

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:

Granda, S., 2016. Vpliv geološko geotehničnih razmer na gradnjo stanovanjskih hiš. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentorica Petkovšek, A.): 47 str.

Datum arhiviranja: 15-09-2016

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:

Granda, S., 2016. Vpliv geološko geotehničnih razmer na gradnjo stanovanjskih hi. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Petkovšek, A.): 47 pp.

Archiving Date: 15-09-2016

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

**VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI
PROGRAM GRADBENIŠTVO
SMER OPERATIVNO
GRADBENIŠTVO**

Kandidatka:

SABINA GRANDA

**VPLIV GEOLOŠKO GEOTEHNIČNIH RAZMER NA
GRADNJO STANOVANJSKIH HIŠ**

Diplomska naloga št.: 576/SOG

**INFLUENCE OF GEOLOGICAL AND GEOTECHNICAL
CONDITIONS ON CONSTRUCTION OF RESIDENTAL
HOUSES**

Graduation thesis No.: 576/SOG

Mentorica:

doc. dr. Ana Petkovšek

Ljubljana, 09. 09. 2016

STRAN ZA POPRAVKE, ERRATA

Stran z napako

Vrstica z napako

Namesto

Naj bo

IZJAVE

Spodaj podpisani/-a študentka Sabina Granda, vpisna številka 26108694 avtorica pisnega zaključnega dela študija z naslovom »Vpliv geološko geotehničnih razmer na gradnjo stanovanjskih hiš«.

IZJAVLJAM

1. *Obkrožite eno od variant a) ali b)*

a) da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;

b) da je pisno zaključno delo študija rezultat lastnega dela več kandidatov in izpolnjuje pogoje, ki jih Statut UL določa za skupna zaključna dela študija ter je v zahtevanem deležu rezultat mojega samostojnega dela;

2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;

3. da sem pridobil/-a vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označil/-a;

4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnal/-a v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobil/-a soglasje etične komisije;

5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;

6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;

7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V Ljubljani

Datum: avgust 2016

Podpis študentke:

BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	332.83:624.13(043.2)
Avtor:	Sabina Granda
Mentor:	doc. dr. Ana Petkovšek
Somentor:	/
Naslov:	Vpliv geološko geotehničnih razmer na gradnjo stanovanjskih hiš
Tip dokumenta:	Diplomska naloga – visokošolski strokovni študij
Obseg in oprema:	47 str., 5 pregl., 24 sl., 1 graf., 7 en., 1 pril.
Ključne besede:	geološka presenečenja, geološko geotehnične raziskave, individualna gradnja, Ljubljansko barje, kraški teren

Izvleček

Za slovensko ozemlje sta značilni raznolika geološka in geomorfološka zgradba ter tektonska aktivnost. Zato je treba pri načrtovanju in gradnji objektov posebno pozornost nameniti geološko pogojenim dejavnikom tveganja, kot so plazovi, kraški udori, poplave podzemne in površinske vode, tektonske cone ter mehka, zelo stisljiva tla. Pri načrtovanju velikih infrastrukturnih objektov so geološko geotehnične raziskave pomemben sestavni del načrtovanja del v zgodnjih fazah projektiranja in med gradnjo. Pri načrtovanju in gradnji individualnih hiš ter lokalnih prometnic pa so geološko geotehnične raziskave pogosto prezrte, bodisi zaradi nevednosti in kratkovidnosti investitorjev bodisi zaradi prihrankov na kratek rok. Zato ni naključje, da se iz leta v leto srečujemo z velikansko škodo, ki jo na stanovanjskih objektih in lokalnih cestah povzročajo plazovi, poplave in neenakomerni posedki. Pomembno vlogo pri tem ima tudi dejstvo, da z gradnjami vse bolj posegamo na območja, ki so se jim naši predniki izogibali, pa tudi vse pogostejši vremenski ekstremi. V diplomski nalogi sem predstavila najbolj pogoste geološko pogojene dejavnike tveganja v Sloveniji in posledice letih na individualne stanovanjske objekte. Z geološko geotehničnega vidika sem analizirala in primerjala dve lokaciji v okolici Brezovice za gradnjo stanovanjskega objekta. Predstavljene so prednosti in slabosti obeh lokacij za gradnjo.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 332.83:624.13(043.2)
Author: Sabina Granda
Supervisor: Assoc. Prof. Ana Petkovšek, Ph. D.
Co-supervisor: /
Title: Influence of Geological and Geotechnical Conditions on Construction of Residential Houses
Document type: Graduation Thesis – Higher professional studies
Scope and tools: 47 p., 5 tab., 24 fig., 1 graph., 7 eq., 1ann.
Key words: geological surprises, geological and geotechnical researches, individual construction, the marshes Ljubljansko barje, karst terrain.

Abstract:

Slovenian territory is characterized by diverse geological and geomorphological structure and tectonic activity. In designing and construction of objects it is therefore necessary to pay special attention to geologically caused risk factors, namely landslides, karst collapses, flooding of groundwater and surface water, tectonic zones, and soft and very compressible ground. In designing of large infrastructure objects, geological and geotechnical researches are an important integral part of planning of work in early stages of design and during construction. In designing and construction of individual houses and local traffic roads, geological and geotechnical researches are often overlooked either due to ignorance and short-sightedness of investors or savings in short term. Therefore, it is not coincidence that from year to year we face enormous damage on residential objects caused by landslides, floods, and uneven subsiding. An important role is also played by the fact that with constructions we increasingly interfere with the areas that our ancestries avoided, and also by more frequent weather extremes. In the graduation thesis, I presented the most common geologically caused risk factors in Slovenia, and their consequences on individual residential objects. From the geotechnical perspective I analysed and compared two locations for construction of residential object in the vicinity of Brezovica. Advantages and disadvantages of both locations for construction are presented.

ZAHVALA

Za vse koristne nasvete, strokovne usmeritve in pomoč pri pisanju diplomske naloge se v prvi vrsti zahvaljujem doc. dr. Ani Petkovšek.

Za vso pomoč in potrpežljivost gre zahvala tudi moji družini, prijateljem in sošolcem, ki so mi v času študija stali ob strani.

KAZALO VSEBINE

IZJAVE	II
BIBLIOGRAFSKO-DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK	III
BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION.....	IV
ZAHVALA	V
1 UVOD.....	1
1.1 Ozadje naloge	1
1.2 Namen diplomske naloge	2
2 ZAKONODAJA S PODROČJA GRADNJE STANOVANJSKIH OBJEKTOV	3
2.1 Zakon o graditvi objektov – ZGO-1	3
2.2 Uredba o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje	3
2.3 Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov	4
2.4 Razvrstitev objektov po načelih Evrokod 7.....	4
2.5 Pravilnik o projektni dokumentaciji	5
3 GEOLOŠKO GEOTEHNIČNE RAZISKAVE	6
3.1 Vrste in faznost GG raziskav	6
3.1.1 Preliminarne raziskave	6
3.1.2 Raziskave za projekt	6
3.1.3 Kontrolne raziskave in tehnično opazovanje med gradnjo	7
3.2 Vsebina geološko geotehničnega poročila.....	8
3.3 Obveznost izdelave geološko geotehničnega poročila za enodružinske stanovanjske objekte	8
4 GEOLOŠKO POGOJENE NEVARNOSTI.....	10
4.1 Splošno	10
4.2 Geološko pogojene nevarnosti pri načrtovanju enodružinskih hiš v Sloveniji	10
4.2.1 Splošno	10
4.2.2 Plazovi na splošno.....	12
4.2.3 Plazovi pri načrtovanju stanovanjskih objektov	18
4.3 Naravni udori	20
4.4 Poplave površinske in podzemne vode.....	21
4.4.1 Značilnosti poplav	21
4.4.1 Poplave na Ljubljanskem Barju.....	23

4.5	Gradnja na mehkih tleh in posedki.....	24
4.6	Vplivi klimatskih sprememb na plitvo temeljene stanovanjske objekte	26
5	PRIMERJAVA GRADNJE DVEH PODOBNIH OBJEKTOV NA BARJU IN KRAŠKEM TERENU V OKOLICI BREZOVICE	28
5.1	Geografski oris	28
5.1.1	Predstavitev dveh potencialnih lokacij za gradnjo	29
5.1.2	Raziskanost obravnavanega območja	30
5.1.3	Geološka zgradba Ljubljanskega barja in njegovega obrobja- regionalna zgradba...	31
5.1.4	Poplavna ogroženost območja	33
5.1.5	Pozidanost in izkušnje z gradnjo.....	33
5.2	Splošne geološko geotehnične razmere	34
6	PRELIMINARNA OCENA STROŠKOV GG RAZISKAV IN TEMELJENJA	38
6.1	Ocena investicije globokega temeljenja	39
6.2	Ocena investicije plitvega temeljenja na kraškem terenu	42
6.3	Primerjava ocene obeh investicij v temeljenje.....	43
7	ZAKLJUČEK.....	44
	VIRI	45

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Delitev plazov po hitrosti.....	14
Preglednica 2: Največja poplavna območja v Sloveniji.....	23
Preglednica 3: Primerjava lastnosti tal na Lokacijah 1 in 2.....	35
Preglednica 4: Popis jedra vrtine V-5	36
Preglednica 5: Višina podzemne vode v vrtinah.....	36

KAZALO SLIK

Slika 1: Prikaz razvrstitve objektov glede na zahtevnost gradnje	3
Slika 2: Geološka karta Slovenije.....	12
Slika 3: Način premikanja zemeljskih mas	13
Slika 4: Področja nevarnosti zemeljskih plazov	15
Slika 5: Področja nevarnosti skalnih podorov	16
Slika 6: (A) Francoski vojaški zemljevid, na katerem je bil vrisan plaz. (B) Pogled na plaz Slano blato, spodaj Lokavec	17
Slika 7: (A) Log pod Mangartom pred nesrečo. (B) Log pod Mangartom po nesreči	17
Slika 8: (A) Pogled iz zraka na Gornji Log. (B) Posledice uničujočega drobirskega toka	18
Slika 9: Neustrezno odvajanje meteornih vod	19
Slika 10: Usad nad hišo	19
Slika 11: Vidne razpoke hiše zaradi nestabilnih tal.....	20
Slika 12: Močno poškodovana hiša zaradi skalnega podora	20
Slika 13: Prikaz zemeljskega udara	21
Slika 14: Območje, za katerega so značilne poplave zaradi podzemnih vod.....	22
Slika 15: Poplavljeno Ljubljansko barje, septembra 2010.....	24
Slika 16: Poškodovano cestišče pri nakupovalnem središču na Rudniku	25
Slika 17: Zaprtje trgovine Lidl na Rudniku	26
Slika 18: Vidne razpoke na hiši so posledica klimatskih sprememb	27
Slika 19: Prikazano območje vrtin BV-1 in BV-2	30
Slika 20: Klasična enodružinska hiša	35
Slika 21: Izvedba globokega temeljenja z lesenimi piloti	39
Slika 22: Zabijanje lesenih pilotov z bagrom	40
Slika 23: Pasovni temelji	42
Slika 24: Izvedba pasovnih temeljev	43

KAZALO KART

Karta 1: Umeščenost Občine Brezovica v prostor	28
Karta 2: Topografska karta občine Brezovica z oznakama izbranih lokacij parcel za gradnjo enodružinske hiše	29
Karta 3: Geološke značilnosti obravnavanih območij	31
Karta 4: Opozorilna karta poplav	33

KAZALO GRAFIKONOV

Grafikon 1: Primerjava obeh variant temeljenja z ekonomskega vidika	43
---	----

KRATICE

Ur. l. RS	Uradni list Republike Slovenije
URSZR	Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje
GeoZS	Geološki zavod Slovenije
GG	Geološko geotehnične
AB	Armiranobetonska
ARSO	Agencija republike Slovenije za okolje
ČN	Čistina naprava

1 UVOD

1.1 Ozadje naloge

Gradbena tla so tla, sestavljena iz zemljin, kamnin ali umetnih nasutij, ki so na lokaciji pred začetkom gradnje (Beg in Pogačnik, 2009). Na njih in v njih gradimo stanovanjske, poslovne in industrijske zgradbe, infrastrukturne objekte, hidrotehnične pregrade, deponije odpadkov in druge gradbene objekte. Za razliko od drugih inženirskih objektov, npr. ladij in letal, ki se gibljejo po vodi in zraku in obtežbe prenašajo na razmeroma homogene medije, kot sta voda in zrak, se obremenitev gradbenih objektov prenaša na geološko podlago, ki je izrazito heterogena, sestavljena iz naravnih kamnin in zemljin, podzemne vode in diskontinuitet. Vlogo gradbenih tal bolj in bolj prevzemajo tudi umetna nasutja najrazličnejše sestave in starosti.

Gradbeni objekti ostajajo celotno življenjsko dobo tesno povezani s tlemi. Teža oz. vplivi objekta se prenašajo na določen volumen tal, v katerem povzročijo spremembo napetosti in deformacij. Zaradi gradnje povzročene, povečane ali zmanjšane, napetosti v temeljnih tleh ne smejo povzročiti porušitve tal ali takih deformacij tal, da uporaba objekta ne bi bila več varna ali funkcionalna. Če geotehnični izračuni pokažejo, da bodo dopustne napetosti ali deformacije v tleh zaradi gradnje presežene, je treba temeljna tla sanirati ali spremeniti zasnovo objekta.

V življenjski dobi objekta se geotehnične razmere v tleh spreminjajo. Pod nasipi se lastnosti temeljnih tal na primer izboljšujejo, na vkopnih brežinah pa poslabšujejo. Posebno neugodni so dolgoročni vplivi nekontroliranih vtokov površinskih in kanalizacijskih voda, ki temeljna tla izpirajo, mehčajo in/ali vplivajo na dvig gladin podzemne vode, kar pogosto pripelje do porušitve.

Kadar so objekti grajeni na pobočjih, je treba obravnavo gradbenih tal razširiti na vplivno območje nad in pod območjem tlorisa objekta, vplivno območje pa je lahko več desetkrat, v izjemnih primerih celo več stokrat, večje od daljše stranice gradbenega objekta.

Posebno pozornost zahtevajo gradnje na kraških tleh, kjer so geološka tveganja vezana na nenadne, težko napovedljive vdore tal zaradi raztapljanja in izpiranja kot tudi na poplave podzemne vode.

Prilagojene načine temeljenja in gradnje stanovanjskih objektov in cest na Barju so poznali že staroselci in stari Rimljani pred več kot 1500 leti. Sodobna znanja omogočajo natančne račune posedkov in časovnega razvoja posedkov pod objekti pri gradnjah na barjanskih tleh, precej

težje pa je napovedati posedke oz. druge vplive, ki so lahko posledica trajnega znižanja podzemne vode ali vplivov gradenj v vplivni okolici.

Opredelitev geološko geotehničnih (GG) lastnosti tal na ožji lokaciji objekta in opredelitev geološko pogojenih dejavnikov tveganja v njegovi vplivni okolici bi morala biti samoumeven in obvezen sestavni del vseh faz načrtovanja, gradnje in vzdrževanja, od izdelave prostorskih načrtov, študij izvedljivosti do konkretnega gradbenega projekta, nivo vsebin GG obdelave pa prilagojen različnim fazam napredovanja projekta. Na to dejstvo se vse prepogosto pozablja na vseh ravneh odločanja. Težko si je namreč drugače razložiti dejstvo, da je na stotine objektov v Sloveniji v zadnjem desetletju utrpelo velikansko škodo prav zaradi posledic geološko pogojenih nesreč, nekateri objekti so se porušili in zahtevali tudi človeške žrtve.

