

UNIVERZITET U BEOGRADU  
GRAĐEVINSKI FAKULTET

Aleksa Milićević  
Pavle Lišanin  
Katarina Marinković  
Aleksandra Milosavljević

# **Građevinarstvo u Japanu**

## **Seizmička gradnja**

Seminarski rad

Poslovne komunikacije i prezentacije

Beograd, 2019

## Sadržaj

1.	Država Japan .....	1
1.1	Geografski položaj .....	1
1.2	Geologija .....	1
2.	Uticaji na građevinarstvo u Japanu .....	2
2.1	Vulkani .....	2
2.2	Zemljotresi .....	2
2.3	Cunamiji .....	2
2.4	Odnos jačine zemljotresa i broja oštećenih zgrada .....	3
3.	Seizmička gradnja .....	4
3.1	Osnove .....	4
3.2	Najčešće korišćene strukture .....	4
3.2.1	Seizmička izolacija baze .....	4
3.2.2	Čelična zidna ploča .....	4
4.	Kodeks seizmičke gradnje i tehnologije u Japanu .....	5
4.1	Izmena zakona o građevinskim standardima 1981 .....	5
4.2	Tipovi zgrada .....	5
4.2.1	Kju-Taišin .....	5
4.2.2	Šin-Taišin .....	5
4.2.3	Zgrade od drveta .....	5
4.3	Tipovi seizmičkih struktura .....	6
4.3.1	Taišin sistem .....	6
4.3.2	Seišin sistem .....	6
4.3.3	Menšin sistem .....	7
5.	Literatura .....	8

# 1. Država Japan

Japan, zemlja na jedanaestom mestu po broju stanovnika, sa populacijom većom od 127 miliona i nalazi se na istočnom delu Zemljine polulopte. Na zapadu je od Rusije, Severne i Južne Koreje, odvojen Japanskim morem, a na jugozapadu od Kine ga razdvaja Žuto more. Glavni, a i najveći grad Japana je metropola Tokio, sa preko 13 miliona stanovnika, dok su ostali veći gradovi Jokahama, Osaka, Nagoja, Sapiro i Kobe.

## 1.1 Geografski položaj

Arhipelag Japana se nalazi u oblasti Vatrenog pojasa Pacifika. Sve ukupno, čine ga 6852 ostrva i proteže se 3000km. Sa svih strana je okružen morima i okeanima, na severozapadu Japanskijmm morem, Žutim morem na prema zapadu i Severno-pacifičkim okeanom prema istoku.

U samom arhipelagu mogu se izdvojiti četiri najveća ostrva – Honšu, Kjušu, Šikoku i Hokaido, koja čine 97 procenata površine kopnene teritorije Japana, koja iznosi preko 364 miliona km<sup>2</sup>.

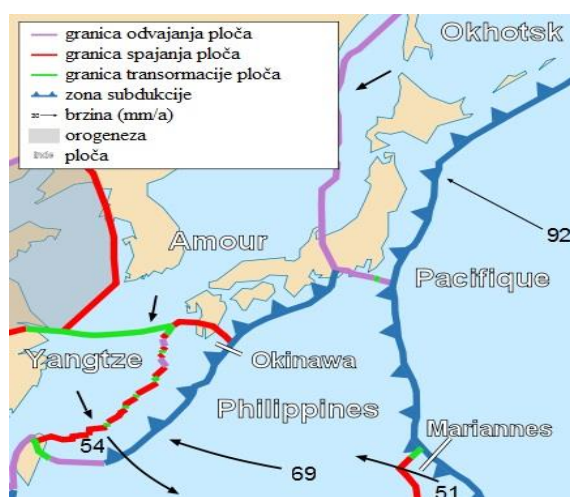
## 1.2 Geologija

Ostrva Japana nastala su kao rezultat pomeranja i sudaranja tektonskih ploča koje se susreću baš u tom regionu. Proces nastanka trajao je nekoliko stotina miliona godina, od perioda srednjeg Silura (pre 443 miliona godina) pa sve do pleistocenske epohe (pre 11700 godina).

Kao primeri, ispod ostrva Honšu, Šikoku i većeg dela ostrva Kjušu nalazi se Amurian tektonska ploča, dok Hokaido leži na Ohotskoj ploči.

