

Seizmogeološki in geotehnični pogoji gradnje v zgornjem Posočju

Seismogeological and Geotechnical Conditions of Building in Upper Soča Territory, Slovenia

Mihael RIBIČIČ¹, Renato VIDRIH² & Matjaž GODEC²

¹Gradbeni inštitut ZRMK, Dimičeva 12, 1000 Ljubljana

²Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava RS za geofiziko, Kersnikova 3, 1000 Ljubljana

Ključne besede: potres, zgornje Posočje, potresno varna gradnja, inženirsko-geološka karta, poškodbe objektov, geotehnični pogoji, seizmična mikrorajonizacija

Key words: earthquake, upper Soča territory, earthquake resistant building, engineering-geological map, damage to buildings, geotechnical conditions, seismic microzonation

Kratka vsebina

Po potresu 12. aprila 1998 v zgornjem Posočju so bile narejene številne raziskave in analize posledic potresa z namenom pridobivanja podatkov za čim boljše poznavanje seizmičnosti, čim boljše sanacijo objektov in potresno varnejšo gradnjo v prihodnosti. Pri tem je nujno sodelovanje seizmološke, geološke in gradbene stroke.

Največ poškodb ob potresu 12. aprila 1998 je bilo na starejših objektih. Pri oceni učinkov potresa na gradbene objekte smo na Upravi RS za geofiziko in na Gradbenem inštitutu ZRMK uporabili podatke, ki smo jih zbrali sami, kot tudi podatke, ki so jih zbrali ocenjevalci poškodb na objektih, ki so delali v okrilju Ministrstva za okolje in prostor. Metodologija ocenjevanja poškodb se dovolj dobro ujema s predpisanimi navodili, tako da lahko vse podatke uporabljamo pri ocenjevanju učinkov potresa v skladu z navodili EMS lestvice (Evropska potresna lestvica).

Poleg analize poškodb objektov smo izdelali tudi karto seizmične mikrorajonizacije Posočja, ki gradbenikom omogoča upoštevati pri sanaciji poškodovanih objektov in novogradnjah tudi pričakovano osnovno stopnjo seizmičnosti pri verjetnosti potresa s povratno periodo 500 let in lokalno sestavo tal. Na osnovi geoloških in seizmoloških raziskav so bili ocenjeni splošni inženirsko geološki in geotehnični pogoji gradnje.

Abstract

After the earthquake struck the upper Soča territory on April 12th 1998, many studies and analyses have been made on the earthquake's impacts with the purpose of collecting information leading to a better understanding of seismicity, the best ways of strengthening buildings and other constructions so as to make them largely earthquake resistant. In pursuing these aims it is necessary for the seismological, geological and civil engineering sciences to work together.

Most damage occurring to buildings caused by the earthquake on April 12th 1998 was suffered by older buildings. In assessing the earthquake's effects on buildings, the Geophysical Survey of Slovenia and the Civil Engineering Institute ZRMK used the information we collected, as well as information gathered by the building damage assessors who work within the Ministry of Environment and Spatial Planning. The methodology of assessing the damage is in line with the prescribed instructions meaning that all information can be used in assessing the earthquake's effects in accordance with the instructions of the EMS (European Macroseismic Scale).

Apart from analysing building damage, we also prepared a map of the seismic micro-

zonation of Posočje, which enables civil engineers to take into account, when strengthening the damaged buildings and constructing new ones, the expected basic level of seismicity with the probability of an earthquake with a return period of 500 years and the local ground structure. On the basis of the geological and seismological studies, we have assessed the general engineering-geological and geotechnical conditions for new constructions and presented them on various maps and in the detailed descriptions found in the legends to those maps.

Zakonodaja o potresnovarni gradnji

Uporaba predpisov in izboljšanje vgrajenih materialov se kaže tudi v majhnem deležu novejših objektov, ki so utrpeli hujše poškodbe. Modern predpis, ki je objektom zagotavljal primerno potresno varnost smo v Sloveniji sprejeli že leta 1963 (*Odredba o dimenzioniranju in izvedbi gradbenih objektov v potresnih območjih - UL SRS 18/63*), ki mu je leta 1964 sledil Pravilnik o začasnih tehničnih predpisih za gradnjo na seizmičnih področjih (UL SFRJ 39/64). Razvoj stroke in izkušnje po močnih potresih pa so narekovale spremembe predpisov. Tako je leta 1981 začel veljati Pravilnik o tehničnih normativih za graditev objektov visoke gradnje na seizmičnih območjih (UL SFRJ 31/81). Sledile so dopolnitve v UL SFRJ 49/82, 29/83, 21/88 in 52/90. Ta pravilnik zagotavlja višjo raven potresne varnosti. Žal za posamezne vrste konstrukcij (inženjski objekti) ni primerne predpisa, ker določila predpisa iz leta 1964 za to področje niso uporabna. Tako je Urad Republike Slovenije za standardizacijo in meroslovje kot osnovo za slovenske standarde na področju konstrukcij privzel evropske standarde Eurocode. Področje projektiranja potresno varnih konstrukcij obravnava Eurocode 8. Sam standard ima v Sloveniji status predstandarda, nujno pa bo potrebno pospešiti dejavnosti za uvedbo prepisov Eurocode v slovenski prostor.

Zaradi boljšega poznavanja seizmičnosti Slovenije so bile pripravljene karte povratnih dob potresov za različna časovna obdobja. V članku smo uporabili karto za povratno dobo 500 let (R i b a r i č, 1987), ki je predpisana za uporabo v gradbeništvu.

Izkušnje s sanacijo poškodb potresa leta 1976, ki je zajela isto območje, so pokazale, da je treba k njej pristopiti na mnogo bolj domiseln način, saj v nadaljevanju članka vidimo, da sanacija po potresu leta 1976 ni bila izvedena najbolj kvalitetno.

Zato je bil po zadnjem potresu v parlamentu po hitrem postopku sprejet poseben zakon o sanaciji. Zakon določa obliko in način izvajanja pomoči države pri ukrepih popotresne obnove objektov in spodbujanja razvoja na območju, ki ga je prizadel potres. Osnovni ukrepi zajemajo dodeljevanje sredstev državne pomoči, dodeljevanje ugodnih stanovanjskih posojil iz Državnega stanovanjskega sklada, organizacijo nalog popotresne obnove, razvojno pomoč za obnovo in spodbujanje gospodarskega, socialnega in kulturnega razvoja prizadetih področij in dajanje državnih poroštov za najeta posojila za razvojne projekte na prizadetem območju (R i b i č i č et al., 2000).

Zakon regulira rekonstrukcijo poškodovanih objektov, odstranitev poškodovanih in zgraditev novih objektov ter zgraditev infrastrukturnih objektov, gospodarskih in drugih javnih zgradb. Ker je *Zakon o sanaciji potresno ogroženih območij* prinesel znatna finančna sredstva za sanacijo, se je pojavil konflikt, kako sanirati objekte in zgraditi infrastrukturo, ne da bi bilo ogroženo okolje in naravne lepote. Za nepovratno izkoriščanje finančnih sredstev in varovanja okolja je bila za vodenje sanacije preko Ministrstva za okolje in prostor organizirana Državna tehnična pisarna, ki je koordinirala in nadzirala celotno sanacijo. Tak pristop je prinesel sicer počasnejšo sanacijo, toda istočasno bolj organizirano in za okolje manj ogrožujočo. Za določitev vpliva geoloških razmer na učinkovanje potresa je treba upoštevati posledice na živo in neživo naravo (R i b i č i č & V i d r i h, 1999).

Pregledna inženirsko-geološka karta zgornjega Posočja

Splošne pogoje posegov na terenu smo opredelili s proučevanjem inženirsko-geoloških razmer v zgornjem Posočju. Splošne inženirsko-geološke razmere so prikazane

na sliki 1a in v legendi 1b. Za Bovško kotlino smo inženirsko-geološke pogoje za gradnjo in druge posege v teren z izdelavo geotehnične karte, prirejene na osnovi podrobnega geološkega in geotehničnega kartiranja, še natančneje opredelili (slika 2a in legenda 2b). Končno smo za naselja, kjer je potres povzročil največje poškodbe izdelali podrobne napovedi (G o d e c, R i b i č i č & V i d r i h, 1999b).

Na splošni inženirsko-geološki karti smo kamnine s podobnimi geotehničnimi lastnostmi združili med seboj v štiri skupine in za vsako tako dobljeno skupino podali splošen opis dejavnikov, ki so povezani s posegi v prostor. Dodatno smo v posebni razširjeni legendi za izbrane enote opredelili vse pomembne inženirsko-geološke lastnosti. Te skupine kamnin so:

- trdne hribine,
- srednje trdne hribine,
- pobočni nanosi,
- dolinski nanosi.

Pobočne nanose še dodatno delimo v dve podskupini:

- pobočni grušč,
- morenski nanosi.

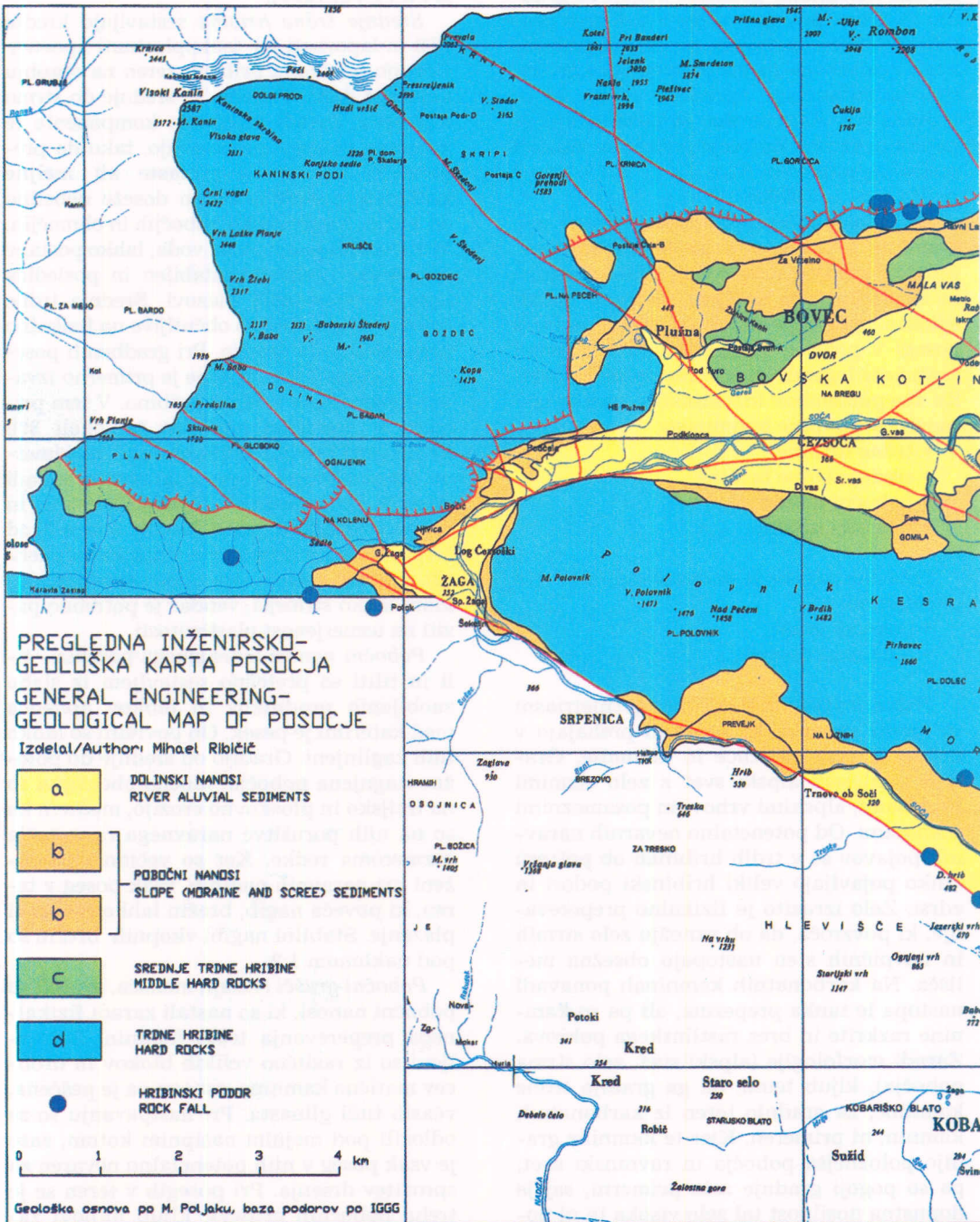
Trdne hribine sestavljajo zgornjetriasni in jurski apnenci, ki ponekod prehajajo v dolomitizirane apnenice in dolomite. Gradijo predvsem alpski svet z zelo strmimi brežinami, alpskimi vrhovi in posameznimi planotami. Od potencialno nevarnih naravnih pojavov se v trdih hribinah ob potresu lahko pojavljajo veliki hribinski podori in zdrsi. Zelo izrazito je fizikalno preperevanje, ki povzroča, da ob vznožju zelo strmih in navpičnih sten nastopajo obsežna melišča. Na karbonatnih kamninah ponavadi nastopa le tanka preperina, ali pa so kamnine razkrite in brez rastlinskega pokrova. Zaradi morfologije (alpski svet, zelo strma pobočja), kljub temu, da ga gradijo trdne kamnine, za gradnjo teren iz karbonatnih kamnin, ni primeren. Kjer te kamnine gradijo položnejša pobočja in ravninski svet, pa so pogoji gradnje zelo primerni, saj je dopustna nosilnost tal zelo visoka in ni pojavov nestabilnosti terena. Pri posegih v teren je potrebno paziti na morebitne kraške pojave in pri globljih vkopih na nevarnost hribinskih zdrsov, če je nagib razpok nag-

njen v smeri pobočja navzdol (V i d r i h & R i b i č i č, 1999).

