

POTRES 8. OKTOBRA 2005 V PAKISTANU

Earthquake of 8 October 2005 in Pakistan

Renato Vidrih*, Matjaz Godec**, Miha Tomažević*** UDK 550.34(549.1)

Povzetek Abstract

Potres, ki je 8. oktobra ob 3. uri 50 minut in 40 sekund po UTC (svetovni čas) oz. pet ur pozneje po lokalnem času zatresel severni Pakistan, je bil eden najmočnejših potresov na Zemlji v tem letu. Njegova velika magnituda ($M_w=7,6$) in relativno majhna globina (26 km) z žariščem v narivnih strukturah sta povzročila katastrofalne posledice. V Pakistanu je bilo po do sedaj znanih podatkih najmanj 87.000 mrtvih, vsaj 75.000 ranjenih, 4 milijone ljudi pa je ostalo brez strehe nad glavo (400.000 domov je bilo popolnoma porušeni). V Indiji je bilo 1350 žrtev in 6200 ranjenih. Do konca meseca oktobra je bilo okoli 1000 popotresnih sunkov, ki so dosegli ali presegli navorno magnitudo (M_w) 4,0. Žarišča potresov v tem predelu sveta so posledica primikanja indijske plošče proti evrazijski (okoli 40 mm/leto).

The earthquake that occurred in Pakistan on the 8th October at 3:50 am and 40 seconds UTC, or 5 hours later local time, was one of the strongest earthquakes on Earth in the past year. Its high magnitude ($M_w = 7.6$) and shallow depth (26 km), with the focal point in thrust structures, caused catastrophic consequences. Currently available data give 87,000 fatalities, 75,000 injured and 4 million people who fled their homes (400,000 homes were totally destroyed). There were 1,350 fatalities and 6,200 injured in India. By the end of October, there had been around a thousand aftershocks, which reached and exceeded the lever magnitude (M_w) of 4.0. The focal points of the earthquakes in this part of the world are the result of the movement of the Indian plate towards the Eurasian plate (about 40 mm/year).

Uvod

Preliminarni koordinati žarišča sta $34^{\circ}29'35''N$ in $73^{\circ}37'44''E$, kar pomeni, da je nastal potres slabih sto kilometrov severoseverovzhodno od glavnega mesta Islamabada, kjer je tudi povzročil veliko materialno škodo in številne žrtve (slika 1). Žarišče potresa je bilo 26 km globoko. Največjo škodo je povzročil v pakistanskem delu Kašmira, kjer je po prvih podatkih ponekod porušeni tudi do 70 % objektov. Območje največjih poškodb je veliko okoli 30.000 km². Močno poškodovano je glavno mesto pakistanskega dela Kašmira, Muzaffarabad. Velika materialna škoda in žrtve so tudi v sosednjih državah, predvsem Indiji in Afganistanu. Kljub veliki magnitudi potres ni bil najmočnejši v tem letu, saj so se tla močnejše stresla marca v Indoneziji ($M_w = 8,7$), junija v Čilu ($M_w = 7,8$) in septembra v Papui Novi Gvineji ($M_w = 7,7$), bilo pa je še šest potresov, ki so presegli magnitudo 7.

Ob pakistanskem potresu sta največ žrtev v letu 2005 zahtevala potresa na severni Sumatri (Indonezija), kjer je bilo več kakor 1000 žrtev, in v osrednjem Iranu, kjer je bilo več kakor 600 žrtev kljub relativno majhni magnitudi ($M_w = 6,4$).

Intenziteto potresa v nadžariščnem območju nekateri ocenjujejo celo na X+. stopnje po spremenjeni Mercallijevi lestvici (MM) v Balakotu, od VIII–IX. stopnje v Muzaffarabadu in stopnjo manj v sosednjih krajih južno od mesta (EERI, 2005), pri drugih ocene ne presegajo VIII. stopnje (USGS, 2005). Stopnje po lestvici MM, ki se uporablja predvsem v ZDA in Kanadi, približno ustrezajo intenzitetnim stopnjam, kakor jih opredeljuje pri nas že vpeljana Evropska makroseizmična lestvica (EMS).

V povprečju vsako leto zatrese naš planet okoli 15 potresov (velja za zadnjih 35 let), ki imajo magnitudo med 7,0 in 7,9, lahko pa nastanejo tudi potresi, ki presegajo magnitudo 8,0. Velika sreča za prebivalstvo različnih predelov ob Tihem oceanu je, da ima večina tako močnih potresov žarišča v skorji pod morskim dnom in se njihov vpliv do naseljenih območij bistveno zmanjša. Podobno tudi večina tovrstnih potresov v sredozemsko-himalajskem pasu nastane na nenaseljenih ali manj naseljenih območjih.

* Mag., Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, Dunajska 47, Ljubljana, Renato.Vidrih@gov.si

** Ministrstvo za okolje in prostor, ARSO, Urad za seizmologijo in geologijo, Dunajska 47, Ljubljana, Matjaz.Godec@gov.si

*** Prof. dr., Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva 12, Ljubljana, Miha.Tomazevic@zag.si

Glavni vzroki

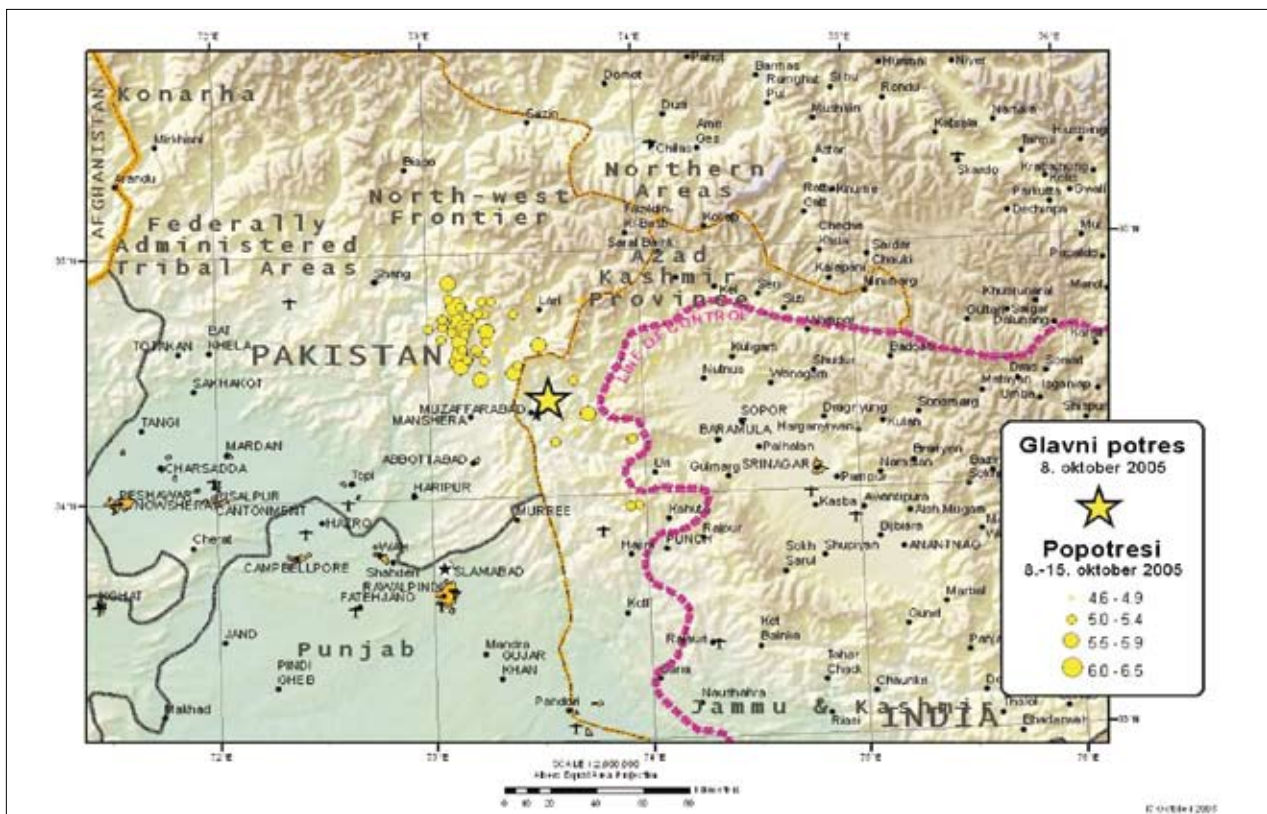
velikega števila žrtev

Kljub temu, da je med naravnimi nesrečami največ viharjev (38 %), sledijo jim potresi (29 %) in poplave (27 %), je največ, kar 47 % žrtev, posledica potresov, pa tudi največ, kar 35 % materialne škode, ki jo povzročijo naravne nesreče, je posledica potresne dejavnosti. Najpogostejši vzroki za veliko število žrtev ob potresih so nastanek žarišča močnega potresa v zelo naseljenih predelih, obsežna rušenja zgradb, obsežni spremljajoči pojavi (npr. cunamiji, požari ...) in nezmožnost lokalnega prebivalstva za samopomoč. Večina naštetih vzrokov je bila tudi pri potresu v severnem Pakistanu.

Številni katastrofalni potresi po svetu nas vedno znova opozarjajo na ukrepe, ki bi jih morali izvajati. V 20. stoletju so zahtevali potresi okoli 1,6 milijona žrtev. Najpomembnejši ukrepi, ki prispevajo k zmanjševanju izredno velikega števila smrtnih žrtev, so zmanjševanje števila potresno neodpornih objektov, zagotovitev učinkovitih metod reševanja in zmanjševanje sekundarnih posledic potresov.

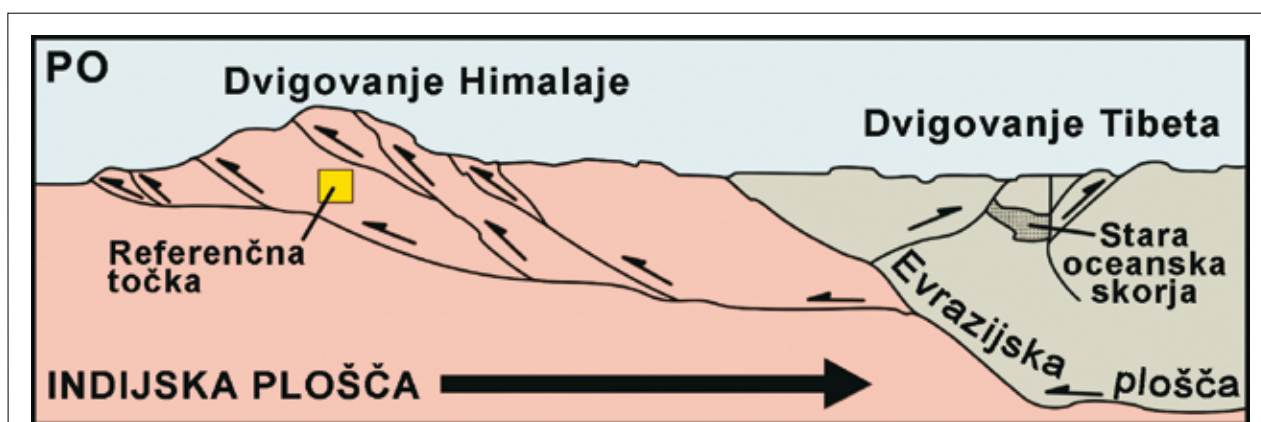
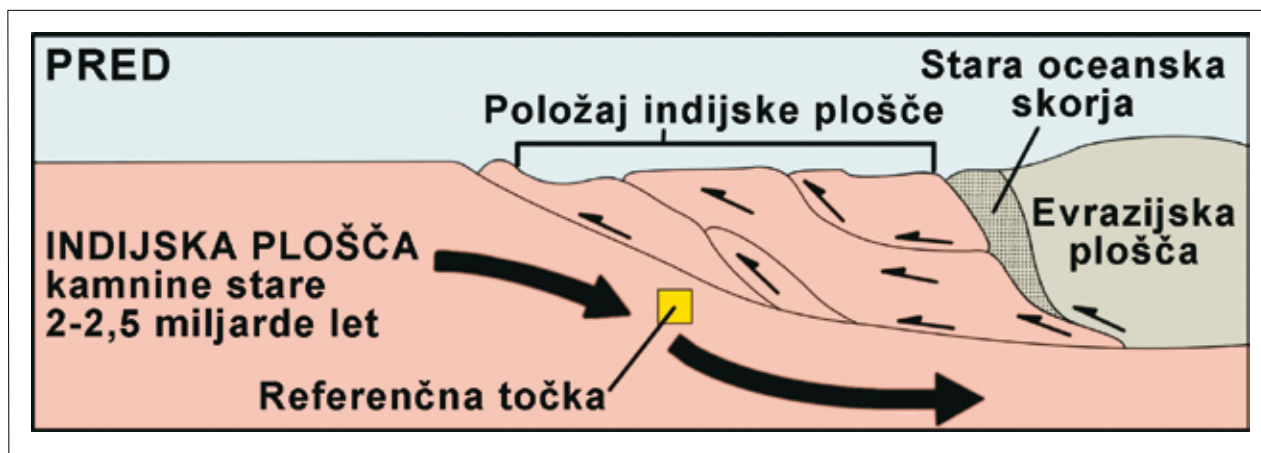
Seizmogena območja

Na Zemlji sta potresno najdejavnejša obthooceanski pas (obthooceanski ognjeni obroč), ki obkroža Tihi ocean, in alpsko-himalajski pas. Pakistanski potres je nastal v alpsko-himalajskem pasu (tudi evropsko-azijski pas). Ta pas poteka od Azorov prek Sredozemskega morja, prečka Srednji vzhod, Himalajo in Indonezijo, severno od Avstralije pa se združi z obthomorskim pasom. Alpsko-himalajski seizmogeni pas se že na območju Irana razširi na 500 kilometrov. Pritiski v Zemljini skorji, ki regionalno nastajajo zaradi pritiskov Arabske plošče proti severu, se sproščajo ob številnih prelomih. Proti vzhodu, na območju Pakistana, Afganistana, Indije, Tadžikistana, Kirgizistana se alpsko-himalajski lok še bolj razširi. Obsega območje od Tjan Šana na severu, prek Pamirja, Hindukuša, Karakoruma do velikega himalajskega nariva nad Pandžabom in Gangeškim nižavjem. Sestavlja ga nekaj manjših geotektonskih plošč, ki ležijo med afriško in indijsko ploščo na jugu in evrazijsko na severu. Plošče se gibljejo v različnih smereh. Med njimi lahko prihaja do trkov ali kolizij, ena plošča se lahko pod drugo podriva – ta proces imenujemo subdukcija, plošči se lahko razmikata, lahko pa prihaja do strižnih mej, kjer drsita plošči druga ob drugi. S precejšnjo gotovostjo lahko trdimo, da so potresi, ki tam nastajajo, povezani s to dejavnostjo. Strokovnjaki ocenjujejo, da se tam sprosti več kakor 20 % celotne potresne energije na našem planetu. Zadnji



Slika 1. Nadžarišče potresa je bilo v neposredni bližini mesta Muzaffarabad. Glavni potres 8. oktobra 2005 je označen z rumeno zvezdo, številni popotresni sunki pa so se selili po prelomu proti severozahodu (USGS, 2005).

Figure 1. The epicentre of the earthquake was in the immediate vicinity of the town of Muzaffarabad. The main earthquake of 8 October 2005 is marked with a yellow star, and the numerous aftershocks moved along the fracture towards the north-west (USGS, 2005).



Slika 2. Podrivanje Indijske plošče pod Evrazijsko ploščo je povzročilo dvig Himalaje in Tibeta (USGS, 2005).

Figure 2. The Indian plate moving below the Eurasian plate caused the Himalayas and Tibet to rise (USGS, 2005)

potresni sunki v severnem Pakistanu potrjujejo živahno potresno dejavnost tega območja (sliki 2 in 3).

so glavni vzrok za seizmično aktivnost celotnega predela južne in jugovzhodne Azije in seveda tudi zadnjega niza potresov na severu Pakistana.

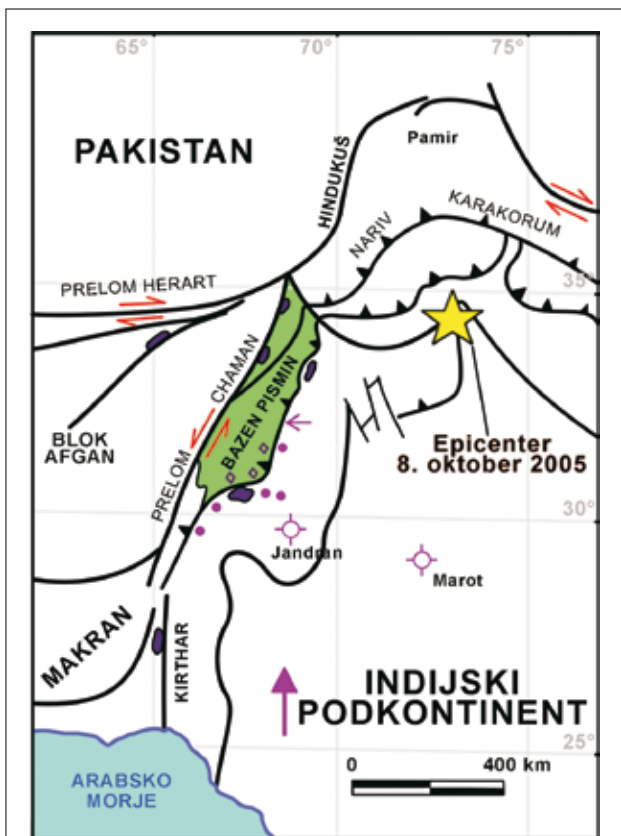
Indijska in Evrazijska plošča

Za seizmično aktivnost tega območja lahko "krivimo" trk Indijske plošče z Evrazijsko. Najstarejše kamnine tega območja so paleozojske starosti (med 570 in 250 milijoni let). Njihov nastanek je podoben nastanku kamnin osrednje in južne Afrike, kar dokazuje, da sta bila Indija in Afrika v davni preteklosti skupna celina. Po indijskem imenu je imenovana skupna celina Afrike, Indije, