

POTRESNA LESTVICA MSK

Janez Lapajne*

Učinke potresa (predvsem na površju Zemlje) ocenjujemo z brezdimenzijsko celoštevilsko ali stopenjsko potresno lestvico, ki temelji na razvrščanju učinkov na ljudi, na živali, na razne predmete, na tla in pokrajino ter predvsem na zgradbe. Glavni in najobjektivnejši vidik klasifikacije so poškodbe gradbenih objektov, ni pa z njimi mogoče opredeliti celotne lestvice. V svetu so bile in so deloma še v rabi različne lestvice za ovrednotenje potresnih učinkov; znanih je blizu 50 takih lestvic, katerih večina ima le še zgodovinski pomen.

Lestvico za oceno potresnih učinkov imenujemo intenzitetno potresno lestvico, ker govorimo o intenziteti (ali jakosti) potresa na zemeljskem površju (včasih tudi pod površjem). Zaradi njenega opisnega značaja jo imenujemo tudi opisna potresna lestvica. Ker se z ovrednotenjem potresnih parametrov na podlagi proučevanja učinkov potresa ukvarja področje seizmologije, ki ga imenujemo makroseizmika, govorimo o makroseizmični lestvici.

Naši predpisi o gradnji na seizmičnih območjih uzakonjajo rabo 12-stopenjske potresne lestvice MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg), ki jo v praksi postopoma zamenjuje v opisu podobna prav tako 12-stopenjska lestvica MSK (Medvedev-Sponheuer-Karnik). Slednja vključuje nekatere količinske opredelitve, ki jih ni v MCS in drugih lestvicah. Od ostalih intenzitetnih lestvic sta v svetu pomembni še 12-stopenjska lestvica MM (Modified Mercalli), ki je tudi podobna lestvici MCS in je v rabi predvsem v Združenih državah Amerike, ter 7-stopenjska japonska lestvica JMA (Japanese Meteorological Agency).

Ker se v ostalih evropskih državah vedno bolj uveljavlja potresna lestvica MSK in ker bo tudi v naših predpisih kmalu zamenjala lestvico MCS, dajem v nadaljevanju njeno celotno besedilo. Lestvica je v 25 letih obstoja doživela več sprememb, ki zadevajo njene količinske in fizikalne opredelitve. Najvažnejše sem poskušal pregledno prikazati.

V prvem delu so dane osnove klasifikacije lestvice, ki obsegajo njene vidike, količinske opredelitve besednega opisa, način razvrščanja zgradb in opredelitev poškodbenih kategorij. Sledi opis potresnih stopenj po posameznih vidikih. Enostavna enačba in preglednica 1 podajata zvezo opisne stopnje oz. intenzitete z nekaterimi fizikalnimi količinami nihanja tal za posamezne različice lestvice. Za hiter pregled in poljudno rabo je priloženo poenostavljeno besedilo lestvice MSK, ki velja praktično tudi za lestvico MCS. Za lažje pomnjenje je tu 12 stopenj razdeljenih v štiri skupine po tri stopnje, za katere je izpostavljena neka skupna značilnost.

Klasifikacija

Vidik klasifikacije

- ljudje in njihova okolica, — zaznavanje,
- zgradbe — poškodbe,
- narava — pojavi, spremembe.

Količinske opredelitve besednega opisa

MSK različica:		1964	1976	1978	Predlog 1980
POSAMEZNI	okoli	5 %	5 %	5 %	≤ 10 %
MNOGI	okoli	50 %	50 %	20 %	20—50 %
VEČINA	okoli	75 %	75 %	55 %	≥ 60 %

Vrste zgradb

- Stavbe iz neobdelanega kamna, kmečka poslopja, hiše iz na zraku sušene opeke — adobe, domovi iz ilovice.
 - Navadne opečne hiše, zgradbe iz velikih blokov, zidana poslopja z lesenim ogradjem, stavbe iz naravnega obdelanega kamna.
 - Zgradbe z železobetonskim in jeklenim pojačanjem ali ogradjem, stavbe iz večjih prefabriciranih plošč, močnejše lesene hiše.
- (Opomba: Zgradbe, ki so grajene po predpisih o potresnovarni gradnji, tu niso zajete.)

Poškodbene kategorije

1. kategorija — LAHKE POŠKODBE: fine razpoke v ometu, odpadanje koščkov ometa.
2. kategorija — ZMERNE POŠKODBE: majhne razpoke v stenah, odpadanje večjih kosov ometa, odpadanje strešnikov, razpoke v dimnikih, odlomi delov dimnikov.
3. kategorija — HUDE POŠKODBE: velike in globoke razpoke v stenah, odlomi dimnikov.
4. kategorija — PORUŠITVE: prelomi in reže v zidovih, podiranje delov stavb, puščanje povezav posameznih delov zgradb, zrušenje notranjih sten in zapolnitev v ogradjih.
5. kategorija — UNIČENJE: zrušenje zgradb.

Opis stopenj

Stopnja Učinki

I Nezaznaven potres

- Moč tresljajev je pod človekovo mejo občutljivosti. Nihanje zabeležijo le seizmografi.
-
-

II Komaj zaznaven potres

- Zaznajo ga le mirujoči posamezniki v hišah, predvsem v višjih nadstropjih.
-
-

III Šibek potres

- Potres zazna malo ljudi v poslopih, na prostem pa le v primernih razmerah. Potresni sunki so podobni tresljajem, ki jih povzroči vozeč lahek tovornjak. Pozorni opazovalci lahko opazijo lahno nihanje visečih predmetov, ki je nekoliko močnejše v višjih nadstropjih.
-
-

IV **Zaznaven potres**

- a) V zgradbah zazna potres mnogo ljudi, na prostem pa malo. Redke prebudi, pa nikogar. Potresni sunki so podobni prestraši tresljajem, ki jih povzroča vozeč težko naložen tovornjak. Vrata in okna ropotajo, posoda in steklenina žvenketa, tla in stene škripajo, pohištvo se za trese, viseči predmeti zanihajo. Gladina tekočine v odprti posodi se vznemiri. Treslji so zaznavni v mirujočih avtomobilih.
- b) —
- c) —

V **Prebujanje**

- a) Potres zaznajo vsi ljudje v zgradbah, na prostem pa mnogi. Mnogi speči se zbudijo. Nekateri zbežijo ven. Živali se vznemirijo. Zgradbe se tresejo v celoti. Viseči predmeti močno nihajo. Slike se premaknejo. Tu in tam se zaustavijo nihalne ure. Nestabilni predmeti se ponekod premaknejo ali prevrnejo. Odprta vrata in okna luputajo. Iz napolnjenih odprtih posod se prelije tekočina v manjših pljuskih. Potresni sunki so podobni tresljajem pri padcu težkega predmeta v zgradbi.
- b) Na posameznih zgradbah tipa A so možne poškodbe 1. kategorije.
- c) Možna je sprememba izdatnosti kakšnega izvira.

VI **Prestrašenje**

- a) Potres zazna večina ljudi znotraj in zunaj zgradb. Mnogi ljudje v zgradbah se prestrašijo in zbežijo ven. Posamezniki izgubijo ravnotežje. Domače živali zbežijo iz hlevov. Tu in tam se lahko razbije posoda in steklenina. Knjige padejo s polic. Težko pohištvo se lahko premakne. Manjši zvonovi v cerkvenih zvonikih lahko zazvonijo.
- b) Na posameznih zgradbah A nastanejo poškodbe 2. kategorije, na mnogih zgradbah A nastanejo poškodbe 1. kategorije, na posameznih zgradbah B nastanejo poškodbe 1. kategorije.
- c) Na vlažnih tleh lahko mestoma nastanejo razpoke široke do 1 centimeter. V hribovitih predelih tu in tam zdrsnejo zemljine. Pojavijo se spremembe izdatnosti izvirov in gladine vode v vodnjakih.

VII **Poškodbe zgradb**

- a) Večina ljudi se prestraši in zbeži iz hiš. Mnogi ljudje se s težavo obdržijo na nogah. Treslji zaznajo v vozečih avtomobilih. Zazvonijo veliki zvonovi.
- b) Na posameznih zgradbah A nastanejo poškodbe 4. kategorije, na mnogih zgradbah A nastanejo poškodbe 3. kategorije, na mnogih zgradbah B nastanejo poškodbe 2. kategorije, na mnogih zgradbah C nastanejo poškodbe 1. kategorije. Potres povzroči razpoke na cestah in posamezne usade cest na strminah, poškodbe na stikih cevovodov ter razpoke v kamnitih ogradah.
- c) Na vodni gladini nastanejo valovi, voda postane kalna zaradi vzburkanega dna. Spremeni se vodostaj vodnjakov in izdatnost izvirov. Redkeje se pojavijo novi izviri ali presahnejo stari. Tu in tam zdrsnejo peščene in prodne brežine.

VIII **Hude poškodbe zgradb**

- a) Ljudi obide strah in panika. Vznemirijo se tudi v vozečih avtomobilih. Tu in tam se odlomijo veje dreves. Težko pohištvo se premakne in ponekod prevrne. Del visečih svetil se poškoduje.
- b) Na posameznih zgradbah A nastanejo poškodbe 5. kategorije, na mnogih zgradbah A nastanejo poškodbe 4. kategorije, na posameznih zgradbah B nastanejo poškodbe 4. kategorije, na mnogih zgradbah B nastanejo poškodbe 3. kategorije, na posameznih zgradbah C nastanejo poškodbe 3. kategorije, na mnogih zgradbah C nastanejo poškodbe 2. kategorije. Tu in tam se prelomijo cevovodi na stikih. Spomeniki in kipi se premaknejo in zavrtijo. Nagrobniki se prevrnejo. Kamniti ogradni zidovi se porušijo.
- c) Na strminah kotanj in nasipov cest nastanejo manjši zdrsni zemljin. Razpoke v tleh dosežejo širino do nekaj centimetrov. Pojavijo se novi zbiralniki vode. Ponekod se napolnijo suhi vodnjaki ali presušijo obstoječi. Marsikje se spremeni izdatnost izvirov in vodostaj v vodnjakih.

IX **Poškodbe mnogih zgradb**

- a) Ljudi zajame splošna panika. Živali begajo sem in tja in spuščajo predirljive glasove. Pohištvo se močno poškoduje.
- b) Na mnogih zgradbah A nastanejo poškodbe 5. kategorije,

na posameznih zgradbah B nastanejo poškodbe 5. kategorije, na mnogih zgradbah B nastanejo poškodbe 4. kategorije, na posameznih zgradbah C nastanejo poškodbe 4. kategorije, na mnogih zgradbah C nastanejo poškodbe 3. kategorije. Spomeniki in stebri se prevrnejo. Rezervoarji se precej poškodujejo, podzemeljski cevovodi se ponekod pretrgajo. Tu in tam se poškodujejo železniške proge in ukrivijo tračnice.

c) V ravninskih predelih so pogosta poplavljanja ter nanosi peska in blata. Razpoke v tleh dosežejo širino do 1 decimetra, na pobočjih in brežinah pa tudi več. Poleg teh nastane tudi več manjših razpok. Skalovje se ruši. Pogosti so usadi, udori in osipi zemljin. Na vodni gladini nastanejo veliki valovi.

X **Rušenje mnogih zgradb**

- b) Na večini zgradb A nastanejo poškodbe 5. kategorije, na mnogih zgradbah B nastanejo poškodbe 5. kategorije, na posameznih zgradbah C nastanejo poškodbe 5. kategorije, na mnogih zgradbah C nastanejo poškodbe 4. kategorije. Na pregradah in nasipih nastanejo kritične poškodbe. Mostovi se težko poškodujejo. Podzemeljski cevovodi se ukrivijo ali prelomijo. Cestni tlak in asfaltna prevleka postane valovita.
- c) V tleh se pojavijo razpoke širine od nekaj decimetrov do enega metra. Široke razpoke nastanejo tudi vzporedno s strugami vodotokov. Rahle zemljine se osipajo s strmin. Na rečnih bregovih in strmih morskobalah so možni večji zdrsni. Pojavijo se premiki peska in blata na obalnih območjih. Vodostaji v vodnjakih se spremenijo. Voda preliha čez bregove rek, jezer, kanalov itd. Pojavijo se nova jezera.

XI **Katastrofa**

- b) Hude poškodbe nastanejo celo na dobro grajenih zgradbah, mostovih, vodnih pregradah in železniških tirih. Ceste postanejo neuporabne. Podzemeljski cevovodi so uničeni.
- c) Široke razpoke, prelomi ter vodoravni in navpični premiki zelo spremenijo površje tal. Pojavijo se številni plazovi zemljin in krušenja skalovja.
- Stopnja potresa terja posebne raziskave.

XII **Sprememba zemeljskega površja**

- b) Zelo velike poškodbe ali uničenje praktično vseh nadzemeljskih in podzemeljskih gradbenih objektov.
- c) Temeljita preobrazba zemeljskega površja. V tleh nastanejo precejšnje razpoke z znatnimi vodoravnimi in navpičnimi premiki. Skalni podori in usadi rečnih brežin se pojavijo na velikem območju. Nastanejo nove zaježitve vode in pojavijo se novi slapovi. Spremenijo se poti vodotokov.
- Stopnja potresa terja posebne raziskave.

Zveza s fizikalnimi količinami

Za različice MSK 64, MSK 76 in MSK 78 velja zveza:

$$\begin{Bmatrix} a \\ v \\ x_0 \end{Bmatrix} = k \cdot 2^{I-I_0}$$

- $a \dots$ je pospešek nihanja tal za nihajne čase med 0,1 in 0,5 s,
- $v \dots$ je hitrost nihanja tal za nihajne čase med 0,5 in 2,0 s,
- $x_0 \dots$ je amplituda težišča nihala z lastnim nihajnim časom 0,5 s in logaritmskim dekrementom 0,5 (8 % kritičnega dušenja),
- $I \dots$ je opisna potresna stopnja.
- I_0 in k sta konstanti za dano različico MSK in dano fizikalno količino.

V preglednici 1 so za opisane potresne stopnje od V do X (deloma tudi za IV in XI) dane vrednosti ali intervali vrednosti fizikalnih količin a , v in x_0 za različice lestvic MSK 64, MSK 76 in MSK 78 ter za predlog iz leta 1980. Dodane so še vrednosti za I_0 in k za posamezne različice MSK lestvice.

Poenostavljena 12-stopenjska potresna lestvica MSK ali MCS

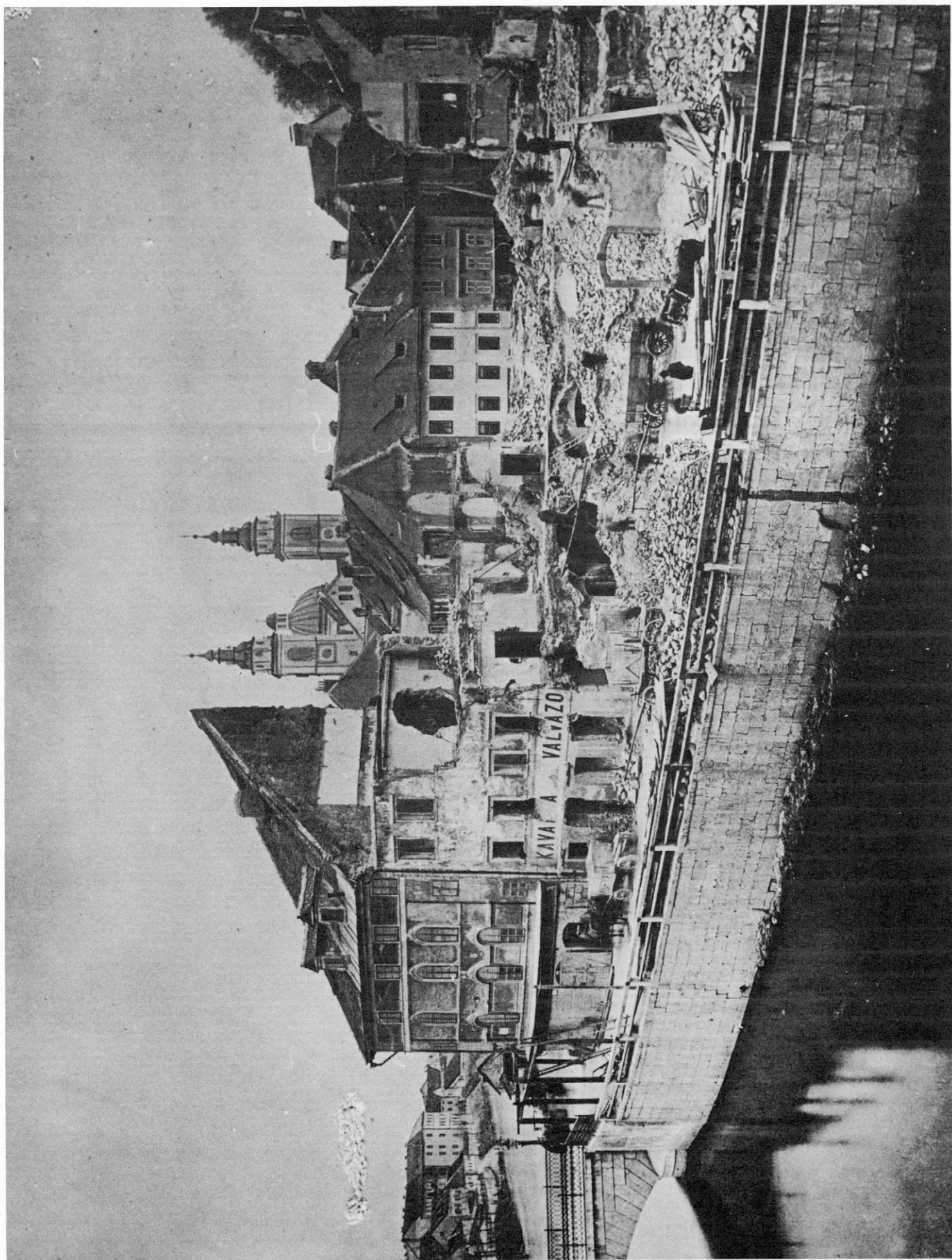
Stopnja	Značilnost	Odziv ljudi	Poškodbe objektov, delovanje na predmete	Spremembe v naravi
I	SLABA ZAZNAV-NOST	Ne zaznajo		
II		Zaznajo redki		
III		Zazna manjšina		
IV	DELOVANJE NA PREDMETE	Zaznajo mnogi	Lahno tresenje in škripanje predmetov	
V		Prebujanje	Loputanje in premikanje predmetov	Vzvalovitev gladine mirujoče vode
VI		Prestrašenje	Odpadanje ometa, poškodbe dimnikov	Mestoma razpoke v vlažnih tleh
VII	POŠKODBE OBJEKTOV	Strah	Odlomljeni dimniki, manjše razpoke v zidovih	Posamezni zdrsi pobočnih zemljin
VIII		Panika	Večje razpoke v zidovih, posamezna rušenja	Udori in usadi, spremembe pretokov in gladine vode
IX		Splošna panika	Podiranje delov hiš, delno rušenje	Razpoke v tleh, plazovi, presuševanje in pojavi izvirov
X	SPREMEMBE V NARAVI		Rušenje opečnih zgradb, poškodbe močnejših objektov	Velike razpoke v tleh, veliki zemelj. plazovi, poplavljanje
XI			Hujše poškodbe in rušenje močnejših objektov	Prelomi in premiki v tleh, poplave
XII			Uničenje vseh objektov	Sprememba površja in veliki premiki tal, premeščanje vodotokov

Poenostavil: J. Lapajne

1. Medvedev, S. V., 1968. Meždunarodnaja škala sejsmičeskoj intensivnosti. Sejsmičeskoe rajonirovanie SSSR. Izdatelstvo »Nauka«, Moskva, 151—162.
2. Medvedev, S. V., 1978. Opređenje intenzivnosti zemletrjasenij. Epicentralnaja zona zemletrjasenij, Voprosy inženernoj seismologii, 19, AN SSSR. Izdatelstvo »Nauka«, Moskva, 108—115.
3. Medvedev, S. V., 1977. Seismic intensity scale MSK-76. Publ. Inst. Geophys. Pol. Acad. Sc., A-6 (117), 95—102.
4. Report on Ad-hoc Panel Meeting of Experts on Up-dating of the MSK-64 Seismic Intensity Scale, Jena, 10—14 March 1980. Geerlands Beitr. Geophysik, 90/3, Leipzig, 261—268.

Preglednica 1. Zveza opisne potresne stopnje s fizikalnimi količinami.

Stopnja	MSK # 64			MSK # 76			MSK # 78			Predlog 1980		
	a (m/s ²)	v (10 ⁻² m/s)	x ₀ (10 ⁻³ m)	a (m/s ²)	v (10 ⁻² m/s)	x ₀ (10 ⁻³ m)	a (m/s ²)	v (10 ⁻² m/s)	x ₀ (10 ⁻³ m)	a (m/s ²)	v (10 ⁻² m/s)	x ₀ (10 ⁻³ m)
IV										0,15—0,4	1—6	1—4
V	0,12—0,25	1—2	0,5—1	0,25	2	1				0,25—0,65	1,8—11	2,5—10
VI	0,25—0,5	2,1—4	1,1—2	0,5	4	2	0,5	5	2,5	0,35—1	3,2—20	6—22
VII	0,5—1	4,1—8	2,1—4	1	8	4	1	10	5	0,6—1,6	6—35	14—50
VIII	1—2	8,1—16	4,1—8	2	16	8	2	20	10	0,9—2,5	10—70	30—120
IX	2—4	16,1—32	8,1—16	4	32	16	4	40	20	1,35—4	20—125	70—270
X	4—8	32,1—64	16,1—32	8	64	32				2,2—6,2	37—230	150—600
XI										3,5—10	65—400	400—1400
l ₀	8—7	(5)—4	(6)—5	7	4	5	7	4	5			
k	1 m/s ²	10 ⁻² m/s	10 ⁻³ m	1 m/s ²	10 ⁻² m/s	10 ⁻³ m	1 m/s ²	1,25 × 10 ⁻² m/s	1,25 × 10 ⁻³ m			



Rušenje hiš na Cankarjevem nabrežju v Ljubljani, ki jih je uničil potres 14. aprila 1895. V popotresni obnovi so začeli uvajati načela potresnovarne gradnje, Ljubljana pa je dobila tudi dobro opremljeno potresno opazovalnico. (Vir: Narodni muzej)