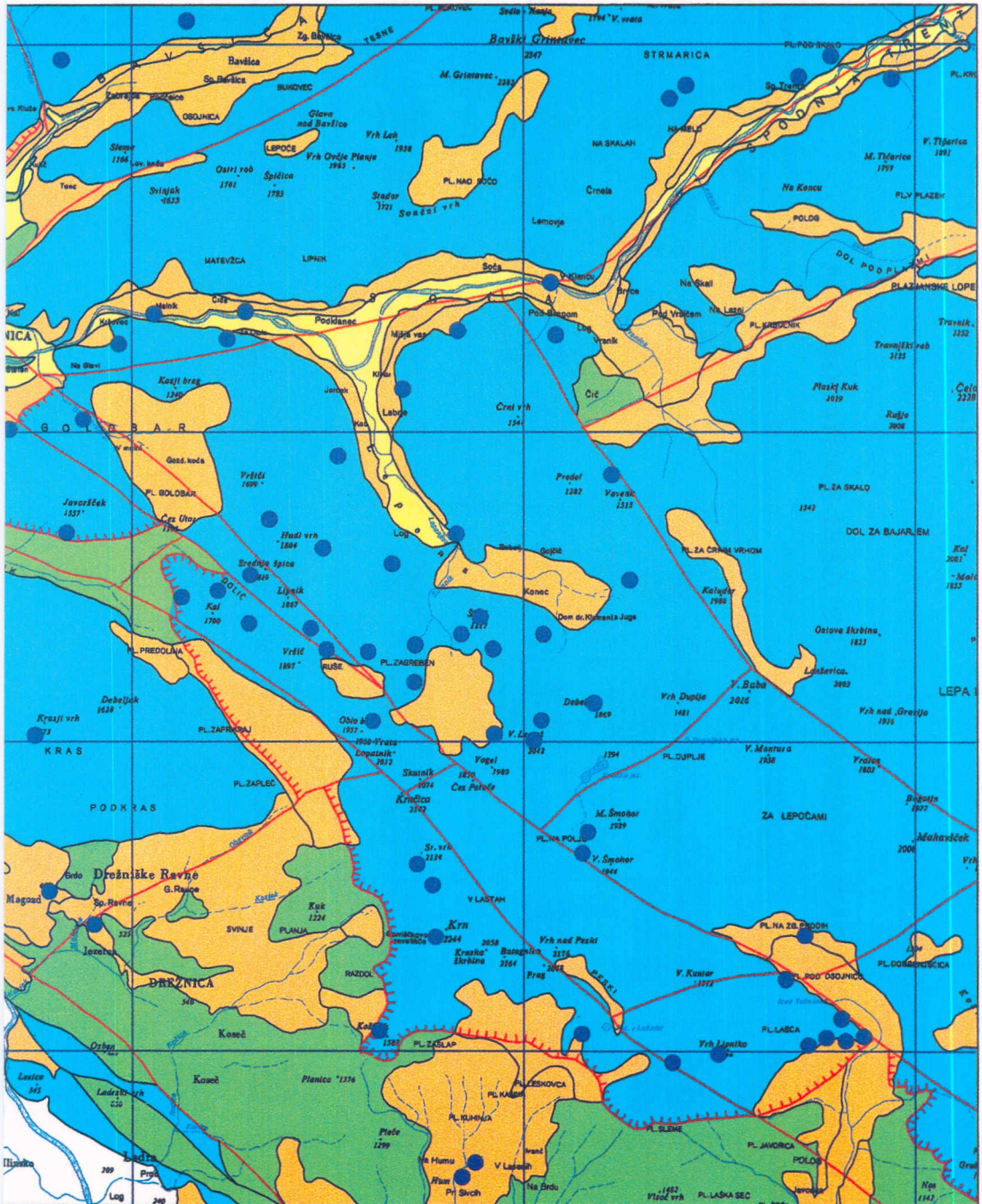
Srednje trdne hribine sestavljajo kredni fliši in lapornati ter tankoplastnati apnenci. Gradijo predvsem hribovit teren na obrobju alpskega sveta. Pobočja so srednje do strmo nagnjena. Zaradi lapornate komponente te kamnine močnejše preperevajo, tako da preperinski pokrov iz glinaste ali meljne gruščnate preperine lahko doseže debelino od 1-2 m. Na strmejših pobočjih in območjih, kjer se steka padavinska voda, lahko postane preperinski pokrov nestabilen in posledica tega so preperinski plazovi. Srednje trdne hribine so tudi močno občutljive na fizikalno preperevanje in erozijo. Pri gradbenih posegih v srednje trdne hribine je primerno izvajati temeljenje v raščeno hribino. V tem primeru je dopustna nosilnost tal okoli 300 kN/m². Pri izvedbi višjih nasipov je primerno, da se odstrani preperinski pokrov, zaradi zmanjšanja posedkov. Umetne brežine in vkopi so stabilni pri naklonih manjših od 1:1,5, kadar jih izdelujemo v flišnih sedimentih, medtem ko so v lapornatih apnencih nakloni lahko strmejši, vendar je potrebno paziti na usmerjenost plastovitosti.

Pobočni nanosi ledeniškega porekla - tili in tiliti so pretežno sestavljeni iz slabo zaobljenih prodnikov in blokov apnenca med katerimi je pesek. Ob površini so lahko tudi zaglinjeni. Gradijo od srednje do položno nagnjena pobočja. Močno občutljivi so na linijsko in ploskovno erozijo, medtem ko so na njih porušitve naravnega ravnotežja razmeroma redke. Ker so večinoma odloženi pri naravnih nagibih, vsak poseg v teren, ki poveča nagib, brežin lahko povzroči plazenje. Stabilni nagibi vkopnih brežin so pod naklonom 1:2.

Pobočni grušči (vršaji, melišča, grušči) so pobočni nanosi, ki so nastali zaradi fizikalnega preperevanja trdih kamnin. Sestavljeni so iz različno velikih blokov in drobcev matične kamnine, osnova pa je peščena, včasih tudi glinasta. Pri nasipavanju so se odložili pod mejnim nasipnim kotom, zato je vsak poseg v njih potencialno nevaren za sprožitev drsenja. Pri posegih v teren se je treba pobočnih gruščev, kljub njihovi zadostni nosilnosti tal, izogibati. V primeru posegov, ko izdelujemo vkope v teren, se je treba poslužiti podpornih ukrepov, kot so kašte, kamnite zložbe ali podporni zidovi.



Sl. 1a. Pregledna inženirsko-geološka karta zgornjega Posočja
Fig. 1a. General engineering-geological map of upper Soča Territory



LEGENDA K INŽENIRSKO-GEOLOŠKI KARTI POSOČJA

DELITEV KAMNIN	OZNAKA	NASTANEK KAMNIN	OPIS KAMNIN	MORFOLOŠKA OBLIKOVANOST	FIZIKALNO GEOLOŠKI POJAVI	PREPERINA			KATEGORIJA IZKOPA		OCENA POGOJEV TEMELJENJA IN GRADNJE				UPORABNOST ZA VGRADNJO
						VRSTA	USCS	PREPERINA	KAMNINA	OPIS	DOPUŠLJIVA NOSILNOST (kN/m ²)	OCENA PRIMERNOSTI GRADNJE	PODTALNA VODNA	VKOPNI (magaj brezini)	
ZEMLJINE	a	peski, tiki in pešci, fluvioglacialni sedimenti ter odlaganje frakcij v jazejih	prod in pesek; podsejano meš, glina, konglomerat, vrtes lahko velike skale apnenca, ponosod plast (mešji in peski)	ravinski svet, terase ob stignah rek in potokov	močna erozija ob bregovih rek in potokov, možnost ponosod in posamezni opavi nestabilnosti ob robovih teras, preprična kreda, hitro razpada v rahle zemljine	CL - OL - CI - MH	humus, rodovitna prst in glinasto-zemljine	I - II (konglomerat V)	srednje do dobro primerni pogoji na jezerski kred, slabše do srednje zahtevajo izvedbo temeljenja v sušen razdobju	srednja nivo v strugah rek odprt vodni horizont, jezerski razred v kred, za vodo in v rjeji hitro razpada	1 - 1,5 do 2	zelo primerno na večjih površinah za gradnjo	zelo uporaben in primern razin jezerska kreda	NEZANE - NESPRIJETE	
HRBINE	b	pod stirnimi skalinami (fazi) in v skalnih razcepih (fazi) oziroma posidela ledenikah namozov	veliki, meščiča, pobožni gručasti in v slabo zabitjenih kosov mlatne kamnine (apnenca), z bolj ali manj zaginjene osrove	pobožno do srednje glinasta pobožja	podvrženi močni plazovi na neupodnih strmeje nagrihkih pobožjih, ali ob posegih	GC - CL	glinast gručast do gline s prodniki	II	slabo do srednje nosilna tla, zahtevajo razliviost in zvezi temeljev	dobro prepusti za vodo, brez podtalnice	1 - 1,5 do 1 - 2	manj primerno, toda na večjih površinah	pogojno primeren	POBOČNI NANOŠI	
HRBINE	c	morski klasični turbiditi sedimenti	klasični in dvji tilš, manjzane plasti laporjev in glinocov (s prodniki)	nastopa v dnu dolin na srednje do posegih pobožjih	preprični plazovi in močna linjska erozija vzbož, vodotokov	CL - ML	puste gline mlatnih kamnin	II - III	srednje nosilna tla, potrebni pasivi izbor lokacije	začesna postalna voda v prepričnih potokov	1 - 1 do 1 - 1,5 (odvisno od vrsta plasti)	primerno na majših površinah	pogojno primeren	SREDNJE TRONE	
HRBINE	d	pilvomoški in gobliomorski sedimenti	debeloplastni svetlosvi apnenca in porrejeni ponosod vrški laporjev in breč	alpski svet z zelo stirnimi vrškami, alpski vrhovi in planota	hrbniški podozi in zdrs na zelo stirnih ter narpulnih pobožjih, pripravljene, odporni na erozijo	CL - ML	glinasto grubnata do debelini preprične	II	zelo dobro nosilna tla; božki, topok, srednje nosilni na pobožnem terenu	dobro primerni za vodo, kraška poroznost; brez podtalnice	2 - 1	zelo primerno na redkih izbranih lokacijah	zelo primeren za obdelavo	TRONE	

Sl. 1b. Legenda k inženirsko-geološki karti

Dolinski nanosi, kot pove že ime, zapolnjujejo doline. Tvorijo terasast in ravninski dolinski svet. Na erozijo niso občutljivi, razen ob bregovih rek in potokov, kjer lahko opažamo močno povečano erozijo in zdrse materiala v reko. Na njih je večinoma le tanek preperinski pokrov, ki doseže debelino do 0,5 m. Zelo primerni so za gradnjo sklenjenih naselij pri dopustni nosilnosti tal okoli 300 kN/m². Njihov material lahko uporabimo kot zelo primeren za vgradnjo v nasipe. Del dolinskih nanosov je tudi jezerska kreda, ki jo sestavljajo bele in sive glinice, melji in peski. Kadar naletimo s temelji na jezersko kredo, je potrebno paziti na njeno manjšo dopustno nosilnost (od 150 do 200 kN/m²) in na njeno občutljivost, ker razpada pod vplivom vode. Gradbene jame je treba izvajati v sušnih obdobjih. Tudi pri izdelavi vkopov in nasipov na območjih z jezersko kredo je treba biti pozoren na njene spremenljive inženirsko-geološke lastnosti.

Zelo položna pobočja na robovih dolin pogosto na površini gradijo rahlo odloženi deluvialni sedimenti, ki pa na pregledni inženirsko-geološki karti, zaradi merila in lokalnega pojavljanja niso izločeni. Njihova značilnost so slabe geotehnične razmere in večja težavnost izvedba temeljenja. S temelji po možnosti segamo skozi njih v raščena temeljna tla. Izkope v glinaste sedimente je treba izvajati v sušnih obdobjih.

Opisane značilnosti posameznih kamnin na območju zgornjega Posočja je treba obravnavati kot oceno, ki podaja splošne inženirsko-geološke značilnosti terena. Na posameznih lokacijah lahko pogoji za poseganje v teren odstopajo od zgoraj opisanih.

Inženirsko-geološka karta služi za osnovo pri obravnavanju terena za različne posege in za prostorske opredelitve rabe prostora. Za opredelitev gradbenih in drugih posegov v Bovški kotlini uporabimo Geotehnično karto (slika 2a). Obdelava je natančnejša, ker je bilo kartiranje izvedeno v merilu 1 : 10 000. Teren je razdeljen na osem enot in za vsako enoto je podan splošen opis (uvrstitev, trdnost, sprijetost, nastanek in sestava). Sledi opis značilnih morfoloških oblik in delovanja fizikalno geoloških pojavov, kot sta erozija in preperevanje. Opredeljena je debelina in vrsta preperinskega pokrova in njegova uvrstitev po

geomehanski klasifikaciji USCS. Za gradbene posege so ocenjeni kategorija izkopa, nosilnost tal, splošna primernost za gradnjo in vpliv podtalne vode. Končno so podani pogoji izdelave vkopov in uporabnost kamnine za vgradnjo v nasipe. Ker so bile geotehnične lastnosti posameznih enot že opisane v inženirsko-geoloških razmerah na območju zgornjega Posočja jih, glede na podroben prikaz v legendi (slika 2b) tu ne ponavljamo (Ribičič & Vidrih, 1998; Vidrih & Ribičič, 1999).

Za kraje, ki jih je potres najbolj prizadel, opisujemo geotehnične razmere še bolj podrobno. Določili smo jih s sondažnimi raziskavami (vrtinami in jaški), podrobnim geološkim in inženirsko-geološkim terenskim kartiranjem in geofizikalnimi meritvami. V obdobju sanacije med 1998 in 2000 smo nove detaljne podatke o pogojih temeljenja tal pridobili pri preiskavah temeljnih tal za novogradnje.

