

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:

Dolenc, T., 2016. Amfibijska stavba na Ljubljanskem barju. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Steinman, F.): 65 str.

Datum arhiviranja: 09-03-2016

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:

Dolenc, T., 2016. Amfibijska stavba na Ljubljanskem barju. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Steinman, F.): 65 pp.

Archiving Date: 09-03-2016

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

**UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI
PROGRAM VODARSTVO IN
KOMUNALNO INŽENIRSTVO**

Kandidatka:

TJAŠA DOLENC

AMFIBIJSKA STAVBA NA LJUBLJANSKEM BARJU

Diplomska naloga št.: 272/VKI

**AMPHIBIOUS BUILDING ON THE LJUBLJANA
MARSH**

Graduation thesis No.: 272/VKI

Mentor:

prof. dr. Franc Steinman

Ljubljana, 24. 02. 2016

STRAN ZA POPRAVKE (ERRATA)

Stran z napako	Vrstica z napako	Namesto	Naj bo

IZJAVE

Podpisana Tjaša Dolenc izjavljam, da sem avtorica diplomske naloge z naslovom »Amfibijska stavba na Ljubljanskem barju«.

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

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana, 12.2.2016

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	005.936.2:69.05:627.51(285.3)(497.4)(043.2)
Avtor:	Tjaša Dolenc
Mentor:	prof. dr. Franci Steinman
Naslov:	Amfibijska stavba na Ljubljanskem barju
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – univerzitetni študij
Obseg in oprema:	65 str., 1 pregl., 39 sl., 14 en., 2 pril.
Ključne besede:	amfibijska stavba, plovni temelj z vertikalnimi stabilizacijskimi stebri, poplave, protipoplavna gradnja, Ljubljansko barje

Izvleček:

Poplave v Sloveniji in drugod po svetu povzročajo veliko gmotne škode. Številni strokovnjaki za podnebne spremembe opozarjajo na globalno segrevanje in njegove posledice, ker se bodo v prihodnosti še stopnjevale, zato bodo poplave pogostejše in intenzivnejše. Istočasno se povečuje tudi prebivalstvo, ljudje vedno več gradijo na poplavnih območjih, zato bodo poplavne škode naraščale. Amfibijska gradnja je dobra tehnika protipoplavne gradnje, saj predstavlja odlično rešitev za različna poplavna območja. Zagotavlja optimalno varnost nepremičnin, je brez potrebnih sanacij po poplavi, nima škodljivih vplivov na okolje ter ohranja izgled soseske in obstoječi arhitekturni značaj. Ljubljansko barje je območje, ki ga prizadenejo vsakoletne poplave. V nalogi predstavljam prvo amfibijsko stavbo v Sloveniji, postavljeno na Ljubljanskem barju, ki je dimenzionirana in umeščena v prostor v skladu s predpisi in prostorskimi akti. Prikazani so tudi različni izračuni vpliva poplavne vode na objekt in njegov odziv.

BIBLIOGRAPHIC - DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 005.936.2:69.05:627.51(285.3)(497.4)(043.2)
Author: Tjaša Dolenc
Supervisor: prof. Franci Steinman, Ph.D.
Title: Amphibious building on the Ljubljana Marsh
Document type: Graduation Thesis – University studies
Notes: 65 p., 1 tab., 39 fig., 14 eq., 2 ann.
Key words: amphibious building, floating foundation with vertical guidance posts, floods, flood-proofing construction, Ljubljana Marsh

Abstract:

Floods in Slovenia and around the world cause a lot of damage. Numerous experts for climate change warn about the global warming and its consequences, because they will intensify in the future, therefore flooding will be more frequent and intense. At the same time the population is increasing, people are building more and more on flood-prone areas, therefore flood damage will increase. Amphibious construction is excellent flood-proof technique and presents the perfect solution for different flood-prone areas. It provides optimal security for the property, without the necessary rebuilding after the flood, has no harmful impact on the environment and preserves the appearance of neighborhoods and existing architectural character. Ljubljana Marsh is affected with annual flooding. This thesis introduces the first amphibious building in Slovenia placed on the Ljubljana Marshes, which is dimensioned and positioned in space according with the regulations and spatial planning instruments. In the thesis are additionally shown various calculations of the flood water impact on the building and its response.

ZAHVALA

Za pomoč in podporo pri nastajanju diplomskega dela se iskreno zahvaljujem mentorju prof. dr. Franciju Steinmanu, ge. Tini Pirc, ge. Nuši Dremelj (ARSO), ge. Sari Femec in ge. Karolini Rebernik (Zavod RS za varstvo narave) ter ge. Erni Lesar Gnidovec (MOL).

Zahvaljujem se tudi moji družini za vso podporo in potrpežljivost v času študija in med pripravo diplomske naloge.

KAZALO VSEBINE

BIBLIOGRAFSKO - DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC - DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT	IV
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
OKRAJŠAVE IN SIMBOLI	XI
1 UVOD.....	1
2 PREGLED STANJA IN TEHNIKE.....	3
2.1 Različne tehnike gradnje in osnovne enačbe	4
2.1.1 Različne tehnike gradnje amfibijskih temeljev in nekateri projekti po svetu	6
2.1.2 Enačbe o plovnosti in silah na objekt	12
2.2 Uporabljeno inženirsko orodje	18
2.3 Pravno stanje in omejitve pri gradnji amfibijske stavbe v Sloveniji	18
3 OPIS OBRAVNAVANE AMFIBIJSKE STAVBE NA LJUBLJANSKEM BARJU	22
3.1 Izbor plovnega temelja	27
3.2 Zasnova zgradbe	29
3.3 Vertikalni stabilizacijski stebri oziroma vodila	30
3.4 Gibljivi priključki instalacij stavbe.....	31
4 OBDELAVE IN PROJEKTNE REŠITVE.....	33
4.1 Pogoji za gradnjo	33
4.2 Izkop in pilotiranje	37
4.3 Vertikalni stabilizacijski stebri oziroma vodila	39
4.4 Plovni temelj.....	41
4.4.1 Test plovnosti votle betonske školjke.....	46
4.5 Priključki na gospodarsko javno infrastrukturo.....	48
4.6 Zasnova zgradbe.....	49
4.7 Amfibijska stavba na Ljubljanskem barju	51
5 ZAKLJUČKI.....	57
VIRI.....	59
PRILOGE	67

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Koeficient upora (C_d) glede na razmerje (b/h) (FEMA, 2012: str. 4-17)	16
---	----

KAZALO SLIK

Slike 1: Shemi prikazujeta dvigovanje amfibijske hiše z naraščajočo vodno gladino, levi primer je za amfibijsko hišo v Massbommelu na Nizozemskem; zgornji pa za amfibijsko hišo Formosa v Veliki Britaniji; spodaj sta prikazana še oba realizirana projekta (Manley, 2014: str. 92; Robarts, 2014; Manley, 2014: str. 93; Links To..., 2015).....	5
Slike 2: Blooming Bamboo Home v Vietnamu; plovno telo iz plastenk in bambusa za LIFT House; prototip LIFT House v Daki (Davis, 2013; English, 2009: str. 6; Prosun, 2011: str. 162).....	7
Slike 3: Amfibijska hiša Noah's Ark v južni Louisiani; pilotni projekt tajske amfibijske hiše v vasi Ban Sang (English, 2009: str. 5; Tang, 2015).....	8
Slike 4: Amfibijska hiša v južni Louisiani z vgrajenim amfibijskim sistemom (levo); na srednji sliki lahko vidimo, da je desna amfibijska hiša prestala poplavo nepoškodovana, leva pa ne, ker je fiksirana na tla; desno je shematski prikaz BF med poplavo (English, 2009: str. 4; English, 2015a: str. 9; Buoyant..., 2014).....	9
Slike 5: FLOAT House iz dveh različnih pogledov (Floating Homes, 2015; Float House, 2009b).....	10
Slike 6: Pripravljen dok z dvema vertikalnima stebroma in fleksibilno cevjo za priključke; amfibijski hiši v Maasbommel; amfibijska hiša Formosa; pogled iz zraka na amfibijske in plavajoče hiše v Maasbommel; testiranje plovnega temelja za Formoso (Project review, 2011: str. 11; Floating Homes, 2015; Formosa, 2015; Maasbommel, 2015; Grand Designs, 2014).....	12
Slike 7: Shema plavajočega objekta s tremi hidrostatičnimi tlaki in pritiski (Koekoek, 2010: str. A7-4, cit. po Kuiper, 2006).....	13
Slike 8: Prikaz stabilnosti, delovanje sil vzgona in sile teže telesa s težišči potopljenega dela in celotnega telesa; ter njihovo delovanje, ko se objekt nagne (Rajar, 1997).....	17
Slike 9: Območje Ljubljanskega barja (Ljubljansko barje, 2015a).....	22
Slike 10: Poplavno območje 100-letnih (levo, svetlo modra) in 10-letnih poplav (desno, temno modra) na Barju (Atlas Okolja, 2015).....	23
Slike 11: Prikaz razredov srednje (oranžna in turkizna barva) ter velike (rdeča barva) poplavne nevarnosti na Barju in v naselju Lipe (Urbinfo, 2015; Atlas Okolja, 2015).....	24
Slike 12: Celotno naselje Lipe z roza obarvanimi območji, kjer je še možna gradnja po spremembi OPN-ja z izbrano lokacijo (rdeč krogec); izbrano območje s pripadajočo funkcionalno enoto in zaporedno številko enote urejanja prostora BČ-460 (Urbinfo, 2015).....	25

Slike 13: Izbrana lokacija za amfibijsko stavbo (levo, rdeč krogec); modro označeno območje, ki ga prizadenejo 10-letne poplave; na desni sliki vidimo, da objekt spada še v srednji razred poplavne nevarnosti (Urbinfo, 2015; Atlas Okolja, 2015; Atlas Okolja, 2015)	25
Sliki 14: Temno modra barva označuje globine poplavne vode nad 1,5 m, svetlo modra pa med 0,5 m in 1,5 m pri Q_{100} ; ter predvidena postavitev objekta na izbrani parceli na desni sliki (Atlas Okolja, 2015; Urbinfo, 2015).....	26
Slike 15: Potek gradnje armirano betonske školjke za amfibijske hiše v Maasbommel: postavitev armature; postavitev kovinskega opaža; končni izdelek; premik školjke z žerjavom; nameščen temelj na lokaciji (Prosun, 2011: str. 39; 3x Project review, 2011: str. 7; Prosun, 2011: str. 39).....	28
Slike 16: Potek gradnje plovnega temelja za amfibijsko hišo FLOAT House: EPS jedro z inštalacijami; brizganje betona ojačanega s steklenimi vlakni (GFRC); končni izdelek plovnega temelja (Float House, 2009a: str. 2, 3)	28
Slike 17: Lahka lesena konstrukcija amfibijskih zgradb v Maasbommel (Prosun, 2011: str. 39; 2x Project review, 2011: str. 9)	30
Slike 18: Različni vertikalni stabilizacijski stebri: v Maasbommel; v južni Louisiani; v Veliki Britaniji za amfibijsko hišo Formosa; ter vertikalni stabilizacijski steber za FLOAT House, ki poteka v notranjosti zgradbe (Floating Homes, 2015; English, 2009: str. 4; Links To..., 2015; Etherington, 2009)	31
Sliki 19: Fleksibilne cevi s priključki za amfibijsko hišo v Maasbommel, ki potekajo ob vertikalnem stabilizacijskem stebru; vstavljanje rezervoarjev v plovni temelj amfibijske hiše FLOAT House (Manley, 2014: str. 90; Float House, 2009a: str. 4).....	32
Slika 20: Velikost izbrane parcele (Urbinfo, 2015)	33
Slika 21: Tloris in dimenzije parcele z gradbeno jamo ter izrisane tlakovane površine	37
Slika 22: Bočni pogled ter dimenzije gradbene jame in pilotov	38
Slika 23: 3D pogled na gradbeno jamo z desetimi armirano betonskimi piloti	39
Slika 24: Bočni pogled na stebre in njihove dimenzije	40
Slika 25: U profil stebra in dimenzije	40
Slika 26: 3D pogled na parcelo z vgrajenimi štirimi vertikalnimi stabilizacijskimi stebri in predvidenim plovnim temeljem	40
Slika 27: Tloris in dimenzije parcele s plovnim temeljem (v turkizni barvi).....	41

Slika 28: Prečni prerez plovnega temelja in njegove dimenzije.....	46
Slika 29: 3D pogled na plovni temelj v jami	46
Sliki 30: Votla betonska školjka in njena teža.....	47
Slike 31: Preizkus plovnosti votle betonske školjke.....	48
Slika 32: Potek priključkov (rdeča črta) od plovnega temelja na gospodarsko javno infrastrukturo	49
Slika 33: Dimenzije zgradbe z vertikalnimi stabilizacijskimi stebri	50
Slika 34: Zgradba dimenzij 8,5 x 12 m s talno ploščo.....	51
Slika 35: Prikaz, kako bi amfibijska stavba izgledala v resnici.....	51
Sliki 36: Detajl jeklenega vertikalnega stabilizacijskega stebra in 3D pogled na amfibijsko stavbo na izbrani parceli s komunalnim priključkom (rdeča barva).....	52
Slika 37: Bočni pogled na amfibijsko stavbo v katastrofalnih poplavah z lokalno globino 2 m.....	52
Slika 38: 3D pogled na amfibijsko stavbo ob poplavah z lokalno globino 2 m	53
Slika 39: Stabilno plavanje amfibijske stavbe	55

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje	
BDP	bruto družbeni proizvod	
BF	plovni oziroma amfibijski temelj	Buoyant Foundation
BFP	ameriška fundacija za razvoj plovnih temeljev	Buoyant Foundation Project
DPN	državni prostorski načrt	
EEA	Evropska agencija za okolje	European Environment Agency
EPS	ekspandirani polistiren (znan tudi pod imenom stiropor)	expanded polystyrene
EUP	enota urejanja prostora	
FBP	faktor odprtih bivalnih površin	
FZ	faktor zazidanosti	
FZP	faktor zelenih površin na raščnem terenu	
GBP	britanski funt	Pound sterling
GFRC	beton ojačan s steklenimi vlakni	Glass Fiber Reinforced Concrete
IDZ	idejna zasnova	
IMFS	kanadsko podjetje za razvoj betonskih plavajočih konstrukcij	International Marine Flotation Systems
IPCC	Medvladni odbor za podnebne spremembe	Intergovernmental Panel on Climate Change
MOL	Mestna občina Ljubljana	
NHA	tajska državna stanovanjska uprava	National Housing Authority
OPN	občinski prostorski načrt	
OPPN	občinski podrobni prostorski načrt	
PBL	nizozemski Inštitut za analizo strateške politike na področju okolja, narave in prostora	Planbureau voor de Leefomgeving
PGD	projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja	
RPN	regionalni prostorski načrt	
VOKA	Javno podjetje Vodovod - Kanalizacija d.o.o., Ljubljana	
USD	ameriški dolar	United States Dollar

- a*..... dolžina/širina potopljenega objekta [m]
- A*..... potopljena površina objekta, ki prenaša čelne obremenitve na gorvodni strani vodnega toka [m²]
- b*..... širina/dolžina potopljenega objekta [m]
- Cd*..... koeficient upora glede na razmerje (*b/h*) pravokotno na tok poplavne vode
- Cg*..... težišče celotnega telesa
- Cw*..... težišče potopljenega dela telesa
- dh*..... prirastek oziroma dvig gladine [m]
- Fd*..... hidrodinamična sila pri visokih hitrostih vodnega toka [N]
- Fdh*..... hidrodinamična sila pri nizkih hitrostih vodnega toka, ki je prirastek obremenitev zaradi vpliva hitrosti vodnega toka (kinetične energije) in jo prištejemo k hidrostatični sili za stoječo vodo [N]
- Fh*..... hidrostatična sila [N]
- Fv*..... sila vzgona [N]
- ft/s*..... hitrost podana s čevlji/sekundo
- g*..... težnostni pospešek [m/s²]
- G*..... teža telesa [N]
- h*..... globina potopljenega dela telesa [m]
- h*..... globina vode [m]
- I*..... vztrajnostni moment [m⁴]
- m*..... masa telesa [kg]
- M*..... metacenter
- p*..... tlak na globini *h* [Pa = N/m²]
- P*..... prostornina potopljenega dela telesa [m³]
- Pd*..... hidrodinamičen tlak pri visokih hitrostih vodnega toka [Pa]
- Pdh*..... prirastek hidrodinamičnega tlaka pri nizkih hitrostih vodnega toka [Pa]
- ρ*..... gostota vode [kg/m³]
- Q₁₀₀*..... pretok s 100-letno povratno dobo
- γ*..... specifična teža vode [N/m³]
- v*..... hitrost poplavnega toka vode [m/s]
- V_{izpod. tekočine}*..... prostornina izpodrinjene tekočine [m³]
- W*..... sila vzgona [N]

SLOVAR MANJ ZNANIH BESED IN TUJK

varnostno nadvišanje (ang.: freeboard) razdalja med vodno gladino in najvišjo točko predmeta (stavbe, plovila,...), ki zagotavlja plovnost. Zaradi dodatne varnosti je priporočljivo, da nek odstotek višine predmeta ostane ves čas nad vodno gladino. Uporabljajo ga za vsa plovila, večinoma tudi za plavajoče in amfibijske objekte, pa tudi pri pregradah, protipoplavnih nasipih, mostovih, ipd..

»Ta stran je namenoma prazna«

1 UVOD

Poplave so naravni ali antropogeni pojav, ki lahko povzroča veliko škode na objektih in okolici. Pojavljajo se vsakoletno, lahko pa tudi na sto ali več let, takrat jih označimo kot katastrofalne poplave (ujme). Za zaščito so ljudje skozi stoletja gradili različne vodogradbene protipoplavne ukrepe, ki zmanjšajo poplavno nevarnost na poplavnih območjih ter tako izboljšali varnost ljudi in objektov. To so različni zadrževalniki, nasipi, zapornice, pregrade, razbremenilniki, urejanje potokov in povirij. Sčasoma se pojavita še dva spremljajoča problema. Prvi problem je globalno segrevanje oziroma povečanje emisij toplogrednih plinov, ki vpliva na številne dejavnike, med njimi tudi na pogostost in intenzivnost padavin ter dvig morske gladine. Drugi pa je povečevanje prebivalstva in seljenje v večja mesta, kjer zmanjkuje površin, zato gradijo tudi na poplavnih območjih.

Tem spremembam je potrebno načrtno prilagoditi tudi gradnjo objektov. Različni vodogradbeni ukrepi in osnovne tehnike protipoplavne gradnje (dvig nad gladino visoke vode ter mokro in suho tesnjenje objektov) nam namreč ne zagotavljajo popolne varnosti. Zanimivo rešitev za prihodnost vidim v gradnji amfibijskih objektov, ki so odlična rešitev za poplavno ogrožena območja, kjer voda redno ali občasno poplavlja. Amfibijska gradnja je primerna za območja, izpostavljena rečnim poplavam, za priobalni pas in kraška polja ter za območja, kjer se teren poseda. Tehnika je že dokazala, da je taka gradnja odlična zaščita, saj optimalno zavaruje nepremičnino in ljudi pred poplavami, zmanjša ranljivost območja, odpravi visoke stroške sanacij, hkrati dobimo nova območja za gradnjo, ohranimo izgled soseke, sledimo trajnostnemu razvoju, rasti urbanizacije in podnebnim spremembam. Do sedaj se je gradnja amfibijskih objektov razširila le na Nizozemskem, v Združenih državah Amerike in v nekaj primerih v Veliki Britaniji, južni ter jugovzhodni Aziji. Ti amfibijski primeri že dokazujejo odpornost proti poplavam oziroma naraščanju lokalne vodne gladine in brez posledic funkcionirajo med in po poplavi.

V Sloveniji imamo trenutno več kot 15 % površine države poplavno ogroženega območja (Povzetek načrta zaščite..., 2014), vrednost pa bo glede na podnebne napovedi še naraščala. Za prve amfibijske projekte je najboljšo, da se osredotočimo na Ljubljansko barje, Planinsko in Cerknjsko polje, ker so ta območja izpostavljena ponavljajočim se poplavam in počasnejšim tokovom. Tudi poplavna voda se na teh območjih zadržuje dalj časa, kar ne predstavlja problema amfibijskemu objektu.

V nalogi predstavim prvi amfibijski projekt za Slovenijo, tj. amfibijska stavba, ki je postavljena na Ljubljanskem barju. Gradnja je predstavljena z vidika obnašanja stavbe ob poplavah. Prav tako je

objekt dimenzioniran in umeščen v prostor v skladu s predpisi in prostorskimi akti. Prikazani so še izračuni, kdaj bo objekt plaval, ter različne obremenitve na plovni temelj med poplavo. Namen naloge je, da predstavim delovanje amfibijskega objekta in ugotovim, ali je mogoče postaviti tak objekt v slovensko okolje, oziroma kje se skrivajo prepreke.

2 PREGLED STANJA IN TEHNIKE

Poplave kot naravni pojav največkrat nastanejo zaradi močnih padavin, hitrega taljenja snega ali skupnega delovanja. Do poplav lahko pride tudi zaradi visoke morske plime, dviga gladine podtalnice, naravnega posedanja tal, zajezenega odtoka na kraških poljih, delovanja hudournikov, zaježitve, povzročene s snežnim ali zemeljskim plazom, in posedanja, povzročene z gospodarsko dejavnostjo - rudarstvom. (Povzetek načrta zaščite..., 2014) Izmed vseh tipov naravnih nesreč, poplava povzroča največ gmotne škode, tako pri nas kot v svetu. Leta 2011 so poplave na Tajskem prizadele petino ljudi (več kot 13 milijonov) in po ocenah Svetovne banke povzročile 50 milijard USD škode (Tang, 2015). Reka Mississippi je leta 1993 prizadela devet ameriških zveznih držav, kjer so poplave povzročile 20 milijard USD škode (Hanson, Dar, 2015). Tudi v Veliki Britaniji so poplave leta 2000 prizadele več kot 10.000 posesti, neposredna škoda je bila ocenjena na 1 milijardo GBP. Po ocenah naj bi bilo v nevarnosti poplavljanja že skoraj 2 milijona posesti. (Garvin, Reid, Scott, 2005) Prav tako so poplave v Sloveniji leta 1990 in 1998 povzročile veliko gmotno škodo, ki je v obeh primerih znašala približno 20 % letnega BDP-ja. (Povzetek načrta zaščite..., 2014)

Globalno segrevanje, kjer se povprečna globalna temperatura ozračja viša (večinoma zaradi povečanja emisij toplogrednih plinov), vpliva tudi na dvig morske gladine ter vse pogostejše in intenzivnejše ekstremne vremenske pojave, med katere spada vodna ujma. Znanstveniki Medvladnega odbora za podnebne spremembe (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) napovedujejo, da se lahko gladina morja do konca 21. stoletja dvigne celo za 0,98 m (IPCC, 2013). Po napovedih Evropske agencije za okolje (European Environment Agency, EEA), je predvideno tudi občutno povečanje padavin v zimskem času, še posebej za osrednjo in vzhodno Evropo. Daljša deževna obdobja pa so trenutno že zabeležena v severovzhodnem delu Evrope. (EEA, 2014) Poplave se bodo zaradi teh dejavnikov pojavljale vse pogostejše, z večjo intenziteto in povzročale vedno več škode.

Hkrati se povečuje še število prebivalstva. Ljudje se zaradi dela in boljšega življenja selijo v mesta, kjer primanjkuje prostora, zato vedno bolj posegajo in gradijo na poplavno ogroženih območjih. Že sedaj skoraj 1 milijarda ljudi po svetu živi na poplavnih območjih, strokovnjaki nizozemskega Inštituta za analizo strateške politike na področju okolja, narave in prostora (Planbureau voor de Leefomgeving, PBL) celo napovedujejo, da se bo številka do leta 2050 povečala na 1,3 milijarde ljudi (A world of Cities by 2050, 2014).

Različni vodogradbeni ukrepi in znane tehnike protipoplavne gradnje niso zadostna zaščita pred vplivi podnebnih sprememb in poplav, ki nam pretijo v prihodnosti. Hkrati pa je v nekaterih primerih zagotavljanje varnosti lahko zelo drago, zato je pravi čas, da razvijemo nove rešitve.

2.1 Različne tehnike gradnje in osnovne enačbe

Trenutno v Sloveniji uporabljamo tri tehnike gradnje na poplavnih območjih. To so (FEMA, 2012):

- dvig nad gladino visoke vode,
- suho tesnjenje objektov (vodotesni objekti) ter
- mokro tesnjenje objektov (vodoodporni objekti).

Dvig nad gladino visoke vode (dvig na pilote, stebre ali stene) je že dalj časa najbolj učinkovita tehnika. Z dvigom se zagotovi, da je zgradba večinoma varna pred silami poplavne vode in silami plavin. Spodnja struktura objekta, ki so nadvišane stene in stebri, pa je izpostavljena različnim horizontalnim silam (poplavne vode, plavin, potresa) in vertikalnim obtežbam (teža zgradbe, snega), zato mora biti trdna in sidrana dovolj globoko. Dvignjen objekt je bolj izpostavljen tudi silam vetra. Slabost te tehnike je, da ne ohrani izgleda soseske ter ni prilagojena podnebnim spremembam, zato ni 100% varna. Ko objekt dvignemo, ga večinoma dimenzioniramo nad višino 100-letne vode, s tem pa zagotovimo poplavno varnost le do neke fiksne višine. Lahko se zgodi, da je višina poplavne vode še višja, tedaj bo tudi dvignjen objekt poplavljen.