Porušitve in poškodbe objektov zaradi plazov, kamnitih podorov, nenadnih udorov tal, neenakomernih posedkov in poplav podzemne vode pogosto označujemo s skupnim imenom »geološka presenečenja«, »geološki elementar«, »višja sila« itd. V veliki večini primerov pa se pokaže, da bi bilo možno z ustrezno načrtovanimi GG raziskavami pravočasno prepoznati geološko pogojene nevarnosti in se jim izogniti oz. bistveno zmanjšati nastalo škodo.

Klimatske spremembe in vremenski ekstremi dodatno vplivajo na obnašanje gradbenih tal tako zaradi poplav kot zaradi suše in povečanih temperatur, zato je treba tudi te dejavnike dodatno vključiti tudi pri vrednotenju GG raziskav in geotehničnih podatkov.

1.2 Namen diplomske naloge

Diplomsko nalogo sem zasnovala z namenom, da predstavim pomen GG raziskav in z raziskavami ugotovljenih GG razmer na načrtovanje in varno gradnjo enodružinskih stanovanjskih hiš. Osredotočila sem se na pomen pravočasnega identificiranja geološko pogojenih dejavnikov tveganja, ki zelo vplivajo na varno zasnovo, gradnjo in uporabo stanovanjskih objektov v Sloveniji.

V praktičnem delu naloge sem analizirala GG razmere na dveh parcelah v okolici Brezovice pri Ljubljani, ki sta namenjeni za gradnjo stanovanjskega objekta ter vpliv GG razmer na način temeljenja in pristop k tehnologiji gradnje.

2 ZAKONODAJA S PODROČJA GRADNJE STANOVANJSKIH OBJEKTOV

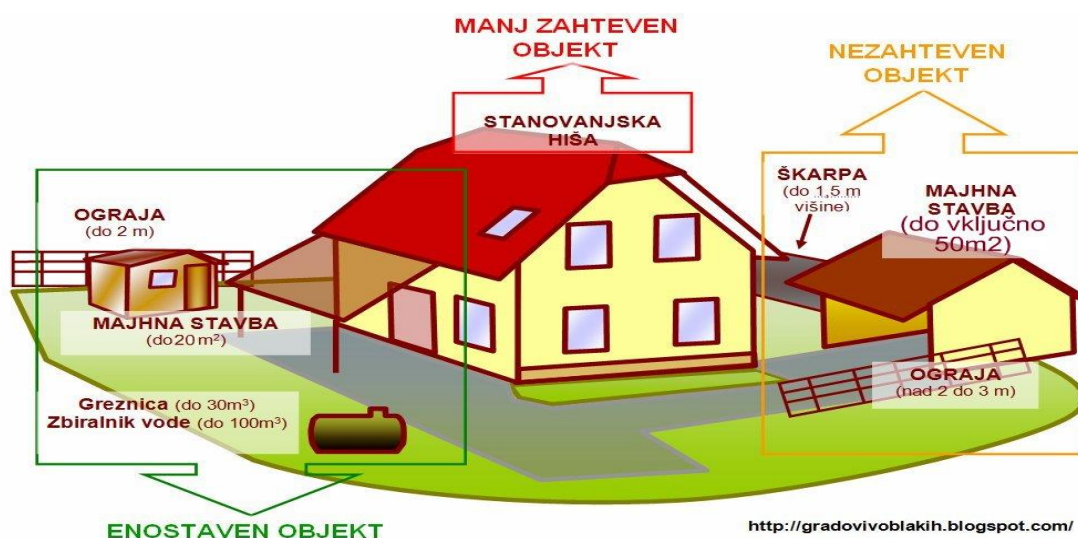
2.1 Zakon o graditvi objektov – ZGO-1

Temeljni zakon, ki na področju gradbeništva v Republiki Sloveniji določa pogoje za graditev vseh objektov, je Zakon o graditvi objektov (Ur. l. RS, št. 102–4398/2004). V njem so določene bistvene zahteve in njihovo izpolnjevanje glede lastnosti objektov. Na podlagi tega Zakona je bila sprejeta tudi Uredba o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje. V njej so določena merila za razvrstitev objektov v kategorijo zahtevnih, manj zahtevnih, nezahtevnih in enostavnih objektov.

2.2 Uredba o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje

Uredba o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje (Ur. l. RS, št. 18–654/2013, 24–866/2013, 26–950/2013) razvršča objekte glede na zahtevnost gradnje na zahtevne, manj zahtevne, nezahtevne in enostavne objekte ter določa vzdrževanje objektov.

Stanovanjski objekt oz. enodružinske hiše spadajo v skupino manj zahtevnih objektov. Manj zahtevni so objekti, ki niso uvrščeni med zahtevne, nezahtevne ali enostavne objekte. Sama definicija manj zahtevnih objektov je sicer preprosta, vendar pa je treba dodobra vedeti, katere objekte uvrščamo med zahtevne, nezahtevne in enostavne. Vse enostanovanjske in večstanovanjske stavbe, nižje od 25 m ter s površino, manjšo od 2000 m², spadajo v skupino manj zahtevnih objektov. Sem sodijo praktično vse enodružinske hiše.



Slika 1: Prikaz razvrstitve objektov glede na zahtevnost gradnje (Vrste objektov..., 2013)

2.3 Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov

Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov (Ur. l. RS št. 101–4408/2005) se uporablja za projektiranje, gradnjo in vzdrževanje novih objektov. V njem so določene zahteve, s katerimi se zagotavlja mehanska odpornost in stabilnost objektov ves čas njihove življenjske dobe. Cilj zahtev je omejiti ogrožanje ljudi, živali in premoženja v objektih ter v njihovi neposredni okolici.

Z integriranjem Slovenije v Evropsko unijo je naša država morala prevzeti tudi direktive Evropske unije. Za projektiranje gradbenih konstrukcij v RS se od 1. 1. 2008 uporabljajo evropski standardi za projektiranje gradbenih konstrukcij – Evrokodi.

Evrokodi so standardi, v katerih so določena načela in pravila za zagotavljanje varnosti, uporabnosti in trajnosti objektov.

2.4 Razvrstitev objektov po načelih Evrokod 7

Stanje na področju geotehničnega projektiranja ureja Evrokod 7. V Sloveniji je raba Evrokod 7 uveljavljena s Pravilnikom o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov, Ur. l. RS št. 101/2005). Evrokod 7-1 pokriva splošna področja geotehničnega projektiranja, geotehničnih podatkov, računskih pristopov in je preveden v slovenščino ter ima Nacionalni dodatek. Evrokod 7-2 obravnava geotehnične raziskave (teren) in preiskave (laboratorij) in nima slovenskega prevoda. Tisto, kar je pomembno vedeti v zvezi z rabo Evrokod, je, da njihova raba velja za vseh 9 področij. To pomeni, da si ne moremo privoščiti, da bi na primer neki most na cesti projektirali po Evrokod-2 (beton) in Evrokod-8 (potres), geološke raziskave in geotehnični projekt pa bi izvajali izven okvira določil Evrokod-7.

Evrokod 7 uvaja, glede na zahtevnost objektov in projektnih zahtev, tri geotehnične kategorije:

1. kategorija: preprosti objekti zanemarljivega tveganja,
2. kategorija: večina objektov in
3. kategorija: geotehnično zahtevni objekti in objekti visokega tveganja.

V prvo kategorijo spadajo objekti, za katere lahko na podlagi izkušenj in kvalitativnih geotehničnih raziskav zagotovimo izpolnitev osnovnih zahtev. To so predvsem majhne in relativno enostavne konstrukcije. V to kategorijo sodijo naslednji objekti (Piročnik, 2009):

- temeljenje manjših objektov (npr. stanovanjskih hiš) s pravilno zasnovo na dobrih temeljnih tleh,

- podporne konstrukcije do višine 2 m na dobrih tleh,
- objekti z zanemarljivim tveganjem kot npr. manjši izkopi (drenaže, polaganje cevi ...).

Primeri konstrukcij ali njihovih elementov, uvrščenih v kategorijo 2, so (Priročnik, 2009):

- plitvo temeljenje,
- temeljne plošče,
- temeljenje na pilotih,
- podporne konstrukcije,
- izkopi,
- mostni stebri in oporniki,
- nasipi in zemeljska dela,
- zemeljska sidra in ostali sistemi sidranja
- predori v trdni, nerazpokani kamnini brez posebnih zahtev glede vodotesnosti ali ostalih zahtev.

V tretjo geotehnično kategorijo pa so uvrščeni vsi tisti objekti, ki ne sodijo niti v 1. niti v 2. kategorijo. To so objekti posebnih zahtevnosti in tveganj kot npr.:

- zelo velike in neobičajne konstrukcije,
- konstrukcije, ki vključujejo neobičajno velika tveganja ali izjemno zahtevne pogoje tal ali obtežbe,
- konstrukcije na področjih z visoko potresno ogroženostjo
- konstrukcije na področjih, kjer obstaja verjetnost nestabilnosti terena ali stalnih premikov tal, kar zahteva ločene dodatne preiskave ali posebne ukrepe.

2.5 Pravilnik o projektni dokumentaciji

Pravilnik o projektni dokumentaciji (Ur. l. št. 55–2336/2008) določa podrobnejšo vsebino projektne dokumentacije za zahtevne in manj zahtevne objekte. Med obveznimi vsebinami projektne dokumentacije oz. obveznimi elaborati, ki morajo biti obvezno priloženi projektu za pridobitev gradbenega dovoljenja, GG poročilo ni posebej omenjeno.

3 GEOLOŠKO GEOTEHNIČNE RAZISKAVE

3.1 Vrste in faznost GG raziskav

Geološko geotehnične (GG) raziskave so raziskave, s katerimi opišemo geološko zgradbo, geološko geotehnične razmere in geotehnične lastnosti temeljnih tal, pomembne za načrtovano gradnjo. Za razliko od gradbenega konstrukterja, ki bo izbor materiala prilagajal zahtevam konstrukcije, mora projektant – geotehnik, izbor konstrukcije (temeljev, podpornega zidu, pilotov) prilagajati lastnostim temeljnih tal. Zato je poznavanje GG razmer nujno potrebno za varno in ekonomično načrtovanje, gradnjo in vzdrževanje.

Evrokod 7 načrtuje GG raziskave v fazah in jih deli na:

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

Pomembno je vedeti, da morajo GG raziskave prehitevati faze projektiranja, če naj bo v celoti izkoriščen njihov namen.

3.1.1 Preliminarne raziskave

Cilj preliminarne raziskave je ugotoviti splošno primernost lokacije za načrtovano gradnjo oziroma pridobiti podatke za primerjavo alternativnih lokacij in oceniti obseg potrebnih raziskav. Opravi se splošen pregled terena in zabeležijo posebnosti, kot so npr. erozijski pojavi, plazovi, močvirja. Pridobiti in pregledati je treba vse obstoječe informacije o že izvedenih raziskavah na terenu, stanju in načinu temeljenja obstoječih objektov v bližini, o globini in nihanju podzemne vode, zgodovinskih zapisih ekstremnih dogodkov ipd. V kabinetu je treba analizirati podatke iz obstoječih splošnih in tematskih kart, kot so temeljni topografski načrt, geološke karte, letalski posnetki in različne tematske karte.

Pri načrtovanju enostanovanjskih hiš se preliminarne raziskave največkrat omejijo na podatke iz Osnovne geološke karte ter na pogovor z najbližjimi sosedi.

3.1.2 Raziskave za projekt

Cilj teh raziskav je pridobiti GG podatke, potrebne za projektiranje objekta, izbor tehnologije gradnje in za identificiranje težav, ki jih lahko povzročimo z gradnjo oz. ki lahko od zunaj

vplivajo na gradnjo. Obseg in vsebina glavnih raziskav so odvisni od stopnje predhodne raziskanosti terena, zasnove, velikosti, pomembnosti objekta, predvidenih obremenitev tal in geološke zgradbe ter lastnosti in homogenosti tal.

Pri raziskavah je treba upoštevati veljavne standarde ter že pridobljene izkušnje. Evrokod 7 okvirno priporoča obseg raziskav oz. razdalje med sondami ter minimalno globino sond za različne vrste objektov, vendar je odločitev o obsegu in vrsti raziskav vedno odvisna od geoloških razmer na terenu in okvirne zasnove načrtovanega objekta.

Pri načrtovanju enostanovanjskih objektov, v veliki večini primerov, GG raziskave obsegajo izvedbo enega ali dveh plitvih raziskovalnih jaškov, redkeje tudi izvedbo vrtine ali druge geotehnične sonde, kot so npr. CPT sonde, dilatometrijske sonde ali geofizikalni pregled terena, ko gradimo na krasu, kjer je povečana nevarnost pojavov kavern.

Zelo pogosto pa se projekt objekta izdelava na osnovi podatkov o sestavi tal iz bližnjih lokacij, še zlasti, če gre za novogradnje znotraj že pozidane soseske in na ravnih, po geološki zgradbi ugodnih, tleh.

V primerih, ko se načrtuje izraba energije tal, pa se že v okviru GG raziskav izvedejo vrtine za potrebe načrtovanja toplotnih črpalk oz. geosond.

V primerih, ko se stanovanjski objekti načrtujejo in gradijo na pobočjih, še zlasti, če so le-ta potencialno labilna, pa je treba, ne glede na velikost objekta, GG raziskave usmeriti v pridobitev podatkov za analize stabilnosti, načrtovanje pravih posegov v teren, načrtovanje ustreznih podpornih ukrepov kot tudi v ustrezen monitoring. V takih primerih bi morale imeti GG raziskave odločilno vlogo pri presoji zasnove objekta in izvedljivosti gradnje. Izkušnje kažejo, da temu ni tako. Škoda, ki nastaja zaradi zemeljskih plazov na gradbenih tleh, pa se povečuje (Zorn in Komac, 2008).

3.1.3 Kontrolne raziskave in tehnično opazovanje med gradnjo

Namenjene so kontroli skladnosti dejanskih razmer s predhodno geološko prognozo oz. dopolnitvi podatkov predhodnih raziskav. V okviru kontrolnih raziskav preverjamo obnašanje objekta, ki je v gradnji in obnašanje objektov, ki so v vplivnem območju gradnje.

Izkušnje kažejo, da pri gradnji enodružinskih hiš v strnjenih soseskah pogosto prihaja do sporov z najbližjimi sosedi iz najrazličnejših vzrokov. Med najpogostejšimi so: vplivi vibracij na

pojave razpok na sosednjih objektih, izpodkopavanje tal pod višje ležečimi objekti, neustrezno odvodnjavanje in vplivi vode na nižje ležeče objekte itd. Pri pravilno načrtovanih delih bi morali vse tovrstne negativne vplive predvideti in jih v okviru nadzora med gradnjo preprečiti.

3.2 Vsebina geološko geotehničnega poročila

Evrokod 7 določa dva nivoja poročanja in rabe podatkov GG raziskav, in sicer:

- Poročilo o GG raziskavah, v katerem so opisane splošne GG in HG razmere, faktografsko navedeni podatki o izvedenih raziskavah, izrisani geološki prerezi, analizirana nihanja podzemne vode ter predstavljene vse lastnosti tal na lokaciji, pomembne za projektiranje in gradnjo. Poročilo o GG raziskavah je načelno izdelano ne glede na vrsto objekta oz. načrtovane gradnje.
- Poročilo o geotehničnem projektu. V tem delu so predstavljeni geotehnični izračuni, izvedeni z uporabo podatkov GG raziskav, in se nanašajo na načrtovani objekt.

Projektant statik objekta potrebuje geološko geotehnične podatke za potrebe izdelave projektov temeljenja objekta. Vendar pa imajo GG podatki mnogo širši pomen, kot le posredovanje podatkov geostatiku. Z njimi ocenjujemo izvedljivost gradnje, načrtujemo tehnologije izvajanja del, dreniranja, varnega izvajanja vkopov in nasipov na pobočju, zaščite vkopnih brežin, zato se GG podatki ne smejo usmeriti le na podatke, pomembne za temeljenje objekta, temveč na celotno širše vplivno območje.

3.3 Obveznost izdelave geološko geotehničnega poročila za enodružinske stanovanjske objekte

Pred letom 1991 so nekatere občine, npr. Ljubljana, Škofja Loka in še nekatere druge, zahtevale izdelavo GG poročila kot obvezen sestavni del dokumentacije za pridobitev gradbenega dovoljenja. Izdelovalci GG raziskav v Ljubljani so bili na primer dolžni vse podatke o sondažnih delih, globljih od 4 m, predajati na enotnih obrazcih na Geodetsko upravo. Tako se je ustvarjala baza geoloških podatkov za mesto Ljubljana in s tem močno racionaliziral obseg potrebnih raziskav pri novogradnjah individualnih stanovanjskih objektov.

Po letu 1991 se je odlična praksa ustvarjanja baze geoloških podatkov, ki še vedno živi v najbolj razvitih državah (npr. na Nizozemskem), opustila.

Ne glede na določila Evrokod 7, po trenutno veljavnem Pravilniku o projektni dokumentaciji, GG poročilo ne sodi med obvezne elaborate – sestavne dele projektne dokumentacije, čeprav

je raba evrokodov eksplicitno navedena v Pravilniku o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov. Od prosvetljenosti in odločitev investitorja, projektanta ali pristojne upravne enote je odvisno, ali bo GG poročilo potreben del dokumentacije za pridobitev gradbenega dovoljenja ali ne.

Prav zaradi nedorečene vloge GG poročila, v veljavni gradbeni zakonodaji, se izvedba GG raziskav pogosto opusti ali izvede na neustreznem nivoju.

4 GEOLOŠKO POGOJENE NEVARNOSTI

4.1 Splošno

Pod pojmom »geološko pogojene nevarnosti« razumemo dejavnike, ki izvirajo iz geološkega okolja, pogosto v povezavi z vremenskimi ekstremi in lahko imajo škodljive oz. rušilne vplive na zgradbe in življenja.

Iz človeške zgodovine in novejših opazovanj vemo, da se na določenih področjih periodično pojavljajo dogodki, povezani z endogenimi in eksogenimi procesi v zemljini notranjosti in na njenem površju. Med geološkimi nevarnostmi so:

- potresi in s tektonskimi premiki povezani cunamiji
- vulkanski izbruhi in z njimi povezani pojavi, kot so npr. laharji
- plazovi oz. vse oblike pobočnih premikov mas
- erozijski procesi vseh vrst
- udori oz. različne oblike deformacij površja zaradi raztapljanja kamninskih mineralov (kraških pojavov)
- poplave površinske in podzemne vode.

Opisanih pojavov ni možno niti napovedati niti se ni možno pred njimi absolutno varno zaščititi. Zato pristojne službe predpisujejo načine gradnje (npr. zahteve za potresno varno gradnjo), izdelujejo karte ogroženosti, katerih osnovni namen je, da se gradnjam na takih ozemljih v čim večji meri izogibamo. Kadar pa to ni mogoče, da se z ustreznimi sistemi opazovanja in pravočasnega alarmiranja zagotovi varnost življenj in premoženja.

4.2 Geološko pogojene nevarnosti pri načrtovanju enodružinskih hiš v Sloveniji

4.2.1 Splošno

Slovenija je geološko in reliefno zelo razgibana dežela. Za potrebe prostorskega planiranja in načrtovanja gradnje so izdelane različne karte, na primer karta ogroženosti pred plazovi, poplavami, kamnitimi podori, ki so dober kažipot načrtovalcem posegov v prostor. V Sloveniji so med drugim zelo odmevni požari ob železniški progi Divača– Koper, ki ogrožajo stanovanjske objekte in vse bolj kažejo na nujnost zaščite s protipožarnimi zidovi.

Pomembna pa so merila, v katerih so te karte izdelane. Pogosto so merila tematskih kart za načrtovanje posamezne individualne gradnje premalo natančna, še zlasti v primerih, ko bo

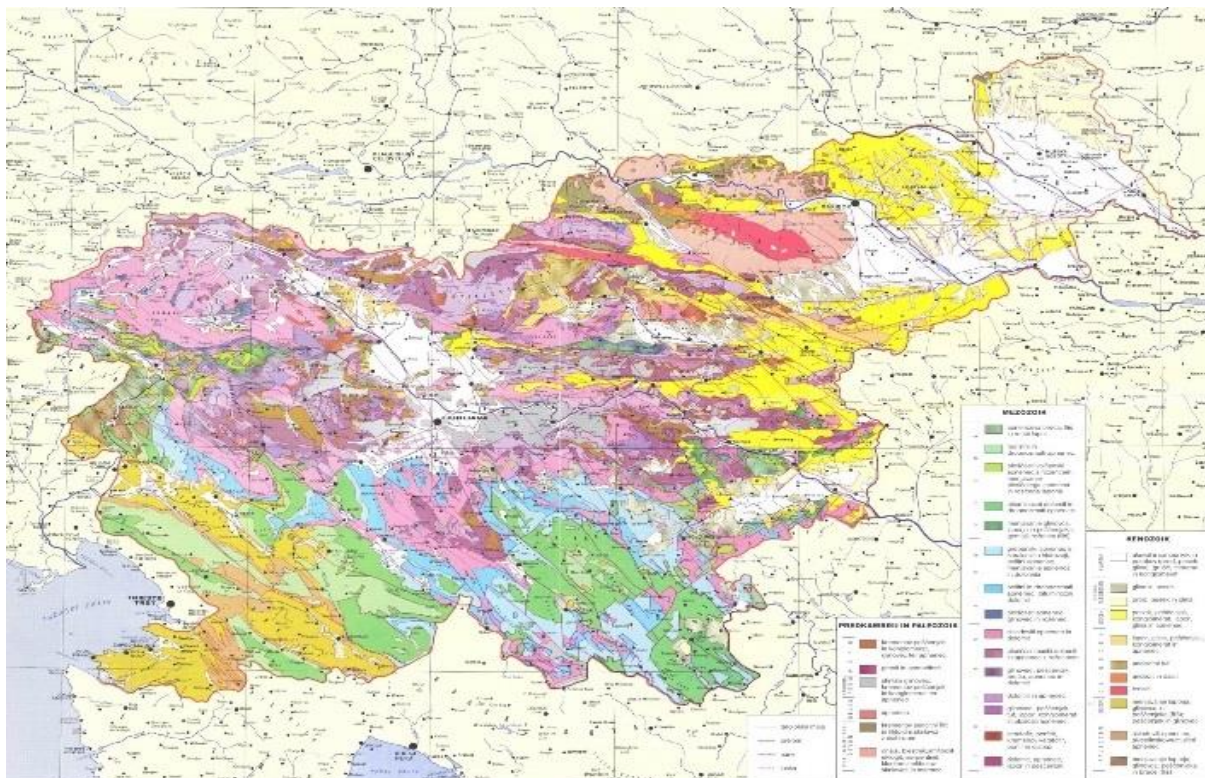
gradnja potekala na pobočju. Pomembna pa je sporočilna vrednost teh kart pri načrtovanju objektov, ki nas opozarja, da je treba lokacije načrtovane gradnje na teh ozemljih bolj pazljivo GG raziskati. Za načrtovanje gradenj na pobočjih ali terenih z drugimi, geološko pogojenimi nevarnostmi, je potrebno izdelati karte v M 1:1000 ali 1:500.

Stanovanjski objekti, zgrajeni na lokacijah z neugodno geološko zgradbo, na primer na Barju, so bolj izpostavljeni geološkim nevarnostim kot objekti, zgrajeni na Ljubljanskem polju. Pri gradnji objektov na pobočjih so geološko pogojene nevarnosti veliko večje kot pri gradnjah na ravnih tleh, čeprav je geološka zgradba terena podobna.

Pri načrtovanju enodružinskih hiš so med najpomembnejšimi geološkimi nevarnostmi, ki jih moramo ovrednotiti pri presoji GG razmer na lokaciji, naslednje:

- področja, ki so izpostavljena pobočnim masnim premikom (zemeljski in kamniti plazovi, podori, blatni in drobirski tokovi, hudourniški izbruhi),
- kraška področja in z njimi povezani usadi in udori,
- poplavna področja s poplavami podzemne in površinske vode,
- mehka tla z velikimi in neenakomernimi posedki,
- tla, občutljiva na sezonske spremembe vlage in s tem povezanimi nabrekanji in krčenji.

Vplivov potresov, ki sicer sodijo med najbolj nevarne in rušilne geološke nevarnosti, pri ocenjevanju GG razmer na lokacijah ne preverjamo posebej, ampak pri tem uporabimo karto seizmične aktivnosti in določil Evrokod 8- standarda za projektiranje potresno odpornih konstrukcij.



Slika 2: Geološka karta Slovenije (Petkovšek, 2016)

4.2.2 Plazovi na splošno

Po osnovni definiciji je plazenje premikanje dela površinske zemeljske mase po padnici pobočja, ki ga povzroči delovanje gravitacije na porušno ploskev z zmanjšano strižno trdnostjo zemljine ali hribine.

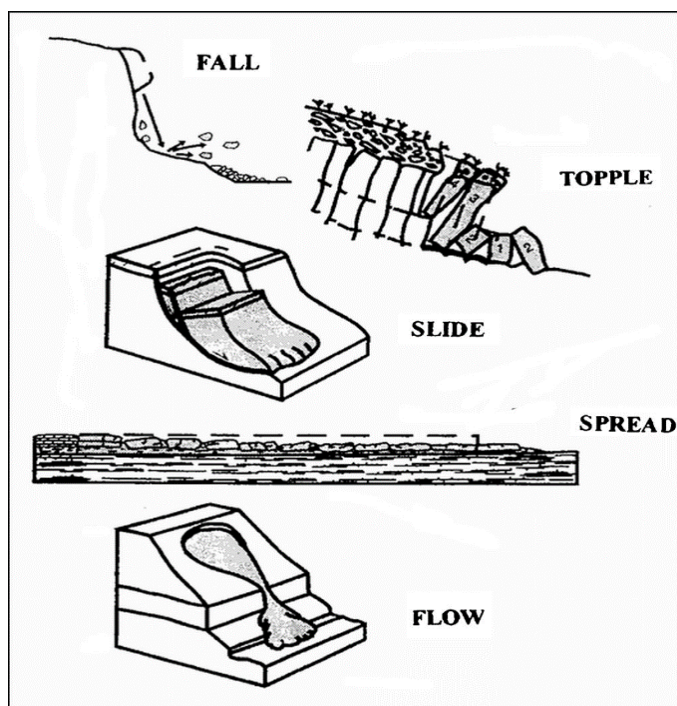
Pod skupnim pojmom »plazovi« razumemo najrazličnejše oblike pobočnih masnih premikov, ki jih različni klasifikacijski sistemi nato podrobneje razvrščajo v podskupine (Varnes, 1978, Zorn in Komac, 2008) glede na naslednja okvirna merila:

- način pobočnega premikanja,
- tip materiala, ki je v gibanju,
- hitrost premikanja,
- globina drsenja,
- volumen mas, ki so v gibanju.

Na sliki 3 je shematski prikaz glavnih načinov premikanj po Varnesu (1978). Ta se delijo na:

- padanje (fall)
- prevračanje (topple)
- plazenje (slide)

- razmikanje (spread) in
- tečenje (flow).



Slika 3: Način premikanja zemeljskih mas (Petkovšek, 2016)

Glede na tip materiala, ki je v gibanju, se po Varnesu (1978) plazovi delijo na kamnite oz. skalne, zemljinske in take, v katerih v premikajoči se masi prevladujejo debelo zrnati materiali (drobir oz. angl. debris).

Glede na hitrost gibanja plazov obstajajo različne klasifikacije. V splošnem ločimo po hitrostih premikanj naslednje skupine:

- Hitri premiki: drobirski tokovi, kamniti podori, usadi, plazovi
- Počasni premiki: lezenje
- Periodično ponavljajoči se (ciklični): zaradi sezonsko pogojenih sprememb gladine vode, zaradi naraščanja debeline preperinske plasti.

V preglednici 1 je prikazana kategorizacija plazov glede na hitrost premikanja in možni ukrepi.

Preglednica 1: Delitev plazov po hitrosti (Varnes, 1978)

Razred	Kategorija	Običajna hitrost (m/s)	Hitrost (mm/s)	Človeška reakcija	Značilna vrsta plazenja
7	izjemno hiter	5 m/s	5×10^3	je ni	hribinski podor
6	zelo hiter	3 m/min	5×10^1	je ni	gruščnati tok
5	hiter	1.8 m/uro	5×10^{-1}	evakuacija	usad
4	srednje hiter	13 m/mesec	5×10^{-3}	evakuacija	preperinski plaz
3	počasen	1.6 m/leto	5×10^{-5}	saniranje	gruščnati plaz
2	zelo počasen	16 mm/leto	5×10^{-7}	saniranje	glinasti plaz
1	izjemno počasen			je ni	globoki plaz

Glede na globino drsne ploskve, delimo plazove na:

- Zdrs humusa
- Plitev plaz: zdrs preperinskega pokrova debeline do 2 m po kamninski podlagi
- Srednje globok plaz: 2–5 m
- Globoki plazovi: 5–10 m, v peskih
- Zelo globoki plazovi: so v mehkih in plastovitih kamninah, tudi do globine 100 m. Vezani na narivne strukture, litološke meje, nagnjene v smeri pobočja. Dolgi so lahko več km.

Za varnost ljudi in imetja so najbolj nevarni plazovi z velikimi hitrostmi, z dolgim dosegom in širokim razširjanjem. Zato je pri prostorskem načrtovanju zelo pomembno poznavanje dinamike plazov od izvornega območja do mesta odlaganja. Ti, tako imenovani »veliki« plazovi, so v letu 2000 v Sloveniji ogrozili več desetih objektov in zahtevali tudi smrtne žrtve (npr. Slano blato nad Lokavcem, Koseč, Stože nad Logom pod Mangartom, Macesnik).

Nastanek plazov je lahko posledica naravnih procesov, npr. dviga podzemne vode, ob večjih padavinah ali po taljenju snega, erozije pete plazu, potresov in/ali človeških vplivov. Ker ima voda velik vpliv na nastanek plazov, je plazenje v tesni povezavi z lokalnimi hidrološkimi, predvsem pa hidrogeološkimi razmerami.

