklenih okvirjev ali nosilcev. Klasična metoda uporablja za nosilno konstrukcijo armirano betonsko diafragma in armirano betonsko ploščo. Slabost te metode je velika poraba časa za zorenje betona. Vendar lahko z uporabo jeklenih razpor skrajšamo čas gradnje. [6]

Jeklene razpore so jekleni nosilci ali jekleni okvir, ki prenaša prečno obtežbo. S tem zagotovimo, da notranje statične količine (upogibni momenti in prečne sile) v obodni konstrukciji ne presežejo mejnega stanja nosilnosti. Primer razpiranja z jeklenim okvirjem ter začasno obodno konstrukcijo – zagatnice (Slika 16).

V prvi fazi gradnje se naredi obodna konstrukcija, ki je lahko armirano betonska diafragma ali začasna konstrukcija. Pod površjem tal se oblikuje jekleni okvir, ki ga povežemo s stalno ali začasno obodno konstrukcijo. V drugi fazi sledi izkop naslednje etaže, kjer se namesti novi jekleni okvir. Ta faza se kontinuirano ponavlja vse do zadnje etaže. V primeru začasne obodne nosilne konstrukcije moramo narediti še stalno vertikalno nosilno konstrukcijo, ki je običajno armirano betonska stena. S steno moramo zagotoviti varnost in vodonepropustnost. [6]

Jekleni okvir lahko služi kot opaž za armirano betonsko ploščo. Ko plošča doseže željeno trdnost, se okvir odstrani in ponovno uporabi v naslednji etaži. Po drugi strani lahko okvir uporabimo za sovprežno nosilno konstrukcijo. S tem prihranimo čas, saj plošče izdelamo naknadno in ne potrebujemo dodatne horizontalne konstrukcije. [6]



Slika 16: Razpiranje z jeklenimi nosilci.
(Vir: Majes, 2013)

3.1.4 Sistem s širokimi gredami

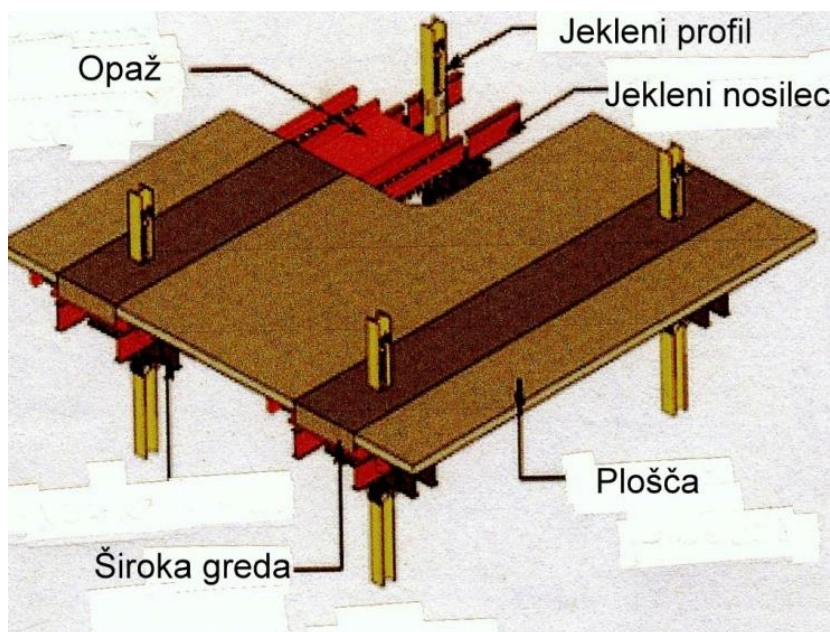
Osnovna značilnost sistema je v horizontalni nosilni konstrukciji. Ta je sestavljena iz širokega armirano betonskega grednega nosilca in plošče. Takšna kombinacija služi kot osnovna razporna konstrukcija za varovanje gradbene jame in horizontalne nosilne konstrukcije kasnejšega objekta. Široke grede razpirajo obodno konstrukcijo v njeni vzdolžni smeri. V primeru, da potrebujemo za zagotavljanje globalne stabilnosti razporna konstrukcijo v obeh smereh (prečni in vzdolžni), izdelamo okvirje iz širokih gred. S tem dobimo odprtine za transport. [6]

Območje gradbene jame zavarujemo z obodno vertikalno nosilno konstrukcijo. Lahko je stalna armirano betonska diafragma ali druga začasna varovalna konstrukcija. Območje razdelimo na več polj. Na mejah vtisnemo ali uvtamo jeklene profile. Profili predstavljajo osnovno vertikalno nosilno konstrukcijo končnega objekta. Sledi izkop do prve kote, kjer želimo imeti ploščo. Pravokotno na jeklene profile pritrdimo z veznimi sredstvi horizontalno nosilno konstrukcijo. Ta je sestavljena iz varjenih I nosilcev z visokimi pasnicami, ki imajo prečne ojačitve. Na opaže, ki jih nosijo I nosilci, vlijemo beton za grede. Zaradi dobre stabilnosti in nosilnosti opažev lahko nadaljujemo z izkopavanjem naslednje kletne etaže. Ponovimo postopek z I nosilci in opažem. Ko greda doseže

želeno tlačno trdnost, odstranimo opaž in ga ponovno uporabimo. Povezavo nosilcev in širokih gred (Slika 17). [6]

Pri gradnji imamo sočasnost različnih faz gradnje razdeljeno na oddelke po etažah. Na prvi etaži betoniramo ploščo na nekaterih poljih, nekaj polj si pustimo za transport izkopanega materiala. V tem času lahko na drugi etaži betoniramo grede na pripravljenih opažih. [6]

Ko več različnih gradbenih del ne poteka istočasno, imamo velike izgube časa. Trudimo se, da z ustreznim načrtovanjem to pomanjkljivost odpravimo. Zaradi sorazmerno konstantne cene betona, je metoda finančno ugodna. Prednost te metode je tudi v večkratni uporabi opaža. Torej s sočasnostjo različnih gradbenih del prihranimo čas in denar. [6]



Slika 17: Nosilna konstrukcija s širokimi gredami.
(Vir: Jang, 2012)

3.1.5 Sistem s hidravličnimi razpirali

Sistem s hidravličnimi razpirali se od ostalih načinov razlikuje samo v razporni konstrukciji. Uporabljamo začasna hidravlična razpirala, ki se po gradnji odstranijo (Slika 18). [6]

Hidravlične razpore so prefabricirani jekleni nosilci, ki prenašajo obremenitve zaradi aktivnih pritiskov v zaledju. Na tržišču najdemo veliko primerov razpor različnih proizvajalcev. Največji podporniki lahko prevzamejo razpetino do 45 m in njihov premer meri vse do 1200 mm. Nosilci ne potrebujejo vmesnih vertikalnih podpor. Nudijo natančno pritrjevanje na obodno konstrukcijo. To

omogoča obojestranska hidravlika ter možnost priključkov pod različnimi koti. S pomočjo hidravlike se lahko nosilci podaljšajo še za 1 m. Zaradi svoje nezahtevnosti in enostavnosti uporabe je njihova namestitvev enostavna in hitra. [8]

Gradnja s tem sistemom je variacija klasične metode. Edina razlika je v načinu razpiranja. V prvi fazi gradimo obodne stene ter prvi izkop. Konstrukcijo začasno razpremo s hidravličnimi nosilci. Postavimo opaž za horizontalno nosilno konstrukcijo objekta. Lahko uporabimo vse tipe različnih plošč, sovprežnih konstrukcij, ali širokih gred. Od oblike tlorisa je odvisen nosilni sistem horizontalne konstrukcije: ali je enosmerna ali dvosmerna. [6]



Slika 18: Razpiranje s hidravličnimi razporami.

(Vir: <http://www.theconstructionindex.co.uk/news/view/super-struts>)

3.2 Slabosti in prednosti

Pri vsaki gradnji gradbene jame se pojavijo različna tveganja in slabosti. Nepopolno poznavanje sestave tal in drugih vplivnih dejavnikov lahko privede do poškodb ali porušitev konstrukcije, sosednjih objektov, tudi so poškodb delavcev. [9]

Najpogostejše slabosti in napake so:

- Projektiranje z neustreznimi aplikacijami ter pomanjkanje znanja pri projektantih ter izvajalcih.

- Pomanjkljivi podatki o sestavi tal in nivoju podtalnice. V primeru podtalnice moramo zagotoviti primerno odvodnjavanje. Zaradi prekomernega odvodnjavanja se lahko sosednji objekti začnejo posedali ali nagibati.
- Arheološke najdbe podaljšajo čas gradnje in povečajo stroške investicije.
- V urbanih mestnih naseljih je zaradi okoliških objektov onemogočeno varovanje gradbene jame z geotehničnimi sidri. S temi bi posegali v temelje sosednjih objektov.
- Premalo podprta plošča ali prehitro odstranjeni opaž lahko privedeta do deformacij plošče.
- Problem zorenje betona, ki potrebuje nekaj dni, da doseže željeno trdnost. S tem se podaljša proces izkopavanja in obstaja možnost daljših zamud v delovnem procesu.
- Morebitne napake pri povezovanju plošč na obodno konstrukcijo. Nepravilna povezava nas lahko privede do prekoračitve mejnega stanja uporabnosti in mejnega stanja nosilnosti.
- Problem razsvetljave in prezračevanja v primeru različne geometrije kletnih prostorov.
- Nepravilna mehanizacija za izkop se lahko hitro obrabi ali poškoduje.
- Neprimerna organizacija gradbišča, lokacije deponij in skladišč.
- Neustrezne transportne poti izkopenega materiala iz gradbene jame lahko poškodujejo nosilno konstrukcijo (Slika 19).

Vsake napake, nepravilnosti in nesreče podaljšajo čas gradnje, nastajajo zamude v projektu. Posledica so stroški, ki jih nismo predvideli; in s tem se poveča cena investicije.



Slika 19: Problem transportne poti.
(Vir: foto Anja Vidali)

Gradnja z vrha navzdol ima tudi svoje prednosti. Največja prednost gradbene jame z vrha navzdol je v njeni uporabnosti. Lahko jo uporabimo na kateri koli lokaciji. Najbolje se obnese v mestnih središčih, kjer z drugimi tehnologijami ne moremo zagotoviti varnega izkopavanja gradbene jame. Bistvene značilnosti so [9]:

- Pri tistih metodah, kjer uporabljamo stalno obodno konstrukcijo, prihranimo čas in denar, ker ne potrebujemo začasnih vertikalnih konstrukcij.
- Betonska plošča je odlična rešitev za začasno in potem še trajno razporno konstrukcijo. Hkrati opravlja funkcijo razpore in horizontalne nosilne konstrukcije objekta.
- Krovno ploščo izdelamo že pred prvim izkopom. Teren lahko služi kot opaž in s tem privarčujemo na denarju, ker ne potrebujemo dodatnih opažnih sistemov.
- Nosilno konstrukcijo zgornjega zunanjega dela objekta, če je ta predviden, lahko začnemo graditi takoj, ko je končana prva etaža. S tem izvajalec skrajša čas gradnje, investitor pa privarčuje pri denarju.
- Metoda gradnje z vrha navzdol v vsaki dokončani etaži nudi dragocen prostor za skladiščenje raznoraznega materiala.
- Zaradi zgornjih etaž se znatno zmanjša hrup izkopavanja.
- Metoda zagotavlja sočasnost izvedbe gradbenih del. Med tem ko izkopavamo pod ploščami, lahko v zgornjih etažah montiramo razne instalacijske jaške ali gradimo sam objekt.