Pri suhem tesnjenju ojačamo temelje, tla in stene ter jih zavarujemo z različnimi premazi in zaščitami, ki zagotavljajo vodotesnost. Voda v tem primeru ne vstopi v objekt. Pri gradnji se zato izbere trdnejše materiale, kot sta opeka ali armirani beton. Vrata, okna in druge odprtine pa je potrebno zaščititi z različnimi tesnilnimi elementi, ki preprečujejo vstop vode ter povečajo odpornost proti silam poplavne vode in silam plavin na objekt. Zagotoviti moramo še zaščito kanalizacijskih in vodovodnih cevi pred povratnim tokom. Pri tej tehniki moramo biti ves čas v pripravljenosti, saj nam v primeru vdora vode v objekt, povzroči veliko škodo.

Obratno je pri mokrem tesnjenju, kjer se za objekt uporabi materiale, ki so vodoodporni. S tem se omogoči vstop vode v objekt tako, da so poškodbe na objektu in škoda v njem minimalni. Največji problem predstavlja zavarovanje hišnih inštalacij in drugih komponent, katere je potrebno pravilno zaščititi pred vodo ali pa jih zaradi večje varnosti raje dvignemo nad višino 100-letne vode. Ta tehnika je primerna, kjer imajo zgrajene nadvišane kleti, ki so lahko poplavljene, če tam ne shranjujejo vrednih

stvari. Čepjav je cenejša od dviga in suhega tesnjenja, ne zagotavlja 100% varnosti in ni brez sanacij po poplavih.

Amfibijska gradnja pa je dokaj nova tehnika gradnje na poplavnih območjih in nepoznana v Sloveniji. Amfibijske hiše so objekti, ki ob normalnih pogojih počivajo na suhih tleh, ob povišanih vodostajih pa lahko zaradi vzgonskih sil, plovnega temelja in več vertikalnih stabilizacijskih stebrov splavajo na poplavni vodi. Hiša tako ostane nepoplavljena in se po umiku poplavne vode varno vrne nazaj na tla, v prvotno lego. Primerna je tudi za območja, kjer se voda zadržuje dalj časa. Amfibijska gradnja ima veliko prednosti pred drugimi že obstoječimi tehnikami. Amfibijski objekt zagotavlja 100% varnost nepremičnine in ljudi, je brez sanacij po poplavi, ima majhen vpliv na okolico, omogoča gradnjo na novih poplavnih območjih ter ohranja izgled soseske in obstoječi arhitekturni značaj.



Slike 1: Shemi prikazujeta dvigovanje amfibijske hiše z naraščajočo vodno gladino, levi primer je za amfibijsko hišo v Massbommelu na Nizozemskem; zgornji pa za amfibijsko hišo Formosa v Veliki Britaniji; spodaj sta prikazana še oba realizirana projekta (Manley, 2014: str. 92; Robarts, 2014; Manley, 2014: str. 93; Links To..., 2015)

Značilnosti amfibijske gradnje:

- primerna je za poplavna območja in slabo nosilna tla;
- priporočljiva gradnja za urbana območja;
- zgradbe stojijo na plovnem oziroma amfibijskem temelju, ki običajno počiva na betonski temeljni plošči ali na pilotih v tleh;

- objekti se lahko zaradi plovnega temelja in vertikalnih stabilizacijskih stebrov lahko dvignejo tudi za več metrov, če jim to dovoljujejo dovolj dolgi vertikalni stabilizacijski stebri in fleksibilne cevi s priključki;
- stabilnost hiše pri vertikalnih pomikih ob dvigu vodne gladine omogočajo dva ali štirje vertikalni stabilizacijski stebri, ki hkrati omejujejo še horizontalne pomike in skrbijo za minimalni bočni nagib objekta;
- konstrukcija zgradbe mora biti iz lahkih materialov (lesa, aluminija in drugih nerjavečih kovin) ter obtežena simetrično, da zagotovi horizontalno lego pri dvigu ob poplavi;
- dolge fleksibilne cevi s priključki povezujejo hišne inštalacije in javno infrastrukturo ter se v primeru poplav lahko raztegnejo za več metrov;
- izbere se lahko tudi samotesnilne ločljive priključke, ki se ob poplavi prekinejo, tedaj je potrebno poskrbeti še za dodatne rezervoarje za odpadno vodo, črpalko ter generator za elektriko, če se to potrebuje v objektu.

2.1.1 Različne tehnike gradnje amfibijskih temeljev in nekateri projekti po svetu

V Združenih državah Amerike in na Nizozemskem so amfibijski projekti prisotni že dalj časa. V tem obdobju so dokazali odlično odpornost proti poplavam. Sedaj se je gradnja počasi začela širiti tudi v Veliki Britaniji ter v državah jugovzhodne in južne Azije.

Najbolj pomembna odločitev pri izgradnji amfibijskega objekta je izbira amfibijskega temelja (plovni temelj + vertikalni stabilizacijski stebri), saj mora zagotavljati zadosten vzgon objektu, da lahko kljub teži zgradbe plava, ter hkrati prenašati sile poplavne vode in sile plavin.

Možnih rešitev je veliko. Plovni temelji so lahko zgrajeni iz enostavnejših materialov, kot npr. leseno ogrodje, polnjeno s praznimi sodi (kovinskimi in plastičnimi), platenkami ali EPS bloki (ekspandirani polistiren oziroma stiropor). Največ teh primerov najdemo v jugovzhodni in južni Aziji. To so trpežni in poceni materiali, vendar prenašajo le manjše obtežbe, zato jih uporabljajo za manjše hiše oziroma lahke objekte.

Prvi primer je vietnamski prototip z imenom »Blooming Bamboo Home«, kjer je podjetje H&P Architects izdelalo načrt za cenovno dostopno amfibijsko hiško, namenjeno revnejšim vaščanom. Za plovni temelj so uporabili reciklirane oljne sode, ostala konstrukcija pa je iz bambusa. Štirje vertikalni jekleni piloti držijo hišico na mestu in omogočajo, da se ob poplavi lahko dvigne za 1,5 m. (Davis, 2013) Drugi primer je prototip amfibijske hiše z imenom »LIFT House« v Bangladešu. To je poceni

trajnostna amfibijska hiša za barakarska naselja v Daki, ki potrebuje zelo malo vzdrževanja. Projekt je zasnovan tako, da se zgradi manjše zasebno naselje, ki vsebuje od dva do osem amfibijskih bivališč, ki so strnjena okoli skupnega dvorišča. Konstrukcija hiše je iz bambusa in stoji na plovnem telesu iz bambusovega bloka ter recikliranih plastenk. Plovno telo in konstrukcija sta položena v votlo ferocementno školjko, ki se v primeru poplav napolni z vodo in omogoči objektu, da splava. Potrebno je zgraditi dve bivališči skupaj, za katerima se iz opeke in armiranega betona postavi stena. Stena se potem združi med njima in tvori prostor za kopalnico, kuhinjo ter potrebno napeljavo. Med poplavo stena deluje kot vodilo in opora bambusovi konstrukciji. (English, 2009; Prosun, 2011)



Slike 2: Blooming Bamboo Home v Vietnamu; plovno telo iz plastenk in bambusa za LIFT House; prototip LIFT House v Daki (Davis, 2013; English, 2009: str. 6; Prosun, 2011: str. 162)

Amfibijski temelj je lahko tudi iz jekla. Jeklo omogoča lažje oblikovanje, ima visoko natezno trdnost, je odporno na vremenske vplive in lahko popravljivo. Tak ponton je skoraj nepotopljiv. Čeprav so začetni stroški od 7 do 8 % manjši kot pri betonskih, so stroški vzdrževanja veliko večji ter imajo krajšo življenjsko dobo. Problem se lahko pojavi zaradi korozije na zunanji strani in kondenzacije v notranjosti temelja, saj voda počasi korodira kovino z obeh strani. Zato moramo poskrbeti za ustrezno zaščito proti koroziji, jih na vsakih nekaj let pregledati in popraviti, kar očitno dvigne končne stroške. (Concrete vs Steel, 2015; The best houseboat construction..., 2015)

Amfibijska hiša z imenom »Noah's Ark« v Lakeview, New Orleansu ima votlo jekleno školjko (višine 90 cm) in stoji na betonski plošči. Ob vogalih hiše so sidrani še štirje leseni vertikalni stebri, ki zagotavljajo zadostno stabilnost in dvig na mestu med poplavo. (English, 2009)

Tudi na Tajskem so leta 2012 zgradili prvi pilotni projekt amfibijske hiše za Tajsko državno stanovanjsko upravo (National Housing Authority, NHA). Amfibijski temelj sestoji iz jeklenih pontonov in EPS polnila. Zgrajen je bil v tovarni in sestavljen na lokaciji ter ni viden, ker je vgrajen v jami, kjer stoji na podpornih stebrih. Ko pride poplava, voda steče v jamo, ta se napolni, zato voda dvigne hišo, podporni stebri pa poskrbijo, da ostane na mestu. Hiša se lahko dvigne do 3 m.

Priključena je na javno omrežje. Vgraditi je možno še rezervoarje za pitno vodo in deževnico ter generator, sončne celice ali vetrne turbine. (Tang, 2015; Amphibious Architecture, 2011)



Sliki 3: Amfibijska hiša Noah's Ark v južni Louisiani; pilotni projekt tajske amfibijske hiše v vasi Ban Sang (English, 2009: str. 5; Tang, 2015)

Najbolj pogosti plovni temelji so:

- votla armirano betonska školjka,
- jekleno ogrodje, polnjeno z EPS bloki ali drugimi plovnimi elementi,
- armirano betonska školjka z EPS polnilom ter
- EPS jedro brizgano z betonom, ojačanim s steklenimi ali jeklenimi vlakni.

V ameriški zvezni državi Louisiani najdemo največ primerov jeklenega ogrodja polnjenega z EPS bloki, ki omogoča enostavno in hitro vgradnjo, ter je cenovno zelo ugodno. Slaba stran je, da je ta način vizualno moteč in primeren za lažje hiše.

Že pred tridesetimi leti je na jezeru Raccourci Old River v Point Coupee Parish, ki je bil včasih del reke Mississippi, Buddy Blalock našel rešitev za svoj dom. Najprej je hišo dvignil, nato na spodnjo stran pritržil jekleno ogrodje, ga zapolnil z EPS bloki, ter na vogalih hiše postavil še štiri vertikalne stebre, katere je sidral v tla in jih pritržil na jekleno ogrodje. Kmalu za tem so mu sledili še drugi. V več kot 30-ih letih, ko je reka poplavljala, so te amfibijske hiše preživele poplavo nepoškodovane. (English, 2009; English, 2015b; de Melker, 2012)

Naslednji korak je naredila prof. dr. Elizabeth English. Leta 2006 je v Louisiani ustanovila fundacijo za razvoj plovnih temeljev (Buoyant Foundation Project, BFP), kjer so razvili inovativno strategijo za poplavno varne hiše, s poslanstvom, da pomagajo okrevati New Orleansu po hurikanu Katrina. Njihov plovni oziroma amfibijski temelj (Buoyant Foundation, BF) je narejen za naknadno vgradnjo na že obstoječih hišah. Tehniko so razvili na louisianskih tradicionalnih hišah (»shotgun« hišah). BF sestoji iz treh osnovnih elementov: jeklenega ogrodja, plovnih blokov (EPS bloki) in štirih vertikalnih

teleskopskih jeklenih stebrov. Jekleno ogrodje drži EPS bloke skupaj, pritrjeno je na spodnjo stran hiše in na vertikalne teleskopske stebre. Dobra stran je, da so stroški obvladljivi za tipičnega lastnika (med 10.000 in 25.000 USD) in predstavlja cenejši način kot je dvig objekta nad gladino visoke vode. (Anderson, 2014; English, 2009; BFP, 2015; English, 2015b)



Slike 4: Amfibijska hiša v južni Louisiani z vgrajenim amfibijskim sistemom (levo); na srednji sliki lahko vidimo, da je desna amfibijska hiša prestala poplavo nepoškodovana, leva pa ne, ker je fiksirana na tla; desno je shematski prikaz BF med poplavo (English, 2009: str. 4; English, 2015a: str. 9; Buoyant..., 2014)

Za plovni temelj lahko uporabimo tudi kompozite. To so visoko tehnološki materiali, kjer se določeno matrico ojača z različnimi vlakni (steklenimi, karbonskimi). Material je lahko celo močnejši od betona in jekla, ni koroziven, je zelo lahek in obstojen, kemično odporen ter skoraj brez vzdrževanja. Obstaja celo nekaj podjetij, ki gradijo plavajoče kompozitne temelje. Velika prednost je svoboda pri oblikovanju in možna prilagoditev na različne globine, vendar visoka cena velikokrat odvrne investitorje. (The best houseboat construction..., 2015; Czapiewska et al., 2013; Balance d'eau, 2015)

Oktobra 2009 so v New Orleansu zgradili prvo amfibijsko hišo z uporabnim dovoljenjem in z imenom »FLOAT House«. Do danes so jih zgradili že 109, načrtujejo jih še več. Projekt so začeli na pobudo fundacije »Make it Right«, ki jo je leta 2007 ustanovil igravec Brad Pitt in je posvečena gradnji cenovno dostopnih in zelenih hiš za prebivalce New Orleansa, oziroma za v hurikanu Katrina najbolj prizadeto območje, Lower Ninth Ward. Hiša ima amfibijski temelj narejen iz EPS jedra, ki je brizgan z betonom, ojačanim s steklenimi vlakni. Ta beton spada v posebne vrste kompozitov, ojačanih z vlakni. V tujini ga uporabljajo pogosto pri različnih gradnjah, saj izboljša udarno trdnost oziroma zagotavlja boljšo odpornost na udarce. V amfibijem temelju so integrirane tudi vse inštalacije in potrebni rezervoarji. Hiša je priključena na javno infrastrukturo. Dva jeklena vertikalna stebra potekata skozi rokav ohišja na obeh krajših stranicah hiše in sta sidrana v betonski temelj, ki je dvignjen od tal. Amfibijski temelj nalega na betonski temelj, ta pa je sidran s piloti, ki segajo 14 m globoko, zato se hiša v primeru poplav lahko dvigne za 3,6 m in prenese močne vetrove hurikanov. Slabost tega objekta

je, da morajo prebivalci v primeru poplav hišo zapustiti. (Anderson, 2014; English, 2009; Float House, 2012) Vlaknasto armirani beton poveča trajnost temelja ter zmanjša njegovo težo, kar je pomembno dejstvo pri projektiranju.



Sliki 5: FLOAT House iz dveh različnih pogledov (Floating Homes, 2015; Float House, 2009b)

Za plovni temelj lahko uporabimo tudi armirano betonsko školjko z EPS polnilom. Tehniko, kjer se jedro iz EPS-ja obda z armiranim betonom, je patentiralo kanadsko podjetje IMFS (International Marine Floatation Systems), ki razvija betonske plavajoče konstrukcije. EPS je ekspanzirani polistiren, znan tudi pod imenom stiropor. Sestoji iz 98 % zraka in 2 % polistirena, je 100 % reciklabilen, ne razpada in zagotavlja doživljenjsko trajnost. Zaradi zaprte celične strukture je vodotesen. Delež vsrkane vlage v tridesetih letih znaša le od 5 do 6 %. EPS jedro tako ustvari nepotopljivo platformo, zato ta metoda jamči, da se objekt ne bo potopil. V primeru, da je EPS jedro postavljeno direktno na vodo, zmanjšuje skupno prostorninsko težo plavajočega telesa, s tem se poveča njegova plovnost, ki pa vpliva na višje težišče, zato je posledično objekt manj stabilen. (Expanded Polystyrene, 2015; FlexBase, 2013) Potrebna je tudi manjša debelina sten kot pri votlih temeljih. Glavne prednosti armirano betonskega temelja z EPS jedrom so: je nepotopljiv, trden, dobro izoliran zaradi EPS-ja, brez vzdrževanja, gradimo lahko večje platforme. Slaba stran so višji stroški materiala kot pri votlih temeljih. (Koekoek, 2010; IMFS, 2013)

Najbolj razširjena oblika plovnega temelja za amfibijsko hišo je votla armirano betonska školjka, kjer je betonsko telo izdelano kot togo telo brez sklepov in sponk. Temelj lahko služi kot klet oziroma shramba za tehnične naprave ali celo kot bivalni prostor. Pri izdelavi betonske školjke moramo biti pazljivi, da ves beton za štiri stene in tla temelja vlijemo naenkrat. S tem preprečimo razpoke, zato ostane vodotesen. Nato se beton suši do 14 dni, po 28-ih dneh pa doseže končno tlačno trdnost. (Build It Bigger, 2014) Zaradi jeklene armature in pojava korozije imajo nekateri takšni temelji tudi katodno zaščito. Potrebno zaščito armature lahko zagotovimo še z ustrezno debelino sten. Če je nočemo poškodovati in hkrati zagotoviti vodotesnost školjke, moramo poskrbeti, da debelina sten meri več kot

20 cm. V večini primerov se izdeluje od 23 do 25 cm debela stena. (Czapiewska et al., 2013; Project review, 2011) Pri večjih betonskih školjkah je notranjost običajno razdeljena še s predelnimi stenami, da zagotovimo zadostno nosilnost (krovne plošče, zgradbe). Glavne prednosti votlega armirano betonskega temelja so: je relativno poceni, trden, trajen (dolga življenjska doba tudi do 100 let), odporen proti udarcem in na vremenske vplive, ne rabi vzdrževanja ter ima nizko težišče, kar poveča stabilnost objekta in zniža končne stroške. Omejitve so le v velikosti školjke zaradi enkratnega vlivanja betona in v slabši natezni trdnosti. (Cum Laude PhD study..., 2009; Concrete vs Steel, 2015; Czapiewska et al., 2013; Koekoek, 2010; Mitchell, 2012)

Kot prvi primer je opisano 32 amfibijskih hiš na reki Maas v Maasbommel na Nizozemskem. Podjetja Dura Vermeer, Boiten in Factor Architecten so leta 1998 začela z gradnjo prvega projekta amfibijske gradnje in ga dokončali leta 2005. (Project review, 2011) Temelji teh hiš so votle armirano betonske školjke, približno 2 m visoke in težke okoli 70 t. Zgradili so jih na lokaciji, stojijo na šestih betonskih pilotih v izkopanem doku v brežini reke oziroma nasipa in služijo kot kletni prostori. Za vodotesnost temelja so poskrbeli z zadostno debelino sten. Zgradili so 23 cm debele stene. Hiše so povezane v pare in pritrjene na dva vertikalna stabilizacijska stebra z jeklenim okvirom. Na temelju se zgradi lesena konstrukcija zgradbe, kar ohranja nizko težišče objekta, saj tehta le 22 t. Skupaj tako obe hiši tehtata okoli 200 t. Nizko težišče in skupna teža jima zagotavljata maksimalno stabilnost in omejitva vpliv valov, ko plavajo. Jeklina vertikalna stebra skrbita, da hiše lahko vertikalno splavajo na mestu, ko voda naraste za več kot 70 cm in se v primeru večjih poplav, dvignejo tudi do 5,5 m. Amfibijski objekti so trpežni in celo prenesejo tokove, kakršni so na odprtem morju. Priključki na javno infrastrukturo so zaščiteni v fleksibilnih ceveh in se dvigajo iz tal doka ob vertikalnih stebrih do hiše. Morajo biti dovolj dolgi in močni, da lahko prenesejo večmetrske pomike. Hiše so uspešno prestale večjo poplavo januarja 2011. (Project review, 2011; Mitchell, 2012; Amphibious homes, 2015, cit. po Pötz et al., 2009; Manley, 2014)

Kot drugi primer je opisana prva amfibijska hiša v Veliki Britaniji, z imenom »Formosa«. Stoji na otoku v zasebni lasti, 10 m od reke Temze v mestu Marlow. Projektiralo jo je podjetje BACA Architects. Gradnja se je začela leta 2013, zgrajena pa je bila novembra 2014 in zagotavlja visoko poplavno varnost. Najprej so izkopali 1000 t zemlje v obliki pravokotnika do globine 5-m, postavili kovinski opaž in vlili beton. Tako je bil narejen betonski dok, ki je temelj za plavajoči del in se v celoti napolni z vodo v primeru poplav. Nato so postavili opaž še znotraj doka, vlili vodoneprepusten beton ter dobili votlo armirano betonsko školjko, ki bo ob poplavah splavala. Plovni betonski temelj tehta 150 t ter služi kot bivalni prostor in prostor za komunalne priključke. Štirje vertikalni jekleni stebri

omogočajo, da se hiša ob poplavi dviga na mestu. So vgrajeni v betonski dok in v steno hiše, da vizualno ne izstopajo. Segajo 4 m nad tlemi in 3 m v tla. Ko voda v reki naraste, se istočasno dvigne gladina reke in podtalnice, zato se betonski dok hitreje napolni z vodo in omogoči objektu, da splava. Objekt prenese poplave do lokalne globine 2,5 m, kar je zadosti, saj stoletna voda poplavlja 1,8 m visoko. Na plovnem temelju so zgradili še lahko enonadstropno leseno konstrukcijo. Celotna teža objekta (plovni temelj in zgradba) znaša 220 t. Fleksibilne cevi s priključki se raztegnejo do 3 m in omogočajo, da so vse storitve med poplavo delujoče. (Grand Designs, 2014; How it Works, 2014; Robarts, 2014)



Slike 6: Pripravljen dok z dvema vertikalnima stebroma in fleksibilno cevjo za priključke; amfibijski hiši v Maasbommel; amfibijska hiša Formosa; pogled iz zraka na amfibijske in plavajoče hiše v Maasbommel; testiranje plovnega temelja za Formoso (Project review, 2011: str. 11; Floating Homes, 2015; Formosa, 2015; Maasbommel, 2015; Grand Designs, 2014)

2.1.2 Enačbe o plovnosti in silah na objekt

Na objekt oziroma plovni temelj amfibijske hiše ob nastopu poplave delujejo različne sile poplavne vode. Te sile oziroma obremenitve delimo v tri skupine:

- hidrostatične obremenitve, ki delujejo na plovni temelj, če poplavna voda miruje

Enačba prikazuje izračun hidrostatičnega tlaka (p), to je tlak, ki deluje pravokotno na potopljeno ploskev ter se v nestisljivi tekočini spreminja le z višino (Rajar, 1997):

$$p = \rho * g * h \quad (1)$$

Kjer je:

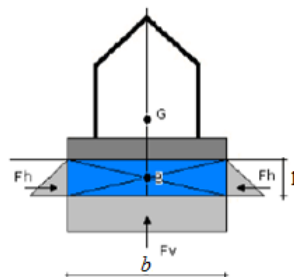
g težnostni pospešek [m/s^2]

h globina [m]

p tlak na višini h [$Pa = N/m^2$]

ρ gostota vode [kg/m^3]

Hidrostatični pritisk pa je sila, ki je rezultanta vseh tlakov na ploskev telesa. Sila vzgona (F_v) in dve horizontalni sili (F_h) tvorijo rezultanto vseh delnih pritiskov na celotno površino potopljenega telesa. $F_{h_{leva}}$ in $F_{h_{desna}}$ sta med seboj enaki sili in nasprotno usmerjeni, zato je njuna rezultanta enaka nič. Sila vzgona pa je sila, s katero deluje mirujoča tekočina na mirujoče plavajoče telo navpično navzgor. (Rajar, 1997)



Slika 7: Shema plavajočega objekta s tremi hidrostatičnimi tlaki in pritiski (Koekoek, 2010: str. A7-4, cit. po Kuiper, 2006)

Enačbi prikazujeta izračun hidrostatičnih sil ($F_{h_{leva}}$ in $F_{h_{desna}}$) in sile vzgona (F_v) (Rajar, 1997):

$$F_h = \rho * g * \frac{1}{2} * h * h * a \quad (2)$$

$$F_v = \rho * g * h * a * b \quad (3)$$

Kjer je:

a dolžina potopljenega objekta [m]

b širina potopljenega objekta [m]

h globina potopljenega dela telesa [m]
 g težnostni pospešek [m/s^2]
 ρ gostota vode [kg/m^3]

Najpomembnejše pri amfibijem objektu je, da objekt lahko splava. Torej mora biti vzgon večji kot je celotna teža objekta. Na vsak objekt, ki je v celoti ali delno potopljen v tekočino, deluje sila vzgona. Arhimedov zakon govori o hidrostatičnem vzgonu in pravi, da je vzgon enak teži izpodrinjene tekočine (Arhimedov zakon, 2013). Plovni temelj pa je tisti, ki amfibijem objektu zagotovi dovolj vzgona, da lahko kljub teži zgradbe splava in plava na poplavni vodi. Če je sila vzgona (F_v) enaka teži izpodrinjene tekočine ali ko je sila vzgona (F_v) enaka teži telesa (F_g), objekt plava oziroma lebdi. V primeru, da je teža telesa manjša od teže izpodrinjene tekočine, se objekt dvigne in ostane deloma potopljen do te mere, da je teža telesa spet enaka sili vzgona (Rajar, 1997).