Tektonske ploče igraju veliku ulogu u stvaranju prirodnih fenomena poput zemljotresa i cunamija, po kojima je Japan poznat, i problemi poput ovih utiču značajno na stil građevinarstva i tehnike gradnje u ovoj zemlji.

Same odlike Vatrenog pojasa Pacifika, ogledaju se u tome da je na području oko Japana subdukcijska<sup>1</sup> zona najizraženija (pozivanje na sliku 1), samim time, mora se poći od pretpostavke da je svaka dugačka subdukcijska zona sposobna da proizvede snažne zemljotrese i cunamije. (Folger, n.d.)



Slika 1. Subdukcijska zona i podvlačenje okeanskih ploča pod kontinentalne ploče

<sup>1</sup>Subdukcijska zona (lat. *subductio*: izvlačenje) predstavlja proces spuštanja, tj. poniranja Zemljine kore u Zemljin plašt. Razlog tome je podvlačenje jedne litosferne ploče pod drugu, najčešće okeanske ploče pod kontinentalnu

## 2. Uticaji na građevinarstvo u Japanu

Zbog specifičnog geografskog položaja, Japan je vekovima izložen prirodnim katastrofama koje, pored toga što sa sobom odnose veliki broj ljudskih žrtava, uništavaju gradove, zdanja kulturne i umetničke vrednosti i mnogobrojna postrojenja.

Zemljotresi, vulkani i cunamiji su pojave koje su, zbog njihove razorne moći, naviše i uticale na način građenja u Japanu, tj. pojave seizmičke gradnje.

### 2.1 Vulkani

Najveći vulkan, koji je ujedno i najviši vrh Japana (3776m), jeste vulkan Fudži (jap. Fuji). Danas je Fudži u stanju mirovanja, iako je bio aktivan poslednji put 1707. godine, nakon zemljotresa jačine 8.7 po Rihterovoj skali, postoji zabrinutost oko moguće aktivacije, posebno nakon nedavnih događaja na Havajima (Yedroudj, 2018). Pored njega postoji još 110 vulkana koji takođe predstavljaju opasnost, a jedan od njih je u aprilu 2018. napravio veliku pometnju svojom aktivacijom posle 250 godina mirovanja.

### 2.2 Zemljotresi

Ova prirodna katastrofa postala je svakodnevna pretnja ovom regionu. Zemljotresi su u Japanu beleženi od 684. godine, a od tada se može izdvojiti preko 80 koji su bili jačine 6 stepeni Merkalijeve skale<sup>2</sup> (dalje u tekstu MCS), pa sve i do više od 9 stepeni po toj skali.

MCS je veoma slična šindo skali<sup>3</sup> (jap. *shindo*; seizmički intenzitet), koja se koristi u Japanu.

Marta 2011. Godine, Japan je pogodio najjači zemljotres u njegovoj istoriji. Njegova jačina je bila čak 9,1 po MCS. Zabeleženo je preko 15000 žrtava i 2500 nestalih. Tōhoku zemljotres ostavio je za sobom kao posledicu nuklearni incident u Fukušimi.

Zemljotres jačine 9 po MCS naziva je još i pustošni zemljotres, jer njegov opis po skali je - oštećuje 50% zgrada. Mnoge zgrade se ruše, a većia ih je neupotrebljiva. U tlu se javljaju velike pukotine, a na padinama klizišta i odroni.

### 2.3 Cunamiji

Nesumnjivo je da u trusnim područjima okruženim vodom ima u većini slučajeva i cunamija zbog same prirode nastanka ovih pojava.