4 PRIMERI IZ SLOVENIJE

4.1 Parkirna hiša Kongresni trg Ljubljana

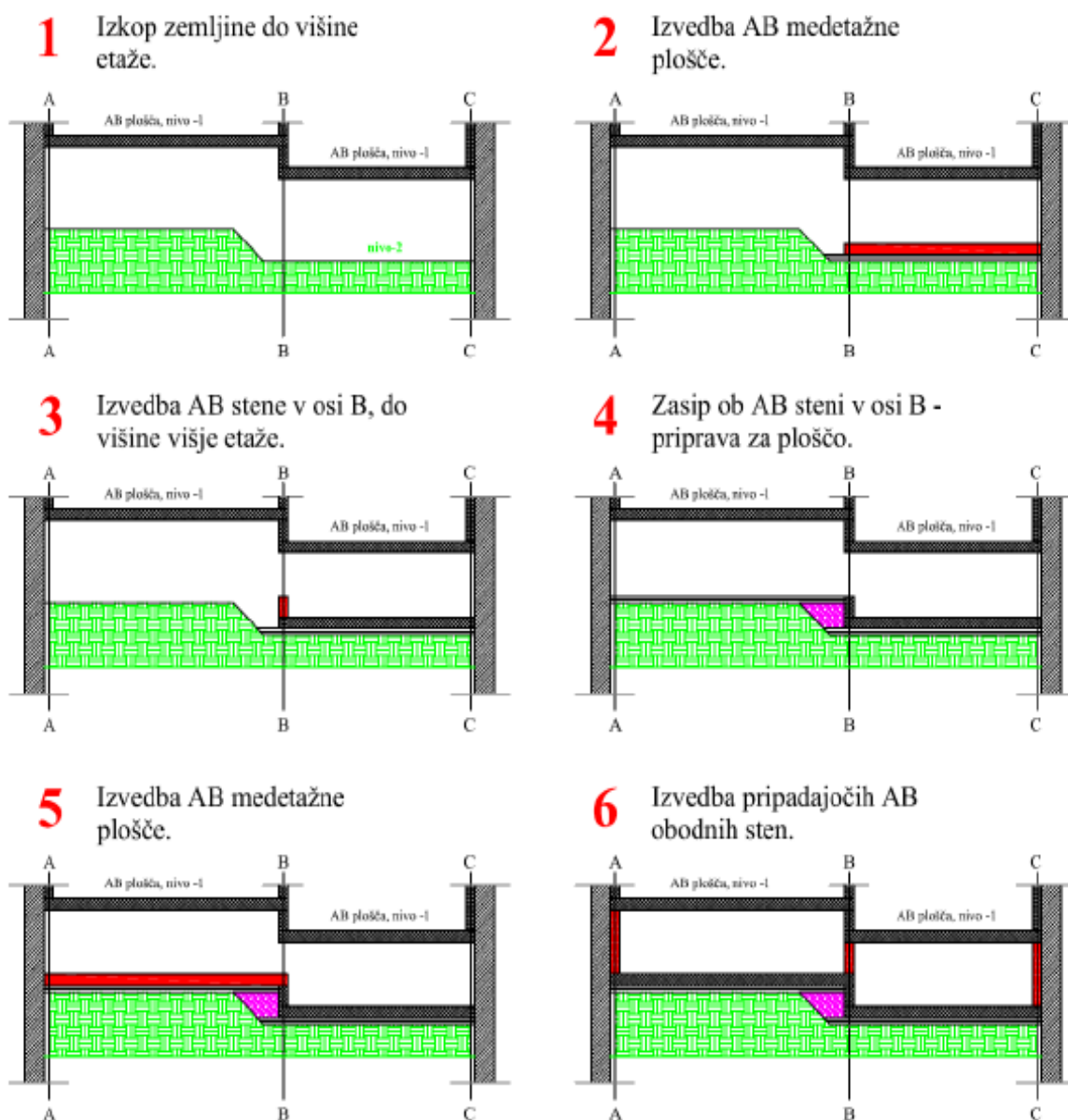
Mestna občina Ljubljana je investirala gradnjo podzemne Parkirne hiše Kongresni trg v samem centru mesta. Povod za projekt je bilo vse večje pomanjkanje parkirnih mest v središču Ljubljane ter ureditev Kongresnega trga in parka Zvezda po Plečnikovih načrtih. [10]