Enačbi sile vzgona (F_v) in teže telesa (F_g) (Rajar, 1997):

$$F_v = \rho * g * V_{\text{izpod. tekočine}} \quad (4)$$

$$F_g = m * g \quad (5)$$

Kjer je:

g težnostni pospešek [m/s^2]
 m masa telesa [kg]
 ρ gostota vode [kg/m^3]
 $V_{\text{izpod. tekočine}}$ prostornina izpodrinjene tekočine [m^3]

Enačba za plovnost objekta (Rajar, 1997):

$$F_v = F_g \quad (6)$$

Iz enačbe za plovnost lahko izračunamo globino potopitve telesa (h) pri določeni obtežbi ali maksimalno dovoljeno težo celotnega objekta (m), ki jo objekt prenese, ne da bi se potopil (Rajar,1997):

$$h = \frac{Fg}{\rho * g * a * b} \quad (7)$$

$$m = \frac{\rho * g * V}{g} \quad (8)$$

- hidrodinamične obremenitve, ki delujejo na plovni temelj zaradi vodnega toka

Hitrost poplavnega toka vode povzroča dodatne obremenitve na objekt. Delimo jih na čelne obremenitve (dotok vode pravokotno na gorvodno ploskev), trenjski učinek na stranske ploskve ter negativne pritiske (ali sukciijo, kjer sila deluje pravokotno na ploskev zaradi vrtnčenja na dolvodni strani). (FEMA, 2012)

Hidrodinamične obremenitve se delijo na (FEMA, 2012):

- obremenitve pri nizkih hitrostih toka poplavne vode (pod 10 ft/s, kar je približno pod 3 m/s)

Pri teh tokovnih hitrostih se lahko upošteva, da se hidrodinamična obremenitev prevede v ekvivalentno hidrostatično obremenitev s tem, da se vpliv hitrosti (kinetične energije) upošteva z nadvišanjem gladine (dh) ekvivalentne mirujoče vode. Upoštevati je treba še koeficient upora (Cd), ki predstavlja faktor oblike objekta, okoli katerega teče poplavna voda. Koeficient upora je določen kot kvocijent (b/h), kjer b predstavlja širino objekta pravokotno na tok poplavne vode, h pa globino potopljenega objekta. Razmerja so predstavljena v Preglednici 1.

Dvig gladine v zastojni točki (prirastek) (FEMA, 2012):

$$\text{prirastek: } dh = \frac{Cd * v^2}{2 * g} \quad (9)$$

Prirastek hidrodinamičnega tlaka pri nizkih hitrostih toka (FEMA, 2012):

$$Pdh = \gamma * dh \quad (10)$$

Prirastek hidrodinamične sile pri nizkih hitrostih toka (FEMA, 2012):

$$Fdh = \gamma * dh * h = Pdh * h \quad (11)$$

Kjer je:

C_d koeficient upora glede na razmerje (b/h) pravokotno na tok poplavne vode

dh prirastek oziroma dvig gladine [m]

F_{dh} hidrodinamična sila, ki je prirastek obremenitev zaradi delovanja hitrosti vodnega toka, ki jo prištejemo hidrostatični sili za stoječo vodo [N]

P_{dh} prirastek hidrodinamičnega tlaka pri nizkih hitrostih toka [Pa]

γ specifična teža vode [N/m^3]

v hitrost poplavnega toka vode [m/s]

Preglednica 1: Koeficient upora (C_d) glede na razmerje (b/h) (FEMA, 2012: str. 4-17)

Width to Height Ratio (b/H)	Drag Coefficient (C_d)
1–12	1.25
13–20	1.3
21–32	1.4
33–40	1.5
41–80	1.75
81–120	1.8
>120	2.0

- obremenitve pri visokih hitrostih toka poplavne vode (nad 10 ft/s, kar je približno nad 3 m/s)
Za točno določitev so potrebne podrobnejše analize, za določitev zasnove objekta pa jo z zadostno natančnostjo lahko ocenimo z uporabo osnovnih enačb.

Hidrodinamičen tlak pri visokih hitrostih toka (FEMA, 2012):

$$Pd = \frac{Cd * \rho * v^2}{2} \quad (12)$$

Hidrodinamična sila pri visokih hitrostih toka (FEMA, 2012):

$$Fd = Pd * A \quad (13)$$

Kjer je:

A potopljena površina objekta, ki prenaša čelne obremenitve na gorvodni strani [m^2]

C_d koeficient upora glede na razmerje (b/h)

F_d hidrodinamična sila pri visokih hitrostih toka [N]

Pdhidrodinamičen tlak pri visokih hitrostih toka [Pa]

vhitrost poplavnega toka vode [m/s]

- sile zaradi udarcev plavin, ki se glede na različne mase in velikosti delijo na (FEMA, 2012):
 - udarci običajnih plavin (udarec, ki jo povzročijo razna debla, ledeni bloki in drug predmeti),
 - udarci posebnih plavin (to so udarci večjih in masivnejših predmetov) in
 - udarci ekstremnih plavin (so udarci velikih in masivnih predmetov, večja vozila, deli stavb, plovila, če so prisotne tudi visoke hitrosti poplavne vode. Dimenzioniranje objektov na take udarce je zaradi visokih stroškov v praksi redko).

Pri objektih moramo izračunati še njegovo stabilnost plavanja, ki je pomembna za vse vrste plavajočih teles. Sila vzgona (W) deluje navpično navzgor skozi težišče potopljenega dela telesa (C_w), sila teže (G) pa navpično navzdol skozi težišče celotnega telesa (C_g). Presečišče obeh črt določa metacenter (M). Stabilnost plavanja je tako odvisna od medsebojne lege prijemališče vzgona in težišča plavajočega telesa. Kadar točka M leži nad C_g je plavanje stabilno, zato je metacentrična razdalja (C_gM) mera za stabilno plavanje. (Rajar, 1997)

Enačba za stabilno plavanje (Rajar, 1997):

$$\overline{C_wM} = \frac{I}{P} > \overline{C_wC_g} \quad (14)$$

Kjer je:

C_g težišče celotnega telesa

C_w težišče potopljenega dela

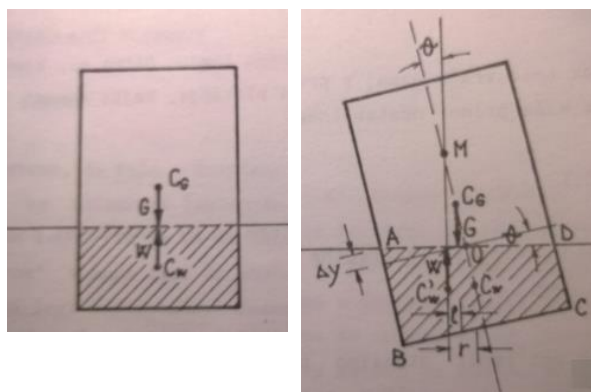
G teža telesa [N]

I vztrajnostni moment [m⁴]

M metacenter

P prostornina potopljenega telesa
[m³]

W sila vzgona [N]



Sliki 8: Prikaz stabilnosti, delovanje sil vzgona in sile teže telesa s težišči potopljenega dela in celotnega telesa; ter njihovo delovanje, ko se objekt nagne (Rajar, 1997)

V primeru, da je vertikalna obtežba nesimetrična pride do nagiba, kar pomeni, da bo en del globlje v vodi. Če se to zgodi pri amfibijskem objektu, bodo ta nagib omejevali dva ali štirje vertikalni stabilizacijski stebri, zato bo vsa sila pritiskala na vertikalne stabilizacijske stebre (še posebej, če so vgrajeni v objekt). Temu se moramo izogniti, zato moram nujno zagotoviti simetrično razporeditev vseh obtežb čez celotno telo zgradbe.

2.2 Uporabljen inženirsko orodje

Primer amfibijskega objekta sem izdelala s programom AutoCAD, ki ga razvija podjetje Autodesk. AutoCAD je orodje za 2D načrtovanje, 3D modeliranje in izdelavo vizualizacij. Omogoča vse potrebne operacije za izdelavo projekta, od risanja, popravljanja, tiskanja, izmenjave datotek s sodelavci,... Zapis osnovne datoteke se ustvari v dwg in dxf obliki. Obstaja veliko različnih verzij programa, ki se osredotočajo vsak na svoje področje (2D risanje, 3D risanje, inštalacije, ...), zato se program uporablja na različnih tehniških področjih, kot na primer v gradbeništvu, arhitekturi, geodeziji, strojništvu, lesarstvu, in elektrotehniko. (AutoCAD, 2015a; AutoCAD, 2015b)

2.3 Pravno stanje in omejitve pri gradnji amfibijske stavbe v Sloveniji

Amfibijske stavbe obstajajo že več kot desetletje. Kljub večjemu številu gradenj širom sveta, ostaja še veliko problemov v zakonodaji in nesprejemanju te gradnje med dovoljene protipoplavne tehnike. Tudi v državah kot sta Nizozemska in ZDA, kjer so realizirali največ projektov, ni vse idealno. Vsekakor bi bilo najprej potrebno urediti zakonodajo, da bi se stroka, uprava in sodišča poenotila pri tolmačenju predpisov, ter tako omogočili gradnjo v večjem obsegu.

V Sloveniji takega projekta še ni. Za prvi poizkus bi lahko štela kiosk na poplavnih ravninah reke Krke pri Velikih Malencah, kjer je Mitja Oštrbenk leta 2009 postavil amfibijski kiosk, ker mu je reka konstantno poplavljala na tleh zgrajenega. Kiosk je registriral kot plavajočo napravo pri pooblaščenem klasifikacijskem zavodu. Ker se gradbeni inšpektor s tem ni strinjal, saj naj bi bil po Zakonu o graditvi objektov to objekt, povezan s tlemi, mu je izdal odločbo o rušenju. Kljub številnim pritožbam na sodišča, mu je leta 2012 upravno sodišče izdalo odločbo, da to ni plavajoča naprava, ampak gradbeni objekt, ki nima potrebnega gradbenega dovoljenja. Zato je Mitja Oštrbenk moral na koncu objekt odstraniti, zraven pa dobil še denarno kazen. (Zore, 2012)

Amfibijska hiša/stavba je objekt, zato je potrebno pri gradnji upoštevati Zakon o graditvi objektov, ki pravi, da je objekt s tlemi povezana stavba ali gradbeni inženirski objekt, skupaj z vgrajenimi inštalacijami in tehnološkimi napravami. S tlemi je povezan, če je temeljen ali s pomočjo gradbenih del na stalno določenem mestu, ter ga ni mogoče premakniti ali odstraniti brez škode za njegovo bistvo. (ZGO-1, UL RS št. 102/2004) Amfibijska hiša te kriterije izpolnjuje, zato za izgradnjo objekta potrebujemo gradbeno dovoljenje, ki ga izda pristojni upravni organ na podlagi vseh potrebnih dovoljenj in soglasij. Pri gradnji moramo upoštevati še različne gradbene predpise in tehnične smernice.

V primeru, ko gre za manj zahteven objekt oziroma konstrukcijsko manj zahteven, ga lahko zgradi posameznik, če je največ enonadstropen (z največ eno kletjo in z možno mansardo nad nadstropjem), če je to enostanovanjska stavba za lastne potrebe, njena uporabna površina pa ne presega 250 m² koristne površine, ter če je zagotovljen gradbeni nadzor. Po 9. členu Zakona o graditvi objektov mora objekt izpolnjevati sedem bistvenih zahtev (ZGO-1, UL RS št. 102/2004):

- mehanska odpornost in stabilnost
(da je zgrajen v skladu z evropskimi EUROCODE oziroma slovenskimi SIST standardi),
- varnost pred požarom,
- higiensko in zdravstveno zaščito in zaščito okolice,
- varnost pri uporabi,
- zaščito pred hrupom,
- varčevanje z energijo in ohranjanja toplote in
- trajnostna raba naravnih virov.

Amfibijska gradnja je primerna tudi za priobalna zemljišča in območja presihajočih jezer. Ker pa naša zakonodaja gradnje objektov v neposredni bližini vode ne dopušča, se bomo osredotočili samo na poplavna območja. Zakon o vodah v 37. in 84. členu jasno opredeli, da na vodnem in priobalnem zemljišču ter območju presihajočih jezer ni dovoljeno posegati v prostor, razen za gradnjo objektov grajenega javnega dobra, objektov javne infrastrukture ter objektov za zagotavljanje varnosti in ohranjanje narave. Prepovedane so tudi dejavnosti in posegi v prostor, ki bi ogrozili stabilnost teh zemljišč, zmanjševali varnost pred škodljivim delovanjem voda, ovirali normalen pretok vode, plavin in plavja ter onemogočili obstoj in razmnoževanje vodnih in obvodnih organizmov. Prav tako je v 86. členu Zakona o vodah tudi zapisano, da so na poplavnem območju prepovedane vse dejavnosti in posegi v prostor, ki imajo lahko ob poplavi škodljiv vpliv na vodni režim, stanje voda, vodna ali

priobalna zemljišča ter povečujejo poplavno ogroženost območja. Zato se gradnja lahko izvede samo na podlagi vodnega soglasja. (ZV-1, UL RS št. 67/2002)

Čeprav različni primeri amfibijskih objektov širom sveta že dokazujejo, da so varni in nimajo velikega vpliva na okolje ter ne povečujejo poplavne ogroženosti, bo morda pri nas potrebno vložiti več časa za realizacijo prvega projekta. Večinoma se je gradnja po svetu začela razvijati kot državno podprti eksperimenti in je v tem primeru postala realizacija lažja.

Zakon o prostorskem načrtovanju določa, da mora biti gradnja v skladu s prostorskimi akti, kjer se določajo usmeritve v zvezi s posegi v prostor, vrste možnih posegov v prostor ter pogoji in merila za njihovo izvedbo. (ZPNačrt, UL RS št. 33/2007) Prostorski akt, v skladu s katerim moramo graditi, je odvisen od lokacije gradnje, zato je to lahko državni prostorski načrt (DPN), regionalni prostorski načrt (RPN) ali občinski prostorski načrt (OPN) oziroma občinski podrobni prostorski načrt (OPPN), če obstaja za to območje.

Ker sem za prvi projekt izbrala severni del Ljubljanskega barja (naselje Lipe), ki spada pod Mestno občino Ljubljana, mora projekt slediti njenemu OPN-ju. Vsak občinski prostorski načrt vsebuje strateški in izvedbeni del. Strateški del določa izhodišča, cilje in zasnovo prostorskega razvoja občine, usmeritve za razvoj poselitve in celovite prenove, določa namenske rabe zemljišč, prostorskih izvedbenih pogojev, zasnovo gospodarske javne infrastrukture lokalnega pomena, ter območja naselij, vključno z območji razpršene poselitve. Izvedbeni del pa območja namenske rabe prostora, prostorske izvedbene pogoje in območja, za katera se pripravi občinski podrobni prostorski načrt. (ZPNačrt, UL RS št. 33/2007)

Prostorski razvoj se usmerja in načrtuje na prostih, degradiranih in nezadostno izkoriščenih površinah znotraj obstoječih naselij, pri čemer ima prenova prednost pred novogradnjo. Območje razpršene poselitve se v čim večji možni meri ohranja in varuje tako, da se načrtuje obnova ali prenova zakonito zgrajenih objektov. Načrtovanje novih posegov v prostor, vključno s stanovanjskimi objekti, je možno le, če se s tem ohranja prepoznavne značilnosti prostora. (ZPNačrt, UL RS št. 33/2007)

Glede na Uredbo o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja, so na območjih poplav in erozije pri enostanovanjskih stavbah, posegi v prostor v majhnem razredu poplavne nevarnosti dovoljeni z upoštevanjem pogojev iz vodnega soglasja. V srednjem razredu pa so dovoljeni le na

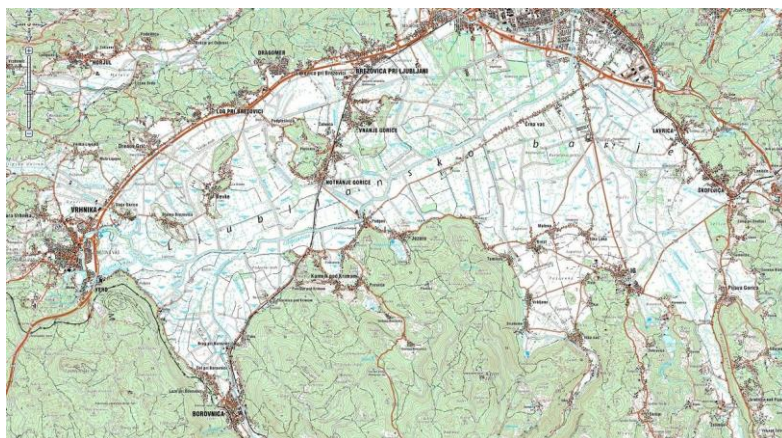
območju strnjeno grajenih stavb enakovrstne namembnosti v obstoječih naseljih, kadar je mogoče s predhodno izvedenimi omilitvenimi ukrepi in v skladu s smernicami ali pogoji vodnega soglasja zagotoviti, da vpliv načrtovanega posega v prostor ni bistven. Prav tako pa v srednjem razredu poplavne nevarnosti ni dovoljeno izvajanje dejavnosti kot je gostinstvo, vrtni in šole pa imajo prepoved v vseh razredih. (Uredba, UL RS št. 89/08) To pomeni, da na območju razpršene gradnje, kot je v naselju Lipe, lahko pride do problemov pri novi gradnji stanovanjskega objekta, saj to ni območje strnjeno grajenih stavb.

Investitor oziroma projektant mora za pridobitev gradbenega dovoljenja izdelati projektno dokumentacijo, ki dokaže skladnost objekta s prostorskim aktom, zato na pristojen občinski upravni organ za urejanje prostora najprej odda vlogo za lokacijsko informacijo. Lokacijska informacija vsebuje podatke o namenski rabi prostora, lokacijske in druge pogoje, kot jih določajo občinski izvedbeni prostorski akti ter podatke o prostorskih ukrepih, ki veljajo na območju. (ZUreP-1, UL RS št. 110/02) Nato na podlagi lokacijske informacije in geodetskega načrta izdela idejno zasnovo (IDZ), ki jo z vlogo odda na pristojne upravne organe za izdajo projektnih pogojev, ki določajo, kaj vse je treba upoštevati pri projektiranju in umestitvi v prostor. Ko projektant izdela projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD), ki upošteva vse projektne pogoje, mu soglasodajalec, ki je izdal določene projektne pogoje, izda še soglasje k projektnim rešitvam, če se strinja z izdelano dokumentacijo. (Klemenčič Manič, 2009; ZVO-1, UL RS št. 39/2006)

V primeru, da bo objekt zgrajen na območju varovanja narave in varstva kulturne dediščine, je potrebno pred posegom pridobiti naravovarstveno in kulturnovarstveno soglasje ter vodno soglasje za poseg na vodovarstvenem in poplavnem območju. Za poseg, ki pomembno vpliva na okolje ter lahko ogrozi biotsko raznovrstnost, pa je treba pridobiti še okoljevarstveno soglasje, za kar se mora izdelati presoja vplivov na okolje. Pridobitev vseh soglasij je ključno za pridobitev gradbenega dovoljenja. Med njimi je tudi soglasje za priključitev na lokalno gospodarsko javno infrastrukturo, ki se pridobi od komunalnega podjetja potem, ko so izvedeni priključki.

3 OPIS OBRAVNAVANE AMFIBIJSKE STAVBE NA LJUBLJANSKEM BARJU

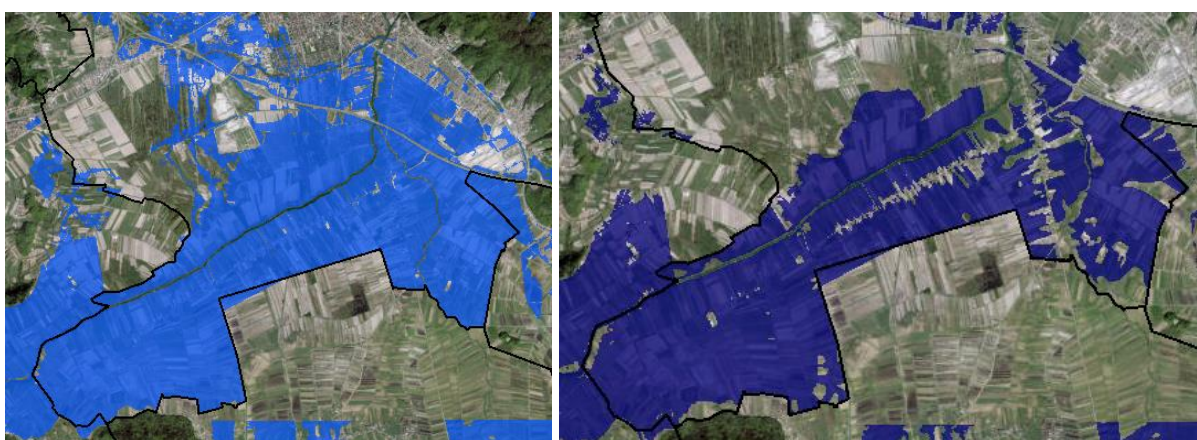
Ljubljansko barje je okoli 160 km² veliko močvirnato ravninsko območje v Ljubljanski kotlini, južno od Ljubljane, ki ima le manjše višinske razlike in je na vseh straneh omejeno s številnimi hribovji. Po podatkih naj bi nastanek segal v čas pleistocena, pred 800.000 leti. Ljubljansko barje je bilo nekoč jezero, nato pa močvirje, ki so ga z osuševalnimi jarki počasi delno osušili. Največji problem predstavlja ugrezanje, ki je neenakomerno ter še vedno poteka. (Smrekar et al., 2014; Ljubljansko barje, 2015b) V zadnjih 30-ih letih hitrost posedanja znaša od 9 do 24 mm na leto. (Smrekar et al., 2014, cit. po Brenčič, 2008) Večji delež posedanja lahko pripišemo človeškemu poseganju v okolje (izsuševanju, črpanju podzemne vode in rezanju šote), kot pa naravnem deležu (posedanje šote pod lastno težo). (Smrekar et al., 2014, cit. po Brenčič, 2007)



Slika 9: Območje Ljubljanskega barja (Ljubljansko barje, 2015a)

Pomembna značilnost Ljubljanskega barja so tudi vsakoletne oziroma redne poplave, ki zajamejo predvsem osrednji predel barja, kar predstavlja 15% njegove površine (2364 ha). Voda navadno odteče v tednu dni. Ob izredno velikih poplavih pa je lahko poplavljenega tudi polovica Ljubljanskega barja (8034 ha). (Rotenhajzer, 2008, cit. po Slovenija: pokrajine in Ljudje, 1998) Barje prizadenejo kraške in hudourniške poplave, ki nastanejo zaradi večjega dotoka vod iz kraškega podzemlja ali povečanja površinskih dotokov na barje (Podlipščica, Borovniščica, Iška, Želimeljščica in Škofeljščica), kot je zmožnost odtoka po Ljubljanici. (Pregled ukrepov..., 2011) Trije pomembnejši vzroki zakaj pride do poplav so: površinske vode ob daljših in intenzivnejših padavinah hitro narastejo in poplavijo, barje ima ravno površje in minimalen strmec vodotokov, zato voda počasi odteka, ter neprepustna ilovica na dnu, ki ne prepušča vode, zato se visoka talna voda dvigne na površje, skupaj pa delujeta kot naravni zadrževalnik. (Smrekar et al., 2014, cit. po Lovrenčak, Orožen Adamič, 1998)

Na spodnji levi sliki lahko vidimo, da je celotni severni del Ljubljanskega barja, ki spada pod Mestno občino Ljubljana (znotraj črno obrobljenega območja) obarvan svetlo modro in v nevarnosti 100-letnih poplav. Ta del je bil v celoti poplavljen v redkih poplavih leta 1933 in septembra 2010, kjer je bila prisotna kombinacija obeh vrst poplav (Pregled ukrepov..., 2011), zato bi bila gradnja amfibijskega objekta priporočljiva za celotno območje. Če hočemo zagotoviti varnost še pri pogostejših poplavih, moramo pogledati vplivno območje 10-letnih poplav. Desna slika prikazuje območje 10-letnih poplav, pri katerih je večji del naselja Črna vas in naselja ob Ižanski cesti varnega, v naselju Lipe ter na območju do Podpeči pa skoraj ni poplavno varnega območja.

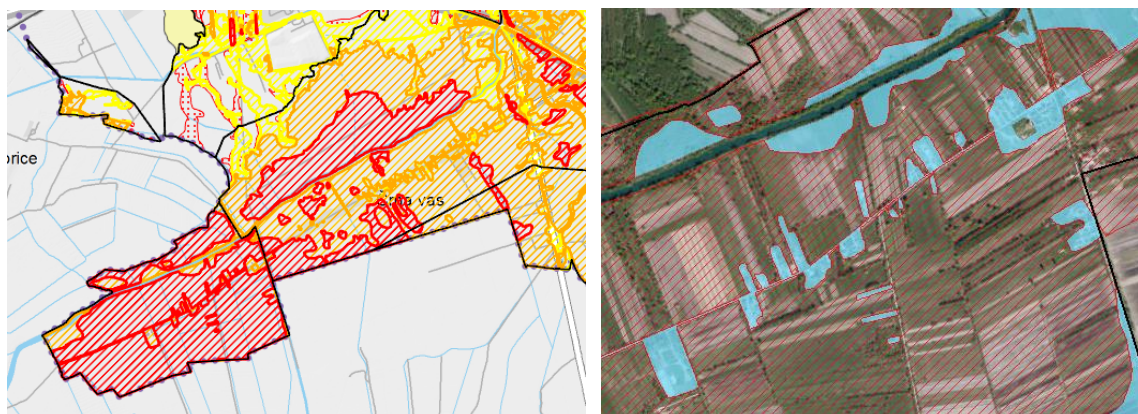


Sliki 10: Poplavno območje 100-letnih (levo, svetlo modra) in 10-letnih poplav (desno, temno modra) na Barju (Atlas Okolja, 2015)

Pogledati je potrebno še razrede poplavne ogroženosti. Oranžna barva predstavlja območje razreda s srednjo poplavno ogroženostjo, kjer višina 100-letne vode sega od 0,5 m do 1,5 m, rdeča barva pa območje razreda z veliko poplavno ogroženostjo, kjer višina 100-letne poplavne vode sega nad 1,5 m. Na tem območju je prepovedana gradnja.