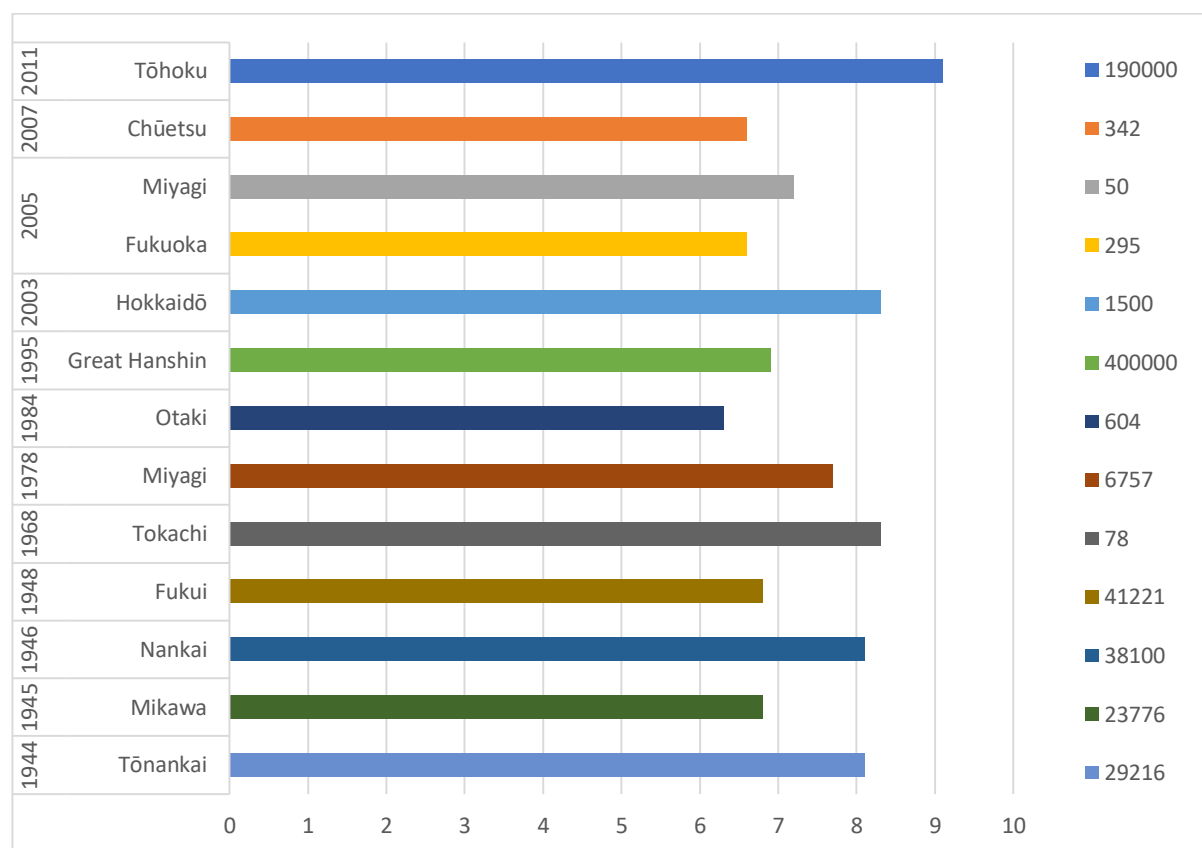
Japan je dosta puta bio izložen razornim cunamijima koji su pratili najjače zemljotrese koji su zadesili ovu državu, pa je gorepomenuti zemljotres bio praćen velikim cunamijem čiji su talasi bili visoki i do 10 metara.

---

<sup>2</sup> Merkalijeva skala ili MCS je skala koja beleži intenzitet zemljotresa po potresima koje prouzrokuje na površini i ima 12 stepeni, za razliku od Rihterove skale, koja opisuje magnitudu zemljotresa

<sup>3</sup> Shindo skala ili JMA skala, je skala koja potrese na površini deli na 10 nivoa od 0 do 7 stepeni po intenzitetu

## 2.4 Odnos jačine zemljotresa i broja oštećenih zgrada



Grafik 1. Prikaz jačih zemljotresa koji su tokom godina pogađali Japan i posledice (broj uništenih zgrada), jačina zemljotresa je po MCS skali

### 3. Seizmička gradnja

Usled jako nepogodnih uslova za gradski život, poput fenomena navedenih u poglavlju dva, građevinska struka u Japanu morala je da napravi korak dalje u odnosu na ostatak sveta i da na neki način ublaži posledice pomeranja tektonskih ploča na svakodnevni život.

Seizmičku gradnju je Japan morao da razvije do nivoa da uticaj prirode u gradovima ne može da ugrozi živote njegovih stanovnika, izgled gradova i građevina ili da ih sačuva uz minimalne posledice.

„Kada razmišljamo na koji način akademski svet može da doprinese sprečavanju katastrofa, pre svega razmišljamo o seizmičkom inženjerstvu za zgrade. Nastavljamo da ostvarujemo napredak u ovoj oblasti kako bismo zaštitili živote ljudi.” (Koshihara, n.d.)