Bovec - širše območje mesta

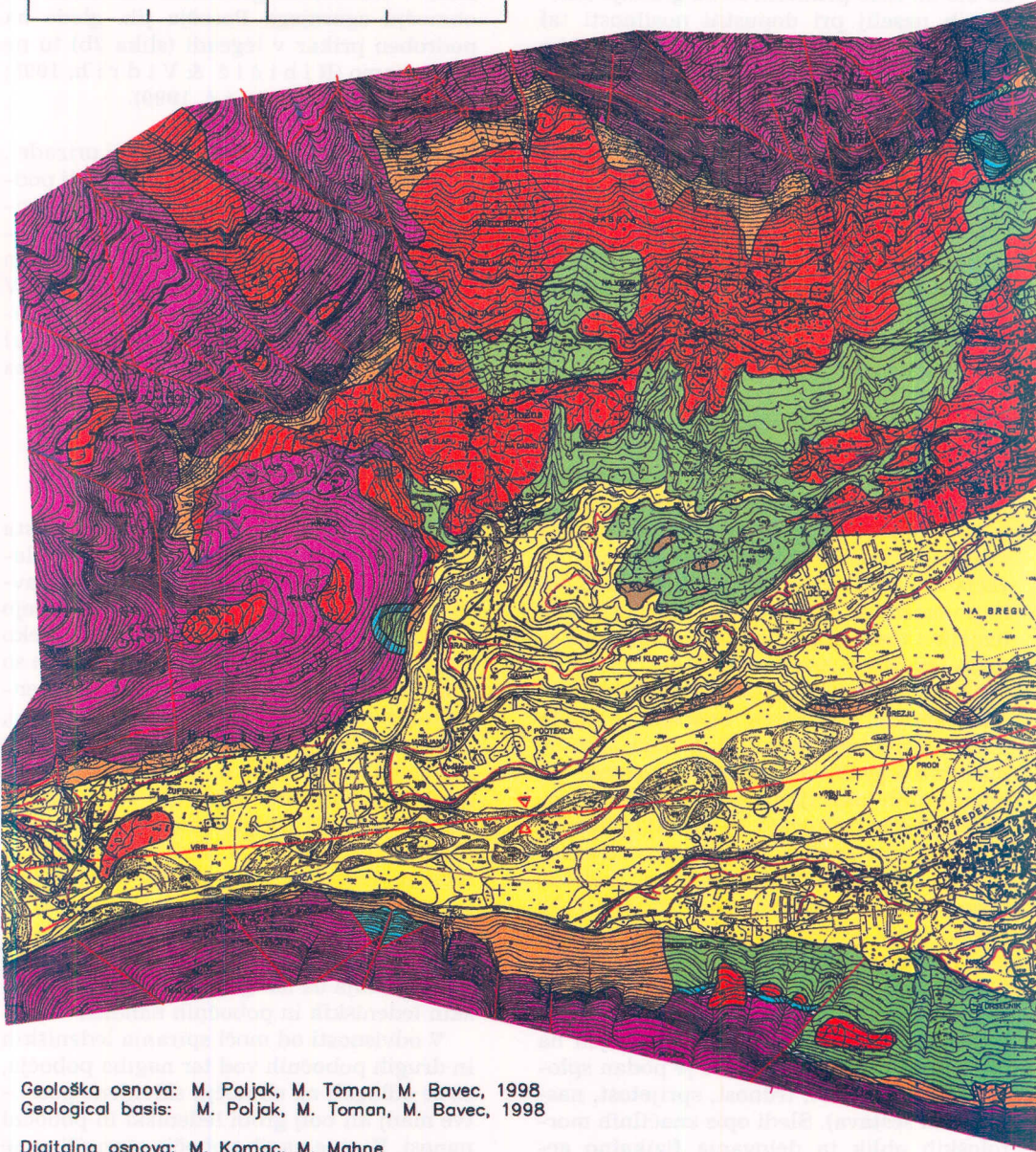
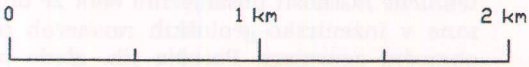
Na celotnem širšem območju mesta Bovca sestavljajo temeljna tla zgornjih plasti morenski ledeniški sedimenti. Sestavljeni so iz gruščnatih nanosov, ki se vlečejo od Male vasi, preko centra Bovca in preko Brda do bencinske črpalke. Pod gruščem so flišne plasti. Gruščnate morenske sedimente prekriva plast bolj ali manj debele glinice, ki je nastala pri spiranju drobnih frakcij v najmlajši kvartarni dobi. Le skrajni jugovzhodni del Male vasi zajamejo rečni prodni nanosi Soče, ki drugače zapolnjujejo celotno dolino Soče. Meja med morenskimi in rečnimi nanosi poteka južno od naštetih naselij in približno spremlja potok Gereš. Torej se celotno sklenjeno poseljeno območje Bovca od Male vasi pa do bencinske črpalke nahaja na isti geološki enoti - morenskih ledeniških in pobočnih nanosih.

V odvisnosti od moči spiranja ledeniških in drugih pobočnih vod ter nagiba pobočja, so se odlagali na območju sklenjene poselitve manj ali bolj grobi ledeniški in pobočni nanosi. Kjer je nagib pobočja strmejši so se odlagale bolj grobe frakcije in kjer je položnejši, bolj fine. Tako površinske plasti, v katerih temeljijo objekti območja Male va-

GEOTEHNIČNA KARTA BOVŠKE KOTLINE

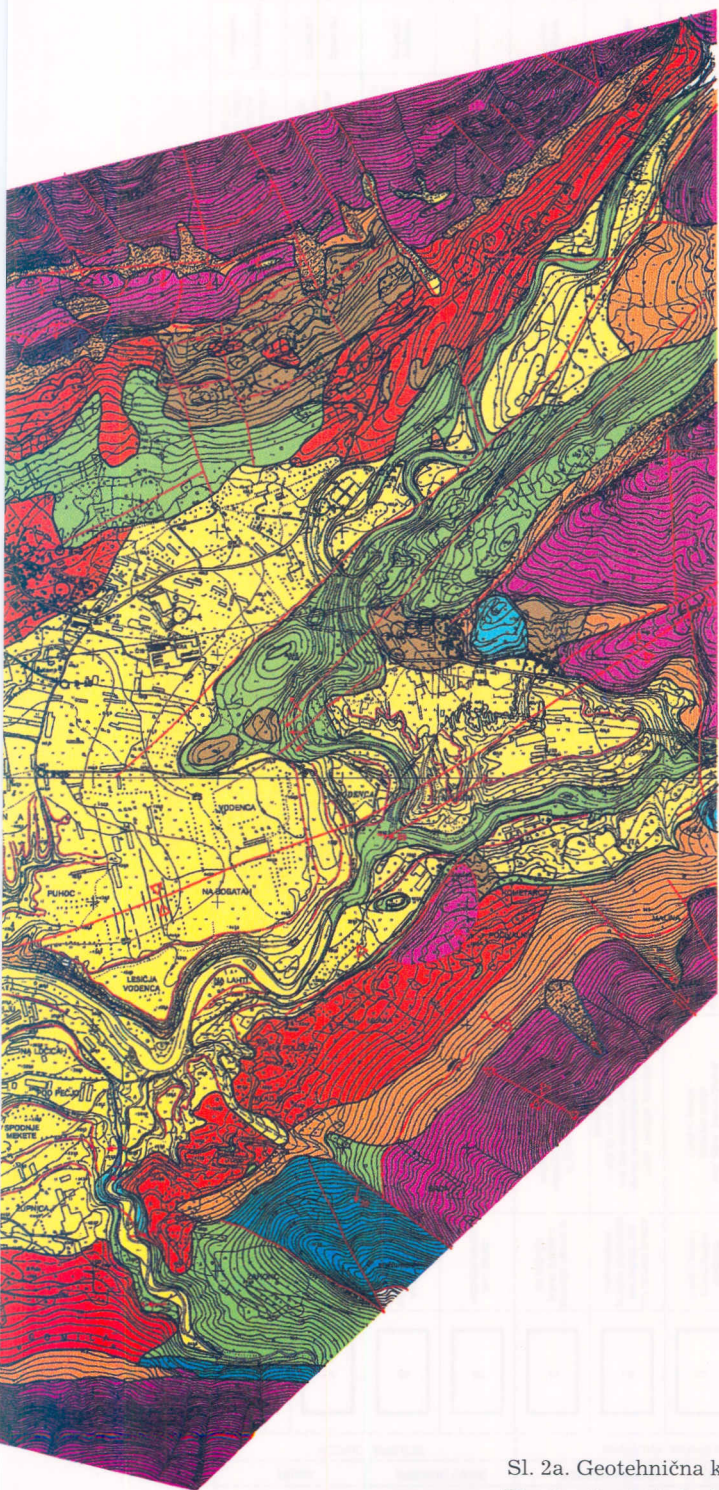
GEOTECHNICAL MAP OF BOVEC BASIN

Avtor/Author: M. Ribičič



Geološka osnova: M. Poljak, M. Toman, M. Bavec, 1998
Geological basis: M. Poljak, M. Toman, M. Bavec, 1998

Digitalna osnova: M. Komac, M. Mahne
Digital basis: M. Komac, M. Mahne



LEGENDA / LEGEND

- 1 DOLINSKI NANOSI
RIVER ALLUVIAL
DEPOSITS
- 2
- 3 POBOČNI NANOSI
SLOPE (MORAIN
AND SCREE)
SEDIMENTS
- 4
- 5 SREDNJE TRDNE
HRIBINE
MIDDLE HARD
ROCKS
- 6
- 7 TRDNE HRIBINE
HARD ROCKS
- 8
- tektonska meja
tectonic border
- meja med kamninami
border between
different rocks
- ⊙ plaz ali podor
landslide or
rockfall
- oB-4 vrtina
borhole

Sl. 2a. Geotehnična karta bovške kotline
Fig. 2a. Geotechnical map of Bovec basin

LEGENDA H GEOTEHNIČNI KARTI BOVŠKE KOTLINE

DELITEV KAMNIN	OZNAKA	NASTANEK KAMNIN	OPIS KAMNIN	MORFOLOŠKA OBLIKOVANOST	FIZIKALNO GEOLOSKI POJAVI	PREPERINA			KATEGORIJA IZKOPA		OCENA POGOJEV TEMELJENJA IN GRADNJE				UPORABNOST ZA VGRADNJO
						VRSTA	USCS	PREPERINA	KAMNINA	OPIS	DOPOLJNA NOSILNOST (t/m ²)	OCENA PRIMERNOSTI	PODLAGNA VODA	VKOPNI (nagla brežin)	
ZEMLJINE	1	nanosi rek in potokov, fluvioglacijalni sedimenti	prod in pesek; podrejeno melj, glina, konglomerat, vmes lahko velike skale apnenca	ravinski svet, terase potokov in strugah rek in potokov	mehka razširj ob izkopih, možnost posezkov na glinasti, zemljinah	humus in rodovina prst	CL - OL	I - II (konglomerat - V)	II nosilna tla, srednje do dobro nosilna tla, primerni pogoji temeljenja	350 možnost vegeta	zelo primerno na večini sklenjeno grachno	spremlja nivo v strugah rek; odprti vodni horizont	1:1,5 do 1:2	zelo uporaben in primeren	
ZEMLJINE	2	odlagane drobnozrnatih frakcij v jezernih	sive, glave, bele in zelene jezerske krede (melj in pesek)	v ravninah svetlo, in na pobočjih v terasah	močni pojavi nesabitosti ob robnih teras; obsejane na posejke; hitro razpadajo v rahle zemljine	masne glinje in melje	I	I - II	slabše do srednje nosilna tla; zahtevajo izvedbo temeljenja v sušnem razoblihu	100 do 150	manj primerno na večini površinskih	negrupirna za vodo; v vodi hitro razpada	zaščita gradbene jame	ni primeren material	
ZEMLJINE	3	pod strmini sklanjenih in podstrni produkt fizikalnega preperevanja	vidljivi, melišča, pobočni grušč iz nezabljanih kosov različne kamnine (apnenca) in bolj ali manj zapljinene osnovne	srednje nagljena pod strmini brežinam pobočji	so v labilnem stanju; ob posejki velika nevarnost sproženja plaziranja	brez preperein; ima sama lastnosti preperein	II	II (oteženo, kjer so večje skale)	slabo do srednje nosilna tla; težki pogoji temeljenja; nevarnost zdrsov	-250	pretežno neprimerno	dobro prepulirni za vodo; brez podtalnice	1:1,5	primeren	
POLHRIBINE	4	ležišni nanosi in produkti po pobočju	li (nesoprijeta morena); nastopa kot pobočni grušč iz slabozabljanih protnikov apnenca	pazno do srednje nagljena pobočja	podvirni močni pobočni eroziji; neugodni strmine nagljenih pobočjih	glinaat grušč glina s protniki	II	III	srednje nosilna tla; zahtevajo pasivnost pri izvedbi temeljev in izvedbi temeljev	200 do 250	manj primerno na večini površinskih	začasna podtalnica nad preperein; prepušni brez podtalnice	1:2	pogojno primeren	
POLHRIBINE	5	stari eripjeti ležišni nanosi	li (keršični morena); meljasto vezivo, ki veže slabozabljene protnike apnenca in podrejeno iz drugih kamnin	srednje do položno nagljena pobočja	dobra odporni na eroziji in plaziranje; neugodni strmine nagljenih pobočjih	glinaat grušč ali zemljen grušč	II - III	IV - V	dobro nosilna tla; kompleksne razmere izvedbe temeljenja	300 do 500 (v raščeni hribini)	primerno na posameznih lokacijah	prepušni brez podtalnice	1:1	neprimeren	
HRIBINE	6	morski klasični turbidni sedimenti	loščični in divji fič; menjavne plasti laporov kalkarenitov, konglomeratov in glinovcev (s protniki)	nastopa v dru in erozijskih pobočjih; do položno nagljenih pobočjih	preparirani plazovi in usadi na kritičnih lokacijah; možnost nastopa v ozkih, vedočih, vedočih	puste glinje in melje; pesčnjaka	II - III	IV - V	srednje nosilna tla; zahtevajo pasivnost pri izvedbi temeljev in izvedbi temeljev	200 do 300 (v raščeni hribini)	primerno na majhnih površinah	začasna podtalna voda prepulirna v viskem pokrovu	1:1 do 1:1,5 (odvisno od vrsta pazli)	pogojno primeren	
HRIBINE	7	globljemorski sedimenti	redčkasti apneneci, breče in lapornati apnenca	alpski svet nagljeni pobočji	posam. preperein; plazovi in hribinski eroziji; srednje odporni na eroziji	glinasto gruščata prepaina in glinasti debalini	II	V	zelo dobro nosilna tla; težak zbcop; primerna lokacije za zbcop	300 do 500 (v raščeni hribini)	zelo primerno na izbranih lokacijah	dobro prepulirna za vodo; nevarnost erozije ob lapornih	2:1 (verikalne brežine - mreže)	primeren obdelavo	
HRIBINE	8	plivomorski sedimenti	debeločestni, svetlovi apnenca in podrejeno dolomit	alpski svet z strmino brežinam; alpski vrhovni planote	hribinski plazovi in eroziji; izrazito fizikalno odporni na eroziji	glinasto gruščata prepaina in glinasti debalini	II	V - VI	zelo dobro nosilna tla; težak zbcop; primerna lokacije za zbcop	>500 (v raščeni hribini)	zelo primerno na redkih izbranih lokacijah	dobro prepulirna za vodo; nevarnost erozije ob lapornih	2:1 (verikalne brežine - mreže)	zelo primeren obdelavo do 5 m)	