Poleg globin pri 100-letnih poplavih, je potrebno upoštevati tudi vpliv hitrosti poplavne vode, če hitrost presega 1 m/s. Tedaj se upošteva produkt globine in hitrosti vode (tj. gibalna količina), zato imamo takrat dve karti poplavne nevarnosti. Eno, na kateri so izrisane globine poplavne vode in drugo, na kateri je izrisan produkt globine poplavne vode in njene hitrosti. Razred srednje poplavne nevarnosti je območje, kjer je globina poplavne vode pri 100-letnih vodah med 0,5 m in 1,5 m, ali se območje nahaja znotraj dosega 10-letnih poplavnih voda. V primeru, da hitrost poplavne vode presega 1m/s, se upošteva še produkt globine in hitrosti. (Udovč, Fazarinc, 2010)

Za prvi slovenski projekt amfibijske stavbe sem izbrala naselje Lipe, ker bi bil objekt na tem predelu najbolj učinkovit, saj je to poplavno območje izpostavljeno ponavljajočim se poplavam in slabonosilnim tлом. Trenutno za to območje nimajo rešitve, kako bi zagotovili boljšo poplavno varnost. Z gradnjo amfibijskih stavb bi se izognili visokim stroškom različnih vodogradbenih ukrepov, območje pa bi lahko ohranilo svojo naravno stanje. To je pomembno, saj spada v območje Natura 2000. Na spodnji desni sliki je prikazano območje naselja Lipe, kjer skoraj vse stavbe stojijo na turkizno obarvanem območju, ki spada v razred srednje poplavne nevarnosti oziroma je to območje, kjer 100-letna poplavna voda sega od 0,5 m do 1,5 m visoko nad terenom. Dodatno nevarnost predstavlja še okolica, ki je obarvana črtasto rdeče, kar pomeni, da spada v razred velike poplavne nevarnosti. V primeru, da bi območje doživelo 200-letne vode, bi bilo naselje tudi več kot 1,5 m pod vodno gladino.



Sliki 11: Prikaz razredov srednje (oranžna in turkizna barva) ter velike (rdeča barva) poplavne nevarnosti na Barju in v naselju Lipe (Urbinfo, 2015; Atlas Okolja, 2015)

Trenutno na Ljubljanskem barju uporabljajo vse tri tehnike gradenj na poplavnih območjih. Na najbolj ranljivih območjih morajo nadvišati kleti, tako da so tla spodnje etaže nad gladino 100-letne visoke vode. Ta metoda ni 100% zanesljiva, saj zagotavlja poplavno varnost le do določene višine, saj je gladina visoke vode lahko v katastrofalnih poplavah še višja. Drugi problem predstavlja posedanje objekta zaradi slabonosilne zemljine. Ker se bo v prihodnosti režim padavin spremenil, je potrebno izbrati nov način gradnje. Amfibijski objekt se izogne tem problemom, zato predstavlja odlično rešitev za Ljubljansko barje. Gradnjo objekta je potrebno prilagoditi različnim predpisom, prostorskim aktom ter ostalim pogojem, ki vplivajo na oblikovanje, izbiro materialov in tip temelja.

Za amfibijsko stavbo moramo pridobiti gradbeno dovoljenje, zato je ne moremo postaviti v katerokoli območje. Poiskati je treba zazidljivo parcelo, ki stoji na poplavnem območju razreda poplavne nevarnosti, ki še dopusti gradnjo objektov. Osredotočila sem se na srednji razred poplavne nevarnosti ter na območje, kjer so poplave dokaj pogoste, saj bo tako objekt najbolj efektiven. Izbrano območje spada pod Mestno občino Ljubljana (MOL). Ker za to območje ni sprejetega OPPN-ja, moramo graditi v skladu z OPN MOL-a. Za projekt amfibijske stavbe sem izbrala eno izmed območij z namensko rabo razpršene poselitve (A), kjer je s spremembo OPN-ja še mogoča gradnja. Na parceli s funkcionalno enoto in zaporedno številko enote urejanja prostora BČ-460, ki se nahaja v naselju Lipe, v katastrski občini Trnovsko predmestje, sem amfibijski objekt umestila med občinsko cesto in obstoječo starejšo enostanovanjsko stavbo. Objekt meji na dve parceli s št. 1181/4 in št. 1177/1. Od upravne enote nisem pridobila lokacijske informacije, ampak glede na lokacijske podatke v programu Urbinfo predvidevam, da je parcela zazidljiva, priključki starejšega enostanovanjskega objekta na gospodarsko javno infrastrukturo pa potekajo ob dovozu.



Sliki 12: Celotno naselje Lipe z roza obarvanimi območji, kjer je še možna gradnja po spremembi OPN-ja z izbrano lokacijo (rdeč krogec); izbrano območje s pripadajočo funkcionalno enoto in zaporedno številko enote urejanja prostora BČ-460 (Urbinfo, 2015)



Slike 13: Izbrana lokacija za amfibijsko stavbo (levo, rdeč krogec); modro označeno območje, ki ga prizadenejo 10-letne poplave; na desni sliki vidimo, da objekt spada še v srednji razred poplavne nevarnosti (Urbinfo, 2015; Atlas Okolja, 2015; Atlas Okolja, 2015)

Ker parcela 1181/4 desno od dovoza leži v območju K2, ki je namenjen kmetijskim površinam, levo od dovoza pa je dovoljena gradnja, predvidevam za svoj projekt združitev ozke parcele 1177/1 in parcele 1181/4 levo od dovoza. Tedaj je izbrana parcela v območju možne gradnje. Spada delno v veliki razred poplavne nevarnosti (ob dovozu na občinsko cesto), zato je pomembno, da objekt postavim čim bolj levo.



Sliki 14: Temno modra barva označuje globine poplavne vode nad 1,5 m, svetlo modra pa med 0,5 m in 1,5 m pri Q_{100} ; ter predvidena postavitev objekta na izbrani parceli na desni sliki (Atlas Okolja, 2015; Urbinfo, 2015)

Za pridobitev gradbenega dovoljenja, ki ga izda lokalna upravna enota, je potrebno pridobiti tudi številna soglasja. V primeru, da imamo več možnosti umeščanja v prostor, je boljše izbrati lokacijo, kjer rabimo čim manj soglasij in dovoljenj, saj tako izvedba amfibijskega objekta postane bolj sprejemljiva.

Lokacija, na kateri bi amfibijski objekt stal, spada v (Urbinfo, 2015):

- zavarovano območje (1438 – Krajinski park Lj. barje, tretje varstveno območje), posebno ohranitveno in varstveno območje Natura 2000 (SI5000014 in SI3000271 – Lj. barje), ekološko pomembno območje (31400 – Lj. barje),
- območje kulturne dediščine (9368 – Arheološko območje (arheološko najdišče), 11819 – Kulturna krajina (dediščina),
- vodovarstveno in poplavno ogroženo območje (III. območje – širše vodovarstveno območje in poplavno območje razreda srednje nevarnosti),

zato moramo pridobiti njihove projektne pogoje, temu prilagoditi projektiranje in zaprositi za naravovarstveno soglasje, ki ga izda ARSO, kulturnovarstveno soglasje, ki ga izda Zavod za varstvo kulturne dediščine, ter vodno soglasje, ki ga izda ARSO (Direkcija RS za vode). Ko je projekt skladen

s pridobljenimi soglasji zaprosimo za gradbeno dovoljenje in po odobritvi začnemo graditi. V mojem primeru ni tako zelo pomembno katero parcelo izberem, saj večina območja Ljubljanskega barja leži v teh zaščitenih območjih.

Ljubljansko barje se bo v prihodnosti soočalo s številnimi izzivi zaradi konfliktov naravovarstvene vrednosti in interesa izrabe prostora oziroma širitve Ljubljane (poselitev, rekreacija, turizem, storitvene dejavnosti). (Rotenhajzer, 2008) Ker se temu ne moremo povsem izogniti, je potrebno najti najboljši način gradnje, ki ohrani vrednost območja, naravo in njeno vegetacijo. Amfibijska gradnja nam to omogoča.

3.1 Izbor plovnega temelja

Najbolj pomembna odločitev pri amfibijskem objektu je izbira plovnega temelja in njegovo dimenzioniranje ter prava izbira materialov glede na okolje. Na odločitev, kateri temelj bomo uporabili, vplivajo tudi njihove cene.

Za plovni temelj lahko najprej izključim uporabo enostavnejših materialov, kot je leseno ogrodje, polnjeno s kovinskimi ali plastičnimi sodi ter plastenkami, ki nosijo manjše obtežbe, zato so primerni za lahke objekte. Zaradi manjših dopustnih obtežb ne pride v poštev niti temelj iz jeklenega ogrodja in EPS blokov. Drugi problem predstavlja še izpostavljenost EPS-ja, ki ga je potrebno zaščititi pred raztopili in gorivi, saj ga razgradijo (Fenuta, 2010). Izločila bom še jekleni temelj, saj se zaradi konstantne vode v zemljini ter dvigovanja podtalnice lahko pojavi korozija, zato tak temelj ni primeren za Ljubljansko barje. Kljub potrebni katodni zaščiti in zaščitnim premazom jeklene školjke, lahko nastane problem zaradi korozije na zunanji strani in kondenzacije na notranji strani temelja. Tak temelj potrebuje tudi redno vzdrževanje, kar očitno poveča stroške. Slabost je tudi krajša življenjska doba kot pri betonu. Prav tako bom izločila še kompozitni temelj, ki kljub dobrim lastnostim (je trden, obstojen, lahek in ni koroziven), ne pride v poštev zaradi visoke cene.

Votla armirano betonska školjka nam nudi dodatne prostore, saj prostor v temelju uporabimo za klet ali celo spalnico. Ker je votel armirano betonski plovni temelj težak, omogoča nizko težišče, zato je objekt stabilen. Kljub temu, da z zadostno debelino sten lahko zagotovimo vodotesnost temelja in preprečimo korozijo armature, objekt ni nepotopljiv. Obstaja manjši faktor možnosti potopitve. Zato se za prvi projekt rajši odločam med plovnim temeljem iz armirano betonske školjke in EPS polnila ter EPS jedra, ki je obrizgan z ojačanim betonom s steklenimi vlakni. Beton lahko nosi velike

obtežbe ter je brez vzdrževanja, zaradi ojačitve (vlakn ali armature) pa lahko prenaša večje udarce plavin. V obeh primerih imam zaprt temelj, kjer so vsi prostori nad vodno gladino, EPS polnilo pa zagotavlja nepotopljivost objekta. Slaba stran so višji stroški kot pri votlem temelju in višje težišče, zato je objekt manj stabilen. Za enostavno rešitev lahko zgradimo večji temelj, če nam parcela to dopušča.



Slike 15: Potek gradnje armirano betonske školjke za amfibijske hiše v Maasbommel: postavitev armature; postavitev kovinskega opaža; končni izdelek; premik školjke z žerjavom; nameščen temelj na lokaciji (Prosun, 2011: str. 39; 3x Project review, 2011: str. 7; Prosun, 2011: str. 39)



Slike 16: Potek gradnje plovnega temelja za amfibijsko hišo FLOAT House: EPS jedro z inštalacijami; brizganje betona ojačanega s steklenimi vlakni (GFRC); končni izdelek plovnega temelja (Float House, 2009a: str. 2, 3)

V primeru, da plovni temelj položimo na tla, ta vizualno izstopa, vhod v zgradbo pa je dvignjen od tal za višino temelja. Zato negativni estetski videz projektante sili, da ga čim bolj skrijejo v tla. Da se temu izognemo, je potrebno izkopati jamo, v katero položimo oziroma skrijemo plovni temelj.

Na Ljubljanskem barju se zaradi slabonosilne večplastne sestave tal (šote, organske zemljine, sloj polžarice, plast visoko plastične gline in meljev, najgloblje pa so peščena prodnata tla) ter posledičnega posedanja, gradi na globokih temeljih. (Šmid, 2014, cit. po Trauner, 2000) Prva nosilna plast, ki omogoča izvedbo globokega temeljenja, se nahaja povprečno na petnajstih metrih globine (peščeno prodnata tla). Za globoko temeljenje največkrat uporabijo lesene pilote (iz kostanja, jelše ali bora). (Šmid, 2014, cit. po Logar, 2014) Pri tem je pomembno, da leseni piloti ležijo v plasteh, ki so zasičene z vodo. Velik problem predstavljajo glive in bakterije, ki so prisotne v tleh in zmanjšajo obstojnost ter tlačno trdnost pilotov, saj je njihovo delovanje odvisno od nihanja podtalnice ter vrste lesenih pilotov. (Šmid, 2014)

Ker se na Ljubljanskem barju zaradi črpanja nivo podtalnice znižuje, obstaja v prihodnosti velika nevarnost razgradnje lesenih pilotov, zato objekte pilotirajo še z jeklenimi ali betonskimi piloti. Geomehansko poročilo natančno opredeli, kakšna je zemljina in kje se nahaja nosilna plast zemljine. Na podlagi tega projektant določi kateri tip pilota bi bil primernejši. Jekleni piloti so dražji, vendar primerni za težje obtežbe in večje globine. Pri svojem projektu bom predpostavila, da je nosilna plast na globini 13-ih m. Ker so betonski piloti primernejši za manjše in srednje globine, za težje obtežbe in so dolgo obstojni, jih bom izbrala tudi jaz.

3.2 Zasnova zgradbe

Amfibijske zgradbe morajo biti zgrajene iz lahkega gradbenega materiala (lesa, aluminija, jekla, kompozitov), saj s tem omogočimo nizko težišče celotnega objekta in povečamo stabilnost pri plavanju. Večinoma so to lesene ali jeklene konstrukcije, ki so montažno sestavljene na lokaciji, kar zmanjša stroške in odpadke, ter poveča kvaliteto stavbe.

Skrbno se izbere tudi ostale materiale za zgradbo, glede na njihovo dostopnost in odpornost na različne vremenske vplive (padavine, vlago, sonce, vodo, veter, led). S tem prihranimo veliko nepotrebnih dodatnih stroškov, ki bi jih imeli pri vzdrževanju.

Za svoj projekt sem se odločila za leseno montažno gradnjo, ki zagotavlja veliko manjšo težo, kot jo ima klasičen način gradnje. Montažne zgradbe, ki jih izdelujejo v tem času, sledijo trajnostnemu

razvoju, saj so energetsko varčne. Ker Ljubljansko barje leži na potresno nevarnem območju, kjer pospešek tal znaša 0,575 (Urbinfo, 2015), je pri projektiranju potrebno upoštevati tudi ta faktor.



Slike 17: Lahka lesena konstrukcija amfibijskih zgradb v Maasbommel (Prosun, 2011: str. 39; 2x Project review, 2011: str. 9)

3.3 Vertikalni stabilizacijski stebri oziroma vodila

Vertikalni stabilizacijski stebri, ki služijo kot vodila pri splavanju stavbe, so lahko leseni, betonski ali jekleni. Izbira materialov je pomembna glede na okolje, kjer se nahajajo, in način vgradnje. Stebri so najbolj izpostavljeni na območjih, kjer je prisotna slana voda in večje nihanje vodne gladine, saj se tako poveča možnost pojava korozije in razpadanja. Vertikalni stabilizacijski stebri dopuščajo vertikalne pomike ter preprečujejo horizontalne.

Pri amfibijski stavbi na slabonosilnih tleh za vertikalne stabilizacijske stebre potrebujemo pilote ali globoko temeljene stebre, ki so sidrani do nosilne zemljine. Le tako so dovolj nosilni za obremenitve močnih tokov poplavne vode in udarcev plavin, ki udarjajo na njih ali na plovni temelj. Če izberem steber (krajši vertikalni element) na slabonosilni zemljini, mora biti na ležišču podprt z betonskim temeljem, ta pa prenaša obremenitve preko pilotov do kvalitetnejših tal. Piloti (daljši vertikalni elementi) nimajo pripravljenega ležišča, ampak se pod pritiskom zabijejo do nosilne zemljine. Pri FLOAT House so jekleni stebri sidrani s piloti skoraj 14 m globoko (Anderson, 2014), pri Noah's Ark pa segajo leseni piloti 9 m globoko (Fenuta, 2010).

Leseni piloti so zelo dolgo obstojni pod vodno gladino, zato so primernejši za sidranje v tleh. Za stebre pa so slabša izbira, ker se ob močnejših udarcih lažje poškodujejo in ne prenesejo tako velikih bočnih obremenitev kot betonski in jekleni. Glede na to, da morajo stebri preprečevati horizontalen pomik objekta, je potrebno izbrati močne in trdne stebre. Največkrat se izbere jeklene. Tudi v mojem primeru

bom izbrala jeklen steber (nerjavno jeklo), ker prenaša večje natezne obremenitve kot betonski. Kljub temu, da betonski stebri prenašajo večje tlačne obremenitve ter so bolj dostopni, jih ne bom izbrala. Vertikalni stabilizacijski stebri so vizualno moteči ob amfibijski stavbi, zato je moj namen, da jih čim bolj skrijem v fasado zgradbe, kar mi jeklen steber tudi omogoča.



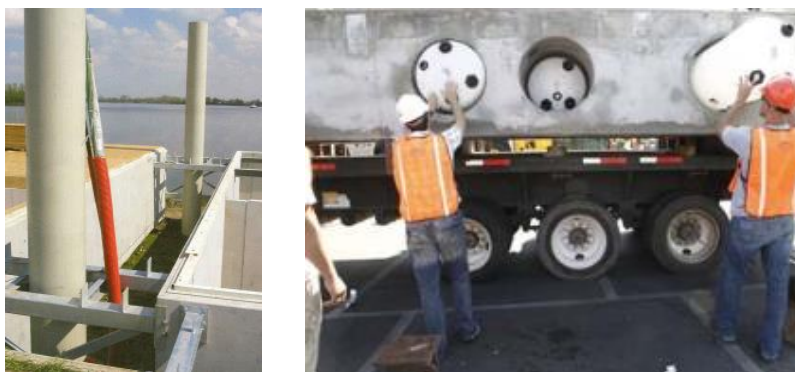
Slike 18: Različni vertikalni stabilizacijski stebri: v Maasbommel; v južni Louisiani; v Veliki Britaniji za amfibijsko hišo Formosa; ter vertikalni stabilizacijski steber za FLOAT House, ki poteka v notranjosti zgradbe (Floating Homes, 2015; English, 2009: str. 4; Links To..., 2015; Etherington, 2009)

3.4 Giblivi priključki instalacij stavbe

Parcela, na kateri pridobivam gradbeno dovoljenje, mora biti komunalno opremljena, kar pomeni, da ima možnost priključitve na gospodarsko javno infrastrukturo (vsaj na električno omrežje, vodovod in kanalizacijo ter prometnico). Kadar objekt nima možnosti priklopa na kanalizacijsko omrežje, je v prostorskem aktu občine opredeljeno, ali lahko postavimo lastno malo komunalno čistilno napravo ali nepretočno greznico. Ker izbrana parcela v bližini nima javnega kanalizacijskega sistema, OPN MOL določa, da lahko postavim na parceli malo komunalno čistilno napravo ali nepretočno greznico.

Amfibijski objekt se razlikuje tudi v priključkih, ki so skriti v dolgih in močnih fleksibilnih ceveh ter potekajo večinoma ob vertikalnih stabilizacijskih stebrih od tal do zgradbe. V primeru poplav se zaradi fleksibilnosti cevi lahko raztegnejo za več metrov, zato omogočajo popolno delovanje objekta tudi med poplavo. Prvi problem, ki ga fleksibilne cevi s priključki predstavljajo, je pridobitev soglasja za priključitev na javno omrežje. To soglasje zaprosimo pri pristojnem komunalnem podjetju, v Ljubljani je to JP Vodovod - Kanalizacija d.o.o. (VOKA). Ker bi po mojem mnenju tako soglasje težko pridobili, drugi problem pa predstavlja visoka cena izvedbe, so najboljša rešitev samotesnilni ločljivi

priključki, ki se ob poplavi samodejno prekinejo in izključijo. Tedaj je potrebno v stavbo ali temelj vgraditi še rezervoar za deževnico, pitno in odpadno vodo ter črpalko, mogoče celo generator, da lahko objekt uporabljamo tudi med poplavo.



Sliki 19: Fleksibilne cevi s priključki za amfibijsko hišo v Maasbommel, ki potekajo ob vertikalnem stabilizacijskem stebru; vstavljanje rezervoarjev v plovni temelj amfibijske hiše FLOAT House (Manley, 2014: str. 90; Float House, 2009a: str. 4)

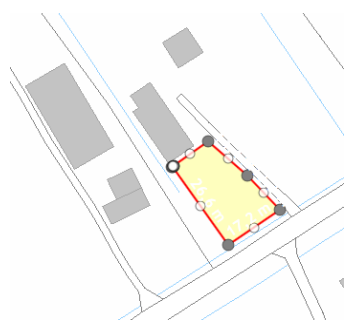
4 OBDELAVE IN PROJEKTNE REŠITVE

Glede na sprejeti OPN MOL je predpisano, kakšen objekt se lahko gradi na tej parceli in katere zahteve morata izpolnjevati tako objekt kot parcela. Zato je potrebno pri projektiranju te pogoje skrbno upoštevati.

4.1 Pogoji za gradnjo

V Prilogi A so opisane vse omejitve na območju razpršene poselitve (A), izmed katerih so za naš primer slednje pomembnejše (OPN MOL, UL RS št. 78/10):

- parcela, ki je namenjena gradnji mora obsegati najmanj 400 m²;
- stopnje izkoriščenosti parcele so: največ 40% za faktor zazidanosti (FZ), najmanj 40% za faktor odprtih bivalnih površin (FBP) ter najmanj 5% za faktor zelenih površin na raščenem terenu (FZP);
- na območju lahko gradimo enostanovanjske stavbe, dovoljen tip je nizka prostostoječa podolgovata stavba z dvokapno streho (ND), z razmerjem najmanj 1:1,4 in dvokapno streho z naklonom od 35° do 45°, višina objekta pa ne sme presegati 11 m nad terenom;
- največja dovoljena etažnost obsega pritličje + eno nadstropje + izkoriščeno podstrešje;
- obvezna je priključitev na javni vodovodni sistem in elektroenergetsko omrežje, nima pa dostopa do javnega kanalizacijskega sistema ali distribucijskega plinovodnega omrežja. Zato se lahko zgradi malo komunalno čistilno napravo ali nepretočno greznico, dopustna pa je oskrba s toploto iz obnovljivih virov energije.



Slika 20: Velikost izbrane parcele (Urbinfo, 2015)

Predvidela sem že, da parceli št. 1181/4 levo od dovoza (ker spada v območje možne gradnje) in št. 1177/1 združim. Tedaj postane območje dovolj veliko za enostanovanjsko stavbo. Ker združena parcela dosega vse zgornje pogoje in je zazidljiva, je postavitve objekta mogoča. Nova parcela meri v dolžino približno 26,5 m in povprečno 18 m v širino, kar pomeni, da površina znaša 477 m².

Glede na velikost parcele in omejitve sem izbrala amfibijski objekt dimenzij 8,5 x 12 m. Njegovo razmerje med širino in dolžino je 1:1,41, zato izpolnjuje kriterije. Širino 8,5 m sem izbrala tudi zaradi podobnih dimenzij starejše enostanovanjske stavbe v bližini, ki meri približno 8,5 x 17 m.

Pri nadaljnjem projektiranju je potrebno upoštevati še projektne pogoje različnih organov, ki izdajajo naravovarstveno, kulturnovarstveno in vodno soglasje.

Naravovarstvene pogoje izda ARSO glede na raziskavo in mnenje Zavoda RS za varstvo narave. Zavod sem zaprosila za opredelitev pogojev in dobila odgovor:

- glede na vrsto posega in lokacijo ocenjujejo, da načrtovani poseg s stališča ohranjanja narave ne bo imel vpliva na varstvene cilje varovanih območij in na njihovo celovitost ter povezanost,
- poseg ne bo imel bistvenega vpliva na vrste in habitatne tipe iz območja Natura 2000 in
- ne bo ogrozil ugodnega stanja habitatnih tipov ter rastlinskih in živalskih vrst in njihovih habitatov, vključno s kvalifikacijskimi vrstami, zaradi katerih je območje vključeno v ekološko pomembno območje,

zato je načrtovani poseg s stališča ohranjanja narave dopusten in zanj ni potrebno predpisati naravovarstvenih usmeritev. (Rebernik, 2016)

Na podlagi mnenja Zavoda RS za varstvo narave (z oceno vpliva) ARSO določi, ali je poseg sprejemljiv. Če ima predviden poseg oceno A (ni vpliva) ali B (nebistven vpliv), ARSO izda soglasje brez projektne pogojev, za oceno C (nebistven vpliv ob upoštevanju omilitvenih ukrepov) ARSO predpiše projektne pogoje oziroma omilitvene ukrepe, z oceno vpliva D (bistven vpliv) ali E (uničljiv vpliv) pa pomeni, da poseg ni mogoč. (Klemenčič, Rogelj, 2007) Glede na pridobljeno mnenje zavoda ima poseg (amfibijska stavba) oceno vpliva A ali B, zato ARSO izda soglasje brez naravovarstvenih pogojev.