#### 3.1 Osnove

Strukture otporne na zemljotres (u daljem tekstu strukture) predstavljaju strukture<sup>4</sup> specijalno dizajnirane tako da štite zgrade od zemljotresa. Iako ne postoji zdanje potpuno imuno na posledice zemljotresa, cilj ovog tipa gradnje je da zgrade mogu duže i bolje da podnose seizmičku aktivnost.

Strukture su predviđene tako da mogu da podnesu najsnažnije učestale zemljotrese, uz moguću gubitak funkcionalnosti zgrade, dok pri ređim, i samim time mnogo snažnijim zemljotresima, njihov cilj je sprečavanje rušenja zgrade i smanjenja žrtava na minimum.

#### 3.2 Najčeće korišćene strukture

##### 3.2.1 Seizmička izolacija baze

Predstavlja najpopularniji način zaštite strukture od seizmičkih potresa. Sistem predstavlja strukturnih elemenata koji bi trebali da razdvoje nadgradnju od njene podkonstrukcije oslanjajući se na potresno tlo, štiteći tako integritet građevinske ili ne-građevinske strukture. Primena ove strukture pravilnim početnim dizajnom ili naknadnim modifikacijama može značajno da poveća seizmičku održivost konstrukcije.

Bazni sistem se sastoji od izolacionih jedinica sa ili bez izolacionih komponenata, gde su izolacione jedinice osnovni elementi sistema za izolaciju osnove koji su namenjeni stvaranju gorenavedenog efekta odvajanja. Komponente izolacije su veze između izolacionih jedinica i njihovih delova bez sopstvenog efekta razdvajanja. Izolacione jedinice mogu se sastojati od jedinica za klizenje ili smicanje.

##### 3.2.2 Čelična zidna ploča

Čelična zidna ploča (skraćeno SPSW), je čelična struktura okružena graničnim elementima. Sličnog ponašanja kao i čelična greda, ona koristi prednosti naknadnog izvijanja čeličnih ispunskih ploča. Ovaj sistem je dizajniran tako da se sva sila, tj. šteta desi na kritičnim lokacijama, koje su dizajnirane da se ponašaju stabilno i duktilno<sup>5</sup> i predstavljaju osigurače, a time su svi ostali delovi zgrade zaštićeni od kolapsa. U SPSW sistemu, ispunske ploče su elementi osigurača. U slučaju da se oštete pri ekstremnom opterećenju, mogu se zameniti po razumnoj ceni i u potpunosti povratiti integritet zgrade.

---

<sup>4</sup> Struktura je raspored i organizacija povezanih elemenata tako da čine sistem ili neki materijalni objekat. Strukture često uključuju i neku vrstu unutrašnje „hijerarhije”

<sup>5</sup> Duktilnost (lat. *ductilis*; mek) je osobina materijala da se pod uticajem spoljašnje sile plastično deformiše pre nego što nastupi lom

## 4. Kodeks seizmičke gradnje i tehnologije u Japanu

### 4.1 Izmena zakona o građevinskim standardima 1981.

Zakon o građevinskim standardima izmenjen je i dopunjen 1981. godine kako bi se uveli novi standardi za projektovanje otpornosti na seizmičku aktivnost. Ovaj amandman je uveden kao rezultat razornog zemljotresa iz 1978., jačine 7,7 stepeni po MCS, koji je pogodio Mijagi, a zatim je bio praćen manjim cunamijem (oko 60m).

Japanska meteorološka agencija (JMA) procenila je Mijagi zemljotres sa 7.8 na shindo skali

Pre 1981. godine, zgrade su zakonom bile dizajnirane tako da su u mogućnosti izdrže štetu usled potresa zabeleženog sa 5 na japanskoj skali zemljotresa.

Dok sa druge strane, zgrade, projektovane nakon 1981. godine, zakonski moraju biti izgrađene na taj način da izdrže velika oštećenja usled potresa koji seregistruje sa 6-7 na JMA skali.

