

# POTRES 17. AVGUSTA 1999 V TURČIJI

## The 17 August 1999 Earthquake in Turkey

Renato Vidrih\*, Matjaž Godec\*\* UDK 550.34(560)»1999«

### Povzetek

17. avgusta 1999 zjutraj je bil potres v zahodnem delu Turčije na območju mesta Izmit (Kocaeli) ob vzhodni obali Marmornega morja. Močan potres je po zadnjih podatkih zahteval 17.840 življenj. Nastal je ob 0. uri 1 minuta in 39,1 sekunde po svetovnem času (UTC) ali tri ure kasneje po lokalnem času v globini okoli 17 km. Magnituda, določena iz telesnih valov ( $M_b$ ), je 6,3, magnituda, določena iz trajanja potresa ( $M_d$ ), je 6,7, navorna magnituda ( $M_w$ ) je 7,4, magnituda, določena iz površinskih valov ( $M_s$ ), pa celo 7,8. Zelo veliki učinki na površini so posledica sorazmerno plitvega žarišča potresa in slabih seizmogeoloških pogojev (3, 4).

### Abstract

On the morning of 17 August 1999, an earthquake struck the area of the city of Izmit (Kocaeli) along the east coast of the Sea of Marmara in western Turkey. The strong earthquake took 17,840 lives. It occurred at 0 h 1 min and 39.1 UTC, i.e. three hours later according to local time, at a depth of around 17 km. The body wave magnitude ( $M_b$ ) was 6.3, the duration magnitude ( $M_d$ ) 6.7, the moment magnitude ( $M_w$ ) 7.4, and the surface wave magnitude was as high as 7.8 ( $M_s$ ). The very large effects on the surface are the consequence of the relatively shallow hypocentre and unfavourable seismological conditions (3, 4).

## Uvod

Turčija leži v potresno zelo dejavnem območju sredozemsko-transazijskega pasu, na katerega odpade več kot 20 odstotkov celotne potresne energije, ki se letno sprosti na našem planetu. Omenjeni pas se razteza na severozahodu od otoških skupin ob afriški obali in prek Sredozemlja do jugovzhodne Azije (tudi ozemlje Slovenije leži na obrobju tega pasu). Nastal je med afriško geotektonsko ploščo na jugu in evrazijsko na severu. Sestavlja ga več manjših plošč (<10<sup>6</sup> km<sup>2</sup>). Od zahoda proti vzhodu si sledijo jadranska, mesinska, jonska, turško-egejska, lavantinska, plošča Van, arabska, kaspijska in iranska. Tako večje kot tudi manjše plošče se gibljejo v različnih smereh. Med njimi lahko prihaja do podiravanja ali subdukcije, trkov ali kolizije, meje pa so lahko tudi strižne – kjer se dve plošči ali bloka premikata ob prelomu eden proti drugemu. Tak je tudi anatolski prelom, ob katerem je nastal zadnji potres.

V zadnjih 40-tih letih je na ozemlju Turčije zaradi potresne dejavnosti umrlo več kot 50 000 ljudi, da ne govorimo o več stotisoč podrtih domovih. Ozemlje je razdeljeno na šest glavnih seizmogonih con:

- Severnoanatolska seizmogena cona je po sproščeni energiji najdejavnejša. Najmočnejši potresi so tu dosegli magnitudo že čez 8,0 ( $M = 8,1$ ). Razprostira se od Črnega morja, zavzema Anatolijo, na zahodu sega do Marmornega morja, na vzhodu pa se razdeli v dve veji, ki se nadaljujeta proti jezeru Van in Armeniji. Zanjso so značilni vertikalni prelomi, ob katerih so ob močnejših potresih nastajali horizontalni premiki do 4,5 m in vertikalni do 1,5 m. Tudi ob zadnjem potresu so nastajali premiki, vendar manjših razsežnosti.
- Nadaljevanje severnoanatolske seizmogene cone jugovzhodno od jezera Van in dalje proti Iranu. Najdejavnejša je struktura Zagros, ki jo ponekod gradijo narivi, drugod pa normalni prelomi.
- Vzhodnoanatolska ali bingolska seizmogena cona je nadaljevanje severnoanatolske cone. Poteka severozahodno od jezera Van preko Bingola proti jezeru Hazar južno od Elaziga. Prevladujejo normalni lateralni prelomi.
- Hatajska seizmogena cona sega na severu do Marasa, kjer se združi z vzhodnoanatolsko cono, se na jugu pridruži liniji Jordana in se nadaljuje v jarek Rdečega morja.

- Seizmogena cona zahodne Anatolije in sosednjega Egejskega morja sta potresno zelo dejavni. V zahodnih predelih prevladujejo strukture v smeri zahoda, ki pa se v jugozahodni Anatoliji obrnejo proti jugozahodu in jugu. Večinoma gre za normalne prelome.

- Za seizmogeno cono vzhodnega Taurusa so značilna plitva potresna žarišča, proti zahodnemu Taurusu pa srednje globoka.

Večina potresov v Turčiji nastaja v globinah do 30 km (plitva žarišča), le za vzhodni del seizmogene cone zahodne Anatolije in zahodnega Taurusa so značilni srednje globoki potresi (1).

V preglednici so podani potresi, ki so zahtevali več kot 1000 življenj (bilo jih je še veliko z nezanesljivim številom mrtvih). V zadnjem desetletju pa naj omenimo potrese 13. marca 1992 v Erzincanu v vzhodni Anatoliji ( $M = 6,8$ , 653 mrtvih), 1. oktobra 1995 v Dinarju na zahodu Turčije ( $M = 6,0$ , okoli 100 mrtvih) in 27. junija 1998 v provinci Adana na jugu Anatolije ( $M = 6,3$ , 145 mrtvih) (3).

## Anatolski prelom

Potres 17. avgusta je nastal ob severnem anatolskem prelomu. Celoten prelom poteka v smeri vzhod – zahod in je potresno ena najbolj dejavnih struktur na tem območju pa tudi v svetovnih razsežnostih. Pravzaprav ga lahko primerjamo s podobnim prelomom sv. Andreja, ki je v javnosti mnogo bolj znan in poteka ob pacifiški obali v Kaliforniji. Zadnji potres je nastal ob njegovem severnem krilu. Na vzhodu Turčije se začena pri mestu Karliova, kjer se stika z vzhodnim anatolskim prelomom. V rahlem loku poteka čez osrednji del do doline Mudurnu na zahodu. Tu se razcepi v prelom Izmit Sapanca, ki poteka od jezera Sapanca čez severni del polotoka Armutlu in se nadaljuje pod Marmornim morjem. Na kopnem se ponovno pojavi pri kraju Murefte in se pod zalivom Saros nadaljuje pod Egejskim morjem. S precejšnjo zanesljivostjo lahko trdimo, da je potres nastal ob tej strukturi. Južni del je prelom Iznik Mekece, ki poteka od kraja Gejve južno od jezera Iznik do zaliva Gemlik. Nadaljuje se pod Marmornim morjem, pri zalivu Bandirma seka polotok Kapidag in poteka dalje čez polotok Biga in pod Egejsko morje.

V zadnjem stoletju je bilo ob severnem krilu anatolskega preloma kar 34 rušilnih potresov. Najmočnejši je nastal 26. decembra 1939 na območju province Erzincan. Imel je

\* mag., Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava Republike Slovenije za geofiziko, Kersnikova 3, Ljubljana, renato.vidrih@gov.si

\*\* Ministrstvo za okolje in prostor, Uprava Republike Slovenije za geofiziko, Kersnikova 3, Ljubljana, matjaz.godec@gov.si

magnitudo  $M = 7,9$ , zahteval pa je 32.700 življenj. Ob tem potresu je vzdolž preloma v dolžini 360 kilometrov nastal povprečni vodoravni premik 4,5 metra.

## Posledice potresa

Tragične posledice potresa so rezultat kombinacije več različnih vplivov, kot so:

- nadžarišče potresa na območju z gosto naseljenostjo,
- velik odstotek porušenih objektov,
- veliko sekundarnih posledic.

Ob katastrofi, ki se je zgodila v Turčiji, nehote pomislimo na potres, ki je bil 7. decembra 1988 v Armeniji, le nekoliko vzhodnejše od tega potresa. Potres z magnitudo  $M = 6,8$  je zahteval preko 25.000 življenj. Primerjavo navajamo zaradi podobnosti z zadnjim turškim potresom, saj sta oba prizadela območja s približno enakimi značilnostmi.

Mnogo zgradb na tem območju je slabo zgrajenih. V primeru porušitve polovice zgradb lahko pričakujemo 10 odstotkov smrtnih žrtev med prebivalstvom. Za primerjavo naj navedemo Japonsko. V primeru porušitve polovice objektov lahko pričakujemo le odstotek mrtvih.

Na področju potresno varne gradnje imajo v Turčiji sodoben predpis iz leta 1997, ki bi lahko bil vzor mnogim drugim državam. Tudi predhodni predpis iz leta 1975 je bil dovolj dober, zato se upravičeno sprašujemo, zakaj so bile posledice potresa tako grozljive. Žal vsak, posebej pa zelo močan potres, pomeni novo izkušnjo za gradbenike. Koristno je, če se te izkušnje kažejo tudi v izboljšavi zakonodaje na področju potresno varne gradnje.

Slovenska delegacija, ki so jo sestavljali predstavniki Uprave RS za geofiziko, Fakultete za gradbeništvo in Zavoda za gradbeništvo, si je ogledala področja, ki so bila prizadeta med potresom 17. avgusta 1999.

Cilji ogleda so bili:

- pregled poškodb na objektih in ocena vzrokov,
- pregled poškodb v naravi,
- pogovor o stanju regulative in prakse na področju potresnega inženirstva,
- spremljanje potresov.

Vse zastavljene cilje smo uresničili s pomočjo lokalnega vodiča – g. Adama Somerja, inženirja geofizike, ki dela na oddelku za odpravo posledic naravnih nesreč v turškem ministrstvu za javna dela in gradnjo.

Splošne značilnosti potresa:

- nastal je ob anatolskem prelomu, ki je dolg 1300 km,
- globina žarišča je bila okoli 17 km,
- premiki ob potresu: 5,1 m desni lateralni, 2,3 m vertikalni,
- aktivna dolžina preloma je bila 170 km,
- v Turčiji je bilo po letu 1939 enajst potresov z magnitudo več ali enako 6,7, kar pomeni, da je potresna dejavnost tu večja kot ob prelom sv. Andreja v Kaliforniji,
- ob potresu so se objekti premaknili tudi do 4 m in ostali včasih tudi nepoškodovani,
- pospeški: vzdolžni 0,4 g, prečni 0,3 g, vertikalni 0,45 g,
- predpisi o potresno varni gradnji v Turčiji so dobri – izšli so leta 1942, 1975, 1997 (EC8),
- večina poškodb je bila na 4– do 6– nadstropnih objektih (nihajna doba 0,4–0,6 s),

- pri spektrih potresa je bilo največje ojačanje valov v intervalu 0,4–0,6 s,
- vzdolž 250 km dolge linije je poškodovanih 70 % objektov,
- tudi pri nekaterih novogradnjah niso upoštevani predpisi o potresno varni gradnji,
- slaba izvedba in tudi projektiranje,
- pri projektiranju in gradnji objektov ni nadzora ali pa je le-ta slab,
- problem polnil,
- vprašljiva kakovost betona in armature,
- mehke etaže,
- pomanjkanje detajlov za duktilnost (stremena, sidranje,...),
- posredna škoda je bila bistveno večja od neposredne,
- neupoštevanje slabih talnih pogojev (slaba tla, visok nivo podtalnice).

Potres v Turčiji je nastal v gospodarsko najpomembnejšem delu države, ki ima 62 milijonov prebivalcev. Žrtev je bilo veliko, mnogo prebivalcev pa je ostalo brez strehe nad glavo. Zaradi nemirnih tal so se mnogi zatekli k sorodnikom po vsej državi. Vsaki družini, ki je ostala brez bivališča, je država za najemnino mesečno prispevala 200 USD.

Bistven razlog za tolikšen obseg žrtev in škode je, da se je potres dogodil na območju z veliko gostoto prebivalstva in industrije.

Potres je prizadel tretjino turške industrije. Vzpostavitev njenega delovanja je trajala dalj časa. Tako so za osnovno ureditev plinifikacije potrebovali več kot dva meseca.

Poškodovana je bila tudi infrastruktura. V okolici Adanapazarija so se na betonskih stebrih pojavile manjše poškodbe zaradi manjšega odklona. Ponekod je prišlo do posedanj cestišča za 100 do 500 mm. En nadvoz se je podrl. Avtocesta Istanbul – Ankara je bila kljub poškodbam odprta že dan po potresu.

Električni sistem je bil močno poškodovan. Podrtih je bilo nekaj transformatorskih postaj, prišlo je do kratkih stikov. Prevrnili so se mnogi transformatorji na stebrih. 150-kilovoltni elektrovod je deloval neprekinjeno, za vzpostavitev delovanja 380-kilovoltnega elektrovoda pa so potrebovali 10 dni.

Med opravljenimi pregledi je bilo ugotovljeno, da je bil eden pomembnih vzrokov poškodb pomanjkanje prečne armature pri armiranobetonskih stebrih. Tudi kakovost betona je bila pogosto slaba. Po oceni tujih popisovalcev poškodb je bil najpomembnejši vzrok za to, da ni ustrezne armature ali kakovosti betona, pomanjkanje znanja in ustreznega nadzora.

Turški mediji so krivili običajno pohlepne izvajalce, ki so varčevali pri materialih, posledica pa so bile poškodbe. Na žalost je to le delno res. Glede na ocene tujih strokovnjakov, ki so si ogledali prizadeto območje in poznajo postopke gradnje v Turčiji, je celoten postopek gradnje od idejnih zasnov, prek projektiranja, gradnje in nadzora ter vzdrževanja poln vrzeli. Zaradi soočanja z ostro konkurenco so izvajalci gradili t. i. poletne rezidence (stanovanja po ceni 10–15.000 USD) za srednji razred prebivalstva. Pri večini takšnih objektov je za primerno projektiranje ostalo na voljo malo denarja. Projekte naj bi pregledal ustrezen nadzorni organ, kar pa je bila le želja. Občine običajno le izdajo potrdilo, da je projekt odobren, odgovornost pa ostaja na projektantu. Ni neobičajno, da dokončana zgradba sploh ni bila podobna tisti v projektu. Verjetno gre za korupcijo pri izdaji uporabnih dovoljenj. Vendar tudi stanovalci objektov brez uporabnih dovoljenj lahko zaprosijo in dobijo priklju-

čitev na elektriko, telefon, vodo... Župani običajno mislijo le na to, kaj jim bo prineslo popularnost, in si v teh primerih zatiskajo oči.

Mnogi objekti so zgrajeni brez kakršnihkoli dovoljenj. To so t. i. »gece kondu«, kar pomeni »zgrajeno preko noči«. Vendar, če so lokalni gradbeniki še tako usposobljeni za hitro gradnjo, je težko verjeti, da so šestnadstropne zgradbe zgrajene preko noči. Torej gre verjetno za tiho soglasje oz. odobritev upravnih organov.

Kakšne so značilnosti cenene gradnje, ki je povzročila tolikšne žrtve? Zasnova vseh zgradb je približno enaka – gre za armiranobetonske okvire s polnili iz opeke. V mestnih središčih so prevladovala mehka prtiličja s številnimi lokali. Uporaba armature je majhna, v glavnem gre za gladko armaturo. Stremen je premalo ali pa jih sploh ni. Zelo običajno je veliko nesorazmerje med togimi gredami velikih presekov in vitkimi stebri nepravilnih oblik z malo armature. Tudi beton je običajno slabe kakovosti, s prevelikimi frakcijami gramoza.

V obmorskih krajih (Yalova in Golcuk) so za izdelavo betona uporabljali morske sedimente. Tako so v porušeni stebrih vidne lupine školjk. Posledica uporabe takšnih materialov je hitrejša korozija armature, slabša kohezija betona in s tem še zmanjšana nosilnost konstruktivnih elementov. Praksa pri teh zgradbah je tudi, da nimajo sten za prenos obremenitev.

Starejše zgradbe, zgrajene v otomanskem stilu (leseni okvirji polnjeni z zidaki), so se med potresom obnesle bolj kot armirani beton. Porušitev praktično ni bilo. Pa tudi med temi starimi zgradbami je razlika: polnilo iz opeke se je obneslo bolj kot polnilo iz na zraku sušenih zidakov.

Vendar ni vse, kar je zgrajeno na prizadetem območju, slabo grajeno. Niso redki primeri objektov, ki so potres prestali brez poškodb. Takšnih je bilo precej novejših šolskih objektov, pa tudi pri džamijah, ki so vedno simetrično zasnovane, so bili običajno poškodovani le minareti.

Vzrok tako obsežnih poškodb so bila tudi temeljna tla. Na območju Adapazari in Izmita tla sestavljajo plasti plasti peska in gline. Raven podtalne vode je meter pod površjem. Tako so bili pogosti primeri likvefakcije (utekočinjenja tal). Nekateri objekti so zaradi tega potonili, se posedli ali naglili, posamezni pa so se prevrnili.

Čeprav je Marmorno morje majhno, je potres povzročil tsunami. Potresi na tem območju so sicer v zgodovini že devetkrat povzročili valove tsunami. Po podatkih istanbulske tehnične univerze je ta potres povzročil tsunami, ki je v Golcuku dosegel višino 4 m.

### **Preglednica 1. Število poškodovanih objektov v posameznih mestih**

**Table 1. Damaged buildings in affected cities**

kraj	število porušeni ali hudo poškodovanih zgradb	število zmerno poškodovanih enot	število rahlo poškodovanih enot
Sakarya	19043	12200	18720
Golcuk	12310	7789	9299
Kocaeli	19017	20021	20323
Istanbul	3073	13339	12455
Yalova	9462	7917	12685
Bolu	3095	4180	3303
Bursa	29	104	401
Eskisehir	76	47	315

Vzrok porušitve mnogih novih objektov je bilo tudi neupoštevanje predpisov kot posledica pomankljivega nadzora tako v fazi projektiranja kot v fazi gradnje objektov.

Dejstvo je, da poleg novih objektov zmeraj obstaja večina tistih, ki so bili zgrajeni še pred sodobnimi predpisi. Takšni objekti pogosto ne dosegajo potresne varnosti, ki jo zahtevajo predpisi danes ali drugih zahtev. V obdobju, ko so se ti objekti gradili, sta bila znanje in praksa na drugačni ravni. To sicer še ne pomeni, da so vsi starejši objekti slabi. Verjetno pa stanje takratnih predpisov in prakse ni bilo bistveno drugačno od primerljivega po svetu, kar pomeni: vgrajevan je bil beton slabše kvalitete, prečne armature je bilo malo, uporabljala se je gladka armatura, uporabljale so se nekatere konstrukcijske rešitve, ki se sedaj kažejo kot slabe.

V okviru popotresnega ogleda smo si ogledali poškodbe v krajih: Istanbul-Avcilar, Tutunciftlik, Derince, Izmit (tu smo obiskali univerzo), Golcuk, Seymen, Yubasilar, Sapanga, Arifiye, Adapazari, Sakari, Yalova, Karamursel in Degirmendere.

## **Derince**

Precej so bili poškodovani še nevseljani stanovanjski bloki. Spet se je izkazalo, da težava ni v predpisih, ampak v njihovem nespoštovanju. Stene so bile postavljene tako, da so se sekale skoraj v isti točki. Takšni objekti niso imeli potrebne torzijske odpornosti. Tudi armiranje ni bilo kakovostno – gladka armatura z redkimi stremenji.

Mnoge poškodbe objektov v tem in tudi drugih krajih so nastale zaradi porušitve mehkega prtiličja. Če mehkega prtiličja ni bilo, se je ustvarilo, ko so se porušila izredno šibka polnila med okvirji v prtiličju.

## **Izmit – Kocaeli**

Tretjina objektov univerze je bilo uničenih. Za pričetek predavanja (prestavljen je bil na 1. november 1999) so gradili montažne objekte. Ocenjeno je bilo, da je na tem območju kar 50 % objektov v takšnem stanju, da jih bo treba porušiti.

Širše območja mesta Izmit je imelo 1.000.000 prebivalcev. Med potresom je bilo 4000 mrtvih. Večina hudih poškodb je nastalo na tleh, ki jih sestavljajo naplavine. Splošna značilnost teh tal je, da imajo visoko raven podtalne vode.

## **Seymen**

Pogled na naselje petnadstropnih blokov v tem kraju je bil zastrašujoč. Vsi bloki so bili močno poškodovani. Naselje je staro le 3–4 leta. Vzroki porušitev so bili mehka prtiličja, slabi materiali (nesegregiran beton), gladka armatura, redka stremena, slabi prehodi armature, izpadanja polnil iz okvirjev. Nihajna doba objektov je bila po grobi oceni 0,4–0,6 sekunde, enako je bilo tudi območje največjega ojačanja potresnih valov. Mnogo poškodb, ki smo si jih ogledali skoraj 2 meseca po potresu, pa so povzročili tudi močni popotresi. Vendar so bile tudi tu novejšje stavbe, ki so potres prestale. Tu so bila vidna gostejša stremena in vgradnja bolj kakovostnega betona.

## **Golcuk**

Mesto je imelo 600.000 prebivalcev. Žrtev je bilo 5.000. V posameznih predelih v centru mesta in ob obali je tudi 90 % objektov takšnih, da jih bo potrebno podreti. Novejši objekti so utrpeli več in hujše poškodbe. Starejši, običajno prtilični ali največ enonadstropni ortogonalno zasnovani objekti so potres bolje prestali. Pri tem pa starejše objekte predstavljajo objekti, mlajši od 50 let.



## Sapanga

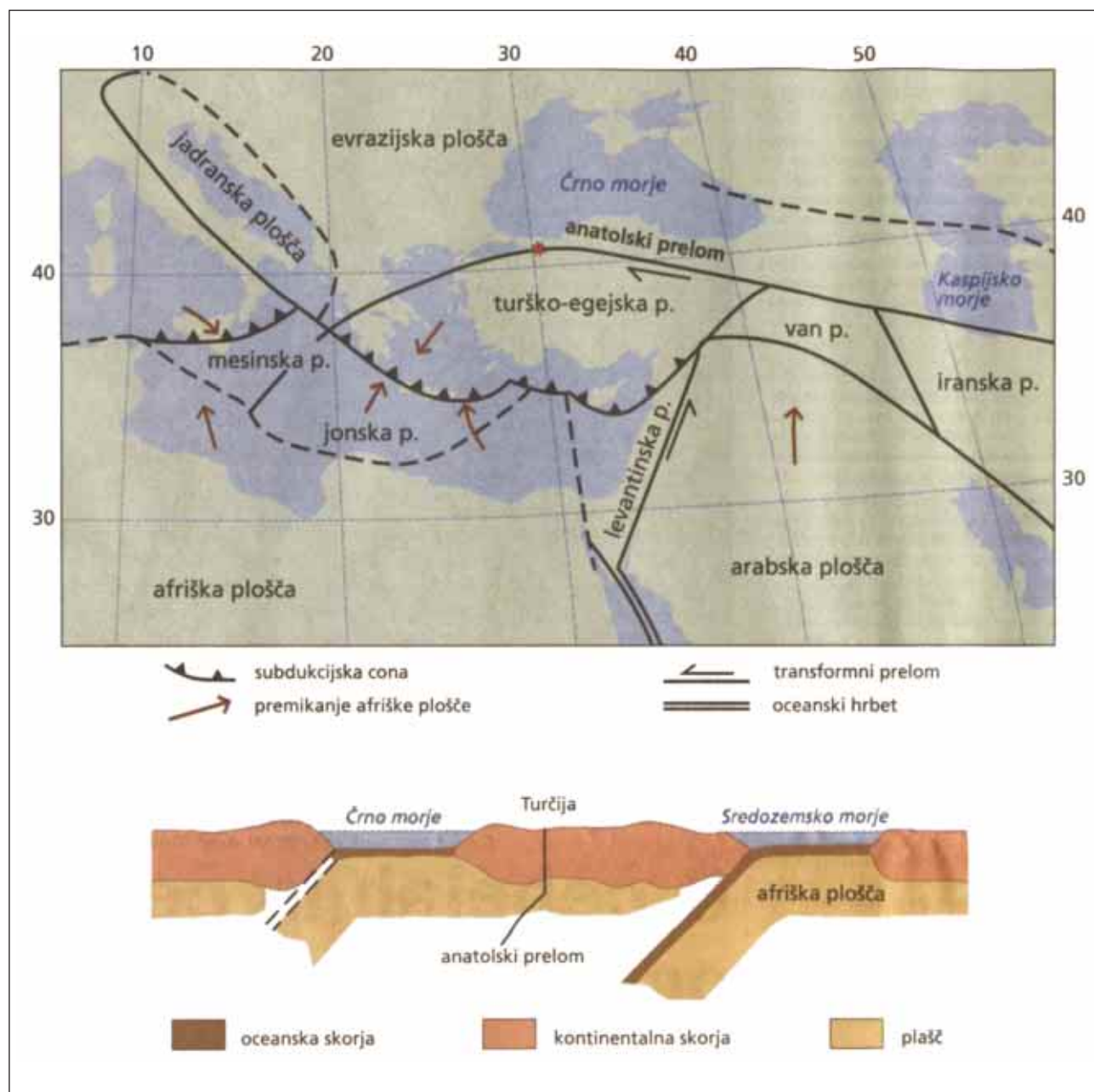
Zaradi zdrsa tal se je hotel zapeljal v jezero. Vzrok za takšne poškodbe je nezadostno upoštevanje geomehanskih karakteristik tal.

## Arifiye

Tla v prelomni coni so se premaknila 3,5 m horizontalno in 0,5 m vertikalno, kar je bilo opazno na pretrganem jašku. Tu je bil tudi eden izmed redkih poškodovanih mostov. Na splošno je bilo poškodb na mostovih malo. Izgleda, da je bil nadzor nad izvajanjem del v okviru javnih financ boljši, kot v zasebnem sektorju.

## Adapazari

V mestu je živel 600.000 ljudi, med potresom pa je bilo 2600 žrtev. Obsežnih poškodb je bilo veliko in tudi tu so imeli velik vpliv na obseg poškodb lokalni geomehanski pogoji. Tla sestavljajo naplavine, raven podtalne vode je visoka. Posledica vpliva talnih razmer so bila prevračanja, posedanja in nagibanja objektov. Starejši, nižji, predvsem pa lažji objekti (pogosto leseni okviri s polnili) so bili občutno manj poškodovani ali pa sploh ne. Posebej nemoč vzbujajoč je bil pogled na objekt, ki se je sesedel kot »palačinke«. Poškodbe na drugih objektih so bile podobne pregledanim: izpadla polnila na objektih, poškodovana vozlišča, mehke etaže, posedanje, likvefakcija, zdrobljena be-



Slika 1. Med afriško in evrazijsko geotektonsko ploščo je več manjših plošč, med njimi tudi turško-egejska. Puščice označujejo smer gibanja afriške plošče. Krogec označuje epicenter potresa, ki je nastal ob anatolskem prelomu. Spodnja slika kaže presek od Črnega morja prek Turčije do Sredozemskega morja.

Figure 1. Between the African and Eurasian geotectonic plates, there are several smaller plates, including the Turkish-Aegean plate. The arrows indicate the direction of movement of the African plate. The small circle designates the epicentre of the earthquake, which appeared along the Anatolian fault. The bottom picture shows a cross-section of the Black Sea in the direction from Turkey to the Mediterranean Sea.

tonska jedra stebrov ipd. V vsej tragičnosti ogleda prizadetega območja pa smo videli tudi porušene objekte, v katerih so ljudje kot po čudežu preživeli. V Adapazariju je bil npr. objekt poškodovan tako, da mu je manjkalo pritličje, v katerem je bila trgovina. Dobesedno zapeljal se je na levo za višino pritličja (približno 2,8 m). V objektu je v času potresa živelo 5 družin s 30 člani. Nihče ni bil poškodovan. Tudi iz marsikaterega objekta s porušeno etažo so reševalci uspeli rešiti ljudi.

## Jalova

V mestu Yalovi je bilo 50.000 prebivalcev, od tega je bilo ob potresu 2.500 žrtev. Center mesta se je spremenil v mesto duhov, večina prebivalcev se je v strahu pred popotresnimi sunki odselila. Tudi tu so bile močno poškodovane cele soseske. Ponovno je bil vzrok v slabih geomehanskih pogojih tal. Posledice so bila posedanje in nagibanje objektov.

## Degirmendere

V kraju se je morska obala v širini 50–60 m zapeljala za približno 150 m v morje, v globino 40 metrov. Na obali so bile restavracije, kioski, sprehajališča... Danes je ob morski obali sosednja ulica. Reševanje v takih primerih seveda sploh ni bilo možno.

Že večkrat smo poudarili, da je bilo veliko težjih poškodb zaradi slabih geomehanskih pogojev tal. Naplavine in podobni nesprijeti sedimenti predstavljajo v seizmogeološkem smislu zelo neugodna tla, ki zahtevajo mnogo boljše temeljenje. Zgradbe, ki so bile zgrajene v višjih predelih nad mesti, na boljši geološki podlagi, so ostale večinoma nepoškodovane (5).

## Spremljanje potresne dejavnosti

Kako pomembno je to območje tudi v svetovnih razsežnostih, dokazuje zanimanje strokovnjakov s področja geologije,

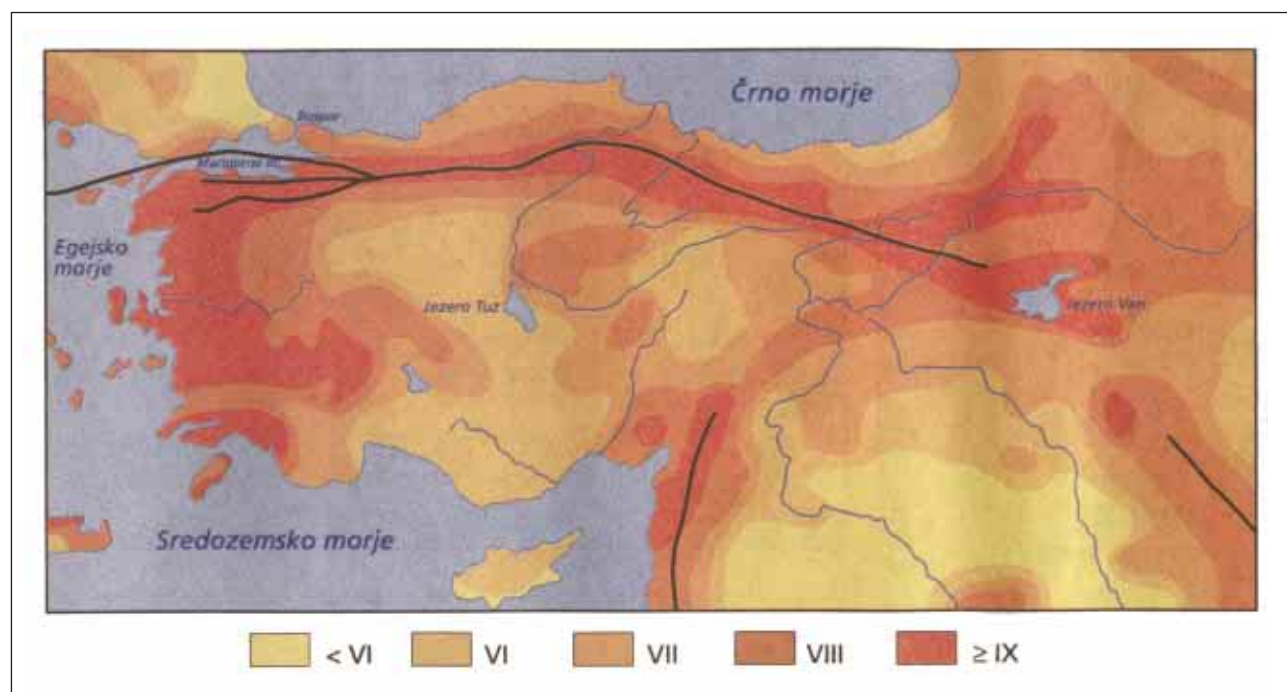
seizmologije ipd. iz celega sveta. Že leta 1996 so začeli strokovnjaki iz različnih delov sveta postavljati sodobno mrežo potresnih opazovalnic na ozemlju med mestoma Bolu in Adapazari, kjer se anatolski prelom razcepi v dva dela. To pa ni edini razlog, to območje je namreč tudi med industrijsko in ekonomsko najbolj razvitimi v Turčiji. Na ozemlju, velikem za približno tretjino Slovenije, so postavili 14 potresnih opazovalnic (Slovenija jih ima sedem, poteka pa projekt izgradnje omrežja petindvajsetih potresnih opazovalnic). Omrežje SABO, kakor se imenuje ta sodobni sistem, ima zbirni center za obdelavo in vrednotenje podatkov v mestu Adapazari. Seizmografi znotraj omrežja zapišejo povprečno tri potrese dnevno (2).

Poleg spremljanja potresne dejavnosti pa potekajo tu tudi neotektonske in paleoseizmološke raziskave, natančne meritve nagibov tal, meritve ravni in temperature podtalne vode, gravimetrične meritve, spremljanje meteoroloških parametrov, meritve koncentracije radona ter hidrokemičnih parametrov.

## Sklepne misli

Potres 17. avgusta 1999 v zahodni Turčiji je še eden v dolgi vrsti potresov, ki so pokazali, kaj je neakovostna gradnja. Seizmologi to območje dobro poznajo, kar priča tudi karta maksimalnih intenzitet potresov, ki je bila izdelana pred skoraj 30 leti in seveda do danes večkrat izpopolnjena. Na tem območju so strokovnjaki pričakovali močne potrese, zato moč zadnjega potresa ni bila nikakršno presenečenje. Močni potresi so tu nastajali v preteklosti in tudi v bodoče bodo imeli seizmologi, geologi, gradbeniki in drugi strokovnjaki opraviti z njimi.

Leto 1999 je bilo izjemno po tem, da je več močnih potresov nastalo v urbanih območjih. Statistično pa je bilo s stališča sproščene potresne energije običajno leto. Kaj storiti, da bi bile posledice potresov čim manjše? Izkušnje potresa v Turčiji in tudi drugih potresov kažejo, da je za novogradnje potrebno strogo upoštevanje predpisov na tem po-



Slika 2. Na karti maksimalnih intenzitet potresov v Turčiji vidimo, da potres ni bil presenečenje, saj so tu predvideni potresi devete stopnje in več.

Figure 2. The map of maximum seismic intensities in Turkey shows that the earthquake did not come as a surprise, as nine- and higher level earthquakes are envisaged here.

dročju. To naj bi bilo samoumevno, pa izgleda, da ni. Drugo, še pomembnejše in obsežnejše področje pa je postopno potresno ojačevanje starejših slabše grajenih objektov. To bi morala biti stalna naloga, ne pa, da na potrese prehitro pozabimo v prepričanju, da se nam ne morejo dogoditi.

Naj navedemo le primerjavo s potresoma, ki sta nastala 7. decembra 1988 na meji med Turčijo in Armenijo ( $M = 6,8$ )

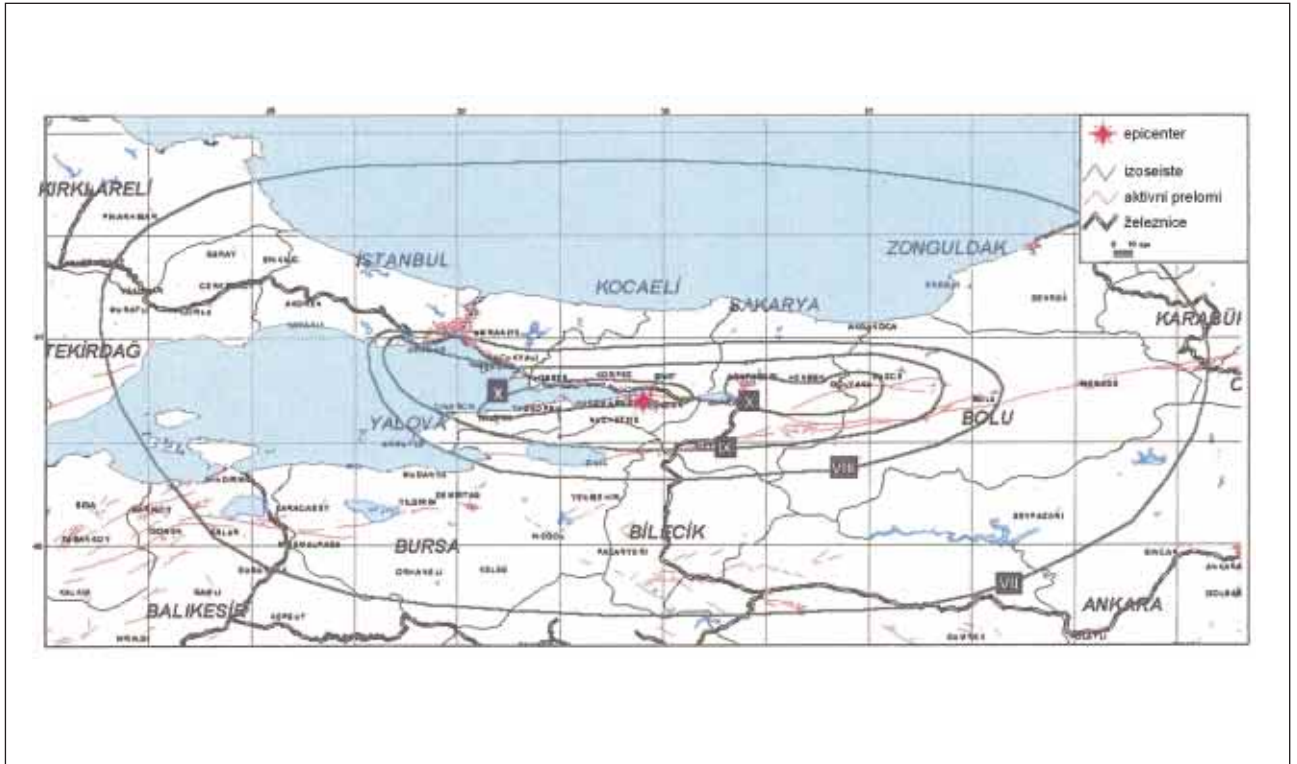
in dobrega pol leta kasneje, 14. avgusta 1989, na območju San Francisca v Kaliforniji ( $M = 6,7$ ). Približno enako močna potresa sta zahtevala več kot 25.000 človeških žrtev v Armeniji, nekaj tudi v Turčiji in 80 v San Franciscu. Komentar ni potreben. Zato znova opozarjamo, da je le potresno varna gradnja edino zagotovilo, da ne bo prihajalo do tako obsežnih rušenj in s tem do tolikšne izgube človeških življenj.

**Preglednica 2. Seznam potresov na ozemlju Turčije od leta 1500 dalje, ki so zahtevali več kot 1000 življenj. Veliko potresov, predvsem v prejšnjih stoletjih, ki so zahtevali smrtne žrtve, pa zaradi netočnosti podatkov ni navedenih. Seveda je bilo na tem območju večje število potresov z večjimi magnitudami, ki jih v preglednici ni, ker pač niso zahtevali večjega števila človeških žrtev.**

**Table 2. Earthquakes in Turkey from 1500 onward which claimed more than 1000 lives. Many earthquakes which claimed lives, particularly in previous centuries, are not listed due to incomplete data. There have been several large-magnitude earthquakes in this area, but are not listed in the table because they did not claim a greater number of human lives**

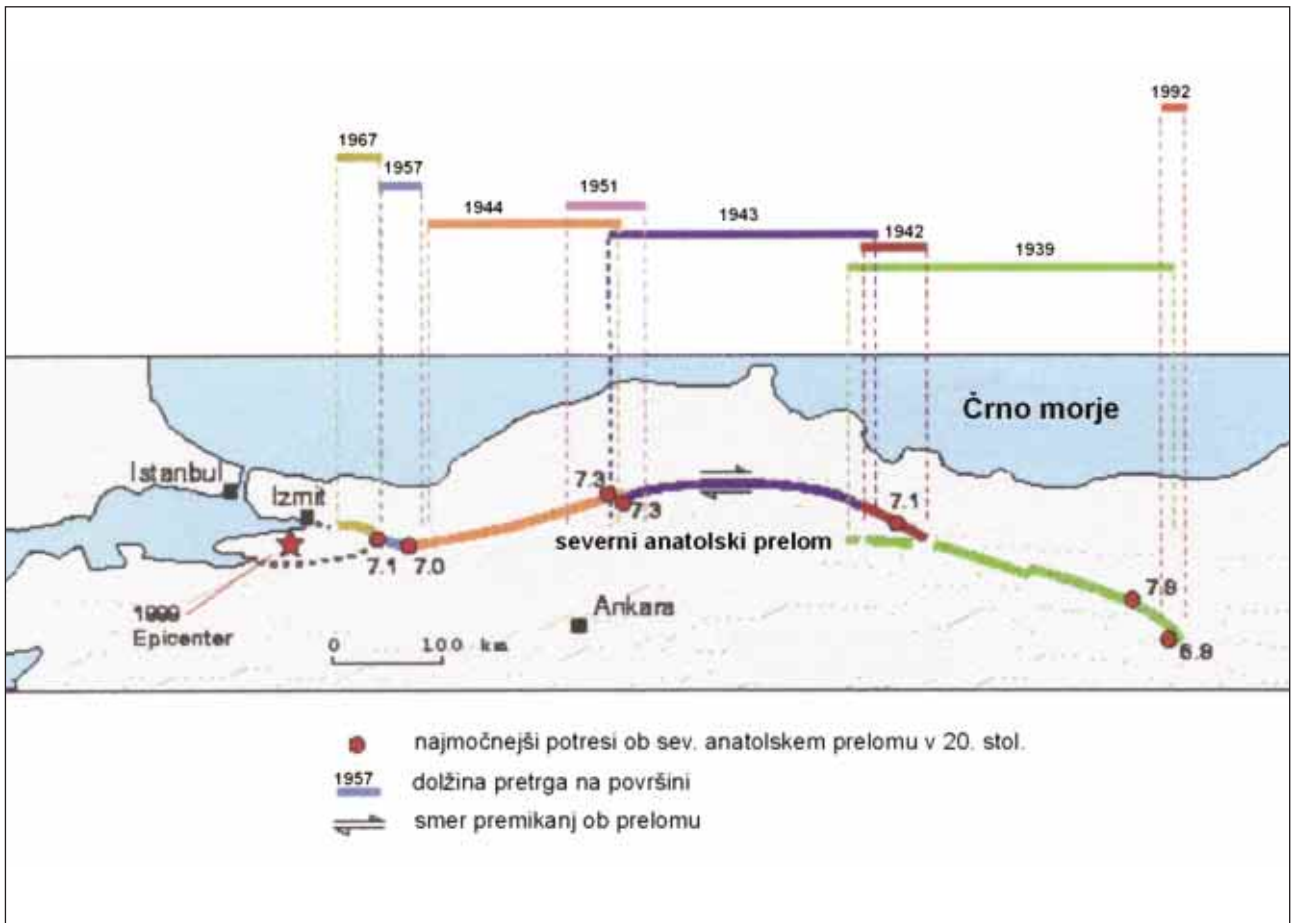
datum nastanka	območje	magnituda	število mrtvih
14. september 1509	Tsurlu, Istanbul	7,7	13.000
31. marec 1648	Van	6,7	2.000
23. februar 1653	Izmir		150.000
10. julij 1668	Izmir	6,6	17.500
17. avgust 1668	Anatolija	8,0	8.000
25. maj 1719	Istanbul, Izmit	7,0	1.000
23. julij 1784	Erzincan, Erzurum		5.000
29. maj 1789	Palu	7,0	51.000
13. avgust 1822	Sirija/Turčija Alepp, Antakija	7,4	20.000
2. julij 1840	Balikgolu, Ararat	6,7	1.000
28. februar 1855	Bursa	7,3	1.900
2. junij 1859	Erzurum	6,5	2.000
3. april 1872	Sirija, Turčija Alepp, Antakija	7,2	1.800
3. maj 1875	Civril, Dinar	6,7	2.000
20. september 1899	Ajdin, Nazili, Buldan	6,9	1.100
28. april 1903	Malazgirt	7,0	3.560
28. maj 1903	Ardahan	5,4	1.000
9. avgust 1912	Saros, Marmorno morje	7,6	2.836
3. oktober 1914	Burdur	7,1	4.000
26. december 1939	Erzincan	7,9	32.700
20. december 1942	Niksar, Erba	7,3	3.000
26. november 1943	Ladik	7,6	4.020
1. februar 1944	Bolu	7,4	4.000
31. maj 1946	Ustukran	6,0	1.300
18. marec 1953	Onon	7,2	1.103
19. avgust 1966	Varto	7,1	2.517
28. marec 1970	Gediz	7,1	1.086
6. september 1975	Lice	6,7	2.370
24. november 1976	Turčija/Armenija Caldrian	7,1	5.000
30. oktober 1983	Erzurum, Kars, Narman, Harsan	6,7	1.400
7. december 1988	Armenija (Spitak, Leninakan)/Turčija	6,8	25.000





Slika 3. Izoseiste kažejo največje učinke potresa v posameznih predelih Turčije.

Figure 3. Isoseismic lines show the most extensive effects of the earthquake in individual parts of Turkey.



Slika 4. Najmočnejši potresi ob anatolskem prelomu v 20. stoletju.

Figure 4. The strongest earthquakes along the Anatolian fault in the 20th century.



Slika 5. Del štirinadstropnega bloka v Adapazarju se je sesedel kot palačinke. (foto: M. Godec)

Figure 5. Part of a four-storey block of flats in Adapazari collapsed like a stack of pancakes. (photo: M. Godec)



Slika 6. Porušitev pritličja, v katerem je bila trgovina. Objekt se je »zapeljal« v stran za višino pritličja (2,8 m). V zgradbi je bilo med potresom pet družin (okoli 30 ljudi) in nihče ni bil poškodovan. (foto: M. Godec)

Figure 6. A collapsed ground floor in which there was once a shop. The building moved sideways by 2.8 m. At the time of the earthquake, there were five families (around 30 people) in the building, but no-one was hurt. (photo: M. Godec)



Slika 7. Popolnoma porušeno štiri leta staro naselje petnadstropnih blokov v mestu Seymen. Vzroki za porušitev nadstropij so bili nesegregiran beton, gladka armatura, redka stremena in slabi prehodi armature. (foto: M. Godec)

Figure 7. A completely devastated four-year old complex of five-storey blocks of flats in the city of Seymen. The reasons for their collapse were unsegregated concrete, smooth reinforcements, rare stirrups and lack of joint reinforcement. (photo: M. Godec)



Slika 8. Detajl porušitve bloka v Seymenu (slika 7). Ko polnila v nadstropju popustijo, se to obnaša kot mehka etaža. (foto: M. Godec)

Figure 8. Detail of a collapsed block of flats in Seymen (Figure 7). If the infills in a certain storey fail, the floor behaves like a soft storey. (photo: M. Godec)





Slika 9. Zaradi izredno slabih geoloških razmer (slaba nosilnost tal, zasičenost z vodo), je ponekod prihajalo do nag-njenja ali posedanja objektov (primer na sliki je iz mesta Adapazarj). (foto: M. Godec)

Figure 9. Due to extremely unfavourable geological conditions (ground of low bearing capacity, saturated with water), the leaning or subsiding of buildings occurred in some places (the photo from the city of Adapazarj). (photo: M. Godec)



Slika 10. Tudi porušitev nove industrijske hale v Adapazarju je posledica slabih geoloških pogojev. (foto: M. Godec)

Figure 10. The collapse of the new industrial hall in Adapazarj is also the consequence of unfavourable geological conditions. (photo: M. Godec)



Slika 11. Tudi minaretu mošeje v Adapazarju ni bilo prizanešeno. (foto: M. Godec)

Figure 11. The minaret of a mosque in Adapazarj was also not spared. (photo: M. Godec)



Slika 12. Eden redkih porušениh mostov. V splošnem je bilo poškodb na mostovih (tudi majhnih) zelo malo. To kaže na to, da je nadzor nad javnimi financami boljši kot v zasebnem sektorju. (foto: M. Godec)

Figure 12. One of the rare collapsed bridges. In general, very little damage occurred to bridges (even small ones). This shows that the supervision of publicly financed construction projects is better than in the private sector. (photo: M. Godec)





Slika 13. Takoj po potresu so začeli ne le z odstranjevanjem ruševin, ampak tudi z ojačevanjem. Primer na sliki kaže ojačevanje poškodovanih stebrov. (foto: M. Godec)  
Figure 13. Immediately after the earthquake, people not only began to remove the ruins, but also to reinforce the buildings. The photo shows the reinforcement of damaged pillars. (photo: M. Godec)



Slika 14. Med ruševinami je ostala tudi zveržena avtomobilska karoserija. (foto: R. Vidrih)  
Figure 14. A distorted car body was found among the ruins (photo: R. Vidrih)



Slika 15. Posedanje objektov zaradi slabih geoloških razmer. (foto: R. Vidrih)  
Figure 15. Subsidence of buildings due to unfavourable geological conditions. (photo: R. Vidrih)



Slika 16. V mestu Degirmendere se je del obale v širini 50–60 m zapeljal za približno 150 m v morje, v globino 40 metrov. (foto: R. Vidrih)  
Figure 16. In the city of Degirmendere, a 50–60 m wide part of the coast slid approx. 150 m to a depth of 40 m. (photo: R. Vidrih)



Slika 17. Ena od ulic je preprosto izginila. (foto: R. Vidrih)  
Figure 17. One of the streets simply disappeared. (photo: R. Vidrih)





Slika 18. Kamnita ograja se je ob horizontalnem premiku zamaknila za več kot 2 metra. (foto: R. Vidrih)  
 Figure 18. During the horizontal offset, the stone fence was displaced by more than 2 metres. (photo: R. Vidrih)



Slika 20. Zamik kanalizacijske cevi za 3,5 m. (foto: R. Vidrih)  
 Figure 20. Displacement of a drainage system pipe by 3.5 m. (photo: R. Vidrih)



Slika 19. Vsepuvod ob površinskem pretргу so bili objekti zamaknjeni. (foto: R. Vidrih)  
 Figure 19. Buildings were displaced everywhere along the surface of the fault rupture. (photo: R. Vidrih)



Slika 21. Površinski pretrg ob prelomu je nastal v dolžini 10 km. Vertikalni zamik je bil okoli 60 cm. (foto: R. Vidrih)  
 Figure 21. A surface fault rupture occurred along the fault in a length of around 10 km. There was a vertical offset of around 60 cm. (photo: R. Vidrih)





Slika 22. Zamik nasada topolov za skoraj 2 m. (foto: R. Vidrih)

Figure 22. Displacement of a poplar plantation by almost 2 m. (photo: R. Vidrih)



Slika 23. Razpoke v preperini in posedki ob morski obali. (foto: R. Vidrih)

Figure 23. Cracks in the weathering cover and subsided areas along the sea coast. (photo: R. Vidrih)

### Literatura

1. Brinkmann, R., 1976. Geology of Turkey. Ferdinand Enke, Stuttgart, 158 str.
2. Dolenc, D., Tasič, I., 1998. Mreža potresnih opazovalnic SABO na severozahodu Turčije, UJMA 12, 199-200, Ljubljana.
3. NEIC, 1999. Significant Earthquakes of the World. US Department of the Interior. Geological Survey, National Earthquake Information Center.
4. Uprava RS za geofiziko, 1999. Preliminarni tedenski seizmološki bilteni za leto 1999. Arhiv URSG, Ljubljana.
5. Vidrih, R. 1999. Potres v Turčiji 17. Avgusta 1999. Moč potresa ni bila presenetljiva, presenetila je le nekakovostna graditev. DELO, priloga Znanost 25. Avgusta 1999.
6. Vidrih, R., Godec, M., 2000. Posledice turškega potresa. Življenje in tehnika LI, januar 2000, tehniška založba Slovenije, Ljubljana, 23–32.