Kulturnovarstvenih pogojev ne morem pridobiti, ker nisem lastnica parcele. Za nepremično dediščino (arheološko najdišče - N01 in kulturno krajino – N08) lahko dobim v Priročniku pravnih režimov varstva (2011) ter v Zakonu o varstvu kulturne dediščine (ZVKD-1, UL RS št. 16/08) le nekaj osnovnih pogojev:

- v arheološko območje oziroma arheološko najdišče so dovoljeni posegi, ki upoštevajo in trajno ohranjajo njihove varovane vrednote, prepovedano pa je:
 - odkopavati in zasipavati teren, globoko orati, rigolati, meliorirati kmetijska zemljišča, graditi gozdne vlake,

- poglobljati morsko dno in dna vodotokov ter jezer,
- ribariti z globinsko vlečno mrežo in se sidrati,
- gospodarsko izkoriščati rudnine oziroma kamnine in
- postavljati ali graditi trajne ali začasne objekte, vključno z nadzemno in podzemno infrastrukturo ter nosilce reklam ali drugih oznak, razen kadar so ti nujni za učinkovito ohranjanje in prezentacijo arheološkega najdišča.

Izjemoma so dovoljeni posegi, ki so hkrati stavbna zemljišča znotraj naselij in v prostoru robnih delov najdišč, če ni možno najti drugih rešitev ali, če se na podlagi rezultatov opravljenih predhodnih arheoloških raziskav izkaže, da je zemljišče mogoče sprostiti za gradnjo.

- v območje kulturne krajine oziroma dediščine so dovoljeni posegi, ki upoštevajo in trajno ohranjajo njene varovane vrednote. Za posege velja še dodatni pravni režim varstva, ki predpisuje ohranjanje varovanih vrednot, kot so:
 - krajinska zgradba in prepoznavna prostorska podoba,
 - značilna obstoječa parcelna struktura, velikost in oblika parcel ter členitve,
 - tradicionalna raba zemljišč,
 - tipologija krajinskih sestavin in tradicionalnega stavbarstva,
 - odnos med krajinsko zgradbo oziroma prostorsko podobo in stavbo oziroma naseljem,
 - avtentičnost lokacije pomembnih zgodovinskih dogodkov,
 - preoblikovanost reliefa in spremljajoči objekti, grajene strukture, gradiva in konstrukcije ter likovni elementi in
 - zemeljske plasti z morebitnimi arheološkimi ostalinami.
- zavod (Zavod za varstvo kulturne dediščine) lahko s kulturnovarstvenimi pogoji določi obveznost oprave predhodnih raziskav ali obveznost priprave konservatorskega načrta (za gradnjo na Barju so potrebne predhodne arheološke raziskave ostalin);
- kulturnovarstveno soglasje, s katerim se dovolita raziskava in odstranitev arheološke ostaline, pa izda minister, ampak le s pogojem, da to nadzoruje zavod, delo pa opravi oseba, ki je strokovno usposobljena za izvajanje arheoloških raziskav.

Za pridobitev vodnega soglasja (za poseg na vodovarstvenem in ogroženem območju), sem od Direkcije RS za vode (ARSO) dobila osnovne projektne pogoje, katere je potrebno izpolniti. Podrobno so navedeni v Prilogi B, tukaj pa je nekaj pomembnejših (Dremelj, 2016):

- ko pošljemo vlogo za pridobitev vodnega soglasja, mora vsebovati naslednje priloge, ki jih zagotovi projektant (Pravilnik, UL RS št. 25/2009):
 - analizo tveganja za onesnaženje vodnega telesa,

- hidrološko hidravlično analizo z zaščitnimi ukrepi,
 - projektno dokumentacijo,
 - prikaz razredov nevarnosti z oceno ranljivosti ter
 - projektne rešitve omilitvenih ukrepov.
- gradnja in posegi na vodnem in priobalnem zemljišču (kamor sodijo vsi objekti s pripadajočo komunalno, prometno in zunanjo ureditvijo, vključno z morebitno ograjo, streho ter drugimi ureditvami), ki segajo na vodah II. reda (barjanski jarki) do 5 m od meje vodnega zemljišča, so prepovedani;
 - pri gradnji na širšem vodovarstvenem območju (VVO III) Ljubljanskega barja in okolice Ljubljane (Uredba, UL RS št. 115/07):
 - lahko gradimo enostanovanjske stavbe,
 - graditi je potrebno nad srednjo gladino podzemne vode, kar moramo paziti pri izkopu gradbene jame. V primeru, da se transmisivnost vodonosnika na mestu gradnje ne zmanjša za več kakor 10%, je gradnja izjemoma dovoljena tudi globlje, ob pogoju, da se izvede analiza tveganja za količinsko in kakovostno stanje podzemne vode.
 - odvajanje padavinskih voda z utrjenih površin je potrebno urediti v skladu z 92. členom ZV-1, in sicer na tak način, da bo v čim večji možni meri zmanjšan odtok padavinskih voda z utrjenih površin, kar pomeni, da je potrebno predvideti ponikanje ali po možnosti zadrževanje padavinskih voda pred iztokom v kanalizacijo oziroma površinske odvodnike;
 - gradnja enostanovanjskih stavb je v razredu srednje poplavne nevarnosti dovoljena le na območju strnjeno grajenih stavb enakovrstne namembnosti v obstoječih naseljih, kadar je mogoče s predhodno izvedenimi omilitvenimi ukrepi in v skladu s smernicami ali pogoji vodnega soglasja zagotoviti, da vpliv načrtovanega posega v prostor ni bistven;
 - iz projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD) in hidrološko hidravličnega elaborata mora biti razvidno, da poseg ne povečuje obstoječe poplavne ogroženosti na obravnavanem območju in izven njega, ter nima vpliva na vode in vodni režim;
 - med gradnjo ni dovoljeno odlagati izkopanih materialov na vodno ali priobalno zemljišče vodotoka.

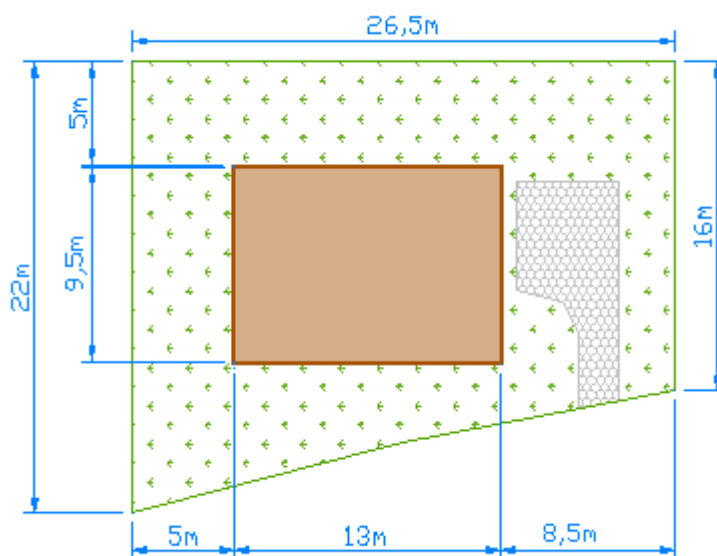
Predviden poseg dosega vse kriterije in zahteve. Prav tako se lahko pridobi kulturnovarstveno soglasje po predhodnih arheoloških raziskavah. Večjo prepreko predstavlja pridobitev vodnega soglasja, saj je v srednjem razredu poplavne nevarnosti dovoljeno graditi le na območjih strnjeno gajenih stavb v že obstoječih naseljih. Glede te omejitve si na ARSO-tu še niso enotni (Dremelj, 2016), zato obstaja možnost realizacije amfibijske stavbe na Ljubljanskem barju.

4.2 Izkop in pilotiranje

Prvi korak je izkop zemljine. Glede na velikost amfibijske stavbe (8,5 x 12 m) določim potrebno velikost plovnega temelja, nato lahko izračunam kolikšen izkop je potreben. Amfibijski temelj bo enakih dimenzij kot zgradba, 8,5 x 12 m, njegova višina pa bo znašala 1,2 m z upoštevanjem, da bo 1 m skrit v jami, 0,2 m pa nad tlemi. Zato je minimalna velikost gradbene jame 8,5 x 12 x 1 m.

Na vsak objekt, ki se nahaja v zemljini, v primeru poplav nanj delujejo hidrostatične sile in sile zasičene zemljine, zato se pritiski na objekt (vkopan v zemljino) povečajo. V tem primeru je sila vzgona, ki deluje na spodnjo stran objekta, manjša od teže objekta, zato ta ne bo splaval. Dvig je možen šele tedaj, ko je teža izpodrinjene tekočine večja od teže objekta. Ker v zemljini ni dovolj vode, moram med objektom in zemljino pustiti nekaj prostora, kamor bo lahko stekla voda. Tedaj bo vzgon dovolj velik, da omogoči dvig. Zato gradbeno jamo povečam še za 0,5 m v vse štiri smeri. Da preprečim zdrs in erozijo zemljine, se doda podporna stena (globoka 3 m), ki zaustavi pomike. Nove mere gradbene jame so 9,5 x 13 x 1 m.

Glede na predpise in veljavni OPN MOL, je določeno, da mora biti stavba oddaljena od občinske ceste 10 m, 5 m od vodotokov II. reda, minimalno 4 m od meje sosednjih parcel, ter vsaj 4 m od zunanje meje enote urejanja prostora (EUP) z drugačno namensko rabo (v mojem primeru je to K2). Zato je pomembno, kjer na parceli bom izvedla izkop.

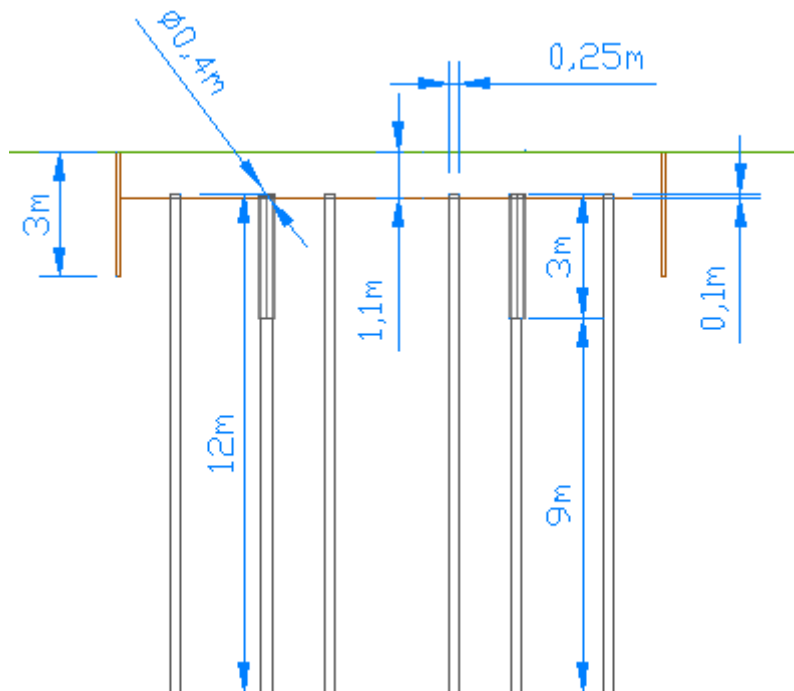


Slika 21: Tloris in dimenzije parcele z gradbeno jamo ter izrisane tlakovane površine

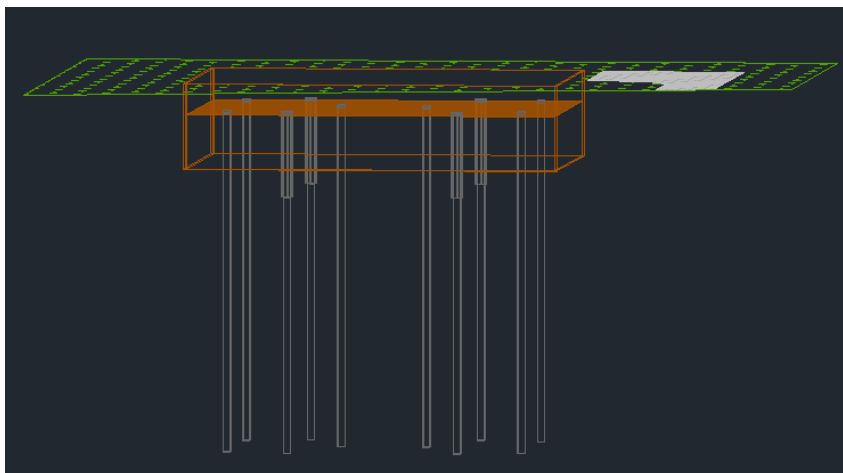
Plovni temelj se postavi na temeljno ploščo ali na pilote. Ker se Ljubljansko barje poseda, je že pogojeno, da se na tem območju gradi na pilotih, zato plovnega temelja ne bi postavila na temeljno ploščo, ampak samo na betonske pilote, kateri bodo pilotirani v zemljinu do nosilne plasti. Geomehanskega poročila o sestavi tal in kje se nahaja nosilna plast, nisem pridobila (je predrago), zato predpostavim, da se na moji parceli nosilna plast zemljine nahaja na globini 13-ih m. Odločila sem se za prefabricirane armirano betonske pilote, pravokotnega prereza in z dimenzijam 250 x 250 mm, katerih tlačna trdnost betona je višja kot pri tistih, izdelanih na gradbišču. Celoten amfibijski objekt bo tako nosilo 10 prefabriciranih pilotov, ki morajo segati 13 m globoko. Ti piloti se lahko pri transportu poškodujejo, zato je maksimalna dolžina izbranih dimenzij, ki je še varna za transport, 12 m. (Škrl, 2009) To je ravno prav za moj projekt, saj bo pilot segal od dna gradbene jame (-1 m) do nosilne plasti zemljine (13 m).

Določila sem že, da mora biti gradbena jama dimenzij 9,5 x 13 m ter 1 m globoka, da se v njej skrije plovni temelj. Zaradi varnosti, da zemljina ni ves čas v stiku s plovnim temeljem, poglobim jamo še za 0,1 m. Končen izkop gradbene jame meri 9,5 x 13 x 1,1 m.

Ker štirje piloti hkrati nosijo objekt in 4 vertikalne stabilizacijske stebre (vodila), je njihova prefabricirana dolžina le 9 m. Ostali 3 m se zgradijo na parceli (okrogle armirano betonske pilote s premerom 400 mm), kamor sidramo tudi vertikalne jeklene stabilizacijske stebre, ki ob poplavi omogočajo le vertikalno splavanje.



Slika 22: Bočni pogled ter dimenzije gradbene jame in pilotov



Slika 23: 3D pogled na gradbeno jamo z desetimi armirano betonskimi piloti

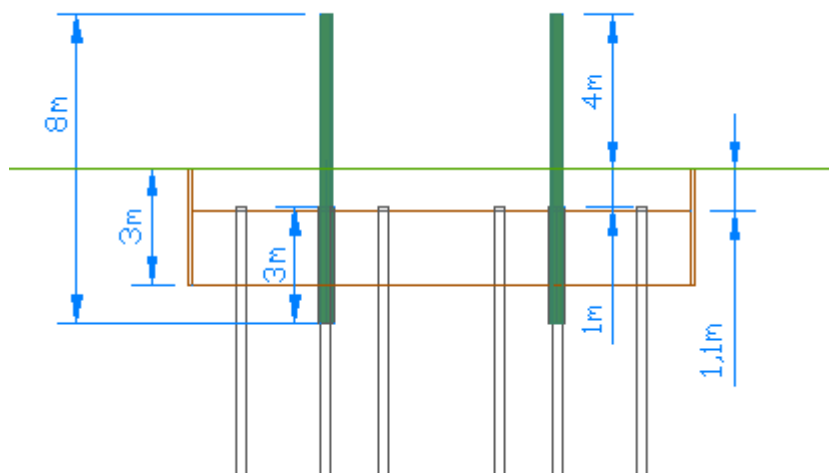
4.3 Vertikalni stabilizacijski stebri oziroma vodila

Vertikalni stabilizacijski stebri skrbijo, da se hiša ob poplavi zgolj dviguje na istem mestu. Zato se ob objektu postavi dva ali štiri stebre, ki morajo biti dovolj dolgi, vpeti in nosilni, da omogočajo dvig objekta na želeno višino, večinoma nad koto 100-letne vode. Za večjo varnost pa velikokrat omogočajo še višji dvig. Ker bo amfibijska hiša stala v srednjem razredu poplavne nevarnosti, kjer Q_{100} lahko sega do 1,5 m visoko, moram dimenzionirati dvig nad to višino. Glede na to, da majhen del parcele (ob dovozu) spada v razred velike poplavne nevarnosti, prav tako pa večinoma območja v okolici, se mora objekt dvigniti za več kot 1,5 m. Za večjo varnost sem amfibijski objekt dimenzionirala za možen dvig do 2,5 m.

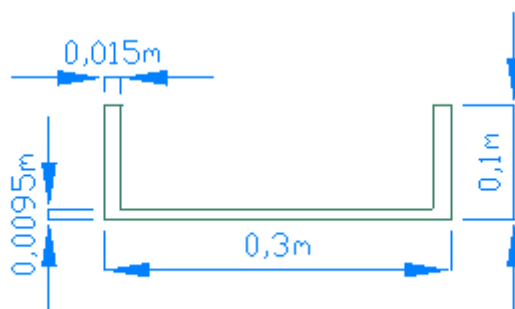
Za stebre sem izbrala jeklo oznake UPE 300, kar pomeni, da je to U profil (slika 25), prečnih dimenzij 300 mm in 100 mm. (UPE, 2014) Večinoma vertikalni stabilizacijski stebri stojijo samostojno ob objektu in kvarijo estetski videz. Ker se hočem temu izogniti, ter mogoče tudi ne ustreza dodatnim projektnim pogojem, ki jih nisem pridobila, jih skrijem v plovni temelj in v fasado zgradbe. Za večjo stabilnost ob dvigovanju sem izbrala štiri stebre z dolžino 8 m, ki po dva stojita ob daljši stranici objekta.

Problem nastane pri vprašanju, kdaj vgradim stebre: pred izdelavo plovnega temelja ali po njej. Če jih vgradim pred, to pomeni, da moram z žerjavom dvigniti temelj za 4 m in ga nato zelo pazljivo spustiti med vertikalne stabilizacijske stebre v jamo. V primeru, da najprej postavim temelj, moram med njegova vodila namestiti stebre in jih šele nato zabetonirati v pilote, kar pomeni, da štirje piloti ne

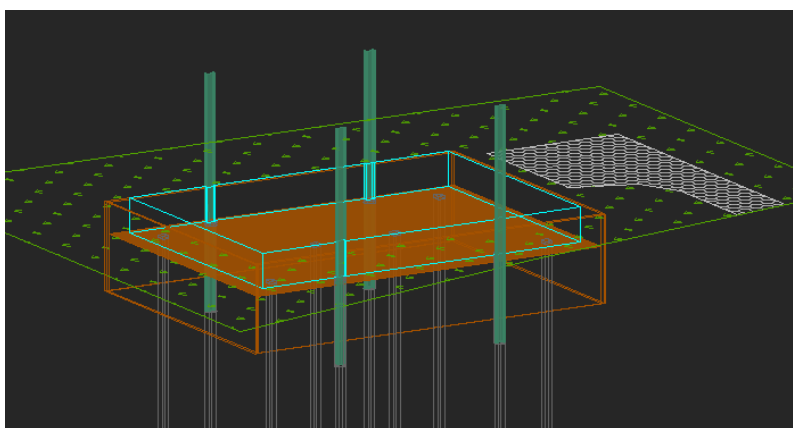
bodo tako dobro nosili objekta. Odločila sem se za prvo možnost, saj je v vsakem primeru potrebno z žerjavom premestiti plovni temelj iz zemljišča parcele v gradbeno jamo.



Slika 24: Bočni pogled na stebre in njihove dimenzije



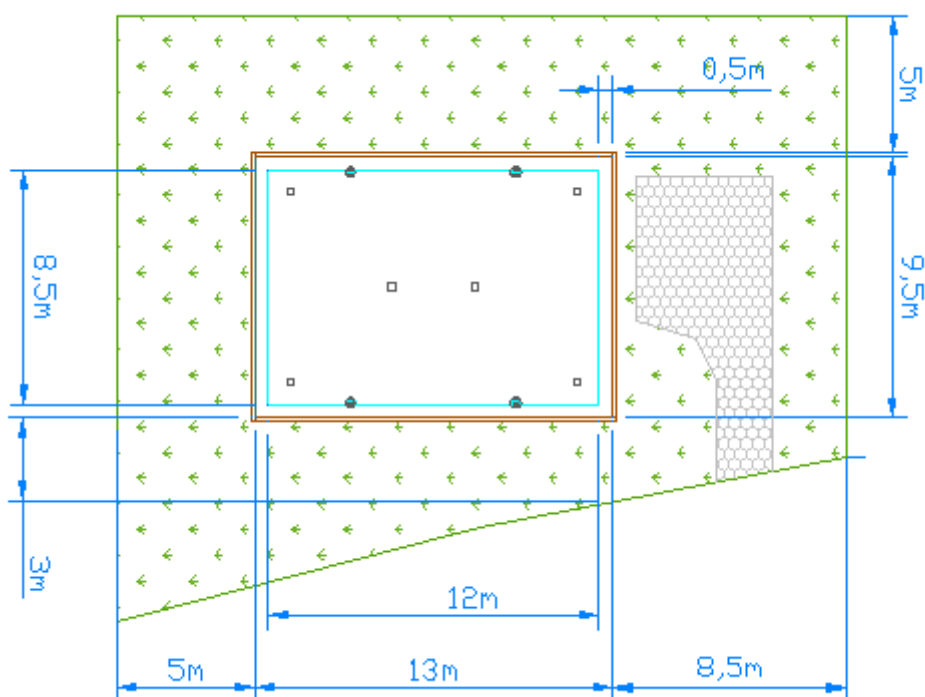
Slika 25: U profil stebra in dimenzije



Slika 26: 3D pogled na parcelo z vgrajenimi štirimi vertikalnimi stabilizacijskimi stebri in predvidenim plovnim temeljem

4.4 Plovni temelj

Najpomembnejša stvar pri amfibijskem objektu je pravilno dimenzioniranje plovnega temelja, saj njegova velikost določa, koliko vode izpodrine oziroma kolikšna je lahko maksimalna teža objekta, da ob poplavi splava. Pomembna je tudi prava izbira materialov glede na pogoje lokacije. Izbrala sem, da bo plovni temelj enakih dimenzij kot stavba, to je 8,5 x 12 m, ter 1,2 m visok. Zgradimo ga lahko v tovarni ali pa na parceli in ga nato z žerjavom položimo v jamo.



Slika 27: Tloris in dimenzije parcele s plovnim temeljem (v turkizni barvi)

Pri odločanju, kateri temelj bom izbrala, sem se osredotočila le na izbiro med armirano betonsko školjko z EPS polnilom in EPS jedro brizgano z betonom, ojačanim s steklenimi vlakni. Prva možnost ustvari težji temelj, zato je težišče objekta nižje, objekt pa je stabilnejši. Slabost tega je velikokrat prevelika teža. V drugem primeru mi to ne predstavlja problema, saj je temelj lažji, zato se težišče objekta dvigne. Slabost je manjša stabilnost in višja cena. Poročajo pa tudi o poslabšanju delovanja steklenih vlaken, če je temelj dolgo izpostavljen vodi (Rajh, 2010). Ker podtalnica na Ljubljanskem barju stalno niha, zemljina pa je polna vlage, ta možnost odpade.

Zato sem se odločila za plovni temelj iz armiranega betona in EPS polnila. Da zagotovimo vodotesnost ter zavarujemo armaturo pred korozijo, je za votle armirano betonske školjke potrebna minimalna debelina sten 0,20 m, za školjke iz armiranega betona in EPS polnila pa lahko tudi manj, saj nam EPS zagotavlja nepotopljivost (Project review, 2011). Pri izdelavi moramo paziti, da ves beton vlijemo naenkrat, da tvori togo telo brez členkov in vezi, nato ga še vibriramo in tako preprečimo nastanek razpok. Ker pri nas temperatura pade pod 0°C in voda zmrzne, je potrebno izbrati material, ki je trden, odporen proti silam ledu, ki prenaša sile poplavne vode in sile plavin ter nosi težo zgradbe. Armirano betonska školjka te zahteve dosega.

Na telo, ki je delno ali v celoti potopljeno v tekočini, vpliva sila vzgona. Ta sila je enaka teži tekočine, ki jo izpodrine. Če je teža telesa manjša od teže izpodrinjene tekočine, se objekt dvigne. Za vsak delno potopljen objekt, ki plava, je prostornina potopljenega dela enaka volumnu izpodrinjene tekočine, zato plavajoče telo izpodrine tekočino enako svoji teži. Na primer 10 t težak objekt izpodrine 10 m³ vode, oziroma je prostornina plavajočega telesa pod vodno gladino enaka 10 m³.

Glede na volumen izpodrinjene tekočine, ki ga povzroči plavajoči objekt lahko izračunam maksimalno dovoljeno težo objekta. Ker sem določila, da bosta objekt in zgradba enakih dimenzij (8,5 x 12 m), bo globina potopitve vplivala na dovoljeno težo.