Konkretno, zgrade koje su dobile potvrdu o građevinskoj potvrdi (are to jì shū) pre 1. juna 1981. podležu starim standardima zemljotresa.) Pored toga, prema novim standardima zgrade izgrađene nakon 1981. moraju biti projektovane ne samo da izdrže udarce samoj zgradi, ali i sa ciljem da se smanji potencijalna šteta po život i udove od potresa

### 4.2 Tipovi zgrada

#### 4.2.1 Kju-Taišin

Kju-Taišin (jap. *Kyu-Taishin*; pre-otpornosti)<sup>6</sup> je naziv za zgradu koja je zgrada dobila svoju potvrdu o izgradnji prije 1. juna 1981, kada je zakon stupio na snagu, i zato ona pripada kju-taišin tipu zgrada.

#### 4.2.2 Šin-Taišin

Šin-Taišin (jap. *Shin-Taishin*; nova-otpornost)<sup>6</sup> su zgrade koje su dobile svoj sertifikat posle 1. juna 1981. godine. Ljudi koji žele da kupe ili iznajme nekretnine, često su savetovani da potraže zgradz izgrađenu prema Šin-Taišin standardu.

Godine 1995., šteta od velikog Hanšin zemljotresa (6,8 po MCS) dokazala je da su zgrade građene prema ovom standardu preživele ne samo u mnogo većem broju, već bile i u boljem stanju nego zgrade tipa Kju-Taišin. Podrazumeva se, naravno, da poštovanje standarda iz 1981. godine ne može da garantuje da građevinski objekat neće pretrpeti oštećenja ili kolaps pri velikom zemljotresu.

#### 4.2.3 Zgrade od drveta

Izvršena je 1995. godine velika revizija načina gradnje drvenih zgrada, tako da stambeni objekti od drveta sa sertifikatom izdatim posle 1. juna 2000. godine imaju bolji dizajn i veću otpornost nego zgrade građene pre 2000. godine.

Pri ovakvim objektima se primenjuje sistem seizmičkih prigušnih sistema za drvene zgrade. Sistemi, koji se mogu instalirati unutar zidova većine drvenih zgrada, uključuju snažan metalni okvir, učvršćenje i amortizere ispunjene viskoznom fluidom.

---

<sup>6</sup> U japanskom jeziku, kyu ima značenje *pre*, dok taishin znači *opor*, a shin znači *novo*

### 4.3 Tipovi seizmičkih struktura

#### 4.3.1 Taišin sistem

Zidovi i/ili noseći stubovi ojačani su posebnim materijalima za učvršćivanje kako bi građevina bolje izdržala potrese, (pozivanje na sliku 2).



Slika 2. Sistem ojačavanja strukture

#### 4.3.2 Seišin sistem

Seišin sistem (jap. *seishin*; kontrola vibracija) zgradu opremljuje prigušivačima, tj. amortizerima dizajniranim na taj način da troše kinetičku energiju, čuvajući time zgradu, (pozivanje na sliku 3).



Slika 3. Sistem kontrole vibracija amortizerima



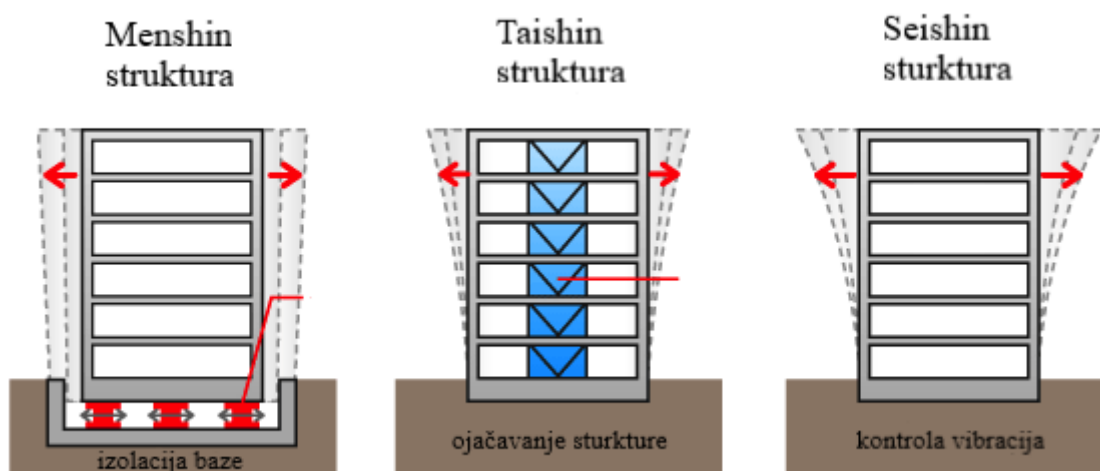
#### 4.3.3 Menšin sistem

Menšin sistem (jap. *menshin*; izolacija baze) izoluje nadzemni deo zgrade od zemlje i time sprečava prenos udarnih talasa na konstrukciju, (pozivanje na sliku 4).



Slika 4. Sistem izolacije baze

Iako su sve gore navedene metode efikasne u tome da povećavaju otpornost zgrada na zemljotres, menšin zgrade su najbolje u snižavanju ukupne količine tremora u zgradi i ograničavanja potresa do umerenih, horizontalnih pokreta (pozivanje na sliku 5). Poredeći ih sa taišin i seišin sistemom, menšin zgrade su dizajnirane na taj način da smanjuju potrese unutar zgrade za čak 2/3.



Slika 5. Primer ponašanja sva tri sistema pri seizmičkoj aktivnosti

## 5. Literatura

Korišćeni izvori:

Folger, T. (n.d.). *Zatišje pred talas*. Retrieved from National Geographic Serbia:

<https://www.nationalgeographic.rs/reportaze/clanci/22-zatisje-pred-talas.html?p=2>

Koshihara, M. (n.d.). *Creating Earthquake-Resistant Buildings*. Retrieved from The University of

Tokyo: <https://www.u-tokyo.ac.jp/en/about/publications/tansei/10/75-recovery-buildings.html>

Yedroudj, L. (2018, Jun 7). *Volcano eruption warning: After Kilauea Japan's Mount Fuji could be*

*next*. Retrieved from Express: [https://www.express.co.uk/news/world/971030/hawaii-](https://www.express.co.uk/news/world/971030/hawaii-volcano-eruption-kilauea-pictures-lava-magma-latest-japan-mt-fuji)

[volcano-eruption-kilauea-pictures-lava-magma-latest-japan-mt-fuji](https://www.express.co.uk/news/world/971030/hawaii-volcano-eruption-kilauea-pictures-lava-magma-latest-japan-mt-fuji)

[https://en.m.wikipedia.org/wiki/Earthquake-resistant\\_structures](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Earthquake-resistant_structures)

[http://www.siecorp.com/lfe/Projects/Seismic\\_Isolation/projects.html](http://www.siecorp.com/lfe/Projects/Seismic_Isolation/projects.html)

<https://web.archive.org/web/20110727012128/http://www.lacityhall.org/isohow.html>

[https://en.m.wikipedia.org/wiki/Base\\_isolation](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Base_isolation)

<https://www.youtube.com/watch?v=ZqIXp3czrrM>

[https://en.m.wikipedia.org/wiki/Steel\\_plate\\_shear\\_wall](https://en.m.wikipedia.org/wiki/Steel_plate_shear_wall)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Modified\\_Mercalli\\_intensity\\_scale](https://en.wikipedia.org/wiki/Modified_Mercalli_intensity_scale)

[https://en.wikipedia.org/wiki/Japan\\_Meteorological\\_Agency\\_seismic\\_intensity\\_scale](https://en.wikipedia.org/wiki/Japan_Meteorological_Agency_seismic_intensity_scale)

<https://www.hp1039.jishin.go.jp/eqchreng/at2-3.htm>

<http://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/earthquake.html>

<http://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/inttable.html>

[https://www.diffen.com/difference/Mercalli\\_Scale\\_vs\\_Richter\\_Scale](https://www.diffen.com/difference/Mercalli_Scale_vs_Richter_Scale)

[https://en.wikipedia.org/wiki/1978\\_Miyagi\\_earthquake#cite\\_note-USGS-2](https://en.wikipedia.org/wiki/1978_Miyagi_earthquake#cite_note-USGS-2)

[https://en.wikipedia.org/wiki/2011\\_T%C5%8Dhoku\\_earthquake\\_and\\_tsunami](https://en.wikipedia.org/wiki/2011_T%C5%8Dhoku_earthquake_and_tsunami)

[https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_earthquakes\\_in\\_Japan](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_earthquakes_in_Japan)

Izvori slika:

<http://montessorimuddle.org/2011/03/11/plate-tectonics-and-the-earthquake-in-japan/>

(slika 1)

<https://resources.realestate.co.jp/buy/earthquake-building-codes-and-technology-in-japan/>

(slike 2, 3, 4 i 5)