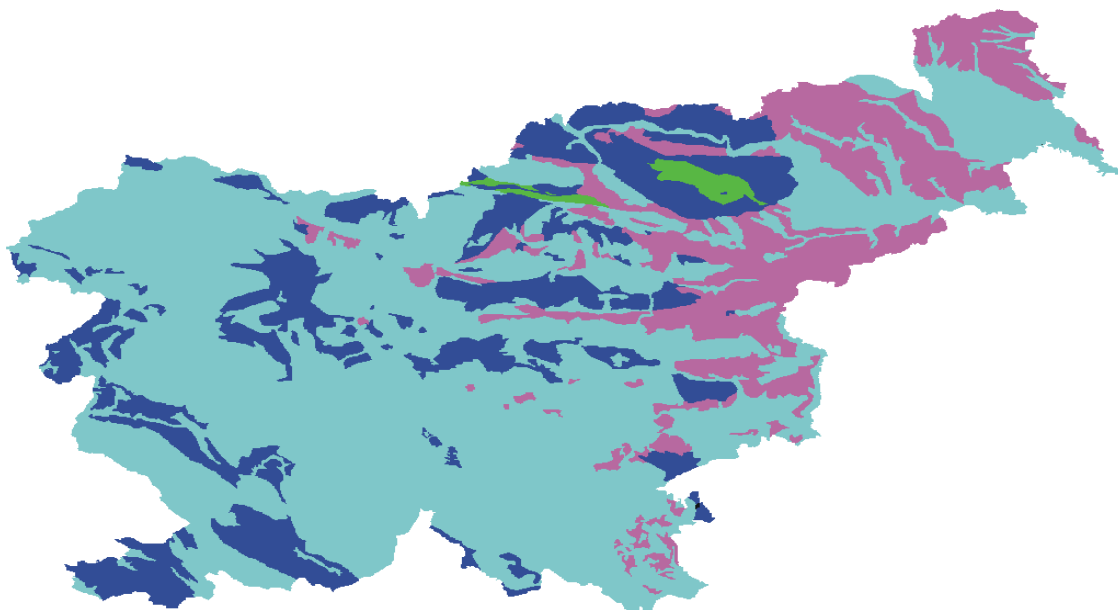
Novejše raziskave kažejo (Petkovšek et al., 2011), da se v hitre drobirske tokove lahko razvijejo tudi plazovi Stogovci nad Ajdovščino in plaz na Potoški planini nad Koroško Belo.

Gradbeno tehničnih ukrepov za zaščito pred velikimi plazovi pravzaprav ni oz. so le ti izjemno dragi. Zato je treba na ozemljih, ki jih ogrožajo veliki plazovi, gradnjo prepovedati. Značilen primer nekdanje prepovedi gradnje je razlivno območje potoka Grajšček oz. plazu Slano blato, ki je bilo vrisano že na starih francoskih vojaških kartah (slika 6A), v času Avstro-Ogrske pa je bila gradnja na tem območju prepovedana. Po razpadu Avstro-Ogrske so bili stari preventivni

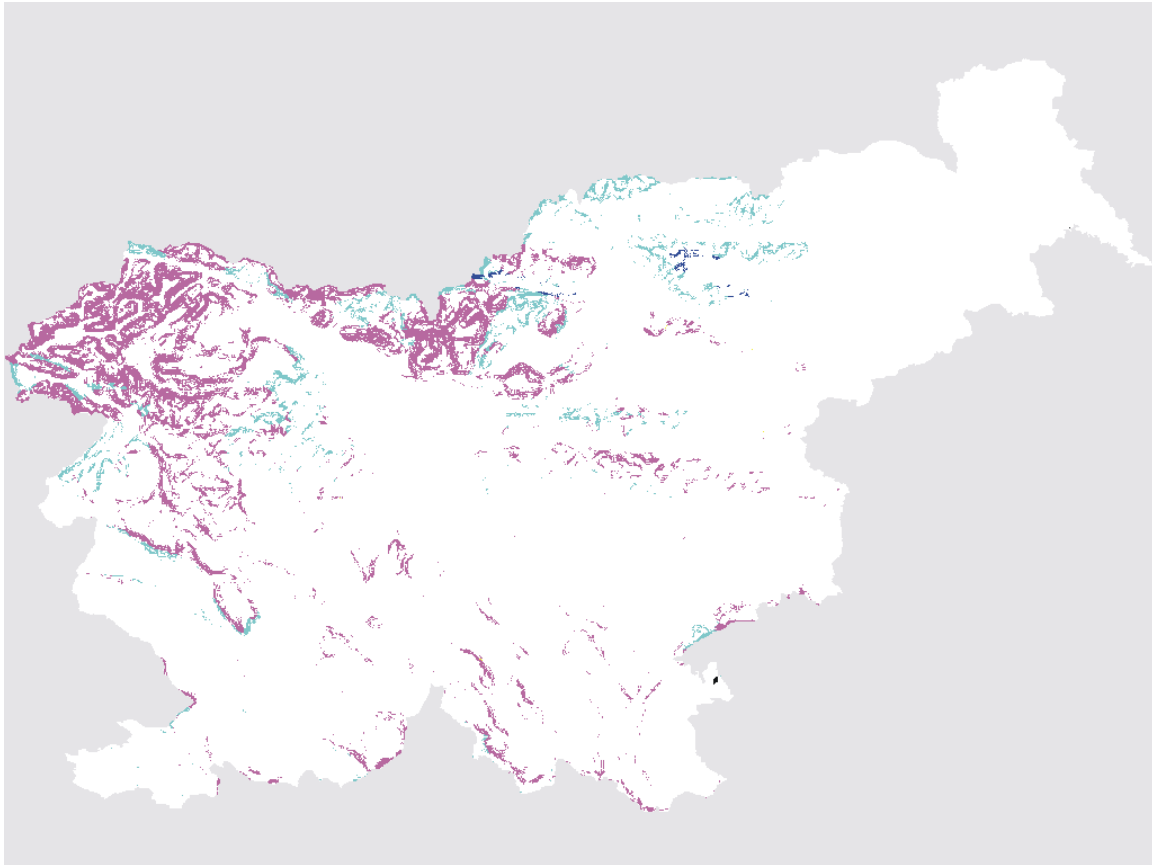
ukrepi pozabljeni, na vplivnem območju plazu pa so zrastle številne zgradbe, ki jih je ogrozil blatni tok, ponovno sprožen novembra 2000. V takih primerih je treba vzpostaviti učinkovit sistem opazovanja in alarmiranja.

Za varnost posameznega objekta pa niso nič manj nevarni lokalni pojavi nestabilnosti. Po podatkih URSZR in GeoZS se je v Sloveniji v preteklih desetletjih sprožilo preko 10.000 zemeljskih plazov. Večinoma gre za preperinske plazove, usade in zdrse zemljin manjših dimenzij, obsega od nekaj 10 do 1.200 m³, ki so povzročili škodo na objektih, infrastrukturi ter kmetijskih zemljiščih.

V Sloveniji je izdelana karta ogroženosti pred zemeljskimi plazovi in kamnitimi podori. Kot lahko vidimo iz kart, so za pojave zemeljskih plazov najbolj ranljiva območja, ki jih gradijo mehke klastične kamnine, ki vsebujejo glino, za pojave kamnitih podorov pa so najbolj nevarna zelo strma pobočja, zgrajena iz trdnih karbonatnih kamnin.



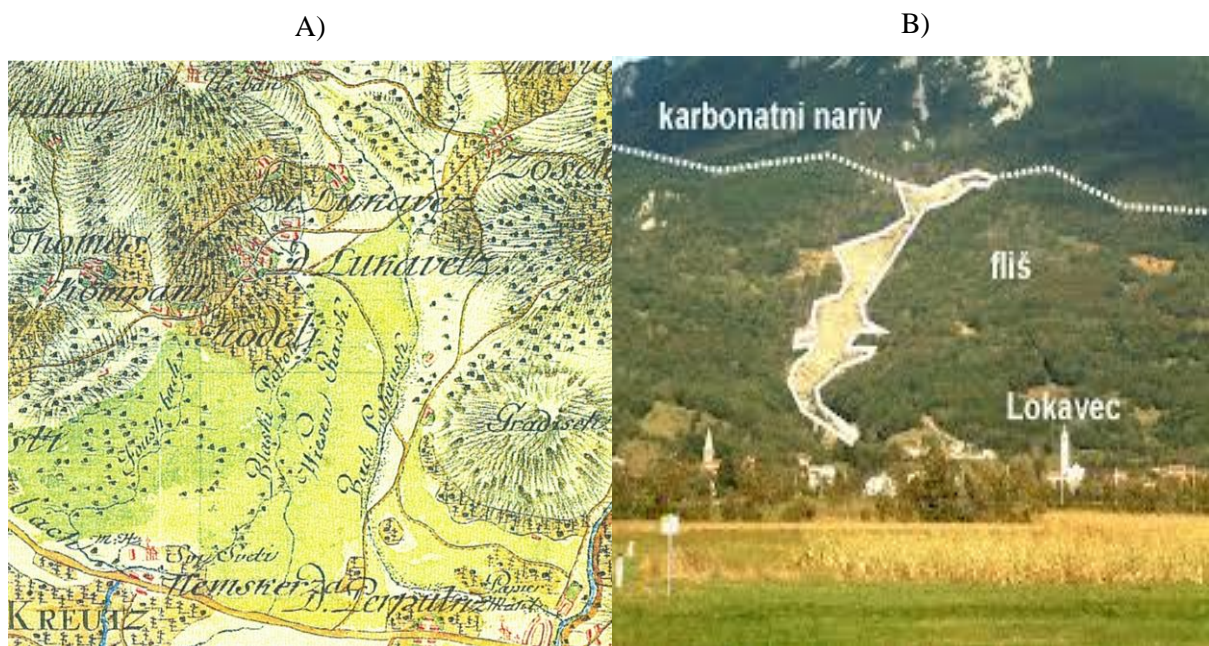
Slika 4: Področja nevarnosti zemeljskih plazov (Petkovšek, 2016)



Slika 5: Področja nevarnosti skalnih podorov (Petkovšek, 2016)

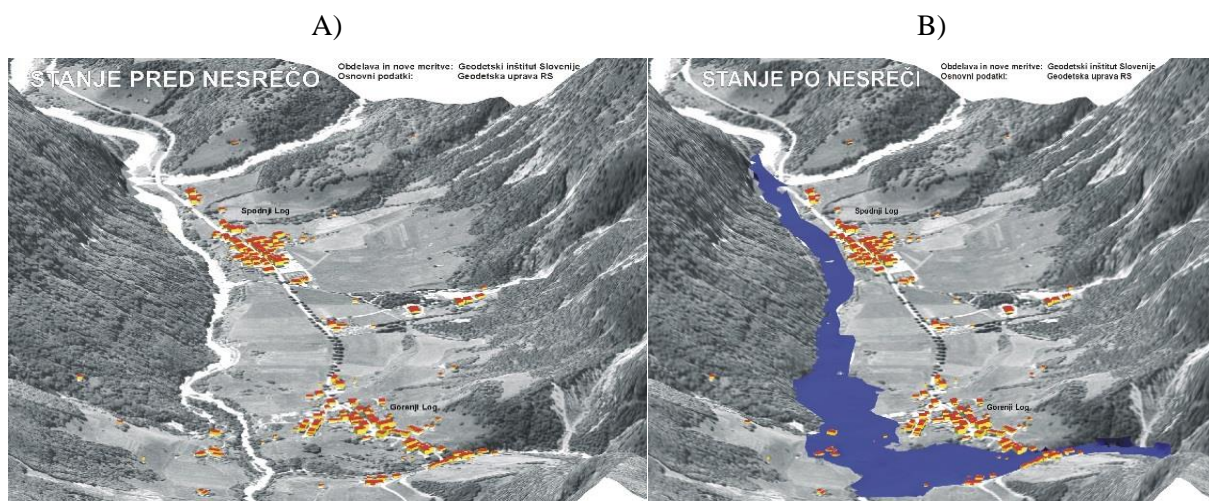
Intenzivne dolgotrajne padavine so bile novembra leta 2000 sprožitelj za številne zemeljske plazove. Med njimi tudi za plazove velikih razsežnosti Slano blato nad Lokavcem ter Log pod Mangartom, ki so v zadnjem desetletju zaznamovali pokrajino Slovenije.

Plaz Slano blato nad Lokavcem v Vipavski dolini je poškodoval zlasti gozdne površine v skupni izmeri 15 ha. Na pobočju, zgrajenem iz flišnih kamnin pod karbonatnim narivom Trnovskega gozda, se je med pobočnim gruščem in flišno preperino sprožil večji zemeljski usad (Kovač in Kočever, 2000). Ključni dejavnik pri spreminjanju flišne zemljine v židko blato je bil močnejši dotok podzemne vode, zbrane v prepustnih apnencih, zaradi katere je bila zemljina podvržena intenzivnemu mehčanju in dodatnemu zamakanju (Majes, Petkovšek in Logar, 2002).



Slika 6: (A) Francoski vojaški zemljevid, na katerem je bil vrisan plaz. (B) Pogled na plaz Slano blato, spodaj Lokavec (Petkovšek, 2016)

Plaz pod Stožami je primer drobirskega toka, ki je močno zaznamoval zgornjesoško dolino. Nastopil je v dveh fazah. Najprej se je plaz sprožil na pobočju pod grebenom »Vršiči« in se zaustavil nad mostom, ob sotočju Mangartskega potoka, nato pa je ob dodatnem deževju v obliki drobirskega toka prizadel 4 km oddaljen Log pod Mangartom, natančneje naselje Gornji Log. Med 1200 m in 1600 m nadmorske višine se je sprožilo preko 1 milijon m³ pobočnega grušča. Pri tem je nastala gmotna škoda tako na stanovanjskih kot tudi na infrastrukturnih objektih (Majes, 2000). Na slikah (7, 8) so vidne dimenzije razsežnosti in posledice plazu, ki je zaznamoval podobo Loga pod Mangartom.



Slika 7: (A) Log pod Mangartom pred nesrečo. (B) Log pod Mangartom po nesreči (Petkovšek, 2016)

A)



B)



Slika 8: (A) Pogled iz zraka na Gornji Log. (B) Posledice uničujočega drobirskega toka
(Petkovšek, 2016)

Na plazu Slano blato in v Logu pod Mangartom so bile opravljene številne GG-raziskave ter v povezavi z njimi izvedeni določeni stabilizacijski ukrepi. Geomehanske lastnosti materialov iz plazu Slano blato, Stože in Strug so primerjali Majes in sodelavci (2002) ter na podlagi hidrogeoloških pogojev poudarili dejstva, ki so skupna vsem trem. V vseh treh primerih je podlaga plazu slabo prepustna in zaradi prisotnosti karbonatnih kamnin v zaledju ali neposredni okolici so lahko v plazino dotekale večje količine vode. Že pred samim nastankom plazov pa so bili na vseh treh lokacijah prisotni tudi površinski vodotoki.

4.2.3 Plazovi pri načrtovanju stanovanjskih objektov

Na začetku 20. stoletja se je s širjenjem poselitve in razvojem različnih dejavnosti povečal trend gradenj tudi na območja, ki so bila pred tem prepoznana kot manj primerna območja za gradnjo. Za taka območja so bili sprejeti tudi prostorski načrti kot v že omenjenem primeru v Lokavcu.

Če izključimo nevarnost pojava velikih plazov, so geološke nevarnosti pri načrtovanju, gradnji in uporabi enodružinskih hiš, vezane na naslednje glavne skupine plazov:

- Vkopi za objekt so izvedeni v strmih naklonih in neustrezno zaščiteni, zato pride do drsenja pobočja in do zasutij objekta (slika 10).
- Objekti v pobočju so grajeni na delno nasutih tleh, nasutja pa niso ustrezno utrjena, zato pride do zdrsa nasutja in objekta.
- Objekti so v vplivnem območju padajočega kamenja ali skalnih podorov (slika 12).

- Med uporabo stanovanjskih objektov na pobočjih, ki so bolj izpostavljena plazanju, je med glavnimi sprožitelji plazov neustrezno odvajanje meteornih in kanalizacijskih vod (slika 9).

Na slikah (9–12) so značilni primeri plazov, nastalih na lokacijah enostanovanjskih objektov v Sloveniji.