V primeru, da bo cel plovni temelj potopljen v vodi, je ugrez 1,2 m, zato lahko s pomočjo enačb za plovnost (4, 5 in 6), izračunam maksimalno težo objekta:

$$F_v = F_g$$

$$1000 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * (8,5 * 12 * 1,2 \text{ m}^3) = m * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$m = 122.400 \text{ kg} = 122,4 \text{ t}$$

Pri vseh izračunih bom zanemarila utror za stebre, ker glede na dejansko vrednost rezultat minimalno odstopa.

Ker nočem, da bi bil ves temelj pod vodno gladino in ker potrebujem še dodatno varnost, moram poskrbeti za varnostno nadvišanje (ang. freeboard). Varnostno nadvišanje je razdalja med vodno gladino in najvišjo točko plavajočega predmeta. Zaradi dodatne varnosti je priporočljivo, da nek odstotek višine temelja ostane ves čas nad vodno gladino. Ta princip se uporablja tudi za plavajoče in amfibijske objekte, saj se v primeru dodatne obtežbe objekt lahko pogrezne v vodo za več

centimetrov. Tako lahko voda vstopi v objekt in ga mogoče celo potopi. V mojem primeru je varnostno nadvišanje določeno kot razdalja med gladino poplavne vode in vrhom plovnega temelja. Za to razdaljo sem vzela 0,2 m, kar pomeni, da bo zgornja ploskev temelja ves čas nad vodno gladino. Sedaj lahko izračunam, kakšna je dovoljena maksimalna teža celotnega objekta.

Pri ugrezu plovnega temelja za 1 m znaša maksimalna teža celotnega objekta:

$$F_v = F_g$$

$$1000 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * (8,5 * 12 * 1 \text{ m}^3) = m * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$m = 102.000 \text{ kg} = 102 \text{ t}$$

Volumen izpodrinjene tekočine je:

$$8,5 \text{ m} * 12 \text{ m} * 1 \text{ m} = 102 \text{ m}^3 = 102.000 \text{ kg} = 102 \text{ t}$$

Sila vzgona pa mora biti enaka teži telesa:

$$F_v = F_g$$

$$F_v = m * g = 102.000 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2 = 1.000.620 \text{ N}$$

V primeru, da bi imela težo objekta že znano, lahko izračunam s pomočjo enačbe (7) volumen izpodrinjene tekočine (dimenzije plavajočega dela pod vodno gladino) ali pa največjo globino ugreza.

Maksimalna dovoljena teža celotnega objekta pri ugrezu 1 m je 102 t. Ta teža se mora porazdeliti med plovni temelj in zgradbo. Ker hočem zagotoviti večjo stabilnost pri plavanju ob visokih vodah, je nujno, da ima plovni temelj veliko večjo težo od zgradbe. Če je razmerje med težo temelja in zgradbe manjše, se težišče celotnega objekta pomakne višje, kar zmanjša njegovo stabilnost plavanja. Med projektiranjem je potrebno paziti, da teža plovnega temelja ni prevelika, saj tako ostane manj razpoložljive teže za zgradbo.

Podatki za izdelavo armirano betonskega temelja z EPS polnilom in lesene lepljene lamelirane talne plošče:

- izbrana gostota betona normalne teže z armaturo: $\rho = 2400 \text{ kg/m}^3$
- debelina sten in tal temelja: $d = 0,18 \text{ m}$
- izbrana gostota EPS: $\rho = 15 \text{ kg/m}^3$

- velikost betonske školjke: 8,5 x 12 x 1 m
- debelina lesne talne plošče iz lepljenega lameliranega lesa: $d = 0,2$ m
- izbrana gostota lameliranega lepljenega lesa (Kitek Kuzman, Hrovatin, Kušar, 2006):
 $\rho = 410 \text{ kg/m}^3$

Teža armirano betonske školjke znaša:

$$8,5 \text{ m} * 12 \text{ m} * 1 \text{ m} = 102 \text{ m}^3$$

$$102 \text{ m}^3 - (8,14 \text{ m} * 11,64 \text{ m} * 0,82 \text{ m}) = 102 \text{ m}^3 - 77,96 \text{ m}^3 = 24,04 \text{ m}^3$$

$$24,04 \text{ m}^3 * 2400 \text{ kg/m}^3 = 57969 \text{ kg} = 57,97 \text{ t}$$

Ker je betonska školjka podolgovata, moram dodati še vmesno nosilno steno. Zato bom na polovici dolžine temelja dodala še armirano betonsko steno debeline 0,10 m in z 0,5 m odprtine. Teža stene tako znaša:

$$7,64 \text{ m} * 0,10 * 0,82 \text{ m} = 0,63 \text{ m}^3$$

$$0,63 \text{ m}^3 * 2400 \text{ kg/m}^3 = 1512 \text{ kg} = 1,51 \text{ t}$$

EPS, ki zagotavlja toplotno izolacijo, je dobra izbira tudi za plovni temelj. Teža EPS polnila znaša:

$$2 * (8,14 \text{ m} * 5,77 \text{ m} * 0,82 \text{ m}) + (0,5 \text{ m} * 0,10 \text{ m} * 0,82 \text{ m}) = 77,07 \text{ m}^3$$

$$77,03 \text{ m}^3 * 15 \text{ kg/m}^3 = 1156,05 \text{ kg} = 1,16 \text{ t}$$

Lameliran lepljen les za talno ploščo je dober, ker je odporen proti vodi in povišani vlažnosti. Seveda pa ga na zunanji strani ustrezno zaščitimo. Teža talne plošče znaša:

$$8,5 \text{ m} * 12 \text{ m} * 0,2 \text{ m} = 20,4 \text{ m}^3$$

$$20,4 \text{ m}^3 * 410 \text{ kg/m}^3 = 8364 \text{ kg} = 8,36 \text{ t}$$

Potrebujem še dve luknji (0,5 x 0,5 m) v talni plošči za prehod cevi in vseh potrebnih inštalacij:

$$2 * (0,5 \text{ m} * 0,5 \text{ m} * 0,2 \text{ m}) = 0,1 \text{ m}^3$$

$$0,1 \text{ m}^3 * 410 \text{ kg/m}^3 = 41 \text{ kg} = 0,041 \text{ t}$$

Ker hočem zagotoviti, da bo objekt mogoče uporabljati tudi med poplavo, bom v temelj vgradila še rezervoarja za deževnico in odpadno vodo ter pripadajoče cevi in inštalacije, kar dodatno obteži temelj. V Sloveniji povprečna poraba vode na prebivalca znaša okoli 120 l/dan, zato potrebujem za štiričlansko družino dva rezervoarja velikosti 3,36 m³, ki lahko hranita količino deževnice in odpadne vode enega tedna. Oba rezervoarja (za deževnico in odpadno vodo) bosta merila 2,5 x 3 x 0,5 m. Da se izognem dodatni teži obeh polnih rezervoarjev, je predpostavljeno, da se ob ali po prekinitvi priključkov na gospodarsko javno infrastrukturo napolni rezervoar z deževnico, ko pa se ta prazni, se istočasno z enako količino polni rezervoar z odpadno vodo.

Dodatna teža, ki pri tem nastane je:

- teža dveh praznih rezervoarjev: približno 200 kg
- teža tedenske količine vode (ob predpostavki 1 l = 1 kg): 3360 kg

Ter minus teža EPS-ja za prostornino obeh rezervoarjev:

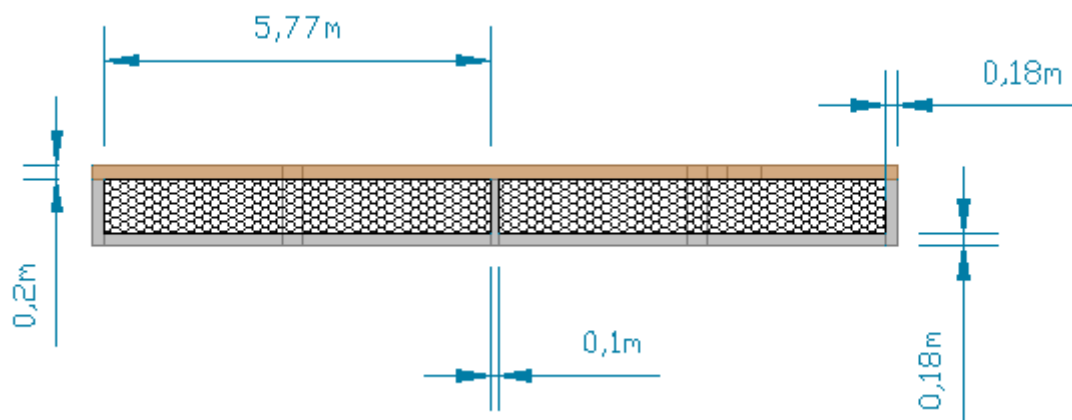
$$2 * \left(3,75 \text{ m}^3 * 15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = 112,5 \text{ kg}$$

Celotna teža plovnega temelja znaša:

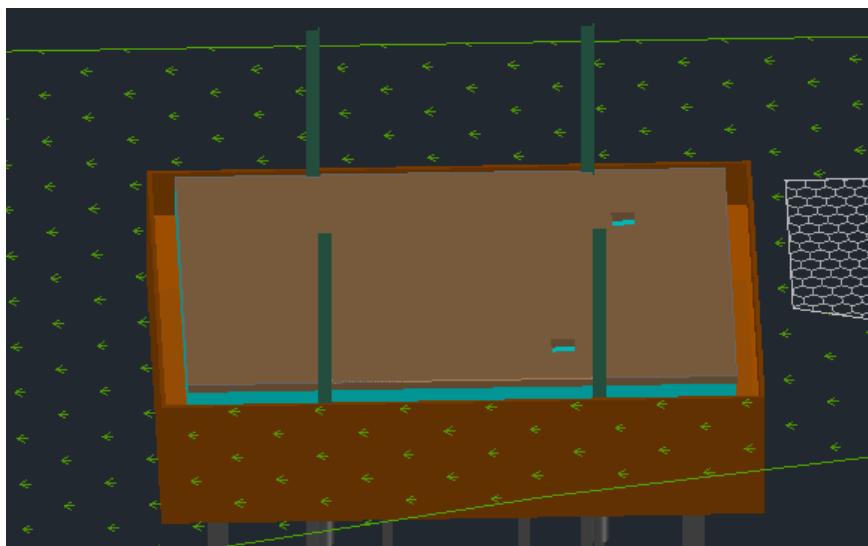
$$57,97 \text{ t} + 1,51 \text{ t} + 1,16 \text{ t} + 8,36 \text{ t} - 0,04 \text{ t} + 0,2 \text{ t} + 3,36 \text{ t} - 0,11 \text{ t} = 72,41 \text{ t}$$

Ko se zgrajen temelj položi na pilote, je 1 m skrit v jami, 0,2 m pa nad tlemi. Lahko bi celega skrila v jamo, ampak je potrebno paziti pri kateri globini kopljemo. Na Ljubljanskem barju je prepovedano kopati do srednje gladine podtalnice, katera se zaradi nihanja ves čas spreminja.

Drugi problem pa je poplavna voda, ki tako lažje poškoduje zgradbo, zato je dobra ideja, da pritličje malenkost dvignem od tal. Paziti je treba tudi na enakomerno porazdelitev teže temelja. Primer, kadar bi bila neenakomerna obtežba, je prikazano na poizkusu v poglavju 4.3.1.



Slika 28: Prečni prerez plovnega temelja in njegove dimenzije



Slika 29: 3D pogled na plovni temelj v jami

4.4.1 Test plovnosti votle betonske školjke

Za marsikoga je nepredstavljivo, da bi težka betonska školjka (temelj) lahko plavala. Zato sem za potrditev, da zakon o vzgonu res drži, naredila preizkus, ki bo potrdil, da je to mogoče in da so izračuni pravilni.

Izdelala sem votlo betonsko školjko s približnim razmerjem peska, cementa in vode:

$$p : c : v = 3 : 1 : 0,7$$

Ker nisem imela dobrega kalupa, je nastalo odstopanje pri razporeditvi betona, zato leva stran vsebuje malo več betona, kar se tudi pokaže na preizkusu in rezultatu.

Votla betonska školjka je imela obliko nepravilnega trapeza. Ker je težko izmeriti kakšne so natančne dimenzije oziroma njeno površino, sem za posplošitev vzela kar prostornino pravokotnika.

Podatki:

- teža votle betonske školjke z vodili: $m = 546 \text{ g}$
- dimenzije školjke: $9,6 \times 15,2 \text{ cm}$



Sliki 30: Votla betonska školjka in njena teža

Iz teh podatkov lahko s pomočjo enačbe (6) za plovnost izračunam, kakšen bo ugrez (enačba 7):

$$F_v = F_g$$

$$\rho * g * V \text{ izpod. tekočine} = m * g$$

$$1000 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * (0,096 \text{ m} * 0,152 \text{ m} * h) = 0,546 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$h = \frac{0,546 * 9,81}{1000 * 9,81 * 0,096 * 0,152} = 0,0374 \text{ m} = 3,74 \text{ cm}$$



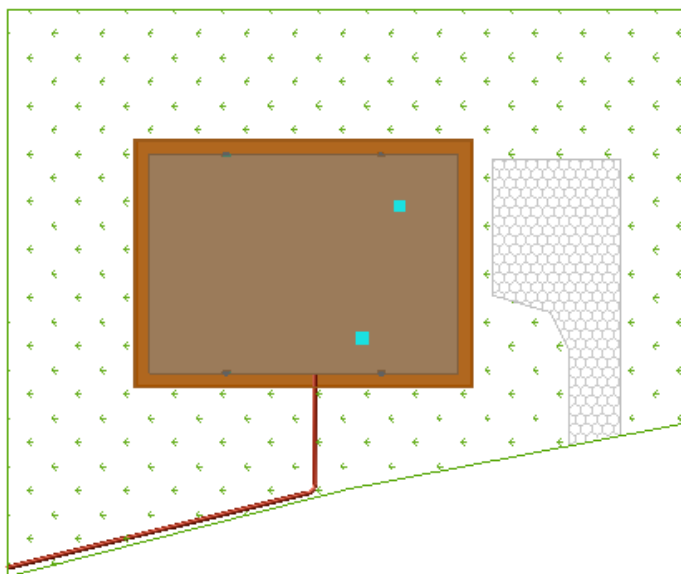
Slike 31: Preizkus plovnosti votle betonske školjke

Na zgornji sliki lahko vidimo, da je globina potopitve približno 3,74 cm, zato enačba resnično drži. Pomembna je tudi simetrična razporeditev betona in drugih obtežb, da zagotovimo raven nivo stavbe ob dvigovanju, kar preizkus dokaže. Zaradi večje količine betona na levi strani je školjka nagnjena. V tem primeru se obremenitev na vertikalne stabilizacijske stebre poveča, če ni prostora za nagib temeljne školjke oziroma stavbe.

4.5 Priključki na gospodarsko javno infrastrukturo

Amfibijski objekti imajo večinoma fleksibilne cevi s priključki, ki potekajo med tlemi in zgradbo ob vertikalnih stabilizacijskih stebrih, ter zagotavljajo, da se lahko objekt neovirano uporablja tudi med poplavo. V tem primeru se fleksibilne cevi raztegnejo za več metrov, odvisno do katere višine je predviden dvig objekta.

Slabost je, da je izvedba fleksibilnih cevi s priključki dokaj draga, problem bi bil lahko tudi pri pridobitvi soglasja za priključitev na gospodarsko javno infrastrukturo. Zato sem se odločila za samotesnilne ločljive priključke, ki se ob dvigu objekta samodejno izključijo in prekinejo stik s komunalno infrastrukturo. Tako se lahko objekt varno dvigne. Ker želim, da objekt vsaj delno deluje tudi med poplavo, sem v plovni temelj vgradila še rezervoar za odpadno vodo in deževnico.



Slika 32: Potek priključkov (rdeča črta) od plovnega temelja na gospodarsko javno infrastrukturo

4.6 Zasnova zgradbe

Ko imam temelj in vertikalne stabilizacijske stebre že položene v jamo in sidrane v pilote, lahko začnem graditi zgradbo. Njene dimenzije so 8,5 x 12 m.

Glede na maksimalno dovoljeno težo objekta in končno težo plovnega temelja mi ostane le:

$$102 \text{ t} - 72,41 \text{ t} = 29,59 \text{ t}$$

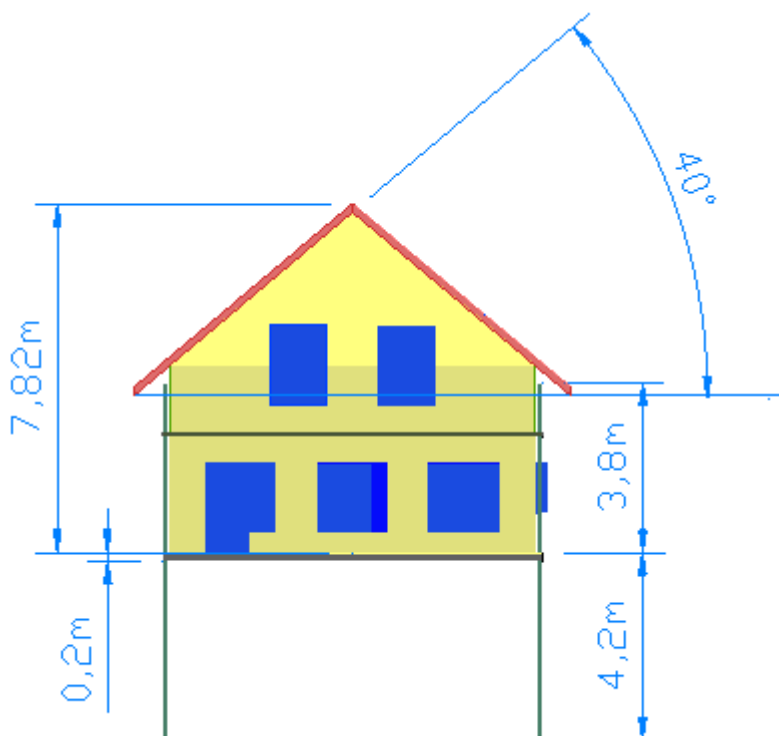
za celotno zgradbo oziroma za vse njene obtežbe (lastno težo, stalno in koristno obtežbo ter dodatne obtežbe). Ker to ni velika teža, je potrebno izbrati konstrukcijo in materiale, ki so zelo lahki. Odločila sem se za lahko leseno konstrukcijo v kombinaciji z jeklenim ojačanjem pri vertikalnih stabilizacijskih pilotih, saj jeklo tako nosi večje natezne obremenitve in omogoča nosilnejšo steno. Težo lahko zmanjšam tudi s pravilno izbiro izolacije, zato moramo tudi tukaj izbrati lažje materiale, kot na primer

polistiren (EPS ali XPS). Gradnja bo montažna, zato bo delo potekalo hitreje. Ker sem v višino omejena z 11 m in s čim manjšo težo, sem zgradbo zasnovala s pritličjem in izkoriščenim podstrešjem.

Kot primer lahko navedem amfibijsko hišo v Massbommel na Nizozemskem, kjer so zgradili enonadstropne zgradbe iz lahke lesene konstrukcije, ki tehtajo le 22 t. (Project review, 2011) Kar pomeni, da je mogoče zgraditi zgradbo, ki bo tehtala 29,59 t. Upoštevati moramo, da koristna obtežba (pohištvo in ljudje) prispeva dodatno obtežilo za približno 4 do 5 t (Project review, 2011).

Porazdelitev teže v zgradbi je ključna, saj z njo vplivamo na večjo stabilnost objekta in zagotovimo raven nivo pri dvigovanju ob poplavi. Če je plovni temelj več kot dvakrat težji od zgradbe, ni tako pomembno, kakšne obtežbe ima zgradba. V primerih, ko je to razmerje manjše, je potrebno težo zgradbe in pohištva čim bolj enakomerno porazdeliti. To pomeni, da so kuhinja, kopalnica in še drugi težki predmeti v pritličju in enakomerno porazdeljeni po površini. S tem ohranimo težišče objekta nižje, objekt pa je stabilnejši pri plavanju.

Pri gradnji je potrebno upoštevati vse predpise in OPN. OPN MOL določa, da je maksimalna višina zgradbe 11 m, razmerje med širino in dolžino mora biti večje od 1:1,4, objekt ima lahko največ eno nadstropje in izkoriščeno podstrešje, naklon strehe pa med 35 in 45°.



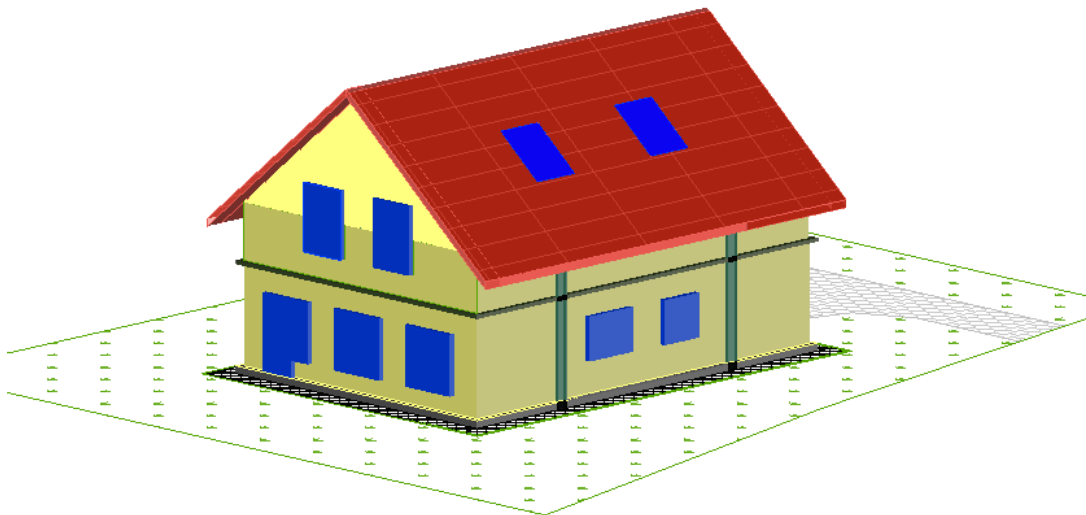
Slika 33: Dimenzije zgradbe z vertikalnimi stabilizacijskimi stebri



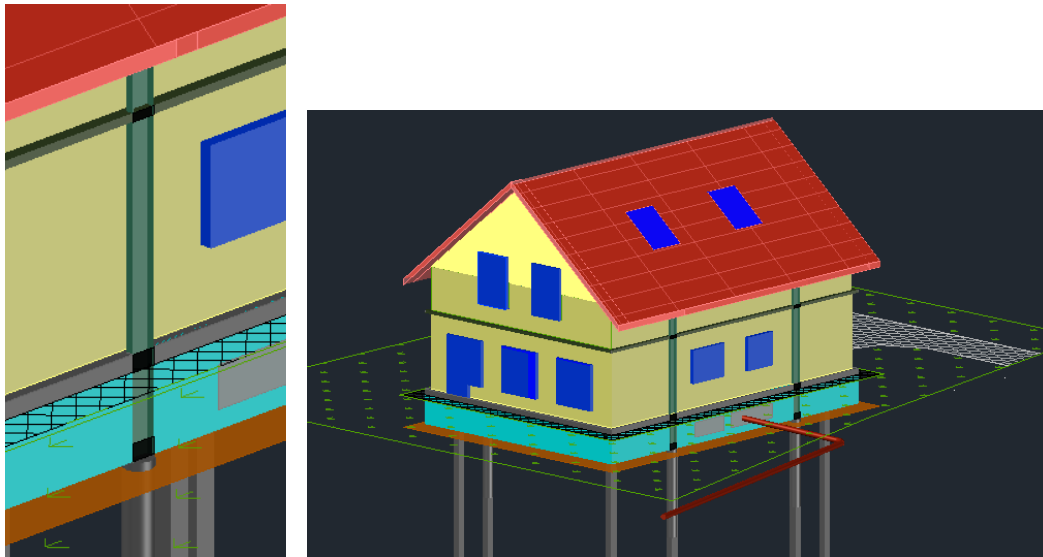
Slika 34: Zgradba dimenzij 8,5 x 12 m s talno ploščo

4.7 Amfibijska stavba na Ljubljanskem barju

Spodnje slike prikazujejo amfibijsko stavbo, ki bi bila postavljena v vasi Lipe na izbrani parceli. Za boljši prikaz sem pustila stavbo brez fasade in zunanje izolacije. Tako se boljše vidi vertikalne stabilizacijske stebre, zgornjo etažo in prehod na plavajoči temelj in s tem samo delovanje objekta. Na zunaj sploh ne razločimo, da je ta stavba drugačna od klasičnih.