Parkirna hiša leži na območju heterogene sestave tal. Ta so sestavljena iz plasti prodov starejšega savskega nasipa, barjanskih sedimentov (gline, glinasti melji, peščeni melji in peski) ter iz glinenih gruščnatih hudourniških vložkov. Poleg tega so neugodni tudi hidrološki pogoji. Pojavi se viseča podtalnica, ki je ujeta med slabše prepustne plasti. Zaradi podtalne vode moramo pri statičnem izračunu upoštevati pojav pornih tlakov. Za zniževanje gladine vode ter vzdrževanje suhe gradbene jame je bilo potrebno večje število vodnjakov. [3]

Parkirna hiša je bila izvedena z razpirano gradbeno jamo. Osnovi nosilni elementi so armirano betonska diafragma, armirano betonske medetaže plošče – razpore in armirano betonski stebri. Armirano betonska diafragma je globine 26 m in debeline 65 cm. Za izdelavo diafragme so najprej zabetonirali vodilni kanal, sledilo je izkopavanje in varovanje jarka z bentonitno izplako, izdelava in montaža armaturnega koša ter na koncu betoniranje. Za razporno konstrukcijo so uporabili medetažne plošče, ki se obesijo na diafragma in naknadno zgrajene stene. Medetažne plošče podpirajo sredinski stebri. Znotraj je 16 stebrov na osni razdalji 8,10 cm. V sredini stebrov je toga armatura iz paličja, sestavljenega iz dveh med seboj povezanih HEM profilov. Gradbena jama se je gradila po klasični metodi z vrha navzdol z dodanimi začasnimi cevni razporami. [3] [10]

Med samo gradnjo so se izvajale različne vrste monitoringa in tehničnega nadzora: geodetski monitoring parkirne hiše in sosednjih objektov, hidrogeološki monitoring, monitoring poškodb sosednjih objektov in stanovanj, inklinometrične meritve diafragme, meritve vibracij, cross-hole meritve zveznosti diafragme ter meritve hrupa. [11]

Parkirna hiša je edinstven primer takšne gradnje v Sloveniji. Zaradi izjemno zahtevnih pogojev gradnje se z njo lahko primerja redko katera gradnja pri nas. [1]



Slika 20: Zaporedje izvedbe posamezne medetažne plošče, Parkirna hiša Kongresni trg.
(Vir: Jerič, 2010)



Slika 21: Odprtine za transport izkopanega materiala, Parkirana hiša Kongresni trg.
(Vir: Foto Janez Mikec)

4.2 Narodna in univerzitetna knjižnica v Ljubljani (NUK II)

Zaradi potrebe po večji in hitrejši dostopnosti knjižnega gradiva Vlada Republike Slovenije skupaj in Mestna občina Ljubljana načrtujeta izgradnjo nove Narodne in univerzitetne knjižnice NUK II. [12]

V arhitekturni zasnovi objekta NUK II je predvideno visoko regalno skladišče, ki predstavlja glavni problem pri načrtovanju varovanja gradbene jame. Regalno skladišče naj bi se nahajalo v štirih kletnih etažah. Najnižja kota gradbene jame bi bila na globini 17 m. [12]