Slika 9: Neustrezno odvajanje meteornih vod (Petkovšek, 2016)



Slika 10: Usad nad hišo (Petkovšek, 2016)



Slika 11: Vidne razpoke hiše zaradi nestabilnih tal (Petkovšek, 2016)



Slika 12: Močno poškodovana hiša zaradi skalnega podora (Savenc, 2012)

4.3 Naravni udori

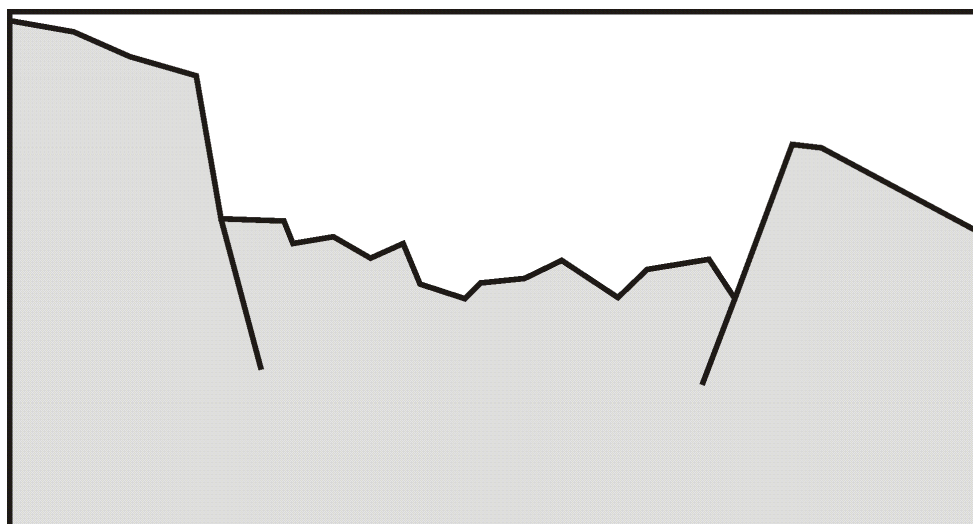
Naravni udori so posledica raztapljanja vodotopnih mineralov v kamninah. Za raztapljanje so zelo občutljive karbonatne kamnine, zlasti apnenci in kamnine, ki vsebujejo sulfatne minerale, zlasti sadro.

V Sloveniji so udori vezani na kraška tla, zgrajena iz apnencev. Apnenec, v katerem prevladuje mineral kalcit (CaCO_3), raztaplja vode, v katerih so raztopljeni ogljikov dioksid in huminske kisline. Proces zakrsevanja je povečan tam, kjer so v tleh ploskve šibkosti, po katerih je možen hitrejši in intenzivnejši tok vode.

Do udorov površja pride, ko se podre strop podzemne praznine. Ta se lahko formira v kraški glini, ki je netopni ostanek raztapljanja apnenca ali v samem apnencu.

Udori so posebej nevarni, ker se lahko pojavijo hipno in povsem nenapovedano. Za preprečevanje nevarnosti vdorov pri gradnji stanovanjskih hiš uporabljamo naslednje ukrepe:

- Pregled topografskih kart v ustreznem merilu (1 : 1000). Kadar se v liniji raziskovanega območja javlja povečano število vrtač ali drugih morfoloških oblik, je to že znak za poostreno pozornost
- Ogled lokacije s strani strokovnjakov krasoslovcev v vseh primerih, ko je lokacija na območju pogostih pojavov vdorov.
- Geofizikalni pregled dna izkopa gradbene jame, npr. z georadarjem.
- Kontrolno prevrtavanje tal pod temelji objekta, da se preveri morebitna prisotnost praznin pod načrtovanimi temelji.



Slika 13: Prikaz zemeljskega udora (Petkovšek, 2016)

4.4 Poplave površinske in podzemne vode

4.4.1 Značilnosti poplav

Poplava je izreden naravni pojav, ki nastopi zaradi prisotnosti številnih dejavnikov. Najpogostejši vzrok za poplave predstavljajo padavine v obliki krajših in močnejših nalivov ter taljenje snega. V Sloveniji je področje ozaveščanja in hidroloških opozoril pred nastopom poplav podprto s strani Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO), ki vsa opozorila, hidro alarme in zadnje podatke o pretočnosti pretokov rek posreduje na Upravo Republike Slovenije za zaščito in reševanje (URSZR). Poplavne dogodke je preko opozorilnih kart poplav, na

katerih so označena območja nevarnosti, možno napovedati. Poplavna ogroženost Slovenije je razmeroma velika, saj je na opozorilni karti poplav ARSO prikazanih okoli 880 km² poplavnih območij. Na območjih, ki so jih prizadele poplave, se srečujemo s poškodbami bivalnih objektov, prometne in javne infrastrukture ter uničenjem pridelka na kmetijskih zemljiščih. Posebnim oblikam tveganja pred poplavami so izpostavljeni objekti, zgrajeni pod visokimi vodnimi zadrževalniki. Ker se poplavna ogroženost zaradi klimatskih sprememb vse večje urbanizacije na poplavna območja stopnjuje, je treba uveljaviti ustrezne omejitve pri rabi prostora na poplavnih območjih. Pri nastopu poplav imajo padavine največjo vlogo, vendar pa so poplave odvisne tudi od reliefa, prepustnosti in predhodne namočenosti tal (Komac, Natek in Zorn, 2008). Vse večji pomen pri obravnavi tveganja v povezavi s poplavami pa je posledica antropogenih vplivov.

Ločimo poplave površinske vode in podzemne vode. Pri površinskih poplavah reke zaradi močnih nalivov prestopijo svojo strugo in poplavijo brežine. V Sloveniji so med najpogostejšimi hudourniške poplave, najverjetneje zaradi bogatega gorskega in hribovitega sveta. Take poplave vse pogosteje ogrožajo naselja v Zasavju in na Koroškem. Drugo vrsto poplav predstavljajo podzemne poplave, ki zaradi presežka podzemne vode, dotekajoče z bližnjih hribovij, poplavijo bližnjo okolico v obliki kraških izvirov (slika 15). Površinske poplave so tako značilne za območja v bližini vodotokov, podzemne poplave pa se pojavljajo na kraških poljih.

Na določenih območjih se poplave pojavljajo periodično, s pogostnostjo na eno, dve, pet, deset ali več let. Na območjih s pogostimi poplavami, praviloma ne gradimo. Na območja s povratno dobo 50, 100 let in več, pa zaradi kratkega spomina človek vse bolj posega, nezavedajoč se, da so vodne ujme pogosto močnejše od inženirskih rešitev odvodnje.



Slika 14: Območje, za katerega so značilne poplave zaradi podzemnih vod (Petkovšek, 2016)

Med največja poplavna območja v Sloveniji uvrščamo Ljubljansko barje. Na Ljubljanskem barju se pojavljata dve osnovni vrsti poplav, in sicer:

- poplave, ki jih povzročijo površinski dotoki na Barje (vsi pritoki teke Ljubljanice), katerih visoke vode so posledica kratkotrajnih, pa vendar ekstremnih padavin,
- poplave, ki so posledica večjega dotoka vode iz kraškega podzemlja zaradi obilnejših padavin ali taljenja snega.

Preglednica 2: Največja poplavna območja v Sloveniji (Natek, 2005).

Poplavno območje	Površina (ha)
Ljubljansko barje	8034
Dravinja	65544
Krka pod Otočcem	6179
Spodnja Savinjska dolina	4289
Sava med Krškim in državno mejo	4355
Sotla	3251
Cerkniško polje	2600

4.4.1 Poplave na Ljubljanskem Barju

Septembra leta 2010 so Slovenijo prizadele poplave izjemnih razsežnosti. Poplavni dogodek so zaznamovale kratkotrajne intenzivne padavine, ki so povzročile hitro zvišanje vodotokov in razlivanje poplavnih voda skoraj po celotni državi. Poplavljalno je večina slovenskih rek, najbolj pa porečje Vipave, Save, Krke, Idrijce, Poljanske Sore in Savinje v spodnjem toku. Poplavljenata so bila tudi kraška polja na Notranjskem in Dolenjskem ter Ljubljansko Barje (Komac in Zorn, 2011).

Hidrološke značilnosti septembrskih poplav leta 2010 kažejo, da se je na Barju zgodila kombinacija površinskih in podzemnih poplav. Površinski dotok vode je bil povečan s strani Iške, Iščice, Ljubljanice in Gradaščice, ki je imela na hidrološki postaji Dvor izmerjen največji zabeležen pretok (9,7 milj. m³) od leta 1979 dalje, ko so izmerili 65,4 m³/s. Velika količina padavin v zaledju Krimskega hribovja je presegla zmogljivost kraških požiralnikov. Podzemne vode so tako skupaj z arteško podtalnico pod pritiskom dodatno pripomogle k visokim vodam na Barju in zmanjšale možnost hitrejšega površinskega odtoka. Ob izjemnih poplavah je bila večina cest poplavljenih in neprevoznih, voda pa je vdrla tudi v stanovanjske in poslovne zgradbe (Hidrološko poročilo o povodnji..., 2010).



Slika 15: Poplavljeno Ljubljansko barje, septembra 2010 (Petkovšek, 2016)

4.5 Gradnja na mehkih tleh in posedki

V dnu nekaterih tipov rečnih dolin in delt, tektonskih udorin ter na priobalnih območjih so pogosto debeli sloji mehkih, malo prepustnih glinastih in organskih sedimentov ter šote, prepojenih z vodo, ki so zelo stisljivi.

Po drugi strani pa so taka območja zelo privlačna za gradnjo, zato se pri gradnji na mehkih, zelo stisljivih tleh pogosto srečujemo z geološko pogojeno nevarnostjo velikih in diferenčnih posedkov.

Posedki in diferenčni posedki objektov na mehkih tleh so posledica naslednjih dejavnikov:

- obtežbe stisljivih temeljnih tal, na dodatno obtežbo se tla odzovejo s posedanjem,
- znižanje gladine podzemne vode zaradi melioracij ali klimatskih sprememb; trajno znižanje gladine na Barju, na primer za 1 m, pomeni dodatno obtežbo temeljnih 10 kPa, zato se bodo tla posedala brez dodatne obtežbe na površini,
- znižanja gladine podzemne vode zaradi gradnje infrastrukturnih cevovodov,
- vplivov gradenj v soseščini, npr. nasipov avtoceste,
- vplivov vibracij, ki utekočinjajo tla.

Z GG-raziskavami in izračuni lahko pravilno ter zanesljivo napovemo velikost in časovni razvoj posedanja objekta na površini tal z znanimi lastnostmi. Ne moremo pa vnaprej napovedati morebitnih vplivov klimatskih sprememb ali vplivov novogradenj na obnašanje dograjenega objekta, če se bodo le te dogajale v neposredni bližini. Zato predstavlja gradnja na mehkih, z

vodo zasičenih ravnih tleh, ne glede na načine temeljenja, večje geološko pogojeno tveganje, kot gradnja enakega objekta na ravnem terenu in na skalni podlagi.

Generalni odziv GG-rešitev pri gradnji na mehkih tleh je temeljenje na pilotih, ki so lahko leseni, jekleni ali betonski, uvtvani ali zabiti. Pri tanjših slojih mehkih tal so piloti zabiti do trdne podlage, pri zelo debelih slojih pa so piloti viseči in nosijo predvsem s trenjem ob plašču.

Alternativa gradnjam stanovanjskih objektov na pilotih sta gradnja na predhodno obremenjenih tleh in plitvo temeljenje na gramoznih blazinah. Za enakomerno obremenjene temelje nizkih objektov je ta rešitev seveda sprejemljiva in splošno veljavna, vendar pa je ranljivost plitvo temeljenih objektov večja v primeru potresa ali neenakomerne porazdelitve obtežb objekta na podlago.

Posledice nevednosti in nezadostnega upoštevanja naštetih dejstev pri gradnjah so vidne v obliki valovitih in deformiranih cestišč nakupovalnega središča sredi Ljubljanskega barja na Rudniku (slika 17). Zaradi velikih in diferenčnih posedkov so se poškodbe odrazile na vseh gradbenih objektih, ki niso bili temeljeni na pilotih in tudi pri linijskih infrastrukturnih objektih. Nivo parkirišč se je zaradi posedkov znižal nekje tudi do pol metra. Leta 2011 so izvedli sanacijske ukrepe, ki naj bi zadostovali za nekaj let.

Na tem območju (slika 18) so morali zaradi neenakomernega posedanja stavbe porušiti tudi trgovino Lidl, saj pri gradnji niso upoštevali osnovnih GG-razmer na lokaciji in načrta pilotiranja, podanega v geotehničnem poročilu.



Slika 16: Poškodovano cestišče pri nakupovalnem središču na Rudniku (Porenta, 2011)



Slika 17: Zaprtje trgovine Lidl na Rudniku (Petkovšek, 2016)

4.6 Vplivi klimatskih sprememb na plitvo temeljene stanovanjske objekte

Temelji objektov morajo biti izvedeni na globinah, varnih pred delovanjem zmrzali in sezonsko pogojenimi spremembami vlage in temperature.

Kadar so temelji lahkih objektov izvedeni v glinastih tleh, se zaradi vremenskih ekstremov, kot so na primer izjemno vroča in sušna poletja ali izjemno mokra leta, spremeni vlaga gline tudi na globinah pod plitvimi temelji objekta. V tem primeru pride do krčenja in posedanja objekta ali do nabrekanja in dvigov objekta. Na sliki 19 je primer 15 let stare stavbe, ki se je posedla zaradi velike suše leta 2012.



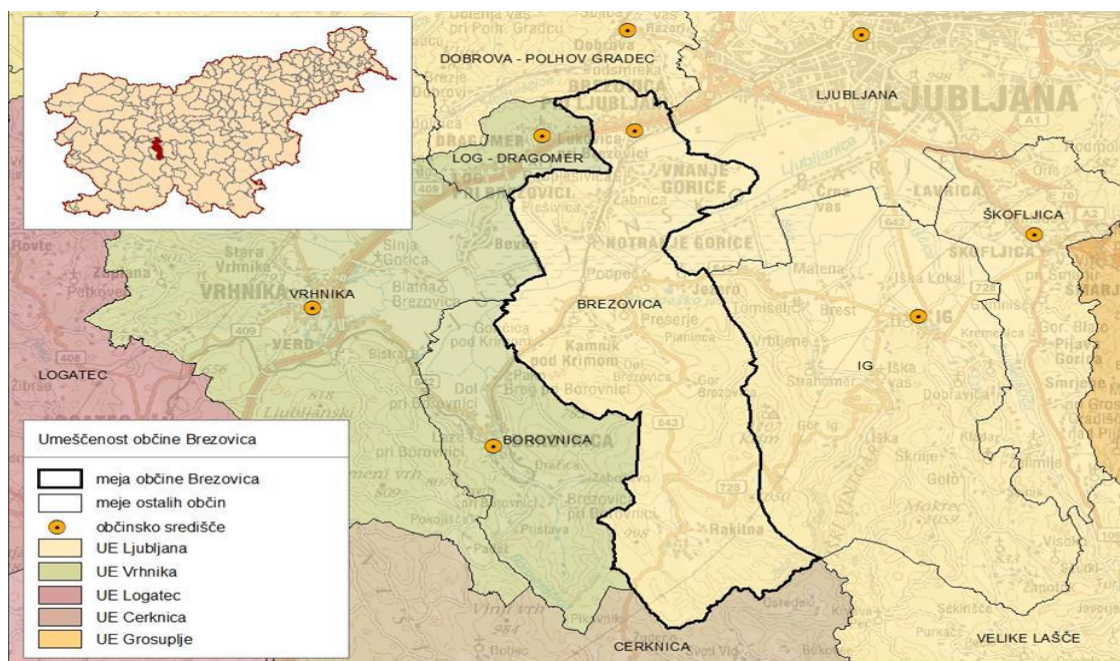
Slika 18: Vidne razpoke na hiši so posledica klimatskih sprememb (Petkovšek, 2016)

5 PRIMERJAVA GRADNJE DVEH PODOBNIH OBJEKTOV NA BARJU IN KRAŠKEM TERENU V OKOLICI BREZOVICE

V diplomskem delu sem podrobno obravnavala in primerjala gradnjo dveh, po zasnovi, enakih enodružinskih hiš, na območju občine Brezovica. Z geološkega vidika sem primerjala gradnjo na barjanskih tleh in gradnjo na obrobju barja – na kraškem terenu v Podpeči. Analizirala sem pozitivne in negativne vplive, ki jih prinese gradnja na omenjenih terenih, ter predvsem, kakšni gradbeni ukrepi nas čakajo, ko se odločamo za gradnjo na enem od opisanih terenov.

5.1 Geografski oris

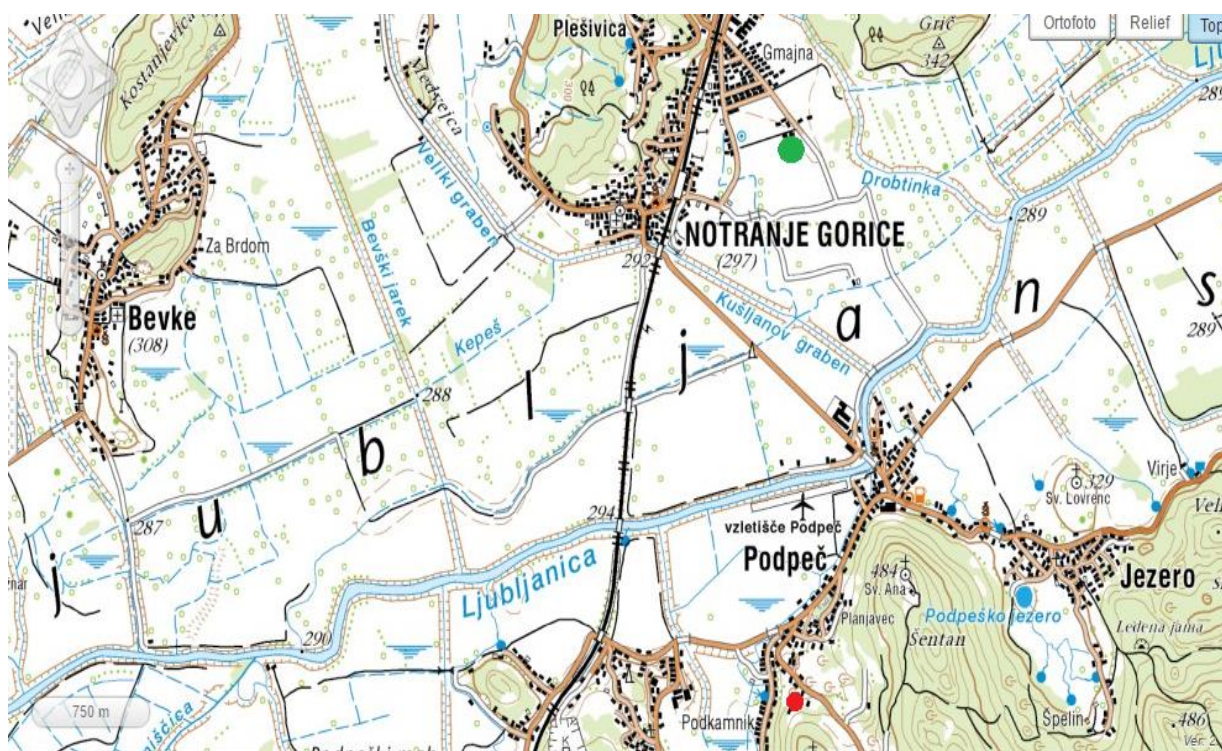
Večji del občine Brezovica, natančneje njen severni in osrednji del, leži na območju Ljubljanskega barja. Občina Brezovica meji na osem občin, od katerih je največja Ljubljana, sledijo pa ji Ig, Vrhnika, Borovnica, Cerknica, Velike Lašče, Log - Dragomer in Dobrova - Polhov Gradec (Okoljsko poročilo za..., 2013). Na severu se območje občine razprostira vse do Polhograjskega hribovja. Jugovzhodno pa obsega del Krimskega hribovja s kraškim jezerom v bližini Podpeči vse do Rakitniške planote na skrajnem jugu. Zaradi svoje lege je območje za gradnjo zelo zanimivo, saj zaradi razgibanega terena in raznolikosti pri sestavi tal pogojuje različne načine pri tehnologiji gradnje ter temeljenju.



Karta 1: Umeščenost Občine Brezovica v prostor (Okoljsko poročilo za..., 2013)

5.1.1 Predstavitev dveh potencialnih lokacij za gradnjo

Za gradnjo sta na voljo dve parceli, ki jih bom v nadaljevanju imenovala Lokacija 1 in Lokacija 2. Obe parceli sta na relativno ravnem terenu, zato ju ne ogrožajo niti plazovi, niti padajoče kamenje.



Karta 2: Topografska karta občine Brezovica z oznakama izbranih lokacij parcel za gradnjo enodružinske hiše (Geopedia, 2016)

Lokacija 1: Izbrano območje je na Barju, pri Notranjih Goricah, med odvodnima kanaloma Drobtinka na vzhodu in Kušljanov graben na jugozahodu. Glavni recipient površinskih voda je Ljubljana. Ozemlje je zamočvirjena ravnica, iz katere se na severu dvigata kraška osamelca, Plešivica (390 mnm) in nekoliko bolj vzhodno Grič z (342 mnm). Površina terena na Lokaciji 1 zelo blago pada iz višine 292 mnm pri Notranjih Goricah v smeri proti Ljubljani na cca. 289 mnm na sotočju Drobtinke in Ljubljane. Na karti 1 je lokacija označena z zeleno barvo. Parcela na lokaciji 1 je nekoliko bolj južno od že pozidanega strnjenege stanovanjskega naselja, ki je zrastle v preteklih dveh desetletjih. Nekateri objekti so po pričevanju lastnikov temeljeni plitvo, na gramozni blazini, nekateri objekti pa so temeljeni na pilotih.

Lokacija 2: Parcela je na južnem obrobju Ljubljanskega barja, in sicer na severozahodnem vznožju Krimskega hribovja in Rakitniške planote. Parcela je na izravnani planoti, na nadmorski višini cca 350 m. Teren nad parcelo se v blagem naklonu dviga do razglednega

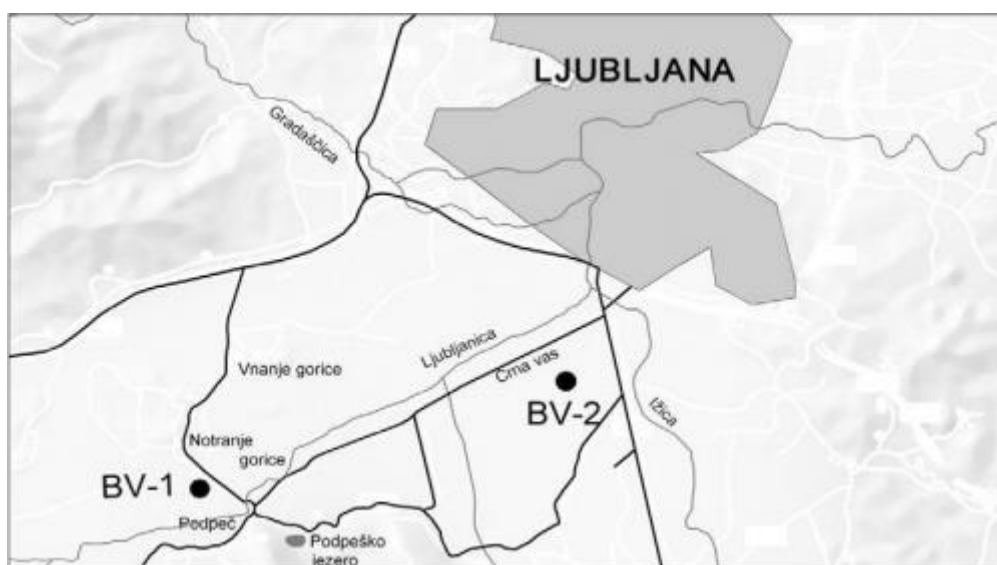
hriba Sv. Jožef (439 mm). V okolici parcele ni površinskih vodotokov in kraških izvirov. Ti se pojavljajo precej nižje, na stiku med Barjem in Kamniškim pogorjem, kjer se nad in pod cesto Podpeč–Kamnik pod Krimom javljajo številni izviri, ki odtekajo proti severu, v smeri Ljubljane. V pobočjih nad Podpečjo in širši okolici je izoblikovan značilen kraški teren, z značilnimi kraškimi pojavi, npr. izviri in bruhalniki. Na karti je lokacija obarvana rdeče. Tudi območje okoli Lokacije 2 je pozidano, vendar je način poselitve drugačen kot v primeru Lokacije 1. Objekti so temeljeni plitvo, nekateri so podkleteni, veliko je gospodarskih poslopj.

5.1.2 Raziskanost obravnavanega območja

Lokacija 1: Gradnja na Ljubljanskem barju je že v preteklosti predstavljala gradbeno-tehnični izziv. Zaradi velike poplavne ogroženosti in mehkih zamočvirjenih tal so morali vsak gradbeni poseg skrbno načrtovati in predhodno raziskati.

Že pred samo gradnjo železniške povezave Ljubljana–Trst so v letih 1850–1856 na območju med Notranjimi Goricami in Preserjem izvrtali 14 vrtin. Zanimal jih je predvsem način temeljenja stavb in prometnic (Mencej, 1988).

Na področju Črne vasi in Notranjih Goric sta bili v letih 1959–1962 izvrtani vrtini BV-1 in BV-2. V obeh vrtinah je bila ugotovljena dolomitna podlaga, več kot 100 m globoko pod debelimi plastmi glinasto-prodnih sedimentov. Pri vrtanju so takrat prvič naleteli na pojav arteške vode (Grimšičar in Ocepek, 1967).



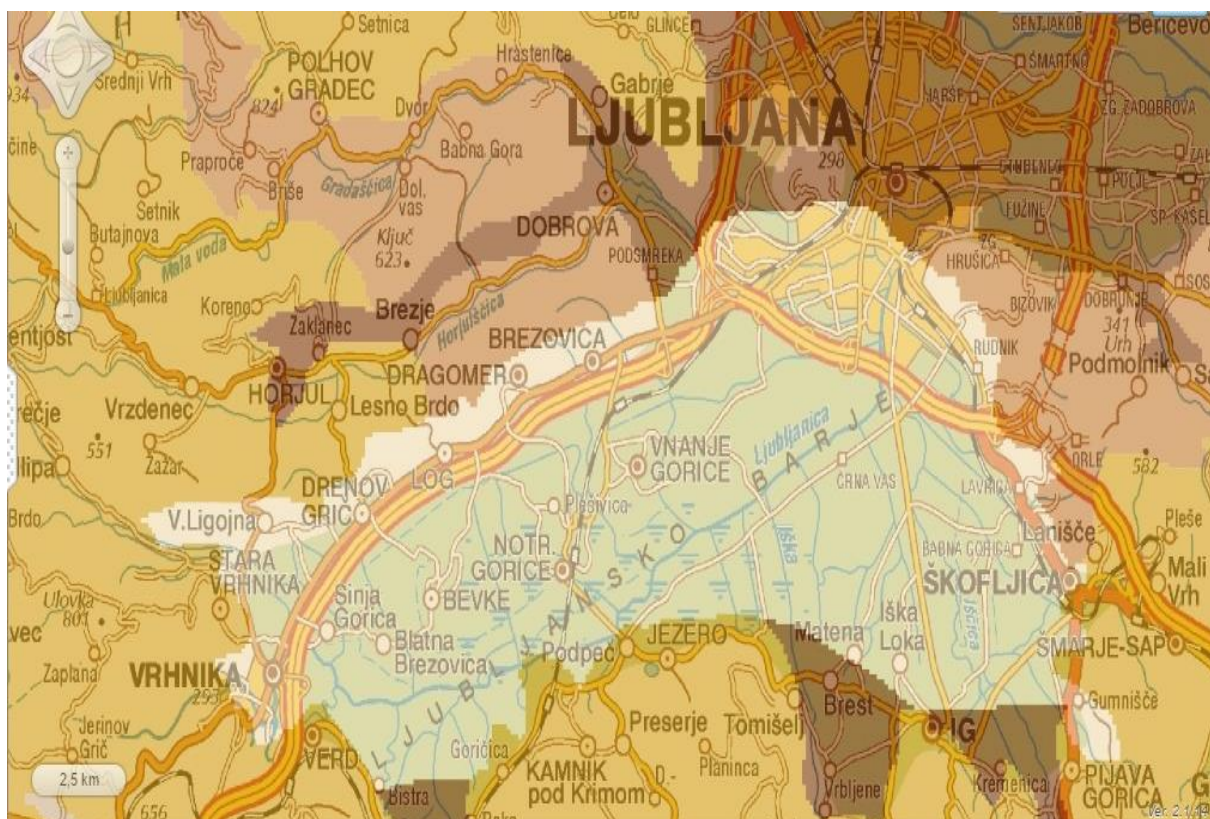
Slika 19: Prikazano območje vrtin BV-1 in BV-2 (Grimšičar in Ocepek, 1967)

Obsežnejše geološke raziskave Ljubljanskega barja so bile izvedene po letu 1960 v času načrtovanja avtoceste Vrhnika–Ljubljana. Zaradi mehkih, zelo stisljivih tal je bil za gradnjo avtocestnih nasipov uporabljen elektrofiltrski pepel, ki je lažji od običajnih gradiv.

Zaradi pojava arteške vode v številnih vrtinah je bila opravljena študija hidrogeoloških razmer. Izvrtanih je bilo 23 globokih strukturno-piezometriških vrtin, s katerimi so preučevali vpliv arteških voda na gradnjo (Mencej, 1988).

Ugotovitev, da bi lahko s črpanjem podtalne vode iz vodonosnih plasti omogočili preskrbo s pitno vodo, je vodila do nadaljnjih raziskav izdatnosti prodnih vodonosnikov na Barju (Mencej, 1988). V zadnjem desetletju so se hidrogeološke raziskave usmerjale tudi v smeri izgradnje hidrotehničnega predora v pobočje Krima.

5.1.3 Geološka zgradba Ljubljanskega barja in njegovega obrobja- regionalna zgradba



Karta 3: Geološke značilnosti obravnavanih območij (Geopedia, 2016)

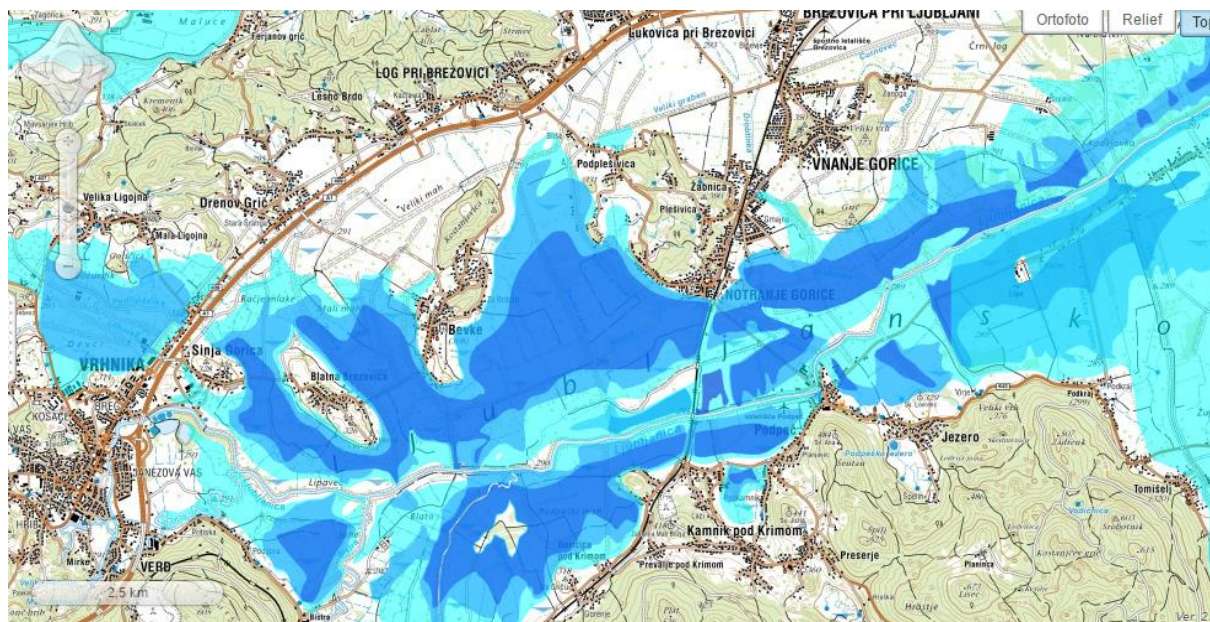
V prejšnjem poglavju so bile predstavljene prve vrtine in raziskave na območju Ljubljanskega barja, ki so že nakazovale geološko zgradbo ter sestavo tipičnih barjanskih plasti. Kasneje so podatki iz številnih vrtin, izvrtanih na različnih globinah južnega, zahodnega in vzhodnega dela Barja, vodili do spoznanja, da geološko zgradbo Ljubljanskega barja skoraj v celoti sestavljajo zgornjetriadni dolomiti na jugu in karbonske klastične kamnine na severu (Mencej, 1988).

Kotlina Ljubljanskega barja je zapolnjena z rečnimi in jezerski sedimenti, ki so posledica dotokov in nanosov materiala rek. Precejšen del sedimentacijskih plasti v osrednjem delu sestavlja glina z vložki proda in peska. Vrhnje plasti barjanske površine v večji meri tvorijo polžarica, lahkognetna siva glina in šota (Geološko geotehnično poročilo..., 2005). Debelina sedimentov je bila ugotovljena z vrtinama pri Črni vasi in med Notranjimi Goricami ter Podpečjo.

Na severovzhodnem delu Barja in na osamelcih najdemo kamnine drugačne starosti. Na barskih osamelcih so razširjene predvsem permokarbonske plasti peščenjaka in skrilavega glinavca, ki jih lahko zasledimo na Plešivici ter Kostanjevici pri Bevkah. Na obrobju Barja oz. jugozahodnem delu pa so poleg dolomita odkrili tudi apnenec jurskega nastanka (Buser, 1965).


Za potrebe gradnje enostanovanjskih hiš je zanimiva predvsem zgradba tal do vplivne globine, do katere sega sprememba napetosti zaradi gradnje na površini, to je do globine cca 10–20 m oz. do globine, kjer se pojavi prodna plast, na katero se lahko naslonijo betonski koli za temeljenje težjih objektov. Na teh globinah je sestava tal na različnih delih Barja različna in je močno odvisna od vplivov površinskih vodotokov in njihovega poplavno-zaježitvenega režima v preteklosti. Na tipičnem Barju, kot je npr. barje pri Podpeči, je na površini do 7 m debela plast polžarice in šote, pod katero se nahajajo zelo mastne židke ter lahko gnetne gline.

5.1.4 Poplavna ogroženost območja



Karta 4: Opozorilna karta poplav (Geopedia, 2016)

LEGENDA

-  Pogoste poplave
-  Redke poplave
-  Zelo redke poplave

Redne poplave na Ljubljanskem barju vsakoletno zalijejo osrednje dele Barja, kjer voda prekrije 15 % celotne površine. Ob stoletnih vodah pa je poplavljen kar 60 % površine Barja (Državni načrt zaščite in reševanja ..., 2004).

Kot je vidno iz Karte 4, nobena od lokacij ne leži na poplavnem območju.

5.1.5 Pozidanost in izkušnje z gradnjo

Na Ljubljanskem barju se nahaja vrsta naselij, ki so neposredno ali posredno povezana z dogajanjem na barjanski in poplavno ogroženi pokrajini. V osrednjem delu Barja sta le dve strnjeni naselji, in sicer Črna vas ter Lipe, ki sta v času poplav tudi odrezani od preostalih delov Barja. Koncentracija poselitve je umeščena na obrobje Ljubljanskega barja, saj so tam pogoji gradnje in bivanja ugodnejši. Zgoščena je tudi poselitev ob in na višjih delih osamelcev. Za stare

objekte na Barju je značilno, da so bili objekti in poslopja v okviru posamezne kmetije grajeni ločeno drug od drugega. Ker je prostora za urbanizacijo čedalje manj se mnoga naselja na obrobju vedno bolj širijo proti osrčju Barja (Orožen Adamič, 1984), spreminja pa se tudi tip gradnje, z naraščajočo gostoto poselitve individualnih hiš in gradnjo vrstnih hiš. To sproža številne probleme zlasti v primerih slabo načrtovanih gradenj, saj se krajni objekti v nizu hiš posedajo drugače kot objekti v osrednjem delu niza.

Večina stanovanjskih objektov na Barju je bila v preteklosti temeljena na lesenih kolih, ki se pri gradnji na mehkih tleh odlično obnesejo in še danes predstavljajo ustrezen način temeljenja na Barju. V zadnjih letih lesene kole vse bolj nadomeščajo betonski uvtani in zabiti koli pa tudi plitvo temeljenje na gramoznih blazinah.

5.2 Splošne geološko geotehnične razmere

Ključne razlike med geološko-geotehničnimi lastnostmi tal na izbranih lokacijah za gradnjo enodružinske hiše (slika 22) sem zbrala v preglednici, ki mi je služila za detajlno obravnavo in izbiro ustreznega načina temeljenja.

Za primerjavo temeljenja sem izbrala nepodkleteno stanovanjsko hišo dimenzij 14x10 m v skupni površini 140 m². Za hišo predvidimo klasično zidavo z opeko. Na Lokaciji 1 podkletitev ni možna, nasprotno pa je na lokaciji 2 podkletitev možna.



Slika 20: Klasična enodružinska hiša (AR projekt S96, 2016)

Preglednica 3: Primerjava lastnosti tal na Lokacijah 1 in 2

	Lokacija 1: BARJE (Vnanje Gorice, Notranje Gorice)	Lokacija 2: JUŽNI ROB BARJA (Podpeč)
Sestava tal	Mehke, stisljive koherentne zemljine do globine > 50 m	Trdna dolomitna podlaga pod cca 0,5 m debelo plastjo preperine
Prisotnost podzemne vode	Da, plitvo pod površino terena	Ne
Geološka nevarnost	– Nizka nosilnost terena – Neenakomerni posedki	Potencialni kraški pojav v izkopu gradbene jame
Geološke raziskave	Sestavo tal je treba preveriti z vrtino	Niso potrebne, potreben je pazljiv pregled izkopa gradbene jame med gradnjo
Temeljenje	Plitvo temeljenje na umetnem nasipu s predobremenitvijo ali globoko temeljenje	Plitvo temeljenje
Priprava tal	Povozni plato iz gramoznega nasutja	Ni potreben
Drugi vplivi	Diferenčni posedki med objektom in infrastrukturnimi vodi	Ni

V bližini Lokacije 1 so bile izvedene GG-raziskave za potrebe izgradnje čistilne naprave Vnanje Gorice. Raziskave so obsegale izvedbo 4 vrtin globine do 25 m, terenske meritve v vrtinah in laboratorijske raziskave. Ugotovljena sestava tal ni tipična za Ljubljansko barje, saj v vrtinah ni bilo ugotovljene niti šote, niti polžarice. Ugotovljen pa je bil visok nivo podzemne vode na globini med 0,62 m in 2,53 m pod površjem.

Preglednica 4: Popis jedra vrtine V-5 (Geološko geotehnično poročilo..., 2005)

Globina (m)	Sestava tal
0–0,5	Humus
0,5–3	Rjav peščen melj
3–15	Sivkasta meljna glina

Iz podatkov geoloških raziskav lahko razberemo, da tla po celotni globini sestavljajo koherentne zemljine, lahko gnetne do poltrdne konsistence. Za te zemljine sta značilni velika stisljivost in slaba prepustnost, ki posledično vpliva na hitrost konsolidacije ter velikost in časovni razvoj posedkov. Na globini 25 m, do katere so segale vrtine, trdna podlaga še ni bila navrtana.

Geotehnične lastnosti slabo prepustnih in malo nosilnih sedimentov so bile raziskane s terenskimi in laboratorijskimi raziskavami. S terenskimi raziskavami je bila izmerjena tudi enoosna tlačna trdnost z žepnim penetrometrom in narejena klasifikacija jedra vrtin. Podatki kažejo na sicer pričakovano veliko deformabilnost temeljnih tal in tudi na nevarnost velikih diferenčnih posedkov. Zato se je investitor gradnje ČN odločil za gradnjo na nasipu, temeljnem na gruščnatih kolih. Taka gradnja za enostanovanjsko gradnjo ni najbolj primerna, zato tega načina temeljenja ne bom privzela pri obravnavi gradnje na Lokaciji 1.

Preglednica 5: Višina podzemne vode v vrtinah (Geološko geotehnično poročilo..., 2005).

Vrtina	Nivo podzemne vode (m)
V-5	0,62
V-6	2,53
V-7	0,80

Iz opisanih podatkov GG-raziskav lahko zaključimo, da za gradnjo objekta na Lokaciji 1 podkletitev ni možna, za temeljenje pa je treba preučiti varianto ali globokega temeljenja ali temeljenja na gramoznem nasipu s predobremenitvijo. Ker želimo objekt hitro dograditi, se bomo odločili za temeljenje na lesenih pilotih.

V vplivnem območju Lokacije 2 GG-raziskave niso potrebne, saj je teren izrazito skalnat, skalni izdanki so vidni tako ob cestah med Podpečjo in Borovnico, kot tudi v okolici parcele. Trdno podlago na kraškem terenu sestavljajo apnenci in dolomiti, ki zagotavljajo visoko nosilnost ter ugodne razmere za gradnjo.

Na tej lokaciji ni prisotne podtalnice, čeprav moramo biti pozorni na pojave razpok, po katerih bi lahko eventualno prišlo do dotokov vode ob ekstremnih nalivih. Ozemlja ne ogrožajo poplave.

Pri izboru temeljenja se odločimo za plitvo temeljenje, in sicer za pasovni temelj, ki je pri gradnji hiš na dobrih tleh tudi najpogosteje uporabljen.

Na trdnih tleh brez prisotnosti podtalnice je izvedba podkletenih prostorov smiselna, vendar pa izvedba kleti v skalni podlagi pomeni dodaten izkop, za katerega je treba uporabiti pikiranje oz. miniranje, kjer to okolica dopušča. Zemeljska dela z vkopi v VI. kategoriji zemljine, kamor uvrščamo apnenice in dolomite, dodatno podražijo gradnjo, a hkrati omogočijo boljši izkoristek tlorisa objekta. V našem primeru je izbran stanovanjski objekt nepodkleten, zato pikiranje oz. miniranje ne bo potrebno.

6 PRELIMINARNA OCENA STROŠKOV GG RAZISKAV IN TEMELJENJA

Nosilnost temeljnih tal za različne načine temeljenja izračuna geostatik skladno z določili Evrokod 7 in po tem, ko so znane geotehnične razmere na sami lokaciji in natančna zasnova objekta.

Lokacija 1: Nosilnost visečega lesenega kola na barjanskih tleh lahko enostavno ocenimo z uporabo enačbe (1) in podatkov o nedrenirani trdnosti tal iz bližnje okolice, to je $c_u = 20$ kPa: Iz spodnjega informativnega izračuna vidimo, da je ocenjena informativna nosilnost kola cca 70 kN, kar pomeni potrebno operativno število 3 kole na m^2 pod temeljno ploščo.

Z enačbo (1) izračunamo nosilnost ob plašču izbranega lesenega kola Φ 25cm in dolžine 8 m,

$$q_s = \alpha \cdot c_u \quad (1)$$

$$q_s(20) = 16 \text{ kPa}$$

kjer so: q_s ...nosilnost kola ob plašču v koherentnih tleh

c_u ...nedrenirana trdnost

α ... empirični koeficient, privzeta vrednost 0,8

Nosilnost pod konico kola v koherentnih tleh izračunamo po enačbi (2),

$$q_b = N_c \cdot c_u \quad (2)$$

$$q_b = 180 \text{ kPa}$$

kjer sta: q_b ... nosilnost pod konico kola

N_c ...faktor nosilnost enak 9

Rezultat, ki ga dobimo z uporabo enačbe (3), je vsota nosilnosti ob konici kola in ob plašču kola,

$$R_b = q_b \cdot A_b + q_s \cdot A_s \quad (3)$$

$$R_b(20) = 109 \text{ kN}$$

$$A_b = \frac{\pi}{4} D_b^2 \quad (4)$$

$$A_s = \pi D H \quad (5)$$

$$R_{b_d}(20) = \frac{R_b}{F} = 71 \text{ kN} \quad (6)$$

kjer so: R_b ...osna nosilnost kola
 R_{b_d} ...projektna vrednost osne nosilnosti kola
 A_b ...prečni prerez konice
 A_s ...površina plašča kola
 F ...varnostni faktor 1,54

Lokacija 2: Pri temeljenju na skalni podlagi nosilnost podlage ni merodajna, saj visoko presega obtežbo objekta. Glede na uveljavljene načine gradnje lahko privzamemo da bodo pasovni temelji izbrane širine 50 cm in višine 70 cm segali min. 50 cm globoko v raščeno kamninsko podlago. Alternativno pa lahko tudi v tem primeru privzamemo temeljenje na temeljni plošči.



Slika 21: Izvedba globokega temeljenja z lesenimi piloti (Petkovšek, 2016)

6.1 Ocena investicije globokega temeljenja

Pri podjetju Tisa d.o.o., ki so dobavitelji lesenih pilotov in imajo dolgoletne izkušnje pri pilotiranju stanovanjskih hiš, kanalizacij in drugih linijskih objektov, sem dobila podatek o ceni lesenega pilota in njihovem zabijanju. Po podatkih iz vrtin bo potrebno pilotiranje do globine 8 metrov. Pri izbiri lesa za pilote sem zaupala izkušenim strokovnjakom na tem področju in izbrala pilote iz kostanjevega lesa.

Podatki o ceni lesenega pilota:

Lesen pilot Φ 25cm, dolžine 8 m:	20 EUR
---------------------------------------	--------

Število potrebnih pilotov za izbrano stanovanjsko hišo:

140 m ² × 3 leseni piloti:	420 pilotov
---------------------------------------	-------------

Cena transporta pilotov:

420 kosov	800 EUR
-----------	---------

Cena zabijanja/vtiskanja pilotov z bagrom:

Število ur: 50	50 EUR/uro
----------------	------------

SKUPAJ: 11.700 EUR



Slika 22: Zabijanje lesenih pilotov z bagrom (Petkovšek, 2016)

Cena AB temeljne plošče, debeline 30 cm:

Beton: 42 m ³	85 EUR/m ³
--------------------------	-----------------------

Armatura: 120 kg /m ³	0,88 EUR/kg
----------------------------------	-------------

SKUPAJ: 8.005 EUR

Cena izdelave povoznega platoja dolžine skupaj cca 60 m in višine 1m.

$$V=l \cdot v \cdot š \quad (7)$$

kjer so: l...dolžina povoznega platoja
v...višina
š...širina na kroni min. 3m

$$V=180 \text{ m}^3$$

$$6 \text{ EUR/m}^3$$

SKUPAJ: 1.080 EUR

Pred dokončno odločitvijo in potrditvijo temeljenja bi morali opraviti še GG-raziskave na lokaciji objekta. Geološko-geotehnične raziskave bi opravilo podjetje GHC-projekt, Projektiranje in inženiring d.o.o. Preiskave bi bile opravljene z dinamičnim penetrometrom na štirih preiskovalnih točkah, v vogalih predvidene hiše do globine 20 metrov. Izvedla bi se tudi ena geotehnična vrtina do enake globine.

Ocena stroškov GG-raziskav:

Cena vrtine: 60 EUR/m (z vključenim stroškom transporta opreme)

Strošek preiskav s penetrometrom ter izdelava strokovnega geomehanskega poročila:

Poročilo: 800 EUR

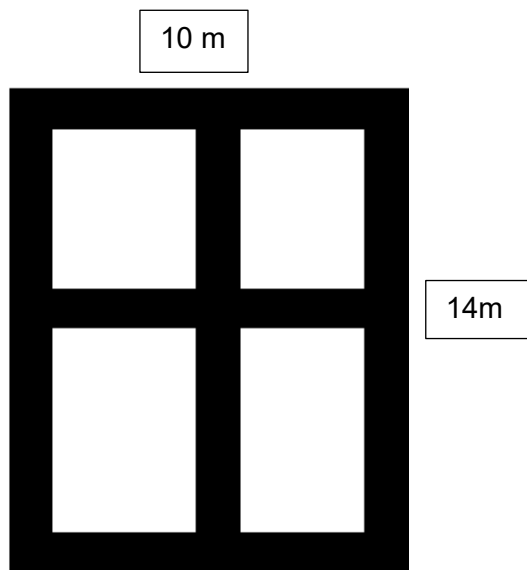
SKUPAJ: 2000 EUR + DDV

SKUPNI STROŠEK = 22.325 EUR

Skupni strošek globokega temeljenja s piloti in potrebnih GG-raziskav na Barju znaša približno 22.325 EUR. Ta cena pa še zdaleč ni relevantna, saj je na trgu toliko dostopne ponudbe in različnih izvajalcev, ki svojo storitev cenijo drugače. Do odstopanj prihaja tudi pri ceni pilotov, saj se ta razlikuje glede na vrsto izbranega lesa.

6.2 Ocena investicije plitvega temeljenja na kraškem terenu

Temeljenje se lahko izvede na pasovnih temeljih ali na temeljni plošči. Ker je izkop za pasovne temelje v skali drag in zahteven, se bom odločila za temeljno ploščo enakih dimenzij kot pri temeljenju na Barju. Spodnji izračun po enačbi (7) je narejen za pasovne temelje širine 0,5 m in višine 0,7 m.



Slika 23: Pasovni temelji

$V=25\text{m}^3$

Ocena stroška pasovnih temeljev:

Izkop v kamnini VII. kategorije:	133 EUR/m ³
Beton :	85 EUR/m ³
Talna plošča (debeline 15 cm):	21m ³
Armatura:	0,88 EUR/m ³

Izkop:	3325 EUR
Beton:	2125 EUR
Talna plošča:	1785 EUR
Armatura:	2640 EUR

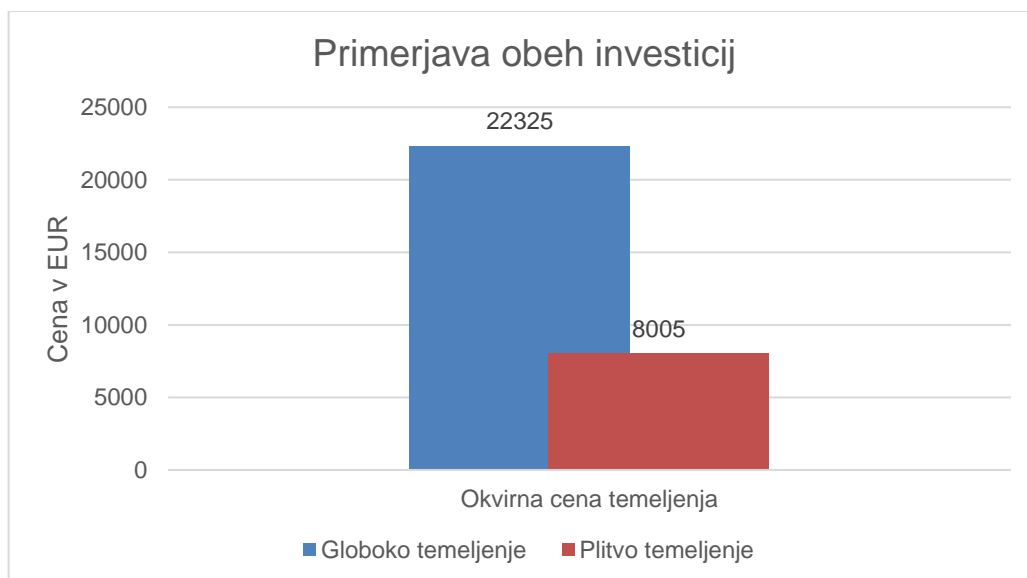
SKUPNI STROŠEK ≈ 10.000 EUR



Slika 24: Izvedba pasovnih temeljev (Vrste temeljev, 2016)

6.3 Primerjava ocene obeh investicij v temeljenje

Z gradnjo na neugodnih mehkih tleh Ljubljanskega barja je pogojeno tudi ustrezno globoko temeljenje na pilotih, ki predstavlja bistveno večjo finančno investicijo v primerjavi s plitvim temeljenjem na trdni podlagi. Iz grafikona je razvidno, da je razlika med eno in drugo investicijo približno trikratna. Ne smemo tudi prezreti, da je treba pred dokončno odločitvijo na Lokaciji 1 izvesti še GG-raziskave, da se potrdi pravilnost privzete geološke prognoze in da bo ureditev okolice na Barju zahtevala večje stroške kot ureditev na trdni podlagi.



Grafikon 1: Primerjava obeh variant temeljenja z ekonomskega vidika

7 ZAKLJUČEK

V Sloveniji je področje projektiranja in gradnje objektov dobro podprto z zakoni, pravilniki in standardi, vendar pa nekatere zahteve niso dovolj dobro medsebojno usklajene ali pa se pri gradnji ne upoštevajo. Standardi Evrokod 7 dajejo jasne smernice glede obsega in vsebine geološko geotehničnih raziskav za potrebe ocenitve primernosti lokacije za gradnjo in za potrebe izračuna nosilnosti tal pri temeljenju objektov. Vendar pa je pomen pravočasne izvedbe geotehničnih raziskav pred začetkom gradnje pogosto podcenjen ter premalo poudarjen v Pravilniku o projektni dokumentaciji. Nepravočasno izvedene GG-raziskave pogosto vodijo do kasnejših zapletov med gradnjo in po njej v primerih, ko pride do geološko pogojenih nesreč.

Na različnih območjih države smo bili tako v daljši kot najnovejši zgodovini priča velikanski škodi in številnim tragedijam, v katerih je narava s svojo rušilno močjo uničila domove, imetja in celo terjala človeške žrtve, zgolj zato, ker so se objekti in njihovi lastniki znašli na poti njenega rušilnega delovanja. Ti dogodki nas opozarjajo, da je treba pri načrtovanju stanovanjskih hiš preveriti geološko in hidrološko pogojene nevarnosti in se le – tem izogniti ali se z ustreznimi ukrepi pred njimi zaščititi, saj narava ne odpušča napak zaradi človeške kratkovidnosti.

V diplomski nalogi sem predstavila značilne posledice dveh, naravno pogojenih dejavnikov tveganja, ki najbolj ogrožata enostanovanjske objekte v Sloveniji: posledice poplav in pobočne procese-plazove, pokazala pa sem tudi na posledice nepravilnega temeljenja na Barju.

Pri obravnavi dveh različnih terenov za gradnjo enodružinske hiše v občini Brezovica sem v okviru naloge ugotovila, da so stroški GG-raziskav, potrebnih za natančno identifikacijo GG-razmer in določitev pogojev temeljenja na mehkih tleh na Barju minimalni v primerjavi s stroški sanacije poškodb objekta, do katerih lahko pride, če načrtovanemu objektu ne zagotovimo ustrezne stabilnosti. Stroški geotehnične analize, vključno z izdelavo caa 20 m globoke vrtine znašajo malo več kot 2000 evrov. Pri temeljenju na trdnih tleh, kjer vrtanje vrtin ni potrebno, so stroški izdelave GG poročila simbolični in znašajo manj kot 300 evrov. Ugotovila sem tudi, da je cena temeljenja enodružinske hiše na kolih, zabitih v barjanska tla caa 3-krat od cene plitvega temeljenja enakega objekta na trdni skalni podlagi. Tudi stroški globokega temeljenja so v primerjavi s celotno investicijo, še vedno majhni, zato je iskanje prihrankov na račun geotehničnih raziskav in temeljenja nesmotrno in neodgovorno.

VIRI

AR projekt S96. 2016.

<http://www.arprojekt.si/PDF/S96/S96.pdf> (Pridobljeno 12.6. 2016)

Beg, D., Pogačnik, A. 2009. Priročnik za projektiranje gradbenih konstrukcij po Evrokod standardih. Ljubljana, Inženirska zbornica Slovenije: 1077 str.

Buser, S. 1965. Geološka zgradba južnega dela Ljubljanskega barja in njegovega obrobja. Geologija 1965, 8: 34–57.

Državni načrt zaščite in reševanja ob poplavih, Verzija 3.0. 2004. Ljubljana: Ministrstvo za obrambo, URSZR.

<http://www.sos112.si/slo/tdocs/poplava.pdf> (Pridobljeno 26. 6. 2016)

Geološko geotehnično poročilo o dodatnih geotehničnih raziskavah za PGD projekt ČN Vnanje Gorice. 2005. Geozavod. Arhivska številka K- II -30d/c-309.

<http://www.brezovica.si/get.php?id=6113> (Pridobljeno 20.4.2016)

Geopedia. 2016.

http://www.geopedia.si/#T105_x453560_y94336_s13_b4 (Pridobljeno 15.6. 2016)

Grimšičar, A., Ocepek, V. 1967. Vrtini BV-1 in BV-2 na Ljubljanskem barju, Geologija 1965, 10: 279–303.

Hidrološko poročilo o povodnji v dneh od 17. do 21. septembra 2010. 2010. Agencija Republike Slovenije za okolje.

<http://www.arso.gov.si/vode/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Poplave%2017.%20-%2021.%20september%202010.pdf> (Pridobljeno 20. 4. 2016)

Komac, B., Zorn, M. 2011. Geografija poplav v Sloveniji septembra 2010. V: Zorn, M. (ur.), Komac, B. (ur.), Ciglič, R. (ur.), Pavšek, M. (ur.). Neodgovorna odgovornost. Ljubljana: Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU: str. 59–80.

Kovač, M., Kočevar, M. 2000. Plaz Slano blato nad Lokavcem pri Ajdovščini. Ujma 2000/2001, 14/15: 122–129.

Majes, B. 2000. Analiza Plazu in možnost njegove sanacije. *Ujma* 2000/2001, 14/15: 80–91.

Majes, B., Petkovšek, A., Logar, J. 2002. Primerjava materialnih lastnosti drobirskih tokov iz plazov Stože, Slano blato in Strug. *Geologija* 45, 2: 457–463.

Mencej, Z. 1988. Prodni zasipi pod jezerskimi sedimenti Ljubljanskega barja. *Geologija* 1988/1989, 31/32: 517–553.

Natek, K. 2005. Poplavna območja v Sloveniji. *Geografski obzornik* 52, 1: 13–18.

Okoljsko poročilo za Občinski prostorski načrt Občine Brezovica. 2013. Občina Brezovica 2013. Številka projekta 04/2011.

http://www.brezovica.si/datoteke/10463Okoljsko_porocilo_s_prilogami/porocilo_s_prilogami.pdf
(Pridobljeno 20. 4. 2016)

Orožen Adamič, M., 1984. Prebivalstvo, poselitev in promet na Ljubljanskem barju. *Geografski zbornik* 24, 1: 75–127.

Petkovšek, A. 2016. Študijsko gradivo pri predmetu Osnove mehanike tal. ULFGG, spletna učilnica.

Petkovšek, A., Fazarinc, R., Kočevar, M., Maček, M., Majes, B., Mikoš, M. 2011. The Stogovce landslide in SW Slovenia triggered during the September 2010 extreme rainfall event. *Landslides* 8, 4: 499–506.

Porenta, A. 2011. Z deli nad valovite ceste. *Žurnal24*.

zurnal24.si/z-deli-nad-valovite-ceste-clanek-120838 (Pridobljeno 14.6. 2016).

Pravilnik o mehanski odpornosti in stabilnosti objektov. Uradni list RS št. 101–4408/2005.

Pravilnik o projektni dokumentaciji. Uradni list RS št. 55–2336/2008.

Savenc, F. 2012. Podori, padajoče kamenje ... Gore–ljudje.

<http://www.gore-ljudje.net/novosti/79211/> (Pridobljeno 10.7. 2016).

Uredba o razvrščanju objektov glede na zahtevnost gradnje. Uradni list RS št. 18–654/2013, 24–866/2013, 26–950/2013.

Varnes, D. J. 1978. Slope movement types and processes. V: Schuster, R. L. (ur.), Krizek, R. J. (ur.). Special Report 176. Landslides: Analysis and Control. Washington D. C: Transportation and Road Research Board, National Academy of Science: str. 11–33.

Vrste objektov, enostavni, nezahtevni, manj zahtevni, zahtevni. 2013.

<http://gradovivoblakih.blogspot.si/2010/04/vrste-objektov-enostavni-nezahtevni.html>

(Pridobljeno 20. 7 2016)

Vrste temeljev. 2016.

http://www.mojmojster.net/clanek/152/Vrste_temeljev (Pridobljeno 23.7. 2016)

Zakon o graditvi objektov. Uradni list RS št. 102–4398/2004.

Zorn, M., Komac, B. 2008. Zemeljski plazovi v Sloveniji. Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU: 159 str.

OSTALI VIRI

Cenik železokrivskih del. 2013. Kograd Igem proizvodnja gradbenih materialov d.o.o.

[http://www.igem.net/ceniki/cenik_zelezokrivskih_del_\(apr.2013\).pdf](http://www.igem.net/ceniki/cenik_zelezokrivskih_del_(apr.2013).pdf) (Pridobljeno 25. 6. 2016)

Informativne cene za gradbena dela. 2015. Obrtna zbornica Slovenije, Sekcija gradbincev.

<http://www.ozs.si/Portals/0/Media/Dokumenti/OZS/Sekcije%20in%20odbori/Janko/Sekcija%20gradbincev/cenik-gradbdela2015.pdf> (Pridobljeno 30. 7. 2016.)

Komac, B., Natek, K., Zorn, M. 2008. Geografski vidik poplav v Sloveniji. Ljubljana, Geografski inštitut Antona Melika ZRC SAZU: 180 str.

Mayer, T. 2016. Podatki o cenah geotehničnih raziskav (online). Sporočilo za: Granda, S. 31.

5. 2016. Osebna komunikacija.

Miklavčič, J. 2016. Podatki o cenah lesenih pilotov (online). Sporočilo za: Granda, S. 17.6.

2016. Osebna komunikacija.

Pokec, S. 2016. Podatki o okvirnih cenah betona in armature (online). Sporočilo za: Granda,

S. 20.6. 2016. Osebna komunikacija.

»Ta stran je namenoma prazna«.

SEZNAM PRILOG

PRILOGA A: KOPIJA POPISA VRTINE V-6

PRILOGA A: KOPIJA POPISA VRTINE V-6