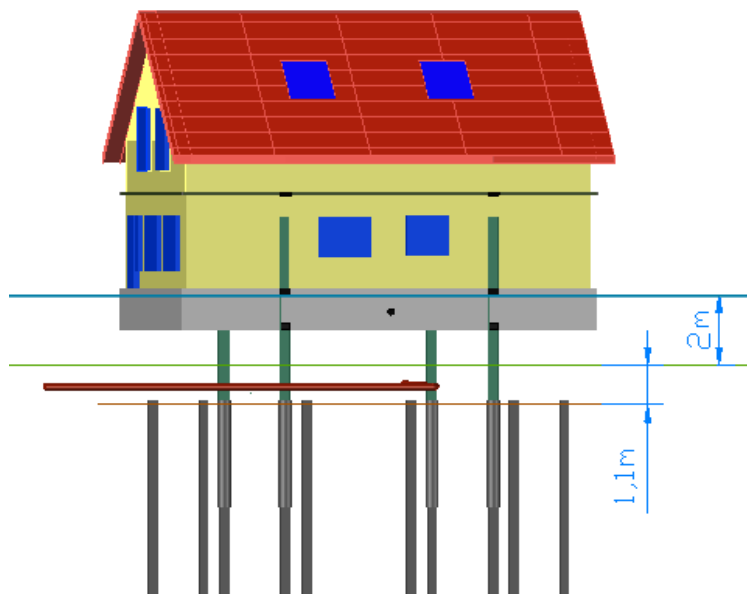


Slika 35: Prikaz, kako bi amfibijska stavba izgledala v resnici

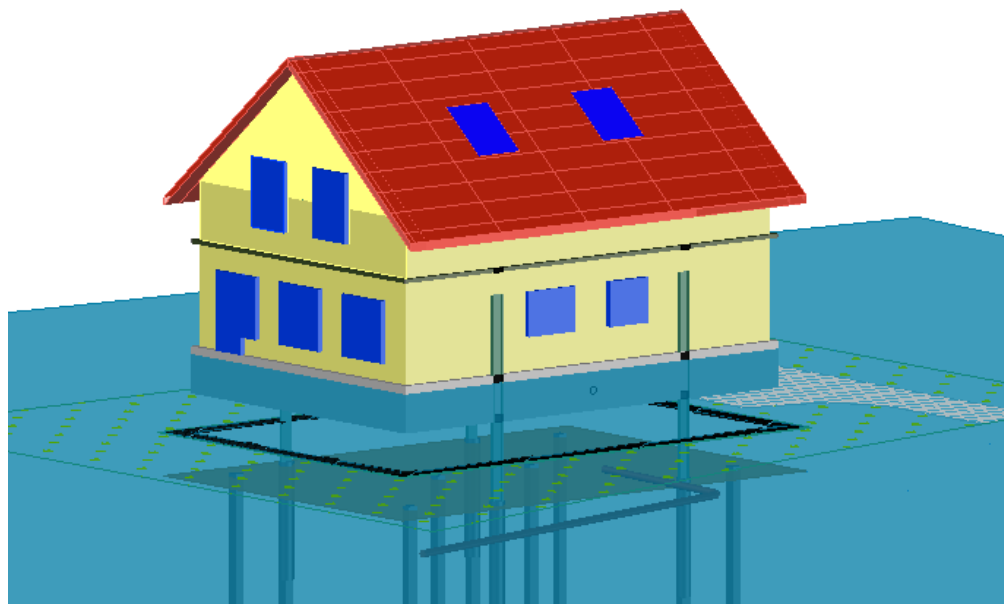


Sliki 36: Detajl jeklenega vertikalnega stabilizacijskega stebra in 3D pogled na amfibijsko stavbo na izbrani parceli s komunalnim priključkom (rdeča barva)

Vse slike prikazujejo stanje amfibijskega objekta v suhem stanju. Zato bom pokazala, kako bi objekt deloval in izgledal, če bi poplavna voda segala 2 m visoko. V tem primeru bodo vse stavbe v vasi poplavljeni, amfibijska pa bo uspešno splavala, saj ji vertikalni stabilizacijski stebri omogočajo dvig za 2,5 m. Ko voda odteče, se varno spusti nazaj v prvotno lego, na pilote.



Slika 37: Bočni pogled na amfibijsko stavbo v katastrofalnih poplavah z lokalno globino 2 m



Slika 38: 3D pogled na amfibijsko stavbo ob poplavih z lokalno globino 2 m

Izračun obremenitev poplavne vode (z 2 m globine) na amfibijski objekt:

Podatki:

- velikost plovnega temelja: 8,5 x 12 x 1,2 m
- globina ugreza: 1 m

Z malimi črkami (*a*) in (*b*) bom pri silah označila, na kateri strani zgradbe deluje sila poplavne vode. (*a*) označuje krajšo stranico 8,5 m, (*b*) pa daljšo stranico z 12 m.

Hidrostatski pritiski oziroma sila vzgona in horizontalne sile so obremenitve, ki delujejo v mirujoči tekočini v smeri pravokotno na potopljeno ploskev ter so rezultante vseh tlakov na ploskev. S pomočjo enačb (1, 2 in 3) jih lahko izračunam.

$$F_v = \rho * g * h * a * b = 1000 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * 1 \text{ m} * 8,5 \text{ m} * 12 \text{ m} = 1.000.620 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} F_h(a)_{\text{leva in desna}} &= \rho * g * \frac{1}{2} * h * h * a = 1000 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * \frac{1}{2} * 1 \text{ m} * 1 \text{ m} * 8,5 \text{ m} \\ &= 41692,5 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_h(b)_{\text{leva in desna}} &= \rho * g * \frac{1}{2} * h * h * b = 1000 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * \frac{1}{2} * 1 \text{ m} * 1 \text{ m} * 12 \text{ m} \\ &= 58860 \text{ N} \end{aligned}$$

Hidrodinamične obremenitve pa delujejo takrat, ko poplavna voda ne miruje in obteka stavbo. Delimo jih na:

- obremenitve pri nizkih hitrostih do 3m/s

Recimo, da ima poplavna voda hitrost 2,5 m/s, koeficient upora (Cd) pa dobim iz Preglednice 1. Rešitvi sta za obe stranici (a) in (b) enaki, $Cd=1,25$. Obremenitve lahko izračunam z enačbami (9, 10 in 11).

prirastek:

$$dh = \frac{Cd * v^2}{2 * g} = \frac{1,25 * 6,25 \text{ m}^2/\text{s}^2}{2 * 9,81 \text{ m/s}^2} = 0,40 \text{ m}$$

$$Pdh = \gamma * dh = \rho * g * dh = 1000 \text{ kg/m}^3 * 9,81 \text{ m/s}^2 * 1,40 \text{ m} = 13734 \text{ N/m}^2$$

$$Fdh = \gamma * dh * h = Pdh * h = 13734 \text{ N/m}^2 * 1 \text{ m} = 13734 \text{ N}$$

Fdh je prirastek hidrodinamične sile zaradi delovanja hitrosti vodnega toka (2,5 m/s) in se ga prišteje k hidrostatični sili. Hidrostatična obremenitev pri nizkih hitrostih toka je:

$$Fh(a) = 41692,5 \text{ N} + 13734 \text{ N} = 55.426,5 \text{ N}$$

$$Fh(b) = 58860 \text{ N} + 13734 \text{ N} = 72.594 \text{ N}$$

- obremenitve pri visokih hitrostih toka (nad 3 m/s)

Recimo, da ima poplavna voda hitrost 3,3 m/s, koeficient upora (Cd) pa je enak. Za izračun uporabim enačbe (12 in 13).

$$Pd = \frac{Cd * \rho * v^2}{2} = \frac{1,25 * 1000 \text{ kg/m}^3 * (3,3 \text{ m/s})^2}{2} = 6806,25 \text{ N/m}^2$$

$$Fd(a) = Pd * A = 6806,25 \text{ N/m}^2 * (8,5 \text{ m} * 1 \text{ m}) = 57853,13 \text{ N}$$

$$Fd(b) = Pd * A = 6806,25 \text{ N/m}^2 * (12 \text{ m} * 1 \text{ m}) = 81675 \text{ N}$$

Pri projektiranju je potrebno upoštevati tudi dodatne obremenitve na objekt, kot so sneg, veter in potres. Zato ima stavba 0,2 m varnostnega nadvišanja, saj bi se pri plavanju ugreznila za 0,10 m, če bi dodatna obtežba znašala:

$$8,5 \text{ m} * 12 \text{ m} * 0,10 \text{ m} = 10,2 \text{ m}^3 = 10,2 \text{ t}$$

V tem primeru imam še 0,10 m dodatne varnostne razdalje, zato ni nevarnosti, da bi voda vstopila v objekt. Maksimalna obtežba pri kateri bo objekt še splaval je 20,4 t.

Ker pa obtežba snega povzroča največje dodatne obremenitve, je potrebno izračunati kolikšne so lahko maksimalne. Dvokapna streha amfibijske stavbe meri približno 156 m² (dva dela z 6 x 13 m), kar pomeni, da sneg z 130 kg/m² povzroči 20,3 t obtežbe. Vse kar je večja obtežba ni več dopustno. Glede na to, da ima moker sneg še večjo gostoto od ravno zapadlega, predstavlja za objekt postopoma večjo obtežbo. Predpisana maksimalna snežna obtežba za Ljubljano je 3 kN/m² (Mekinda - Majaron, 2002). To pomeni, da je strešno konstrukcijo potrebno dimenzionirati na obtežbo 300 kg/m². Ker je zgradba lahka in težko nosi take obremenitve, v primeru poplav pa bi taka količina povečala ugrez in morebitni vdor vode v zgradbo, je možna rešitev tudi v ogrevani strehi, ki topi zapadli sneg. Tako ostane približno 20 t za druge obremenitve, kot je veter.

Izračun stabilnosti:

Amfibijska stavba mora ohranjati stabilnost, zato moramo poskrbeti za simetrično porazdelitev obtežb čez celotno telo, saj tako poskrbimo za manjše obremenitve na vertikalne stabilizacijske stebre.

Plavanje je stabilno, ko je metacenter nad težiščem celotnega telesa. Enačba (14) omogoča izračun stabilnosti.

Preizkus:

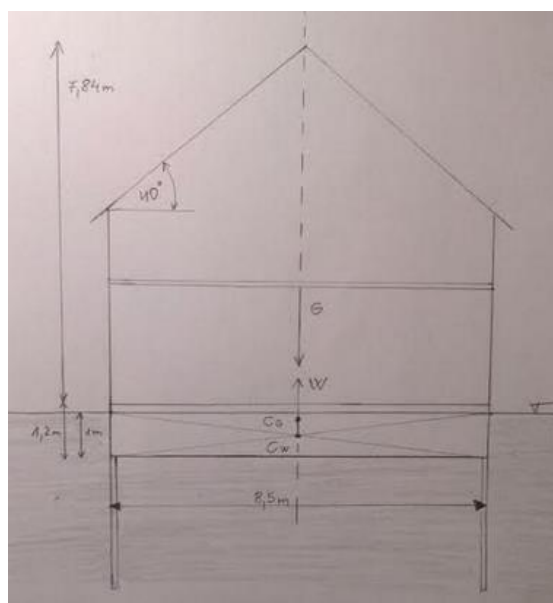
$$P = a * b * h = 8,5 * 12 * 1 = 102 \text{ m}^3$$

$$G = W = \rho * g * a * b * h = 1.000.620 \text{ N}$$

$$\overline{CwM} = \frac{I}{P} = \frac{\frac{a * b^3}{12}}{a * b * h} = \frac{1224}{102} = 12 \text{ m}$$

$$\overline{CwCg} = 0,85 \text{ m} - 0,5 \text{ m} = 0,35 \text{ m}$$

$$\overline{CwM} > \overline{CwCg} \dots \dots \dots \text{plavanje je stabilno}$$



Slika 39: Stabilno plavanje amfibijske stavbe

Nižje težišče celotnega objekta, njegovo stabilnost in večjo silo vzgona lahko zagotovimo z večjo težo plovnega temelja (težji beton, dodatne predelne stene, s težjo talno ploščo), če imamo dovolj prostora, pa lahko povečamo ploščino plovnega temelja ali njegovo višino.

V primeru, da imamo pred gradnjo že podatke, kakšna bo postavitve prostorov in pohištva v zgradbi, ter s to postavitvijo ne moremo zagotoviti simetrične razporeditve obtežb, lahko pri projektiranju plovnega temelja upoštevamo to odstopanje in uravnamo z različno debelino sten temelja (tanjšo oziroma debelejšo).

Cilj nove gradnje je, da je objekt čim bolj samozadosten, trajen, ekološki, energetsko učinkovit in stroškovno dostopen. Tem smernicam sledijo tudi amfibijski objekti. V objekt lahko vgradimo še solarne kolektorje, toplotno črpalko (za katero je potrebno pridobiti vodno dovoljenje) ali druge okolju prijazne naprave.

5 ZAKLJUČKI

Zaradi številnih pozitivnih lastnosti in čim manjših vplivov na okolje, je amfibijski način gradnje primeren tudi za Slovenijo. Razvoj amfibijskih objektov bi na dolgi rok zmanjšal nevarnosti poplavljanja stavb, omilil ranljivost urbanih območij, zmanjšal škodo, ki nastane pri poplavah ter ohranil izgled sošeske, arhitekturni značaj, dobro počutje in zdravje prebivalcev. Obenem omogoča tudi uporabo novih območij za gradnjo. Ta tehnika predstavlja najboljšo in trajno rešitev za prihodnost. Pomembno je, da objekt neovirano deluje med poplavo in po njej, brez potrebnih sanacij in popravil ter zagotavlja odlično poplavno varnost. Istočasno pa ohranimo naravo, čim manj vplivamo na poplavna območja in njihovo vegetacijo, ker nam ni treba graditi zadrževalnikov, pregrad, nasipov ali izsuševati območja, kar povzroča velike finančne stroške in okoljske spremembe, saj ti posegi spremenijo naravne lastnosti oziroma procese območja.

Glede na lokacijske podatke, predpise, prostorske in projektne pogoje, ki sem jih lahko pridobila, kaže, da je mogoče zgraditi amfibijsko stavbo na Ljubljanskem barju. Realizacija oziroma razplet pa je odvisen od pridobitve potrebnih soglasij in gradbenega dovoljenja. Bolj jasno bi postalo šele po oddaji projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja, kjer bi bile podane vse projektne rešitve. Glede na pridobljene podatke se mi zdi najbolj problematična pridobitev vodnega soglasja. Vendar je lahko kljub zahtevam, ki nam jih poda ARSO, možno najti rešitev. Zato je projekt prvega slovenskega amfibijskega objekta v veliki meri odvisen od tolmačenja predpisov ter ocenjevanja sprejemljivosti oziroma primernosti take gradnje s strani posameznih strokovnjakov in javnih uslužbencev, ki izdajajo soglasja in dovoljenja.

Enega od problemov pri pridobitvi vodnega soglasja predstavlja pogoj, da je gradnja enostanovanjskih stavb v srednjem razredu poplavne nevarnosti dovoljena le na območju strnjeno grajenih stavb enakovrstne namembnosti v obstoječih naseljih. To pomeni, da na izbrani parceli ni dovoljena gradnja, ker je tam razpršena poselitev. Vendar kljub temu obstajajo primeri nove gradnje na teh območjih. Uslužbenka ARSO-ta pravi, da se pri njih s tem vprašanjem stalno srečujejo in zaenkrat še ni enotnega dogovora o tem, kako obravnavati gradnjo na poplavno ogroženih zemljiščih, ki so sicer zazidljiva, ampak niso del strnjeno pozidanih območij.

Amfibijski objekt je možno zgraditi tudi na območjih, kjer najprej odstranimo star objekt, ki je legalna gradnja in nato zgradimo amfibijskega, saj v takem primeru lažje pridobimo gradbeno dovoljenje. V mojem projektu je postavitev amfibijskega objekta predvidena med občinsko cesto in starejšo

enostanovanjsko stavbo. Zato bi v primeru problemov pri novi gradnji, amfibijsko stavbo lahko zgradili na mestu starejšega, odstranjenega objekta.

V primeru, da gradnja na Ljubljanskem barju ni mogoča zaradi pridobitve nekaterih soglasij, bi lahko amfibijski objekt načrtovali za druga poplavna območja, kjer gradnja ne zahteva toliko soglasij. Amfibijska gradnja je primerna tudi za urbana območja z individualno gradnjo. Druge možnosti za gradnjo bi lahko bile ob Tržaški cesti do Vrhovcev ter na severnem in južnem delu Ceste dveh cesarjev (zaradi poplavljanja potokov Glinščice, Gradaščice in Malega grabna), na območju med Ižansko cesto in industrijsko cono Rudnik ter vzhodni del Ljubljane (zaradi Ljubljanice in njenih pritokov), ali celo na severnem delu Ljubljane (zaradi poplavljanja Save in njenih pritokov). Možnosti gradnje so pravzaprav povsod po Sloveniji, kjer so poplavna območja (ob kraških poljih ter na poplavnih ravninah manjših in večjih rek).

Glavni stroški pri amfibijskih objektih so plovni temelj in fleksibilni priključki. Cene hiš se zelo razlikujejo tudi zaradi različnih temeljev, materialov in velikosti. Gradnja amfibijskega objekta v primerjavi s klasično gradnjo je v povprečju dražja med 20 in 25%, kar dokazujeta tudi oba znana amfibijska projekta, Formosa v Veliki Britaniji in amfibijske hiše v Maasbommel (Borgobello, 2012; Gray, 2012). Zato lahko pričakujem, da bo podobno odstopanje v ceni tudi pri nas. Kljub večji začetni ceni je amfibijska stavba dobra rešitev, saj za več desetletij zagotavlja varnost objekta in ljudi ter eliminira stroške, ki nastanejo na objektu ob poplavi.

Če gradnja ni dovoljena zaradi določil OPN-ja, je rešitev lahko v spremembi ali izdelavi novega OPPN-ja za neko poplavno območje, kjer se predvidi amfibijska gradnja. OPPN namreč podrobneje določa rešitve in ukrepe za obrambo pred naravnimi nesrečami ter pogoje priključevanja objektov na javno infrastrukturo. Seveda pa je to odvisno od posamezne občine, če verjame v funkcionalnost amfibijskega objekta.

Kasneje, ko bi realizirani projekti dokazal, da je amfibijski objekt funkcionalen in 100% odporen proti poplavam, bi lahko razmislili o spremembi zakonodaje, ter omogočili gradnjo (ob predpostavki, da lahko gradimo samo amfibijske objekte) na nekaterih območjih razreda velike poplavne nevarnosti, na priobalnih zemljiščih in na drugih poplavnih območjih, kjer gradnja sedaj ni dovoljena.

Predvidevam, da bo skozi čas amfibijski način gradnje postal nepogrešljiv za poplavna območja. Zato bo potrebno več pozornosti posvetiti tej dokaj novi tehniki in jo vključiti med aktivne tehnike protipoplavne gradnje.

VIRI

A world of Cities by 2050: More People, More Money, More Water Problems and Some possibilities. 2014. Irish Environment.

<http://www.irishenvironment.com/reports/world-cities-2050-people-money-water-problems-possibilities/> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Amphibious Architecture, Experiment - บ้านสะเทินน้ำสะเทินบก โดยคนไทย เพื่อคนไทย. 2011. Site-Specific, WordPress.

<https://asitespecificexperiment.wordpress.com/2011/10/23/%E0%B8%9A%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%99%E0%B8%AA%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%99%E0%B9%89%E0%B8%B3%E0%B8%AA%E0%B8%B0%E0%B9%80%E0%B8%97%E0%B8%B4%E0%B8%99%E0%B8%9A%E0%B8%81-%E0%B9%82/> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Amphibious homes, Maasbommel, The Netherlands. 2015. Urban Green-Blue Grids.

<http://www.urbangreenbluegrids.com/projects/amphibious-homes-maasbommel-the-netherlands/>;

citirano po Pötz, H., Bleuzé, P. 2009. Vorm geven aan stedelijk water. Amsterdam, SUN architecture. (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Anderson, H. C. 2014. Amphibious Architecture - Living with a Rising Bay. Master Thesis. San Luis Obispo, California Polytechnic State University, Faculty of Architecture (samozaložba H. C. Anderson): str. 1-43, 52-79, 86-88.

<http://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2318&context=theses> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Arhimedov zakon. 2013. Wikipedija.

https://sl.wikipedia.org/wiki/Arhimedov_zakon (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Atlas Okolja. 2015. Agencija RS za okolje.

http://gis.arso.gov.si/atlasokolja/profile.aspx?id=Atlas_Okolja_AXL@Arso (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

AutoCAD. 2015a. Arhinova.

<http://www.arhinova.si/autocad.html> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

AutoCAD. 2015b. Wikipedija.

<https://sl.wikipedia.org/wiki/AutoCAD> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Balance d'eau: Project developer, Private individual, Construction system. 2015. Balance d'eau.

<http://www.balancedeau.nl/en/home> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

BFP: Home. 2015. Buoyant Foundation Project.

<http://www.buoyantfoundation.org/> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Borgobello, B. 2012. UK's first amphibious house becomes a "free-floating pontoon". Gizmag.

<http://www.gizmag.com/amphibious-house/21524/> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Build It Bigger: Amsterdam Futuristic Floating City (S05E06). 2014. Extreme Engineering, You Tube.

<https://www.youtube.com/watch?v=Es74LezQUCs> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

- Buoyant Foundation Project Assembly Animation. 2014. Elizabeth English, You Tube.
https://www.youtube.com/watch?v=WdTCU8_A7wk&feature=youtu.be (Pridobljeno 9. 9. 2015.)
- Concrete vs Steel. 2015. Aquabase Construction.
<http://www.aqua-base.co.uk/concrete.html> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)
- Cum Laude PhD study on water management to reduce the vulnerability of cities. 2009. Ecoboat.
http://www.ecoboot.nl/ecoboot_new/?p=351 (Pridobljeno 2. 10. 2015.)
- Czapiewska, K., Roeffen, B., Dal Bo Zanon, B., de Graaf, R. 2013. Seasteading Implementation Plan, Final Report. Delft, DeltaSync BV: str. 7-36, 42-44, 51-53.
http://seasteadingorg.wpengine.com/wp-content/uploads/2015/12/Floating-City-Project-Report-4_25_2014.pdf (Pridobljeno 2. 10. 2015.)
- Davis, A. 2013. Blooming Bamboo Home by H&P Architects. Dezeen magazine.
<http://www.dezeen.com/2013/09/25/blooming-bamboo-house-by-h-and-p-architects/> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)
- De Melker, S. 2012. Louisiana Fishermen Pioneer Floating Architecture. PBS NewsHour Productions LLC.
<http://www.pbs.org/newshour/rundown/louisiana-fishermen-pioneer-floating-architecture/>
(Pridobljeno 2. 10. 2015.)
- Dremelj, N. 2016. Projektni pogoji za pridobitev vodnega soglasja za gradnjo na Ljubljanskem barju. Osebna komunikacija. (22. 1. 2016.)
- EEA, Precipitation extremes. 2014. European Environment Agency.
<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/precipitation-extremes-in-europe-2/assessment>
(Pridobljeno 2. 10. 2015.)
- English, E. 2009. Amphibious foundations and the Buoyant Foundation Project: Innovative strategies for flood-resilient housing. Canada, University of Waterloo, School of Architecture: 8 str.
http://www.buoyantfoundation.org/pdfs/ECEnglish_ParisUFMpaper_nov2009.pdf (Pridobljeno 2. 10. 2015.)
- English, E. 2015a. Flood Performance of Amphibious Housing. Buoyant Foundation Project: 11 str.
<http://www.buoyantfoundation.org/pdfs/BFP%20Amphib%20vs%20PermStatElev.pdf> (Pridobljeno 9.9.2015.)
- English, E. 2015b. Solution search: reducing our risk. Buoyant Foundation Project: 5 str.
http://www.buoyantfoundation.org/images/Solution_Search_Competition_2015.pdf (Pridobljeno 2. 10. 2015.)
- Etherington, R. 2009. Float House by Morphosis for Make it Right. Dezeen magazine.
<http://www.dezeen.com/2009/10/20/float-house-by-morphosis-for-make-it-right/> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)
- Expanded Polystyrene. 2015. Technodinamica.
<http://www.tecnodinamica.it/about-eps/> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

FEMA P-259, Engineering Principles and Practices for Retrofitting Floodprone Residential Structures, Third Edition. 2012. Federal Emergency Management Agency. U.S. Department of Homeland Security: poglavje 1: str. 4-16, poglavje 3: str. 14-17, poglavje 4: str. 1-4, 8-48, poglavje 5D: str. 1-10, poglavje 5E: str. 1-13, poglavje 5W: str. 1-16.

http://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1506-20490-2593/fema259_complete_rev.pdf

(Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Fenuta, E. V. 2010. Amphibious Architectures: The Buoyant Foundation Project in Post-Katrina New Orleans. Master Thesis. Canada, Waterloo, University of Waterloo, Faculty of Architecture (samozaložba E. V. Fenuta): str. 199-205, 245.

http://issuu.com/lizfenuta/docs/amphibious_architectures_thesis (Pridobljeno 28. 10. 2015.)

FlexBase: About us, Technology. 2013. FlexBase.

<http://www.flexbase.eu/?lnd=uk&cd=1> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Float House. 2012. Morphosis Architects Inc.

<http://morphopedia.com/projects/float-house> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Float House: Construction Sequenc. 2009a. MORPHOSIS: str. 2-4.

http://morphopedia.com/uploads/Construction%20Sequence_reduced%20size.pdf (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Float House Is Big Easy Green. 2009b. Forced Green.

<http://www.forcedgreen.com/2009/10/float-house-is-big-easy-green/> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Floating Homes - 2 types. 2015. Inspiration Green.

<http://www.inspirationgreen.com/floating-homes.html> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Formosa - The UK's First Amphibious House. 2015. Riba.

<https://www.architecture.com/FindAnArchitect/ArchitectPractices/BACA/Projects/Formosa-TheUK39;sFirstAmphibiousHouse-132908.aspx> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Garvin, S., Reid, J., Scott, M. 2005. Standards for the repair of buildings following flooding. CIRIA publication C623: str. 13.

http://www.staffs Moorlands.gov.uk/sites/default/files/documents/pages/Afterflood_repairs_standards_2005.pdf (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Grand Designs (Season 14, Episode 7) - River Thames: Floating House. 2014. Grand Designs, YouTube.

<http://www.youtube.com/watch?v=gpH1-b2DV6E&feature=youtu.be> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Gray, D. D. 2012. Architects' answer to rising seas: floating homes. Yahoo.