Zasnovan objekt bo na lokaciji, ki leži na enem od geološko najbolj zahtevnih področij v Sloveniji. Nahaja se na prehodu med visoko stisljivimi sedimenti ljubljanskega barja in nekoliko boljšimi prodnimi in glinastimi naplavinami ljubljanskega polja. Zaradi geološko-geomehanskih lastnosti tal sidra kot sistem varovanja niso mogoča. Zaradi naštetega so strokovnjaki izbrali tehnologijo gradnje in varovanje gradbene jame z razporno armirano betonsko ploščo ter vertikalno obodno konstrukcijo iz diafragme debeline 100 cm. Diafragma se bo razpirala v dveh nivojih z armirano betonskimi stropnimi ploščami. Pri razpiranju bo pomagala tudi talna plošča. Zaradi velikega razpona med sosednimi

stenami gradbene jame (tudi do 40 m), bodo plošče začasno podprte z Benotto piloti, ki so namenjeni za temeljenje objekta. [12]

Dodatne probleme povzroča podzemna voda znotraj gradbene jame. Zniževanje vode je predvideno z večjim številom črpalnih vodnjakov.

Posebnost te gradbene jame je izkop in odvoz odvečnega izkopenega materiala. Zaradi svoje razsežnosti in pomanjkanja prostora je iznos gradbenega materiala predviden z vertikalnimi transportnimi trakovi. [12]



Slika 22: Narodna univerzitetna knjižnica II.

(Vir: <http://ipop.si/wp/wp-content/uploads/2012/05/NUK2-2.jpg>)

5 ZAKLJUČEK

Namen diplomske naloge je bil predstaviti nekaj osnovnih načinov gradnje gradbene jame z vrha navzdol. Metode se razlikujejo glede na način razpiranja obodnih konstrukcij in nosilne elemente. Razpore so lahko jekleni okvirji ali samo jekleni nosilci, prednapete betonske plošče vseh oblik ali hidravlične razpore. Obodne konstrukcije so lahko začasne ali stalne. Med začasne spadajo tiste, ki po končani gradnji ne opravljajo več svoje funkcije varovanja gradbene jame. Med te štejemo zagatnice ali berlinske stene. Za stalne konstrukcije po navadi uporabljamo armirano betonsko diafragmo, ki po končani gradnji opravlja funkcijo obodne stene objekta.

Osnovni način gradnje je, da v začetku naredimo obodno konstrukcijo in po potrebi stene ali stebre znotraj polja izkopavanja. Sledi izkopavanje in priprava opažev za prvo razporno ploščo ali drugi razporni element v prvi etaži. Ko razporna konstrukcija začne delovati, lahko začnemo z novim izkopom pod nivojem prve etaže. Medtem lahko v prvi etaži nadaljujemo z gradbenimi deli, npr.: inštalaterska dela, gradnja predelnih sten itd. Postopek ponavljamo vse do talne plošče. Bistvena značilnost tehnologije z vrha navzdol je, da istočasno z istimi elementi varujemo gradbeno jamo ter gradimo nosilno konstrukcijo objekta.

V Sloveniji še ni tradicije v izgradnji gradbenih jam z vrha navzdol. Vsak tak projekt v prihodnosti potrebuje timski pristop različnih strokovnjakov. Znanje za opisane izgradnje črpamo v tujini z opisovanjem dobrih praks. Te lahko s pridom prenesemo v Slovenijo, čeprav je Slovenija v nekaterih predelih geološko zelo specifična. Vse to narekuje individualni pristop za vsak tak projekt, ki bo načrtovan v prihodnosti. Glede na pozidanost večjih slovenskih mest, nekatera so stisnjena tudi med hribi, ostaja velik problem prostor. Iz tega vidika imajo opisane gradnje pravo prihodnost tudi v Sloveniji. Potreben je strokoven pristop. Potrebujemo dodatna znanja in prakso iz tega področja.

VIRI

- [1] Majes, B. 2013. Fundiranje I. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. 97 str.
<http://www.fgg.uni-lj.si/kmtal-gradiva/GR-UNI/F1/gradbena%20jama.pdf>
(Pridobljeno 12. 2. 2013.)
- [2] Cigler, S. 2009. Geotehnična analiza konstrukcije za varovanje gradbene jame garažne hiše pod Kongresnim trgom v Ljubljani. Diplomaska naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo (samozaložba S. Cigler). 64 str.
<http://dkum.uni-mb.si/IzpisGradiva.php?id=10279> (Pridobljeno 15. 7. 2013.)
- [3] Jerič, U. 2010. Tehnologija izvedbe parkirne hiše na Kongresnem trgu v Ljubljani po sistemu z razpornimi ploščami. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba U. Jerič). 64 str.
http://drugg.fgg.uni-lj.si/384/1/GRV_0408_Jeric.pdf (Pridobljeno 15. 7. 2013.)
- [4] Brezovnik, J. 2012. Tehnologija izvedbe podzemne parkirne hiše Kongresni trg v Ljubljani. Diplomaska naloga. Maribor, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo (samozaložba J. Brezovnik). 188 str.
<http://dkum.uni-mb.si/IzpisGradiva.php?id=23158> (Pridobljeno 15. 7. 2013.)
- [5] Fašalek, M. 2008. Zaščita gradbenih jam v mestnih središčih – praksa v Sloveniji. Gradbeni inštitut ZRMK.
[http://www.gi-zrmk.si/Knjiznica/Gr_1-08%2031-34\(geotehnika\).pdf](http://www.gi-zrmk.si/Knjiznica/Gr_1-08%2031-34(geotehnika).pdf)
(Pridobljeno 16. 7. 2013.)
- [6] Jang, Y., Shin, S., Heo, J. 2012. Analysis of large scale top-down methods used in recent urban buildings construction, Korea. Zakladani staveb- Foundations. Brno. Str. 177-182.
- [7] Lee, H.S., Lee, J.Y., Lee, J.S. 1999. Nonshored formwork system for top-down construction. Journal of construction engineering and management. 125: 392-399.
- [8] Groundforce shorco. 2013.
<http://www.groundforce.uk.com/GroundforceShorco/Products/> (Pridobljeno 19. 8. 2013.)

- [9] Samathar, V.S. 2002. Top-down construction for deep basements. Sri Lanka, The institution of engineers, Sri Lanka. Str. 51-61.
http://iesl.ceylonhost.com/IESL_publications/ (Pridobljeno 3. 9. 2013.)
- [10] Ačanski, V., Filipič, V., Živec, M. 2010. Projektiranje in izvedba podzemne parkirne hiše Kongresni trg Ljubljana. V: Lopatič, J. (ur.), Markelj, V. (ur.), Saje, F. (ur.). 32. Zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije. Bled, hotel Golf, 7.-8. Oktober 2010. Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev. Str. 57-66.
- [11] Ačanski, V., Živec, M., Umek, U. 2011. Zaključek gradnje in monitoring podzemne parkirne hiše Kongresni trg Ljubljana. V: Lopatič, J. (ur.), Markelj, V. (ur.), Saje, F. (ur.). 33. Zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije. Bled, hotel Golf, 6.-7. Oktober 2011. Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev. Str. 127-136.
- [12] Mešič, N., Pavlič, M. U., Falašek, M. 2009. Projektiranje in varovanje gradbene jame za potrebe izgradnje Narodne univerzitetne knjižnice Jožeta Plečnika (NUK II) v Ljubljani. V: Lopatič, J. (ur.), Markelj, V. (ur.), Saje, F. (ur.). 31. Zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije. Rogaška Slatina, 8.-9. oktober 2009. Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev. Str. 119-126.