Sl. 2b. Legenda h geotehnični karti

si, ki je že v vznožju pobočij, sestavljajo nanosi glin. Nad Malo vasjo pred ostrim ovinkom v Bovec v pripovršinskih plasteh že prevladujejo morenski materiali. Te sestavljajo peščeni, slabo zaobljeni prodi in grušči, ki so lokalno lahko tudi zaglinjeni. Proti centru se vsebnost glinaste komponente zmanjšuje in temeljna tla sestavljajo peščeni prodi, oziroma grušči, z apnenčastimi malo zaobljenimi prodniki. Izkopi in vrtina v centru Bovca pa so pokazali, da poleg naravnih nanosov temeljna tla sestavljajo tudi umetni nasipi starih porušениh zgradb. Umetni zasipi, katerih največjo debelino smo ocenili na 4 m, sestavljajo različno veliki kosi apnencev in peščenjakov v grobem pesku. Lokalno se zaradi umetnih zasipov razmere temeljenja poslabšajo, ker so nasuti peski lahko odloženi zelo rahlo. Proti območju Kota morenski nanosi zopet postajajo bolj glinasti. Prevladujejo glinasti grušči in gline s kosi apnenca, laporjev in peščenjakov. Območje Brda in Dvora gradijo tako glinasti kot gruščnati nanosi. Temeljna tla večinoma sestavljajo rjave gline in rjavi zaglinjeni prodi. Območje od mesta Bovca proti Soči gradi prodni zasip Soče, ki se odlikuje po enakomerni sestavi in veliki debelini nanosa, kar omogoča zelo dobre pogoje za izvedbo temeljenja.

Splošne pogoje temeljenja lahko ocenimo na osnovi zgoraj opisane sestave temeljnih tal in ocene nosilnosti tal, ki smo jo ugotavljali v izkopanih sondažnih jaških in izvrtanih vrtinah. V spodnji tabeli so podani ocenjeni pogoji temeljenja za našeta območja:

Kal - Koritnica

Širše območje zaledja zaselkov Kala in Koritnice gradijo kompaktni apnenci, ki tvorijo tudi podlago, na katero so se odložili mladi nasipni pobočni in rečni sedimenti. Pobočni sedimenti so nastali kot produkt preprevanja apnencev. Odlagali so se v različni debelini na apnenca v podlagi. Njihova debelina, ki je 1-2 m, je najmanjša v zgornjih delih naselij in se proti spodnjim delom ob cesti poveča na več metrov. Za večino zgradb pobočni nanosi predstavljajo temeljna tla. Rečni sedimenti gradijo terase na drugi strani ceste zaselkov Kal-Koritnica. Sestavljajo jih dobro nosilni peščeni prodi ($q_{dop} \approx 300 \text{ kN/m}^2$).

Na območju Kala so sondažni izkopi pokazali pobočne nanose, ki jih sestavljajo gline in melji s posameznimi kosi apnenca. Gline so rahleje odložene. Njihova dopust-

Območje	Dopustna nosilnost q_{dop} (kN/m ²)		Opis pogojev temeljenja
	povpr.	min.	
Mala vas	200	100	lahak izkop; lahko pojavi vode v temeljni jami; enakomerni majhni posedki
Severno od Male vasi	200	150	lahak izkop; lahko prihaja do rušitev sten gradbene jame; lahko heterogeni materiali v temeljnih tleh, pojavljajo se lahko večje skale pri izkopu
Center Bovca	250	150	lokalno umetni zasipi, zelo različna heterogena temeljna tla, izkop lahko zavirajo ruševine starih stavb v tleh
Območje Kota	250	150	strojni ali ročni izkop lahek; ob deževjih je lahko ogrožena stabilnost brežin izkopa; usedki majhni
Brdo in Dvor	200	150	izkop lahek; lahko pojavi vode v gradbeni jami; sestava tal je lahko lokalno heterogena
Soška ravnica	300	200	strojni in ročni izkop lahek; usedki zanemarljivi; lokalno lahko nastopajo leče peska med prodi; redko lahko nastopajo konglomerati, ki zelo otežijo izkop in povečajo nosilnost tal

Preglednica 1. Pogoji temeljenja na širšem območju Bovca

na nosilnost se giblje med 100 kN/m^2 in 250 kN/m^2 , tako da za celotno naselje lahko vzamemo povprečno dopustno nosilnost $q_{\text{dop}} \cong 150 \text{ kN/m}^2$.

Območje Koritnice gradijo na površini pobočni nanosi, ki jih sestavljajo zaglinjeni pobočni grušči apnenec. Vrednosti na pregledanih tleh se, enako kot v Kalu, gibljejo med 100 in 250 kN/m^2 , tako da lahko tudi za Koritnico predlagamo dopustno nosilnost za projektiranje na $q^{\text{dop}} \cong 150 \text{ kN/m}^2$.

Vsi razen enega pregledanega objekta na območju Kala-Koritnice imajo neustrezno izvedeno temeljenje. Temelji so sestavljeni iz kamnitih zložb, iz bolj ali manj oblikovanih kosov apnenca. Kosi med seboj niso povezani, ali pa zelo slabo. Globina temeljev je pri večini objektov plitveje od 0.8 m in ne zadostijo protizmrzinskemu kriteriju.

Spodnje Drežniške Ravne

Pregled terena je pokazal, da v podlagi nastopajo flišni kredni sedimenti. Blizu površine opazamo flišne sedimente le na skrajnem vzhodnem robu vasi, kjer je bila erozija potoka tako močna, da je odnesla nasute morenske materiale. Fliš, sestavljajo kompaktni peščenjaki in laporovci z apnenčevimi prodniki. Flišni sedimenti proti osrednjemu in zahodnemu delu Drežniških Raven potonejo pod debel nanos morenskih ledeniških sedimentov. Fliš tu ugotavljamo le s pomočjo vrtin v globinah preko 10 m pod površino.

Ledeniški sedimenti so bili odloženi v debelih nanosih na pobočju in so tvorili terasaste izravnave, katere so bile zaradi zmanjšanja nagiba pobočja primerne za poselitev. Tako Zgornje, kot tudi Spodnje Drežniške Ravne so postavljene na ostanke pobočnih terasastih tvorb. Teraso so bile kasneje zaradi erozije, ki je na tem terenu zelo močna, delno erodirane. Potoki so izvedli linijsko erozijo in tvorili bolj ali manj globoke grape. Preko Spodnjih Drežniških Raven potekajo tri grape. Prva na vzhodnem robu vasi je najgloblja, druga manj izrazita poteka preko sredine vasi, medtem ko je tretja tudi izrazito izražena že izven vasi na zahodni strani. Poleg hudourniške potočne linijske erozije, ki je potekala od zadnjih ledenih dob pred 12.000 leti, nastopa tudi površin-

ska ploskovna erozija. Povezana je s padavinami, ki so tu količinsko zelo obilne in ki so morenske sedimente polagoma spirale navzdol po pobočju. Zaradi tega lahko morenske nanose uvrščamo tudi v pobočne grušče, ki so deloma še ohranili lastnosti ledeniških sedimentov. Pobočno spiranje je dodatno med morenske materiale prineslo še glinasto komponento. Morenski sedimenti so sestavljeni iz slabo zaobljenih prodnikov apnenca pretežno v osnovi iz peska, ki ga zlasti ob površini zamenjuje glina ali melj. Čisto na površini je humus in zgornja tanka do 0.5 m debela rodovitna plast.

Svežih porušenj naravnega ravnotežja pri pregledu nismo ugotovili. Znaki starih plazenj so vidni le na pobočjih globoke grape na vzhodnem robu vasi. Na splošno pa je teren odporen proti plazenju. Notranji strižni kot morenskih nanosov je zadosten in le pri zelo strmih nagibih lahko pride v naravnih razmerah do lokalnih porušitev naravnega ravnotežja, predvsem v obliki usadov. Te brežine so namreč v dolgotrajnem nastajanju dobile nagib, ki je ustrezen kotu notranjega trenja materiala. Pri človeških posegih, kot je izkop v brežini pa se lahko sproži premikanje zemljinskih mas. Seveda je tudi na teh območjih možno izvesti gradbene posege, ki pa zahtevajo posebne ukrepe, kot so ublažitev nagiba brežin ali pa dodatni podporni ukrepi. Taki ukrepi so ponavadi za individualno gradnjo predragi in je bolj smiselno, da se območjem, ki niso primerni za gradnjo izognemo.

Pogoji gradnje so povezani z opisanimi inženirskogeološkimi razmerami in geotehničnimi lastnostmi tal. Geotehnične lastnosti tal smo ocenjevali s pomočjo sondažnih preiskav. Nosilnost tal ponavadi ni vprašljiva in je med 250 in 300 kN/m^2 . Primerna območja za gradnjo so, kjer je nagib pobočja manjši ali na pobočnih grebenih. Izogibati se je treba bližine strmih robov teras in globoko zajedenih grap. Z lokalnimi podpornimi ukrepi na mestih, kjer se vkopavamo v teren preprečimo zdrse materiala.

Zgornje Drežniške Ravne

Zgornje Drežniške Ravne imajo podobno geološko sestavo kot Spodnje Drežniške Ravne, le da so pobočni morenski nanosi

tanjši, tako da je mogoče večino objektov temeljiti v raščeno flišno podlago. Zaradi bližine nepropustnih plasti je lokalno teren lahko bolj razmočen, vendar pojavov porušenja naravnega ravnotežja, razen lokalnih zdrsov humusnega pokrova, nismo ugotovili. Dopustna nosilnost tal je okoli 400 kN/m² v flišni podlagi, kjer so temelji v pobočnih gruščih pa okoli 300 kN/m².

Magozd

Na območju Magozda temeljna tla v vzhodnem delu sestavljajo gline in zaglinjeni grušči. Njihovo dopustno nosilnost ocenjujemo na okoli 300 kN/m², lokalno pa se lahko ta zniža na 200 kN/m². V zahodnem delu naselja je v gruščih manj gline in več peska, pojavljajo pa se dodatno še bolj ali manj velike skale apnenca. Dopustno nosilnost ocenjujemo na 300 kN/m². Tudi na ožjem območju vasi Magozd nismo registrirali nestabilnih pojavov, medtem ko je v okolici nekaj porušenj naravnega ravnotežja.

Poškodbe na zgradbah

Analizo poškodb na zgradbah smo izvedli s pomočjo baze podatkov (cenilni zapiski), ki smo jo pridobili od Ministrstva za okolje in prostor. To bazo smo združili z bazo evidenc hiš za obravnavano območje, ki smo jo dobili pri Geodetski upravi RS. Na ta način smo zgradbam, zajetih v popis škode, dodali prostorske koordinate iz baze evidenc hiš. Pri združevanju obeh baz se je pokazalo, da nista v popolnosti kompatibilni, tako da smo morali izločiti iz presoje okoli 10 % objektov. Ker obdelujemo splošne značilnosti terena, je bilo preostalo število podatkov zadostno za izvedbo analize (G o d e c et al., 1999).

Na karti seizmične mikrorajonizacije Bovške kotline (V i d r i h & R i b i č i č, 1999) (slika 9) so prikazane kategorije poškodb na zgradbah ob potresu, kot so jih ugotovili popisovalci škode takoj po potresu. Te kategorije poškodb se dobro ujemajo z navodili Evropske makroseizmične lestvice (EMS). Tako smo pri statističnem vrednotenju podatkov za opis učinkov potresa lahko uporabili tudi tako pridobljene podatke.

Karta poškodb na objektih in v naravi zelo jasno kaže, katera so tista območja, kjer je bila ob potresu sestava tal iz seizmičnega vidika najslabša. Območje Bovca, še posebno Male vasi gradijo pobočni morenski nanosi, katere smo na karti seizmične mikrorajonizacije uvrstili v najnižjo kategorijo. Isti nanosi se nahajajo tudi na območju Drežniških Raven in Magozda, kjer nastopa drugo območje največje poškodovanosti.

Spodaj so opisane kategorije poškodb, ki veljajo za zgradbe:

Kategorije poškodb

Same poškodbe na gradbenih objektih so v skladu z navodili EMS lestvice razdeljene v pet stopenj, in sicer:

1. stopnja *Poškodovanost je zanemarljiva do neznatna* (na sami konstrukciji ni poškodb): pojav lasastih razpok na nekaterih zidovih, odpadejo le manjši kosi ometa, pri posameznih zgradbah je opaziti odpadanje majavih kamnov iz zgornjega dela objekta. Pri teh poškodbah je objekt uporaben.
2. stopnja *Poškodovanost je zmerna* (konstrukcija je neznatno poškodovana, nekonstrukcijski (nenosilni) elementi pa so srednje močno poškodovani), na mnogih zidovih nastanejo razpoke, dokaj veliki kosi ometa odpadejo, deli dimnikov se porušijo. Pri teh poškodbah je objekt uporaben.
3. stopnja *Poškodovanost je znatna do velika* (konstrukcija je zmerno poškodovana, nekonstrukcijski elementi pa so močno poškodovani): na večini zidov so široke in velike razpoke, drsenje opečnih in skrilastih strešnikov, dimniki se odlomijo v višini strehe. Pri teh poškodbah je objekt začasno neuporaben.
4. stopnja *Poškodovanost je zelo velika* (težke poškodbe konstrukcije, zelo težke poškodbe na nekonstrukcijskih elementih): bistve-

ne porušitve zidov, delna porušitev konstrukcije. Pri teh poškodbah je objekt začasno neuporaben.

5. stopnja *Uničenje* (zelo velika poškodovanost konstrukcije): popolna ali skoraj popolna porušitev. Pri teh poškodbah je objekt neuporaben.

Popisovalci škode so takoj po potresu pregledane zgradbe uvrstili v eno izmed naslednjih petih kategorij.

I. kategorija - manjše poškodbe

Delno razkritje strehe, manjše razpoke konstrukcije (zidovi, stropovi do 2 mm) razbita zasteklitev, manjše poškodbe inštalacij (voda, elektrika, kanalizacija).

OBJEKT UPORABEN stopnja poškodovanosti - do 15 %

II. kategorija - srednje poškodbe

Pretežno razkrita streha, razpoke konstrukcije (zidovi, stropovi od 2 do 10 mm) premaknjena okna in vrata, razbita zasteklitev, poškodbe na vodoinštalaciji - neupo-

rabna, manjše poškodbe elektronapeljave.
OBJEKT UPORABEN stopnja poškodovanosti - od 15 % do 30%

III. kategorija - hude poškodbe

Razkrita streha in premaknjeno oziroma poškodovano ostrešje, večje razpoke konstrukcije (zidovi, stropovi - nad 10 mm), okna in vrata premaknjena, poškodbe inštalacij, ki ne omogočajo njihove uporabe.

OBJEKT JE ZAČASNO stopnja poškodovanosti - od 30 % do 50%

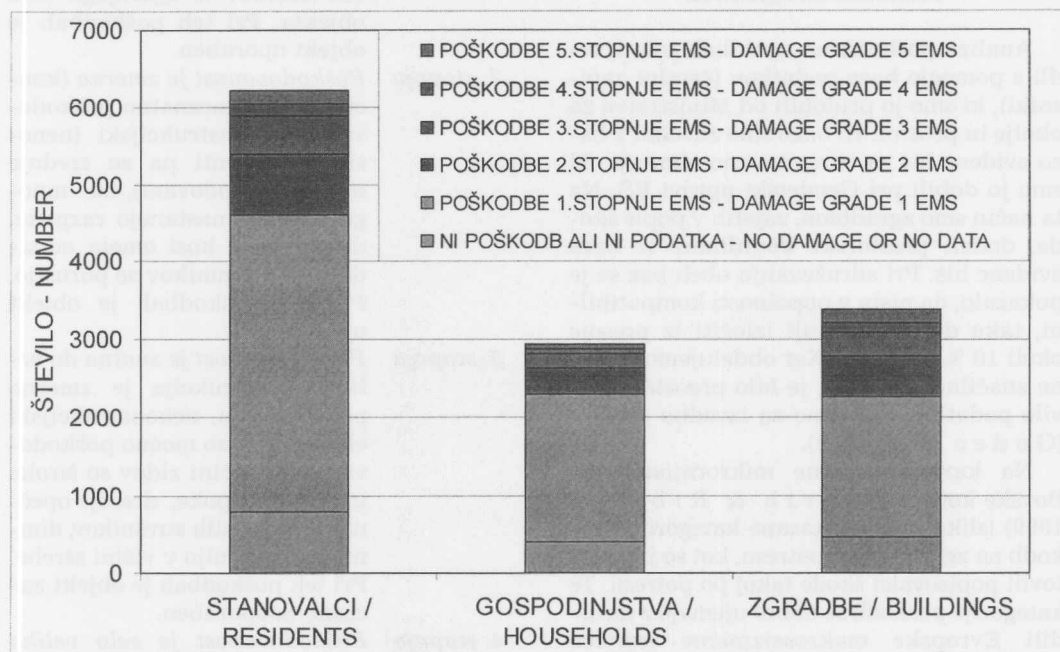
IV. kategorija - zelo hude poškodbe

Delne porušitve nosilne konstrukcije (streha, zidovi, stropovi, stopnišča), uničene inštalacije - ugotoviti smotrnost in racionalnost sanacije.

OBJEKT JE ZAČASNO stopnja poškodovanosti - do 70%

V. kategorija - porušitev

Porušitev konstruktivnih elementov v taki meri, da ni upravičena sanacija.



Sl. 3. Število stanovalcev, gospodinjstev in zgradb glede na poškodbeno stopnjo EMS.
Fig. 3. Number of residents (households) of buildings with regard to the level of damage.

OBJEKT JE ZAČASNO stopnja
NEUPORABEN poškodovanosti-
nad 70%

Kategorizacija popisa škode na poškodovanih zgradbah je v toliki meri podobna predpisani v EMS, da jo lahko uporabimo v nadaljnji analizi.

Analiza podatkov o poškodovanih objektih

Kakšne so splošne značilnosti poškodovanih objektov?

Skupno smo obdelali podatke o 3390 objektih. Večina teh zgradb je bila grajena pred letom 1945 (skupno 2492 zgradb). Kar dobrih 6% teh starejših objektov je bilo ocenjenih kot neuporabnih (5. stopnja poškodb). To predstavlja skupno 160 objektov. V skupnem pregledu pa je to večina vseh tako zelo poškodovanih zgradb. Le 13 zgradb zgrajenih po koncu druge svetovne vojne je bilo takšnih, da so utrpeli tako hude poškodbe, da so ocenjene s peto stopnjo. To predstavlja

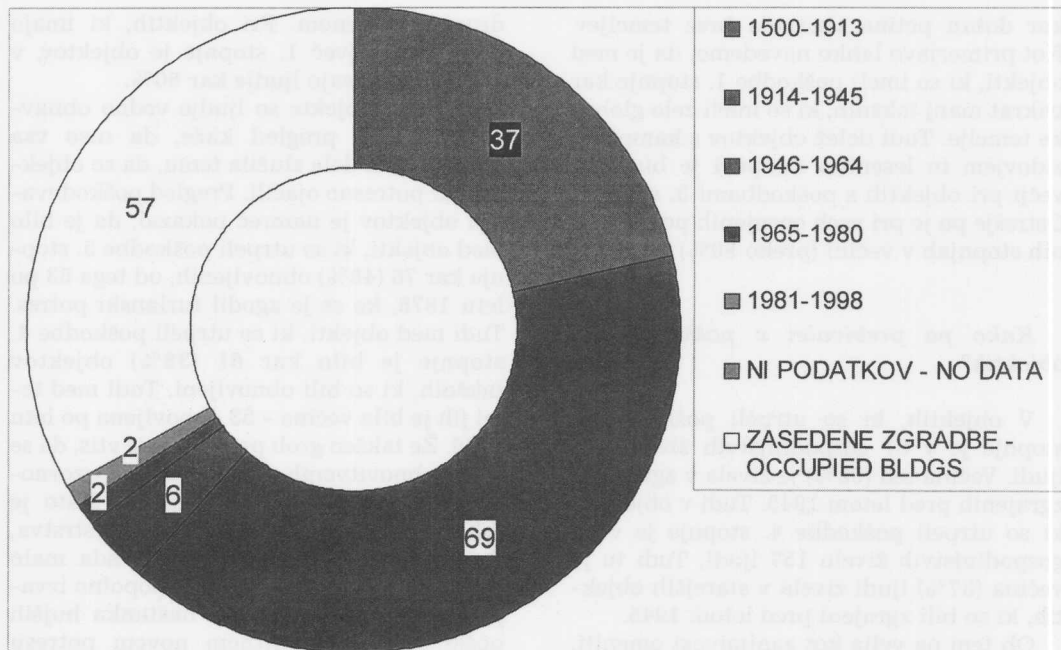
dober odstotek pregledanih objektov zgrajenih po koncu druge svetovne vojne.

Izmed vseh objektov, ki so utrpeli poškodbe 5. stopnje je bilo kar 93% takšnih, ki so bili grajeni pred letom 1945, večino pa predstavljajo tudi pri drugih poškodbah. Tako je od vseh poškodovanih objektov s poškodbami 4. stopnje kar 91% objektov iz obdobja pred letom 1945, pa tudi med objekti s poškodbami 3. stopnje jih je 87% iz tega obdobja. Skupni delež pregledanih zgradb iz tega obdobja pa na prizadetem območju predstavlja le 73%. Do podobnih rezultatov pridemo po vsakem potresu, kjerkoli po svetu.

Sklepi, ki izhajajo iz analize poškodb na zgradbah

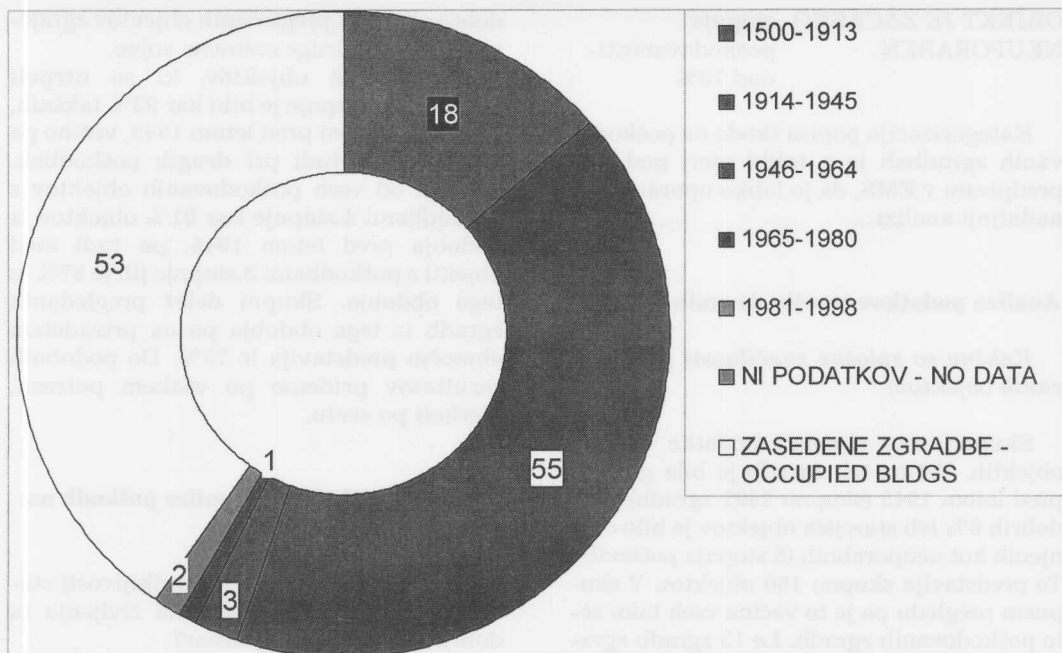
Kaj so tiste bistvene pomanjkljivosti starejših zgradb, da so človeška življenja in dobrine v njih bolj ogrožene?

Tako lahko pri pregledu osnovnih značilnosti objektov, katerih poškodbe ocenjujemo s 5. stopnjo, ugotovimo da jih je



Sl. 4. Število zasedenih/nezasedenih zgradb s poškodbami 5. stopnje EMS.

Fig. 4. Number of inhabited/uninhabited buildings with damage of grade 5. EMS



Sl. 5. Število zasedenih/nezasedenih zgradb s poškodbami 4. stopnje EMS.

Fig. 5. Number of inhabited/non-inhabited buildings with damage of grade 4. EMS

kar dobra petina skorajda brez temeljev. Kot primerjavo lahko navedemo, da je med objekti, ki so imeli poškodbe 1. stopnje kar trikrat manj takšnih, ki so imeli zelo globoke temelje. Tudi delež objektov s kamnitim zidovjem in lesenimi stropovi je bistveno večji pri objektih s poškodbami 5. stopnje. Ostrešje pa je pri vseh ocenjenih poškodbenih stopnjah v večini (preko 90%) leseno.

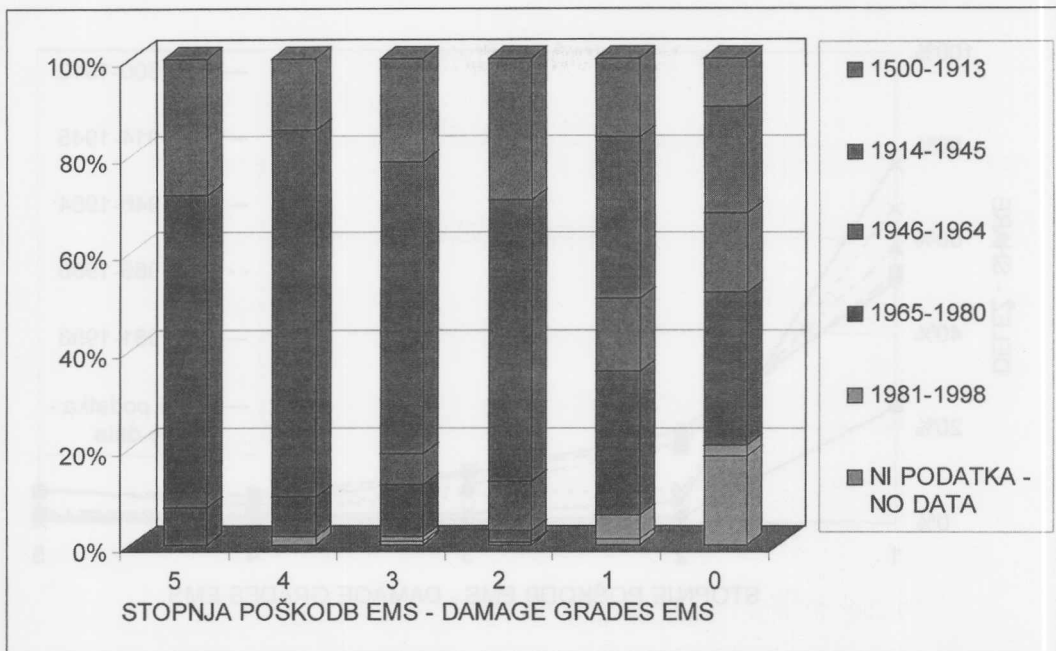
Kako pa prebivalci v poškodovanih objektih?

V objektih, ki so utrpeli poškodbe 5. stopnje je v 67 gospodinjstvih živelo 158 ljudi. Večina teh (92%) je živela v zgradbah zgrajenih pred letom 1945. Tudi v objektih, ki so utrpeli poškodbe 4. stopnje je v 61 gospodinjstvih živelo 157 ljudi. Tudi tu je večina (87%) ljudi živela v starejših objektih, ki so bili zgrajeni pred letom 1945.

Ob tem pa velja kot zanimivost omeniti, da je med objekti, ki so utrpeli poškodbe 5. stopnje le 33% takšnih, v katerih stalno prebivajo ljudje. Preostali objekti služijo

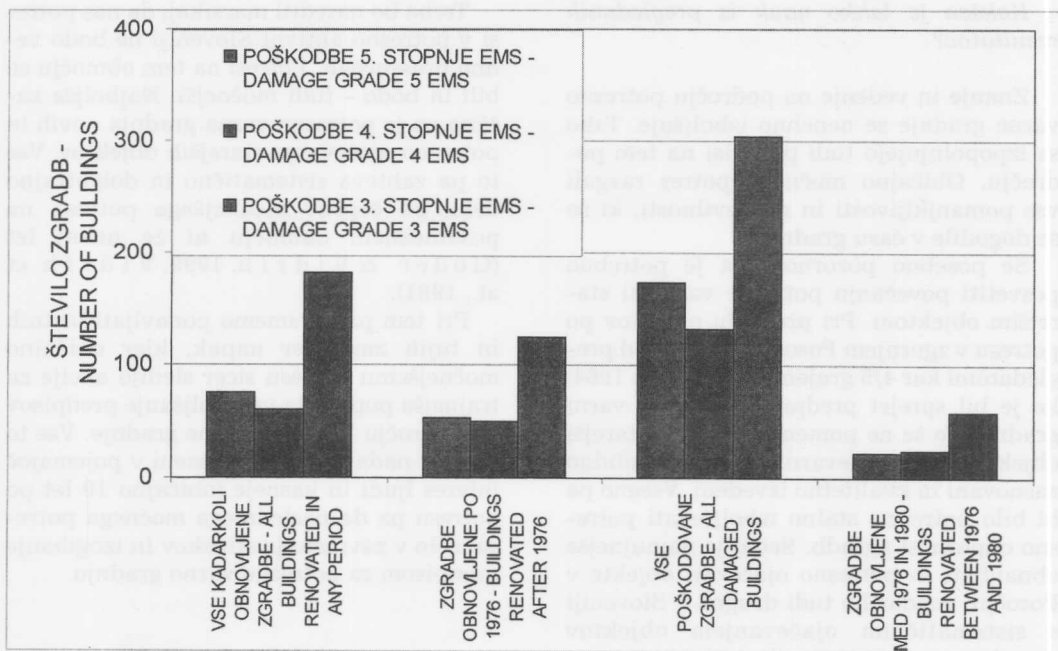
drugim namenom. Pri objektih, ki imajo poškodbe največ 1. stopnje je objektov, v katerih prebivajo ljudje kar 60%.

Starejše objekte so ljudje vedno obnavljali. Vendar pregled kaže, da niso vsa obnovitvena dela služila temu, da so objekte tudi potresno ojačili. Pregled poškodovanih objektov je namreč pokazal, da je bilo med objekti, ki so utrpeli poškodbe 5. stopnje kar 76 (48%) obnovljenih, od tega 53 po letu 1976, ko se je zgodil furlanski potres. Tudi med objekti, ki so utrpeli poškodbe 4. stopnje je bilo kar 61 (38%) objektov takšnih, ki so bili obnovljeni. Tudi med temi jih je bila večina - 53 obnovljena po letu 1976. Že takšen grob pregled daje vtis, da se je pri obnovitvenih delih premalo pozornosti polagalo ojačevanju objektov. Zato je toliko bolj na mestu odločitev ministrstva, da se vse posege na objektih resda malo počasneje, a zato dosledno in popolno izvaja. Le tako bo verjetnost nastanka hujših poškodb ob morebitnem novem potresu manjša. Dobljeni rezultati so prikazani na slikah 3 do 8.



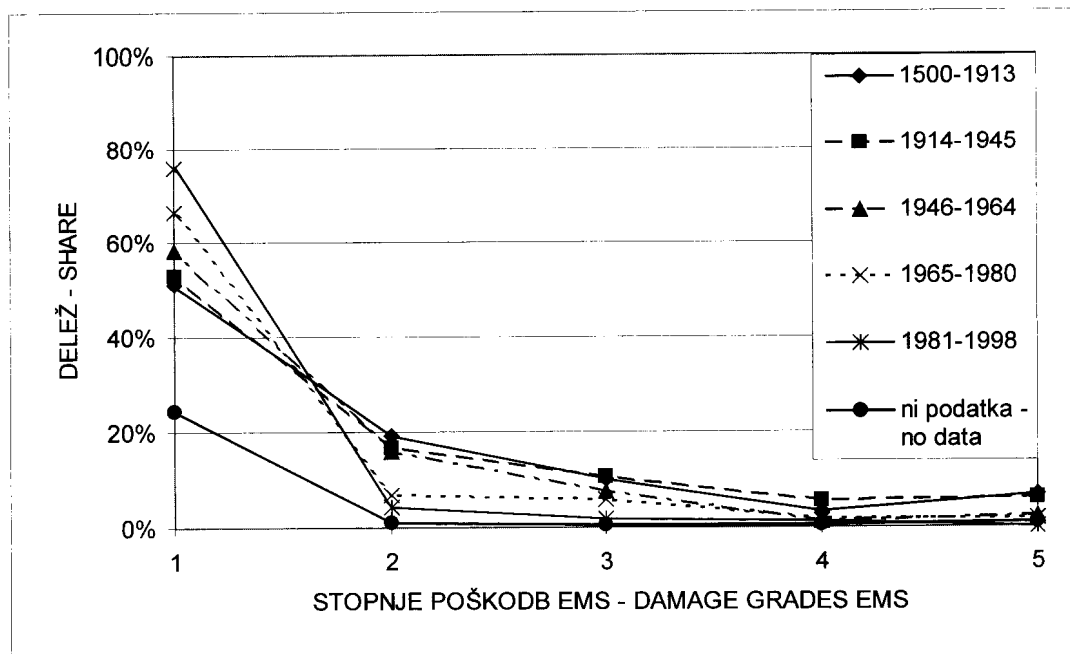
Sl. 6. Deleži gospodinjstev v poškodovanih objektih glede na obdobje izgradnje.

Fig 6. Share of households in damaged buildings regarding the period of construction.



Sl. 7. Število med potresom poškodovanih kadarkoli obnovljenih zgradb.

Fig 7. Number of buildings in the area previously repaired (renovated) in any way.



Sl. 8. Pregled poškodovanih zgradb glede na obdobje izgradnje.

Fig. 8. Overview of damage to buildings regarding the period of construction.

Kakšen je lahko nauk iz pregledanih rezultatov?

Znanje in vedenje na področju potresno varne gradnje se nenehno izboljšuje. Tako se izpopolnjujejo tudi predpisi na tem področju. Običajno močnejši potres razgali vse pomanjkljivosti in nepravilnosti, ki so se dogodile v času gradnje.

Še posebno pozornost pa je potrebno posvetiti povečanju potresne varnosti starejšim objektom. Pri pregledu objektov po potresu v zgornjem Posočju je bilo med pregledanimi kar 4/5 grajenih pred letom 1964, ko je bil sprejet predpis o potresno varni gradnji. To še ne pomeni, da so vsi starejši objekti potresno nevarni. Mnogi so solidno zasnovani in kvalitetno izvedeni. Vseeno pa bi bilo potrebno stalno izboljševati potresno odpornost zgradb. Sedaj je najnujnejše obnavljati in potresno ojačevati objekte v Posočju, vendar bo tudi drugod v Sloveniji s sistematičnim ojačevanjem objektov potrebno zmanjšati število potresno nevarnih objektov.

Treba bo narediti marsikaj, da nas potresi v potresno aktivni Sloveniji ne bodo vedno presenečali. Potresi na tem območju so bili in bodo - tudi močnejši. Najboljša zaščita pa je potresno varna gradnja novih in potresno ojačevanje starejših objektov. Vse to pa zahteva sistematično in dolgotrajno delo, pa čeprav močnejšega potresa na posameznem območju ni že nekaj let (Godec & Vidrih, 1999; Vidrih et al., 1991).

Pri tem pa ne smemo ponavljati lastnih in tujih zmot ter napak, kjer običajno močnejšemu potresu sicer sledijo akcije za trajnejša popravila in izboljšanje predpisov na področju potresno varne gradnje. Vse to pa se v nadaljevanju spremeni v pojemajoč interes ljudi in kasneje (običajno 10 let po potresu pa do naslednjega močnega potresa) celo v zavračanje stroškov in izogibanje predpisom za potresno varno gradnjo.

Tolmač oznak preglednice 2.

Legend to table 2.

Temelji / Foundations	
1	Brez temeljev / Without foundations
2	Kamniti temelji / Stone foundations
3	Betonski temelji / Concrete foundations
4	Ostalo / Other
0	Ni podatka / No data
Zidovi / Walls	
1	Kamniti / Stone
2	Mešani / Mixed material
3	Opečni / Brick
4	Betonski / Concrete
5	Ostalo / Other
0	Ni podatka / No data
Stropovi / Floors	
1	Leseni / Wooden
2	Opečni / Brick
3	Betonski / Concrete
4	Ostalo / Other
0	Ni podatka / No data
Ostrešja / Roof frame	
1	Leseno / Wooden
2	Montažno opečno / Brick
3	Betonski / Concrete
4	Ostalo / Other
0	Ni podatka / No data
Kritina / Roof cover	
1	Korci / Tiles
2	Strešniki / Flat roof tiles
3	Salonit / Asbestos "Salonit" brand tiles
4	Ostalo / Other
0	Ni podatka / No data
Obdobje izgradnje / Year of construction	
1	1500-1913
2	1914- 1945
3	1946- 1964
4	1965 – 1980
5	1981 – 1998
0	Ni podatka / No data

Preglednica 3. Porazdelitev in deleži stanovalcev, gospodinjstev in zgradb glede na stopnjo poškodovanosti zgradb

Table 3. Distribution and shares of residents, households and buildings regarding the level of damage to buildings.

Poškodbene kategorije Damage grades	Stanovalci Residents	Gospodinjstva Households	Zgradbe Buildings	Stanovalci Residents	Gospodinjstva Households	Zgradbe Buildings
0	797	396	462	13%	14%	14%
1	3806	1904	1810	61%	65%	53%
2	803	316	509	13%	11%	15%
3	497	188	304	8%	6%	9%
4	157	61	132	3%	2%	4%
5	158	67	173	3%	2%	5%
Skupaj Total	6218	2932	3390	100%	100%	100%

Preglednica 4. Skupno število prebivalcev v objektih, grajenih v različnih obdobjih, glede na različne poškodbene stopnje.

Table 4. Total number of residents in buildings constructed in different periods regarding the level of damage to buildings.

Stanovalci Residents	5	4	3	2	1	0	Skupaj Total
1500-1913	40	18	106	234	769	91	1258
1914-1945	106	118	286	445	1553	277	2785
1946-1964	0	0	31	103	228	112	474
1965-1980	12	15	61	21	1002	137	1248
1981-1998	0	0	10	0	207	31	248
Ni podatka No data	0	6	3	0	47	149	205
Skupaj / Total	158	157	497	803	3806	797	

Preglednica 5. Delež prebivalcev v poškodovanih objektih glede na različna obdobja izgradnje

Table 5. Shares of inhabitants in damaged buildings with regard to different periods of construction.

Stanovalci Residents	5	4	3	2	1	0	Skupaj Total
1500-1913	25%	11%	21%	29%	20%	11%	100%
1914-1945	67%	75%	58%	55%	41%	35%	100%
1946-1964	0%	0%	6%	13%	6%	14%	100%
1965-1980	8%	10%	12%	3%	26%	17%	100%
1981-1998	0%	0%	2%	0%	5%	4%	100%
Ni podatka No data	0%	4%	1%	0%	1%	19%	100%

Preglednica 6. Porazdelitev poškodb po objektih, grajenih v različnih obdobjih.
Table 6. Distribution of damage with buildings constructed in different periods.

Stanovalci Residents	5	4	3	2	1	0	Skupaj Total
1500-1913	3%	1%	8%	19%	61%	7%	100%
1914-1945	4%	4%	10%	16%	56%	10%	100%
1946-1964	0%	0%	7%	22%	48%	24%	100%
1965-1980	1%	1%	5%	2%	80%	11%	100%
1981-1998	0%	0%	4%	0%	83%	13%	100%
Ni podatka No data	0%	3%	1%	0%	23%	73%	100%

Preglednica 7. Število poškodovanih, kakorkoli obnovljenih ali ojačevanih objektov. Posebej je izpostavljeno obdobje po furlanskem potresu (1976).

Table 7. Number of damaged buildings previously renovated or strengthened in any way. The period after the Friulian earthquake is especially stressed (1976)

Stopnje poškodb EMS Damage grade EMS	Vsi kadarkoli obnovljeni objekti All buildings renovated in any period	Obnovljeni po l.1976 Buildings renovated after 1976	Obnovljeni med 1976 in 1980 Buildings renovated between 1976 and 1980	Vsi objekti All buildings
5	76	53	22	173
4	61	50	24	132
3	182	124	59	304

Preglednica 8. Delež poškodovanih, kakorkoli obnovljenih ali ojačevanih objektov. Posebej je izpostavljeno obdobje po furlanskem potresu (1976).

Table 8. Share of damaged buildings previously renovated or strengthened in any way. The period after the Friulian earthquake is especially stressed (1976)

Stopnje poškodb Damage grade	Vsi kadarkoli obnovljeni objekti All buildings renovated in any period	Obnovljeni po l.1976 Buildings renovated after 1976	Obnovljeni med 1976 in 1980 Buildings renovated between 1976 and 1980	Vsi objekti All buildings
5	44%	31%	13%	100%
4	46%	38%	18%	100%
3	60%	41%	19%	100%

Preglednica 9. Število gospodinjstev v objektih, grajenih v različnih obdobjih, glede na stopnjo poškodb objektov.

Table 9. Number of households in buildings constructed in different periods regarding the level of damage to buildings.

	5	4	3	2	1	0	Skupaj / Total
1500-1913	19	9	40	93	310	40	511
1914-1945	43	46	113	182	633	87	1104
1946-1964	0	0	12	32	285	65	394
1965-1980	5	5	20	8	561	123	722
1981-1998	0	0	2	0	92	9	103
Ni podatka	0	1	1	1	23	72	98
Skupaj Total	67	61	188	316	1904	396	

Preglednica 10. Število nezasedenih objektov, ki so utrpeli poškodbe 4. in 5. stopnje, glede na obdobje izgradnje.

Table 10. Number of non-inhabited buildings with damages at 4th and 5th levels with regard to the period of construction.

	5	4
1500-1913	37	18
1914-1945	69	55
1946-1964	6	3
1965-1980	2	1
1981-1998	0	2
Ni podatka / No data	2	0
	116	79

Seizmična mikrorajonizacija

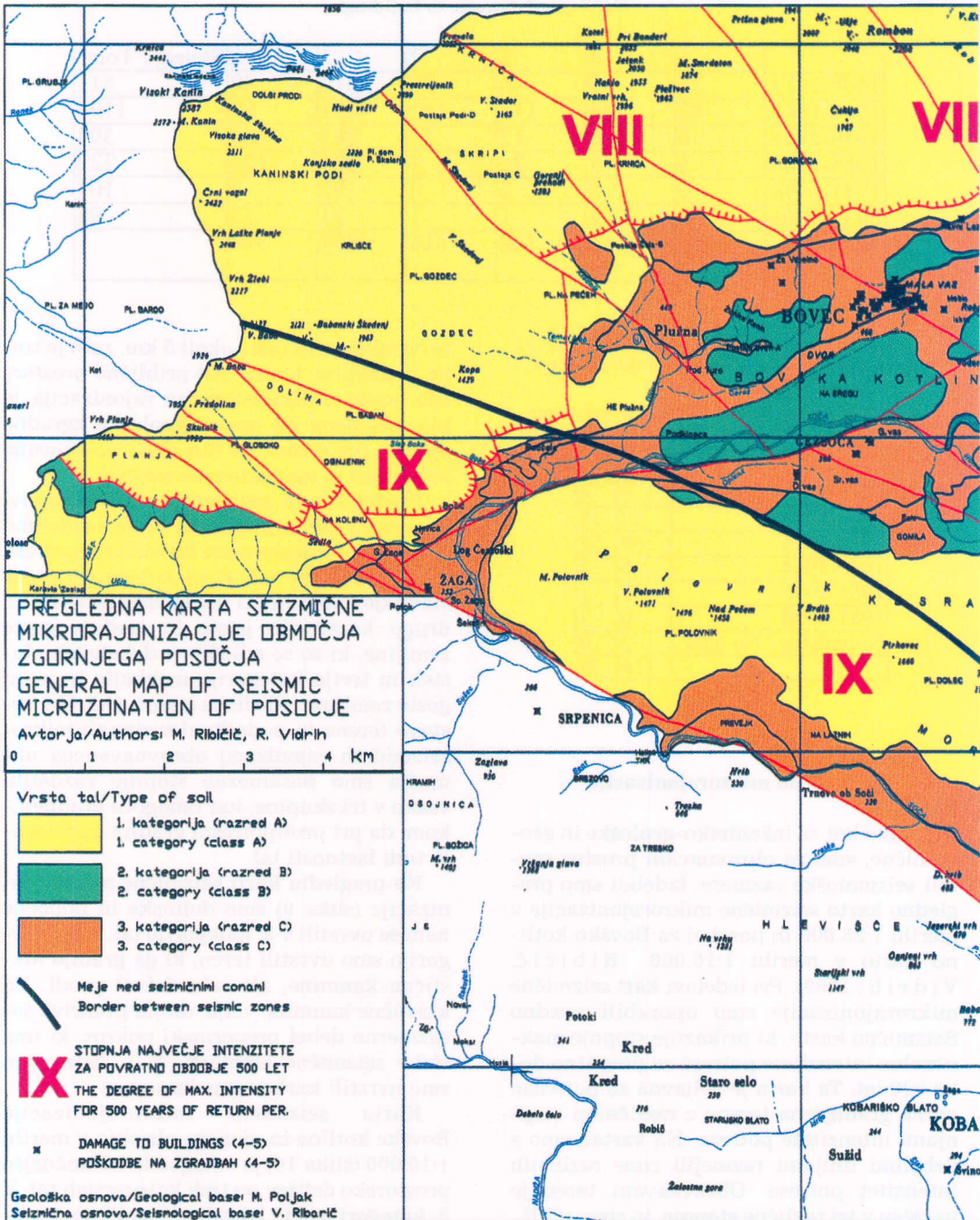
Enako kot za inženirsko-geološke in geotehnične, smo za obravnavani prostor ocenili seizmološke razmere. Izdelali smo pregledno karto seizmične mikrorajonizacije v merilu 1:25.000 in posebej za Bovško kotlino karto v merilu 1:10.000 (Ribičič, Vidrih, 1999). Pri izdelavi kart seizmične mikrorajonizacije smo uporabili uradno Seizmično karto, ki prikazuje stopnje maksimalne intenzitete potresa za povratno dobo 500 let. Ta karta je veljavna za potresno varno gradnjo na terenu z različnimi stopnjami intenzitete potresa. Na kartah smo z debelimi linijami razmejili cone različnih intenzitet potresa. Obravnavani teren je uvrščen v tri različne stopnje, in sicer v VII., VIII. in IX. stopnjo po EMS-98 lestevici. Potrebno je opozoriti, da je natančnost določitve meje med conami različne intenzite-

te ocenjena z napako okoli 5 km, zato je treba razmejitve jemati kot približno prostorsko oceno. Mikrosezmična rajonizacija je bila izvedena na osnovi geološke zgradbe terena, pri čemer še niso bile upoštevane seizmične in neotektonske osnove.

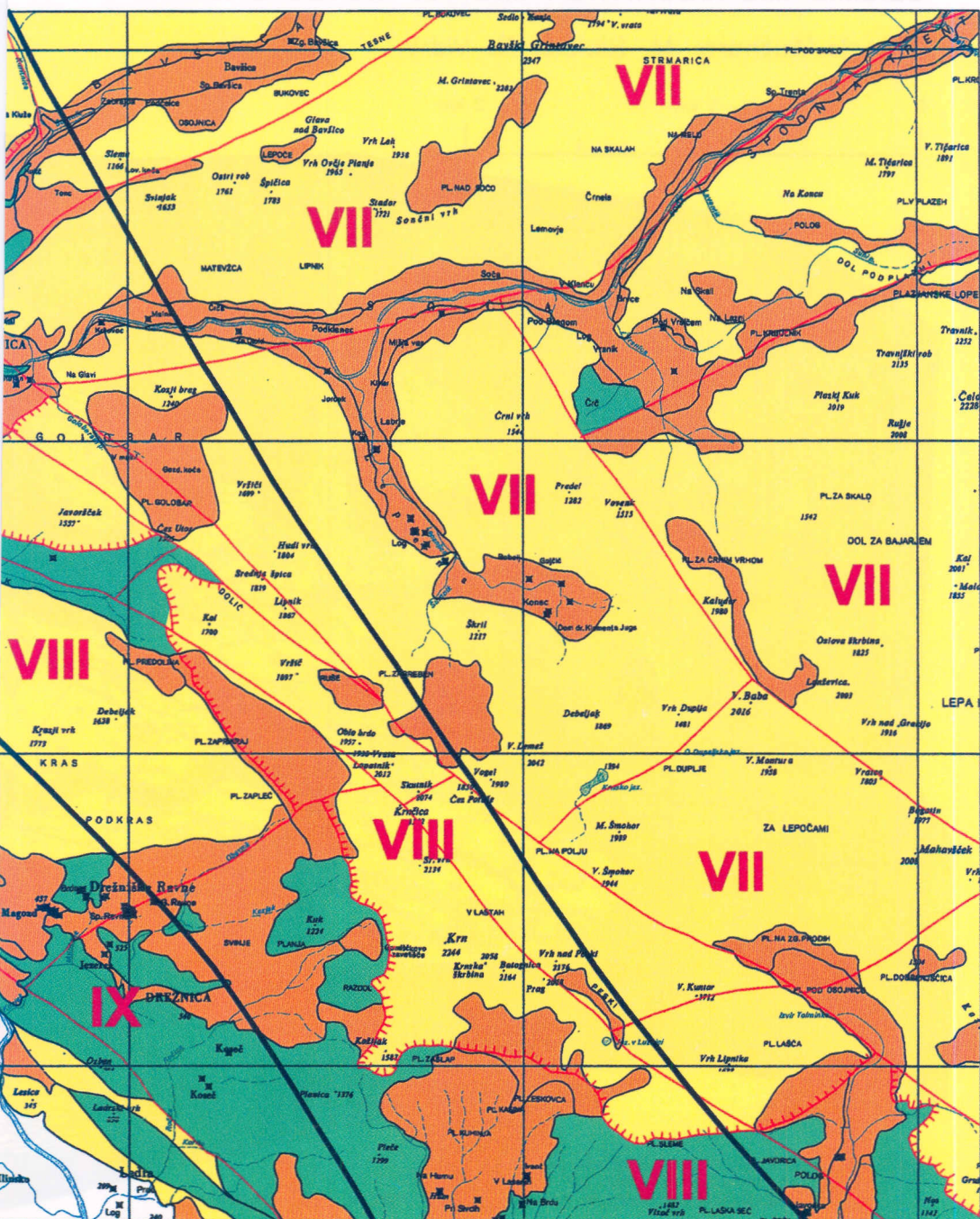
Predpisi nam omogočajo, da na osnovi seizmične občutljivosti tal teren razdelimo znotraj posamezne cone intenzitete potresa v tri kategorije tal. Prvo kategorijo predstavljajo kamnine, ki imajo lastnosti hribin, drugo kategorijo goste in srednje goste zemljine, ki so se odložile v debelejših plasteh in tretjo kategorijo mehkejše in manj goste zemljine. Glede na znano geološko sestavo terena in podatke dosedanjih mikrosezmičnih rajonizacij obravnavanega območja smo posamezne stopnje razdelili, vsako v tri skupine, kar omogoča gradbenikom, da pri protipotresni gradnji upoštevajo tudi lastnosti tal.

Na pregledni karti seizmične mikrorajonizacije (slika 9) smo dolinske in pobočne nanose uvrstili v 3. kategorijo tal. V 2. kategorijo smo uvrstili teren, ki ga gradijo klastične kamnine, ali zelo debeli prodi. Za klastične kamnine velja, da jih prekriva sorazmerno debel preperinski pokrov, ki ima slabe seizmične lastnosti. V 1. kategorijo smo uvrstili karbonatne kamnine.

Karta seizmične mikrorajonizacije Bovške kotline in njenega obrobja v merilu 1:10.000 (slika 10) je omogočila natančnejšo prostorsko delitev po treh kategorijah tal. V 3. kategorijo smo izbrali teren, ki ga gradijo ledeniški nanosi, katere pogosto prekrivajo glinasti deluvialni sedimenti. Enako smo v 3. kategorijo uvrstili dolinske nanose



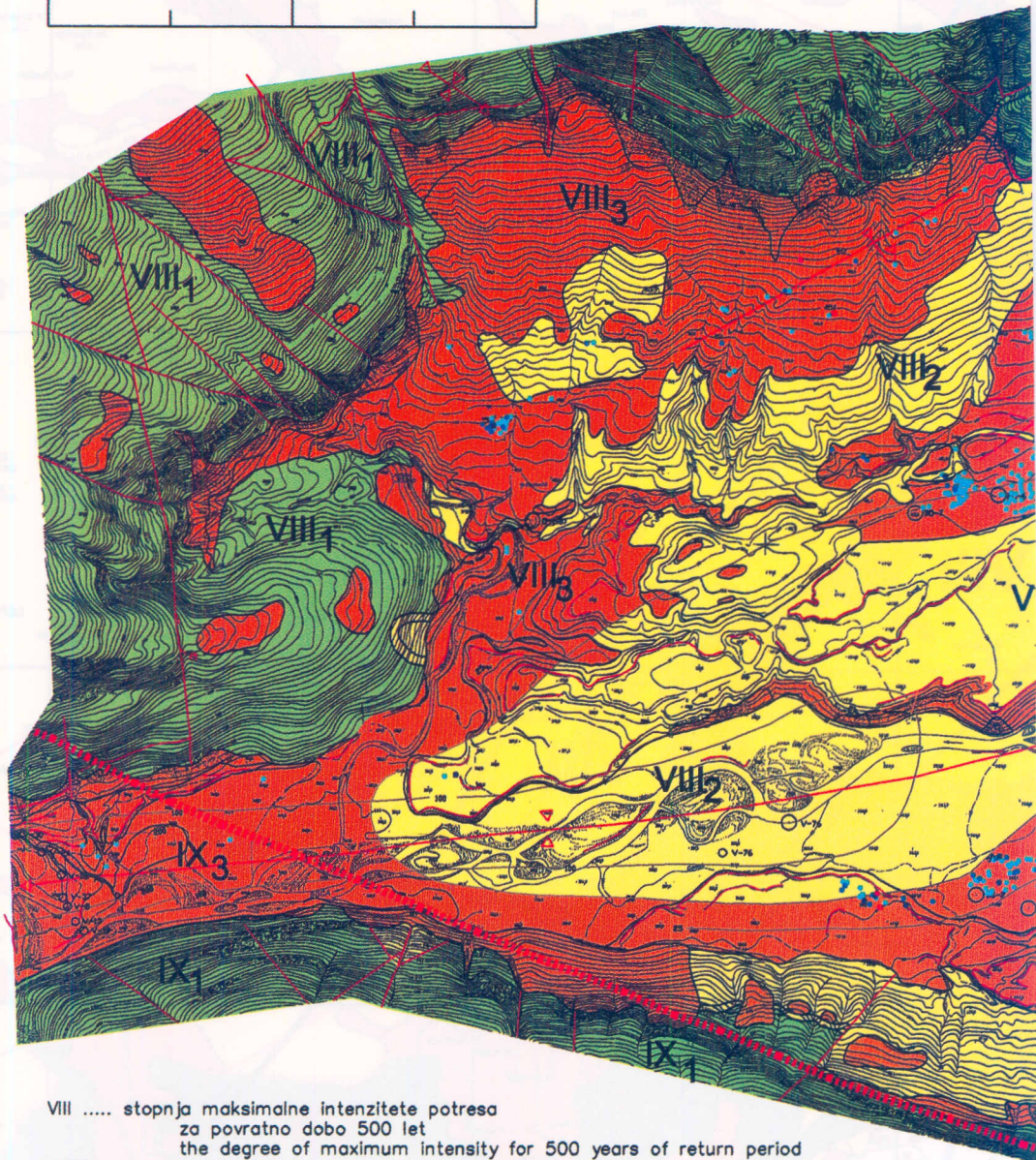
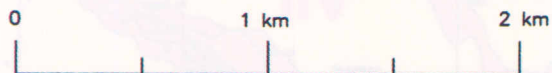
Sl. 9. Pregledna karta seizmične mikrorajonizacije zgornjega Posočja
 Fig. 9. General map of seismic microzonation of upper Soča territory



KARTA SEIZMIČNE MIKORAJONIZACIJE BOVŠKE KOTLINE

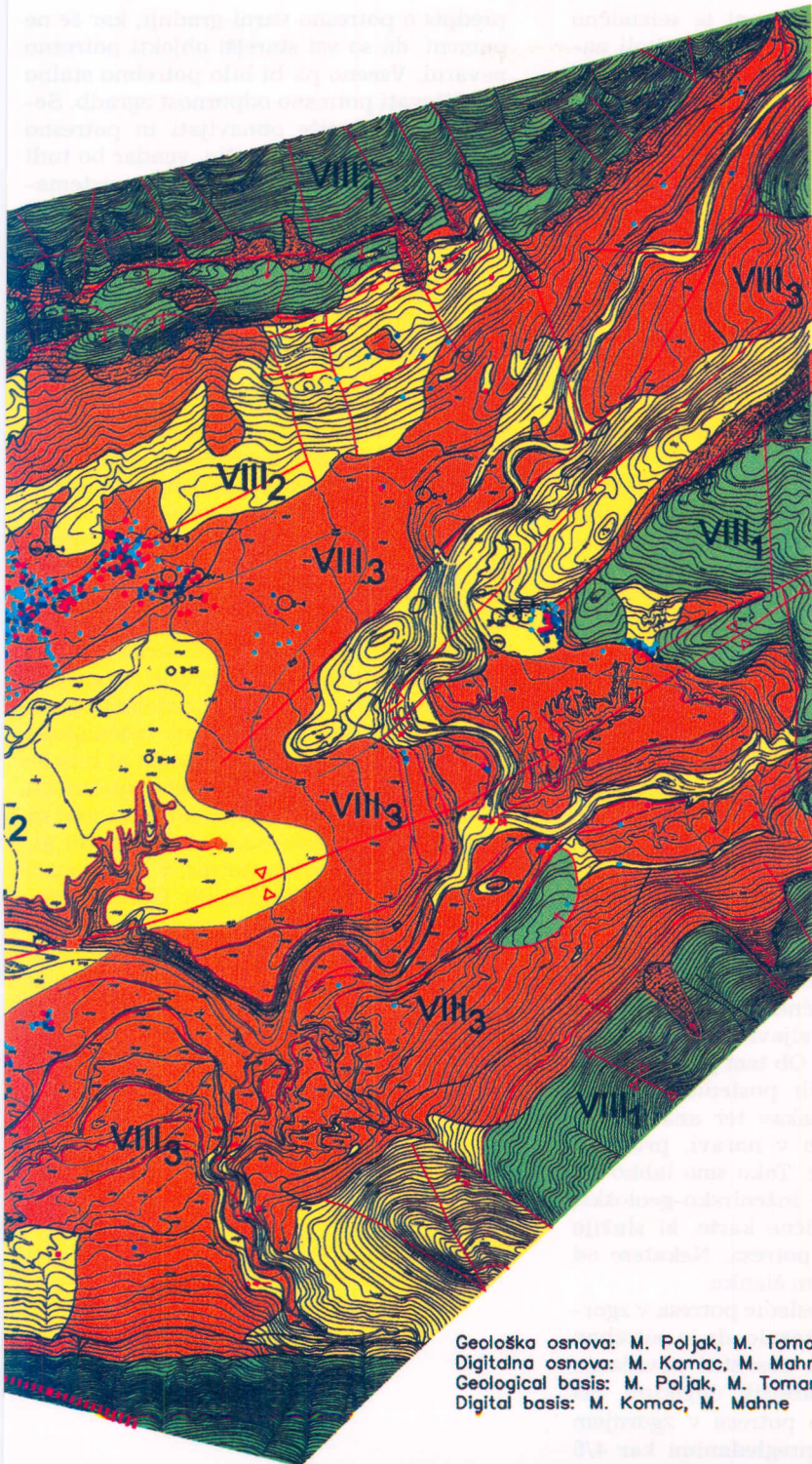
SEISMIC MICROZONATION MAP OF BOVEC BASIN

Avtorja/Authors: M. Ribičič, R. Vidrih



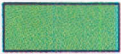
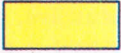

Sl. 10. Karta seizmične mikrorajonizacije Bovške kotline

Fig 10. Seismic microzonation map of Bovec basin








LEGENDA
LEGEND

KATEGORIJA TAL:
CATEGORY OF SOIL:

- 1 
- 2 
- 3 

STOPNJA POŠKODB
ZGRADB
GRADE OF DAMAGE
TO BUILDINGS

- 1 
- 2 
- 3 
- 4 
- 5 

Geološka osnova: M. Poljak, M. Toman, M. Bavec, 1998;
 Digitalna osnova: M. Komac, M. Mahne
 Geological basis: M. Poljak, M. Toman, M. Bavec, 1998;
 Digital basis: M. Komac, M. Mahne

sedimentov, kjer so zgrajeni iz seizmično neugodnih zemljin (jezerska kreda) ali nastopajo v majhnih debelinah in s heterogeno sestavo. Kjer je bila debelina nanosov večja, ter so istočasno sestavljeni iz prodnih zemljin, smo dolinske nanose uvrstili v 2. kategorijo tal. Klastične sedimente smo prav tako uvrstili v 2. kategorijo. Obrobje kotline, ki je zgrajeno iz karbonatnih kamnin, je uvrščeno v 1. kategorijo. Kljub temu, da karbonatne kamnine seizmično niso občutljive, pa je potrebno opozoriti, da ob potresu v njih lahko pride do hribinskih podorov in zdrsov ter padanja kamnov in skal. To je potrebno upoštevati pri gradnji objektov pod strmimi ali vertikalnimi pobočji.

Na karti so prikazane tudi kategorije poškodb na zgradbah ob potresu, kot so jih ugotovili popisovalci škode takoj po potresu in ki so v tekstu podrobneje obdelane.

Zaključek

Analiza poškodb jasno pokaže, da edino le potresno varna gradnja, pri upoštevanju pričakovane intenzitete potresa na določenem območju, zagotavlja varnost prebivalstvu in preprečuje kasnejšo obsežno in drago sanacijo. Pri tem je treba za stare zgradbe, ki niso bile potresno varno grajene, ugotoviti njihovo konstrukcijsko odpornost na potres in izvesti sanacijo, če je potrebna.

Za območje Posočja so že v preteklosti, posebej pa še po potresu leta 1976 opredelili gradbene in seizmične pogoje, za katere lahko rečemo, da so veljavni tudi za zadnji potres 12. aprila 1998. Ob tem potresu in ob odpravljanju njegovih posledic smo, na osnovi terenskih raziskav ter analiz poškodb na zgradbah in v naravi, pridobili številne nove podatke. Tako smo lahko izdelali nove uporabne inženirsko-geološke, geotehnične in seizmične karte, ki služijo pri sanaciji posledic potresa. Nekatere od njih so prikazane v tem članku.

Pri odpravljanju posledic potresa v zgornjem Posočju se je pokazalo, da je potrebno še posebno pozornost posvetiti povečanju potresne varnosti starejših objektov. Pri pregledu objektov po potresu v zgornjem Posočju je bilo med pregledanimi kar 4/5 grajenih pred letom 1964, ko je bil sprejet

predpis o potresno varni gradnji, kar še ne pomeni, da so vsi starejši objekti potresno nevarni. Vseeno pa bi bilo potrebno stalno izboljševati potresno odpornost zgradb. Sedaj je najnujnejše obnavljati in potresno ojačevati objekte v Posočju, vendar bo tudi drugod v Sloveniji potrebno s sistematičnim ojačevanjem objektov zmanjšati število potresno nevarnih objektov.

Pri sanacijah starejših poškodovanih objektov je obvezno potrebno sanirati tudi temelje. Izkopi ob objektih so namreč pokazali, da je večina starejših (pa tudi posameznih novejših) objektov temeljena preplitvo (večinoma med 0.40 in 0.60 m pod površino). Temelji so slabe kvalitete, saj so zloženi ali iz nekaj decimetrov velikih kosov apnenca (včasih tudi iz druge kamnine), oziroma iz že zelo slabega betona.

Treba bo narediti marsikaj, da nas potresi v potresno aktivni Sloveniji, ne bodo vedno znova presenečali. Potresi na tem območju so bili in bodo - tudi močnejši. Najboljša zaščita pa je potresno varna gradnja novih in potresno ojačevanje starejših objektov. Vse to pa zahteva sistematično in dolgotrajno delo, pa čeprav močnejšega potresa na posameznem območju ni bilo že nekaj desetletij. Ob tem je treba upoštevati tudi lokalne razmere na terenu, ki so vsaj za Bovško kotlino zelo dobro določene in ki, kot je pokazal zadnji potres, v veliki meri vplivajo na velikost poškodb. Obnova zahteva tudi preudarne posege v teren, pri čemer upamo, da bodo pomagale tudi inženirsko-geološke in seizmične osnove, ki so tukaj opisane. Dolina Soče bo le na tak način ohranila svoj čudoviti obraz, ki ga skupaj sestavljajo prelepa narava in dobri ljudje.

Literatura

- Godec, M., Vidrih, R. & Ribičič, M. 1999a: The engineering-geological structure of Posočje and damage to buildings. - International Conference on Earthquake Hazard and Risk in the Mediterranean Region, 18.-22. October 1999, Nikosia, North Cyprus, EHRMR 99 Abstracts, 228. (članek v tisku)
- Godec, M., Vidrih, R., Ribičič, M. 1999b: Potres 12. aprila 1998 v zgornjem Posočju. Inženirsko-geološka zgradba tal in poškodbe objektov. - Potresi v letu 1998. Publikacija Uprave RS za geofiziko, 145-168, Ljubljana.
- Godec, M., Ribičič, M., Vidrih, R. 1999c: A survey of damage caused by 1998 earthquake in the Soča valley (Slovenia). - 12th World Conference on Earthquake engineering, Auckland, 30. Jan.- 4. Feb. 2000, 447.
- Ovčak, T. & Vidrih, R. 1999: Damage to world war I memorials during the Earthquake on 12 April, 1998 in the Krn Mountain Range. - International Conference on Earthquake Hazard and Risk in the Mediterranean Region, 18.-22. October 1999, Nikosia, North Cyprus, EHRMR 99 Abstracts, 235 (članek v tisku)
- Preliminary seismological bulletin. 1998, Geophysical Survey of Slovenia, Ljubljana.
- Ribarič, V. 1987: Seizmološka karta za povratno periodo 500 let. - Zajednica za seizmologiju SFRJ, Beograd.
- Ribičič, M. & Vidrih, R. 1998: Poškodbe v naravi ob letošnjem potresu v Posočju. - Življenje in tehnika XLIX, september 1998, 48-56, Ljubljana.
- Ribičič, M. & Vidrih, R. 1999: Earthquake on 12 April, 1998 in Posočje - Damage to nature. - International Conference on Earthquake Hazard and Risk in the Mediterranean Region, 18.-22. October 1999, Nikosia, North Cyprus, EHRMR 99 Abstracts, 227 (članek v tisku).
- Ribičič, M. & Vidrih, R. 1999: Seizmološki in geotehnični pogoji gradnje v zgornjem Posočju. - Sanacija in rekonstrukcija zgradb. Zbornik referatov. Gradbeni center Slovenije, 135-151, Ljubljana.
- Ribičič, M., Vidrih, R. & Šinigoj, J. 2000: The influence of the geological condition the increase of earthquake effects (Earthquake on April 12, 1998; Slovenia; M = 5,6). - Melbourne: Geo 2000. - (sprejet na kongresu)
- Sinčič, P. & Vidrih, R. 1999: Earthquake on 12 April, 1998 in Posočje and instrument-based observations of aftershocks activities. - International Conference on Earthquake Hazard and Risk in the Mediterranean Region, 18.-22. October 1999, Nikosia, North Cyprus, EHRMR 99 Abstracts, 231. (članek v tisku)
- Vidrih, R. et al. 1991: Potresna ogroženost Slovenije. Občina: Brežice, Idrija, Krško, ljubljanske občine, Tolmin. - Seizmološki zavod R Slovenije in Republiški štab za civilno zaščito, 214 p., 5 prilog, Ljubljana.
- Vidrih, R. & Godec, M. 1998: Potres v Posočju 12. aprila 1998. - Življenje in tehnika XLIX, julij 1998, 59-68, Ljubljana.
- Vidrih, R. 1998: Potres v Posočju seizmologov ni presenetil. Vsi kraji, kjer je nastalo največ poškodb so zgrajeni na slabi podlagi na nanosih rek in potokov in na pobočnih gruščih. - DELO, Znanost, 9, Ljubljana.
- Vidrih, R. & Ribičič, M. 1998: Geološke posebnosti potresa 12. aprila v Posočju. Potres je povzročil ne le veliko škodo na hišah, pospešil je tudi geološko dogajanje. - DELO, Znanost, 12, Ljubljana.
- Vidrih, R. & Ribičič, M. 1999: Porušitve naravnega ravnotežja v hribinah ob potresu v Posočju 12. aprila 1998 in Evropska makroseizmična lestvica (EMS-98), Geologija, Vol. 41, 365-410. Ljubljana, Slovenia.
- Vidrih, R. & Ribičič, M. 1999: Potres 12. aprila 1998 v gornjem Posočju. Posledice v naravi. - Potresi v letu 1998. Publikacija Uprave RS za geofiziko, 121-144, Ljubljana.

OPOMBA: Večina novejših podatkov je bila pridobljenih pri geološko-geotehničnih raziskavah v okviru odprave posledic škode potresa v Posočju, z dne 12. 4. 1998, ki jih je financiralo Ministrstvo za okolje in prostor. Izdelano je bilo poročilo »Analiza učinkov potresa v Posočju dne 12. 4. 1998«, ki smo ga izdelali na Gradbenem inštitutu ZRMK ob sodelovanju Inštituta za geologijo, geotehniko in geofiziko ter Uprave RS za geofiziko.