<http://news.yahoo.com/architects-answer-rising-seas-floating-homes-054218294.html> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Hanson, I., Dar, S. 2015. Coastal Engineering - Amphibious Housing: Applications of Amphibious Houses in Hurricanes. Weebly.

<http://amphibioushomes.weebly.com/applications-hurricanes--floods.html> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

How it Works? 2014. Baca Architects: 1 str.

<http://www.baca.uk.com/files/pdf/Amphibious%20House-How%20It%20Works.pdf> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

IMFS: Technology, Home. 2013. International Marine Flotation Systems Inc.

<http://www.floatingstructures.com/> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

IPCC, Climate Change 2013: The Physical Science Basis. 2013. Working Group I, Fifth Assessment Report (AR5), Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, Cambridge University Press: str. 25, 26.

http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_ALL_FINAL.pdf (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Links To Other Amphibious Projects. Amphibious House on the River Thames. 2015. Buoyant foundation project.

<http://www.buoyantfoundation.org/amphibious.html> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Ljubljansko barje. 2015a. GIS.

http://www.gis.si/egw/ZOS_T03_P03/ (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Ljubljansko barje. 2015b. Javni zavod Krajinski park.

<http://www.ljubljanskobarje.si/ljubljansko-barje/o-ljubljanskem-barju> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Kitek Kuzman, M., Hrovatin, J., Kušar J. 2006. Lesene lepljene konstrukcije v arhitekturi. AR. 2006/1: 44-49.

<http://www.dlib.si/details/URN:NBN:SI:DOC-YDZI6FD1> (Pridobljeno 10. 1. 2016.)

citirano po SIST EN 1194

Klemenčič, T., Rogelj, M. 2007. Vloga naravovarstvenih smernic, mnenj in oglasij za območja Natura 2000 pri postopkih sprejemanja občinskih prostorskih dokumentov. Zavod RS za varstvo narave: str. 12.

http://www.natura2000.si/uploads/tx_library/SOS_ZRSVN.pdf (Pridobljeno 10. 2. 2016.)

Klemenčič Manič, M. 2009. Pridobivanje projektnih pogojev in soglasij za priključitev. INGRA: 2 str.

http://www.ingra.si/data/medijski_koticek/objave_v_medijih/2009_10_Revija_Hausbau.pdf

(Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Koekoek, M. J. 2010. Connecting Modular Floating Structures. (Appendices_gehele_rapport.pdf).

Master Thesis. Delft, University of Technology, Civil Engineering and Geosciences (samozaložba M. J. Koekoek): str. A1-3 - A8-2, A14-3 - A14-11, A19-2 - A19-3.

<http://repository.tudelft.nl/view/ir/uuid%3A33b59201-1718-4dda-98f8-ee16d5b7c023/> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Maasbommel. 2015. Google maps.

<https://www.google.si/maps/> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Manley, C. R. 2014. Floating Tybee: Planning and designing for rising seas. (MANLEY-THESIS-2014.pdf). Master Thesis. Georgia, Georgia Institute of Technology, College of Architecture (samozaložba C. R. Manley): str. 1-13, 40-42, 73, 74, 87-117.

<https://smartech.gatech.edu/handle/1853/52256?show=full> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Mekinda – Majaron, T. 2002. Klimatografija Slovenije. Karakteristična snežna obtežba. ARSO: 1 str. http://www.arso.gov.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20projekti/dr%C5%BEavna%20slu%C5%BEba/Karakteristicna_snezna_obtezba.pdf (Pridobljeno 10. 2. 2016.)

Mitchell, M. T. 2012. SYMBIOSIS: Adaptations within Dutch Architecture and Urban Planning Practices in Response to a Changing Climate. Michigan, University of Michigan, Taubman College: str. 1-11, 45-54, 84-95, 99-102, 105-108, 130-144. https://taubmancollege.umich.edu/pdfs/booth/Michael_Mitchell_Booth_Fellowship.pdf (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Povzetek načrta zaščite in reševanja ob poplavih. 2014. Uprava RS za zaščito in reševanje, Ministrstvo za obrambo. <http://www.sos112.si/slo/page.php?src=na13.htm> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Pregled ukrepov za povečanje poplavne varnosti v Mestni občini Ljubljana. 2011. Mestna občina Ljubljana: str. 1-20. www.ljubljana.si/file/1062046/poplavna-varnost-mol---predlog.pdf (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Project review: Floating Homes 'De Gouden Kust'. 2011. Boiten Raadgevende Ingenieurs BV, Factor Architecten BV: 14 str. <ftp://ftp.cs.kun.nl/pub/toinesmits/course%20material%20IWM%202011/project%20review%20Maasbommel%202011.pdf> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Prosun, P. 2011. The LIFT House: An amphibious strategy for sustainable and affordable housing for the urban poor in flood-prone Bangladesh. Master Thesis. Waterloo, University of Waterloo, School of Architecture (samozaložba P. Prosun): str. 3-7, 16-19, 37-42, 48-53, 58-72, 89-141, 153-163. http://www.buoyantfoundation.org/pdfs/prosun_prithula.pdf (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Rajar, R. 1997. Hidromehanika. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: str. 57-77.

Rajh, G. 2010. Pomen zgodnje trdnosti mikroarmiranih brizganih betonov pri projektiranju betonskih oblog predorov. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba G. Rajh): str. 11. http://drugg.fgg.uni-lj.si/579/1/GRV_0356_Rajh.pdf (Pridobljeno 12. 1. 2016)

Rebernik, K. 2016. Strokovno mnenje v zvezi s podatki za teoretično gradnjo enodružinske amfibijske stavbe na zemljišču s parc. št. 1181/6 oz. 1181/4 in 1177/1, vse k.o. Trnovsko predmestje. Osebna komunikacija. (25. 1. 2016.)

Robarts, S. 2014. Floods don't wash with this amphibious floating house. Gizmag. <http://www.gizmag.com/baca-architects-formosa-amphibious-floating-house/34346/> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Rotenhajzer, M. 2008. Vpliv kmetijstva na pokrajinsko in biotsko raznovrstnost Ljubljanskega barja. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Filozofska fakulteta, Oddelek za geografijo (samozaložba M. Rotenhajzer): str. 9-13. <http://www.ljubljanskobarje.si/uploads/datoteke/kmetijstvo%20in%20BP.pdf> (Pridobljeno 2. 12. 2015.);

citirano po Perko, D., Orožen Adamič, M. (ur.). 1998. Slovenija: pokrajine in Ljudje. Ljubljana, Mladinska knjiga: 735 str.

Smrekar A., Šmid Hribar M., Tiran J., Erhartič B. 2014. Interpretacija okolja na primeru Ljubljanskega barja. Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU, Založba ZRC: str. 13-24, 46-60;

citirano po Brenčič, M. 2007. Subsidence rate of Ljubljansko barje in holocene. Geologija 50-2; citirano po Brenčič, M. 2008. Neživi svet Ljubljanskega barja: vode Ljubljanskega barja in njegovega obrobja. Ljubljansko barje: Neživi svet, rastlinstvo, živalstvo, zgodovina in naravovarstvo. Ljubljana; ter citirano po Lovrenčak, F., Orožen Adamič, M. 1998. Ljubljansko barje. Slovenija – pokrajine in ljudje. Ljubljana.

Škrl, M. 2009. Analiza nosilnosti pilotov, izdelanih z neskončnim svedrom, na objektu Makiš II. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba M. Škrl): str. 7, 8.

http://drugg.fgg.uni-lj.si/654/1/GRU_3075_Skrl.pdf (Pridobljeno 12. 1. 2016)

Šmid, G. 2014. Temeljenje stanovanjskih objektov na mehkih tleh Ljubljanskega barja. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo (samozaložba G. Šmid): 23 str.

http://drugg.fgg.uni-lj.si/4949/1/BG1137_Smid.pdf (Pridobljeno 12. 1. 2016);

citirano po Trauner, L. 2000. Reološke sovistnosti za polzarico iz Ljubljanskega barja. V: Majes, B. (ur.), Gaberc, A. M. (ur.). 1. Šukljetovi dnevi, 12. oktober 2000. Ljubljana, S. n: str. 163-174; citirano po Logar, J. 2014. Zahteva za informacijo o številu objektov temeljenih na lesenih pilotih in o vrstah uporabljenega lesa. Sporočilo za Šmid, G. 7. 7. 2014. Osebna komunikacija.

Tang, A. 2015. Thailand tests floating homes in region grappling with floods. Thomson Reuters.

<http://www.reuters.com/article/2015/03/05/us-disaster-risk-architecture-idUSKBN0M100N20150305> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

The best houseboat construction is Aluminum, Steel, Fiberglass or Wood?. 2015. All About Houseboats.

<http://www.all-about-houseboats.com/houseboat-construction.html> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Typology. 2014. AquaTecture.

<http://www.aquatecture.nl/en/typology> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Udovč, M., Fazarinc, R. 2010. Karte poplavne nevarnosti in razredov poplavne nevarnosti pri načrtovanju prometnic. Inženiring za vode: 8 str.

<http://www.drc.si/Portals/6/prispevki/V/783-790.pdf> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

UPE European standard U channels (U profile) with parallel flanges. UPE steel beam specifications, dimensions, properties. 2014. B2B Metal.

<http://www.b2bmetal.eu/u-sections-upe-specification> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Urbinfo, Javni informacijski sistem prostorskih podatkov Mestne občine Ljubljana. 2015. Mestna občina Ljubljana.

<https://srv3dgis.ljubljana.si/Urbinfo/web/profile.aspx?id=Urbinfo@Ljubljana> (Pridobljeno 2. 10. 2015.)

Zore, J. 2012. Inšpektor zahteva rušenje čolna na Krki. Delo.

<http://www.delo.si/novice/slovenija/inspektor-zahteva-rusenje-colna-na-krki.html> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Zakonodaja:

Zakon o graditvi objektov. Uradni list RS št. 102/2004: str. 12358-12379, 12397-12399, ter spremembe in dopolnitve zakona.

<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO3490> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Zakon o prostorskem načrtovanju. Uradni list RS št. 33/2007: str. 4585-4588, 4591- 4595, ter spremembe in dopolnitve zakona.

<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO4675> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Zakon o vodah. Uradni list RS št. 67/2002: str. 7648-7654, 7658-7671, ter spremembe in dopolnitve zakona.

<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO1244> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Zakon o varstvu kulturne dediščine. Uradni list RS št. 16/08: str. 1121-1129, ter spremembe in dopolnitve zakona.

<http://pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO4144> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Zakon o varstvu okolja. Uradni list RS št. 39/2006: str. 4151- 4154, 4159-4168, ter spremembe in dopolnitve zakona.

<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO1545> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Zakon o urejanju prostora. Uradni list RS št. 110/02: str. 13070, ter spremembe in dopolnitve zakona.

<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=ZAKO1581> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Občinski prostorski načrt Mestne občine Ljubljana (strateški in izvedbeni del). Uradni list RS št. 78/10: 64 str., ter spremembe in dopolnitve OPN MOL - izvedbeni del: 132 str.

<https://urbanizem.ljubljana.si/index3/>, (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

<https://srv3dgis.ljubljana.si/index8/gradivo/index.htm> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Pravilnik o vsebini vlog za pridobitev projektnih pogojev in pogojev za druge posege v prostor ter o vsebini vloge za izdajo vodnega soglasja. Uradni list RS št. 25/2009: str. 3352-3353.

<https://www.uradni-list.si/1/content?id=91487> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Priročnik pravnih režimov varstva, ki jih je treba upoštevati pri pripravi planov in posegih v območja kulturne dediščine. 2011. Ministrstvo za kulturo.

http://giskd6s.situla.org/evrdd/P_11_11_02.htm (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Uredba o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja. Uradni list RS št. 89/08: 7 str.

<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED4840> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

Uredba o vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ljubljanskega barja in okolice Ljubljane. Uradni list RS št. 115/07: 16 str., ter spremembe.

<http://www.pisrs.si/Pis.web/pregledPredpisa?id=URED4396> (Pridobljeno 28. 12. 2015.)

»Ta stran je namenoma prazna«

PRILOGE

Priloga A: POGOJI ZA GRADNJO, GLEDE NA DOLOČBE OPN MOL

Priloga B: PROJEKTNI POGOJI ZA PRIDOBITEV VODNEGA SOGLASJA

Priloga A: POGOJI ZA GRADNJO, GLEDE NA DOLOČBE OPN MOL

Dodatne omejitve za gradnjo, na območju razpršene poselitve (A), glede na določbe OPN MOL (UL RS št. 78/10), z upoštevanimi spremembami in dopoljenim osnutkom:

- dopustni objekti - enostanovanjske stavbe (novo zgrajene ali rekonstruirane stavbe morajo biti zgrajene energetske varčno v skladu s predpisi, ki določajo učinkovito rabo energije v stavbah);
- dovoljen tip objekta - nizka prostostoječa podolgovata stavba z dvokapno streho (ND) (nizka stavba podolgovatega tlorisa, razmerje najmanj 1:1,4 in dvokapno streho z naklonom od 35° do 45°, ter s slemenom vzporednim z daljšo stranico objekta);
- obveznost priključevanja objektov na posamezno vrsto okoljske in energetske gospodarske javne infrastrukture - 6:
 - obvezna priključitev na javni vodovodni sistem - območje ima sekundarno vodovodno omrežje
 - obvezna priključitev na javni kanalizacijski sistem – ni javnega omrežja, zato je potrebno urediti interni sistem odvajanja in čiščenja odpadne komunalne vode, ki mora biti lociran na parceli (malo komunalno čistilno napravo ali nepretočno greznico, dopustna je tudi gradnja rastlinske čistilne naprave)
 - obvezna priključitev na elektroenergetsko omrežje – ima oskrbo z 20 in 10 kV
 - obvezna priključitev na distribucijsko plinovodno omrežje – ni oskrbe s plinom, zato je dopustna oskrba s toploto iz obnovljivih virov energije oziroma na način, ki ga prostorski akt ali drug predpis ne določa, če ta način oskrbe sledi napredku tehnike in nima negativnih vplivov na okolje ter z njim soglašata organ Mestne uprave MOL, pristojen za gospodarske javne službe, in izvajalec gospodarske javne službe, katerega delovno področje ta način oskrbe zadeva)
 - območje ima zbiralnice odpadkov.
- določilo, v obstoječih podrobnih prostorskih izvedbenih pogojih, da morajo biti novi objekti orientirani vzporedno s cesto (s krajšo stranico proti cesti), ni utemeljeno, ker so objekti postavljeni v vse smeri, zato po spremembi (št. 1211) ni več smiselno;
- območje ima lahko vrtino (za toplotno črpalko);
- zgradimo lahko tudi podporni zid (konstrukcija, ki preprečuje zdrs zemljine);
- nasutje zemljišča ni dovoljeno;
- višina objekta ne sme presegati 11 m;

- odmik od meje sosednjih parcel najmanj 4 m, 10 m od občinske ceste, 3 m od gospodarske javne infrastrukture (kar ne velja za priključke), ter vsaj 4 m od zunanje meje enote urejanja prostora (EUP) z drugo namensko rabo;
- zagotoviti je potrebno vsaj 2 parkirna mesta na stanovanje;
- najmanjše število dreves na parceli s tipom stavbe (ND) – 2 drevesi;
- največja etažnost glede na tip objekta (ND) je P+1+Po:
 - pritličje (P) - prostori se nahajajo neposredno nad zemeljsko površino ali največ 1,40 m nad njo
 - izkoriščeno podstrešje (Po) - kolenčni zdi je visok največ 1,6 m
- stopnja izkoriščenosti parcele, namenjene gradnji, za enostanovanjsko stavbo s tipom objekta (ND):
 - faktor zazidanosti (FZ) = največ 40%
 - faktor odprtih bivalnih površin (FBP) = najmanj 30%
- regulacijski elementi – območje zelenih klinov:
 - predpisane odprte bivalne površine (FBP) se povečajo za 10% in vključujejo največ 20% tlakovanih površin
 - predpisane zelene površine na raščinem terenu (FZP) se povečajo za 5%
 - število dreves na parceli se poveča za 30% oziroma za najmanj eno drevo
- velikost parcele namenjene gradnji, za tip stavb (ND):
 - najmanj 400 m² in največ 800 m² za enostanovanjsko stavbo
 - dopustno odstopanje (do -10%) pri gradnji v vrzeli (vrzel je nepozidano stavbno zemljišče, ki je s treh strani obdano z zakonito zgrajenimi objekti in dopušča gradnjo samo ene stavbe; odmik nove stavbe v vrzeli od objektov, ki določajo vrzel, je največ 12,00 m)
 - pri rekonstrukciji, nadomestni gradnji, nadzidavi, dozidavi ali spremembi namembnosti obstoječega objekta je ob upoštevanju ostalih določil, velikost parcele lahko tudi manjša od tiste, ki je določena
- na obstoječem objektu razpršene gradnje oziroma na njegovi parceli, namenjeni gradnji, je dopustna gradnja novega objekta na stavbišču poprej odstranjenega objekta (novi objekt po velikosti lahko presega odstranjeni objekt do 20 % bruto tlorisne površine, če je odstranjeni objekt pritličjen, je etažnost novega objekta lahko P+Po).

Priloga B: PROJEKTNI POGOJI ZA PRIDOBITEV VODNEGA SOGLASJA

Za pridobitev vodnega soglasja, za gradnjo enodružinske hiše v Trnovskem predmestju, na zemljišču parcel št. 1181/5 in 1177/1, je v projektni dokumentaciji potrebno izpolniti naslednje pogoje (Dremelj, 2016):

- upoštevati je potrebno Pravilnik o vsebini vlog za pridobitev projektnih pogojev in pogojev za druge posege v prostor ter o vsebini vloge za izdajo vodnega soglasja (Uradni list RS št. 25/09),
- vsi posegi v prostor morajo biti načrtovani tako, da ne pride do poslabšanja stanja voda in, da se ne onemogoči varstva pred škodljivim delovanjem voda, kar mora biti v projektni dokumentaciji ustrezno prikazano in dokazano (5. člen ZV-1),
- v projektu za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD) mora biti tekstualno in grafično ustrezno obdelana in prikazana:
 - celotna ureditev, iz katere bo razvidna dispozicija objektov (obstoječih in predvidenih), ureditev okolice, vsa obstoječa in nova komunalna infrastruktura ter način poseganja na vodna in priobalna zemljišča, pri čemer mora biti upoštevano dejansko stanje v naravi,
 - predvidena rešitev odvajanja vseh vrst odpadnih voda na območju urejanja.
- gradnja in posegi na vodnem in priobalnem zemljišču (kamor sodijo vsi objekti s pripadajočo komunalno, prometno in zunanjo ureditvijo, vključno z morebitno ograjo, streho ter drugimi ureditvami), ki segajo na vodah I. reda (Ljublanica) 15 m od meje vodnega zemljišča, na vodah II. reda (barjanski jarki) pa 5 m od meje vodnega zemljišča, so prepovedani. Navedeno velja za vse objekte in posege, razen za izjeme navedene v 37. členu ZV-1 ter v primerih, ki so navedeni v 201. členu ZV-1. Kot mejo vodnega zemljišča je treba upoštevati zgornji rob brežine vodotoka oziroma zunanji gabarit zacevljenega vodotoka. Pas priobalnega zemljišča v območju ureditve je treba v projektu označiti in kotirati,
- zacevljanje in prekrivanje vodotokov je strogo prepovedano, razen na krajših razdaljah, ki omogočajo dostop oziroma prehod preko vodotoka, v primeru, da gre za objekte javne prometne infrastrukture (mostovi, prepusti na javnih cestah). Investitor ne sme z nobenimi posegi posegati v vodotok, v kolikor bi imeli le-ti za posledico zmanjševanje ali spreminjanje pretočnega profila oz. zmanjševanje pretočne sposobnosti struge, kar mora biti jasno razvidno iz projektne dokumentacije,
- pri gradnji na širšem vodovarstvenem območju za vodno telo vodonosnikov Ljubljanskega barja in okolice Ljubljane (VVO III), je potrebno upoštevati Uredbo o vodovarstvenem

- območju za vodno telo vodonosnikov Ljubljanskega barja in okolice Ljubljane (Uradni list RS št. 115/07 ter spremembe),
- objekte ali naprave na širšem vodovarstvenem območju je treba graditi nad srednjo gladino podzemne vode. Če se transmisivnost vodonosnika na mestu gradnje ne zmanjša za več kakor 10%, je gradnja izjemoma dovoljena tudi globlje, ob pogoju, da se izvede analiza tveganja za količinsko in kakovostno stanje podzemne vode. Če je med gradnjo ali obratovanjem treba drenirati ali črpati podzemno vodo, je za to treba pridobiti vodno soglasje,
 - interno kanalizacijsko omrežje mora biti priključeno na javno kanalizacijsko omrežje. Pred uporabo je treba preveriti vodotesnost internega kanalizacijskega omrežja s standardiziranimi postopki,
 - izvedba greznice ali male komunalne čistilne naprave je dovoljena, če območje poselitve ni opremljeno z javno kanalizacijo ali če gre za začasno rešitev v prehodnem obdobju do izgradnje javnega kanalizacijskega omrežja za komunalno odpadno vodo ali do zagotovitve potrebnih zmogljivosti na javnem kanalizacijskem omrežju. Zbiranje, odvajanje in čiščenje komunalne odpadne vode mora biti v skladu s predpisi, ki urejajo emisijo snovi pri odvajanju odpadnih voda,
 - odvajanje padavinskih voda z utrjenih površin je potrebno urediti v skladu z 92. členom ZV-1, in sicer na tak način, da bo v čim večji možni meri zmanjšan odtok padavinskih voda z utrjenih površin, kar pomeni, da je potrebno predvideti ponikanje ali po možnosti zadrževanje padavinskih voda pred iztokom v kanalizacijo oziroma površinske odvodnike. V primeru izvedbe ponikovalnice mora biti dno ponikovalnice najmanj 1 m nad najvišjo gladino podzemne vode. Če ponikanje ni možno, kar je potrebno računsko dokazati, je možno padavinske in zaledne vode speljati v bližnji vodotok. Dokazati je potrebno sposobnost prevajanja dodatnih vodnih količin v vodotoku. Izpustna glava kanala v odvodnik mora biti oblikovana pod naklonom brežine in ne sme segati v svetli profil odvodnika. Po potrebi mora biti opremljena s povratno zaklopko. Na območju iztoka mora biti struga odvodnika ustrezno zavarovana. Detajl iztoka mora biti v projektni dokumentaciji tekstualno in grafično ustrezno obdelan in prikazan,
 - vse parkirne in povozne površine morajo biti utrjene, omejene z dvignjenimi betonskimi robniki in nagnjene proti vtoku v standardiziran lovilec olj (SIST EN 858-2) ustreznih dimenzij,
 - pri gradnji na poplavno ogroženih območjih je potrebno upoštevati Uredbo o pogojih in omejitvah za izvajanje dejavnosti in posegov v prostor na območjih, ogroženih zaradi poplav in z njimi povezane erozije celinskih voda in morja (Uradni list RS, št. 89/08),
 - za obravnavano območje je bila izdelana karta poplavne nevarnosti in določeni razredi poplavne nevarnosti. Obravnavani parceli sta razvrščeni delno v razred velike poplavne

- nevarnosti (Pv) in delno v razred srednje poplavne nevarnosti (Ps). Gradnja enostanovanjskih stavb je v razredu velike poplavne nevarnosti prepovedana. V razredu srednje poplavne nevarnosti pa je dovoljena le na območju strnjeno grajenih stavb enakovrstne namembnosti v obstoječih naseljih, kadar je mogoče s predhodno izvedenimi omilitvenimi ukrepi in v skladu s smernicami ali pogoji vodnega soglasja zagotoviti, da vpliv načrtovanega posega v prostor ni bistven,
- del projektne dokumentacije za pridobitev vodnega soglasja je hidrološko hidravlični elaborat. Iz projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja in hidrološko hidravličnega elaborata mora biti razvidno, da poseg ne povečuje obstoječe poplavne ogroženosti na obravnavanem območju in izven njega ter nima vpliva na vode in vodni režim. V projektni dokumentaciji morajo biti prikazani razredi poplavne nevarnosti za obravnavano območje pred in po posegu in obdelani in ustrezno prikazani predhodno izvedeni omilitveni ukrepi (varovalni, varstveni, izravnalni) za preprečevanje škodljivih vplivov poplavnih voda na predvideno gradnjo in na širše območje,
- v projektni dokumentaciji morajo biti predvideni in zagotovljeni vsi potrebni varnostni ukrepi in taka organizacija na gradbiščih, da bo preprečeno onesnaženje voda, ki bi nastalo zaradi transporta, skladiščenja in uporabe tekočih goriv in drugih nevarnih snovi oziroma v primeru nezgod predvideti in zagotoviti takojšnje ukrepanje za to usposobljenih delavcev. Vsačasna skladišča in pretakališča goriv, olj in maziv ter drugih nevarnih snovi morajo biti zaščitena pred možnostjo izliva v okolje,
- med gradnjo ni dovoljeno odlagati izkopanih materialov na vodno ali priobalno zemljišče vodotoka. Morebitnečasne deponije viškov zemeljskega materiala je v času gradnje treba urediti tako, da se ne pojavlja erozija in da ni oviran odtok zalednih voda. Po končani gradnji je potrebno zagotoviti odstranitev vseh za potrebe gradnječasno postavljenih objektov in ostankovčasnih deponij. Vse z gradnjo prizadete površine je potrebno ustrezno krajinsko urediti.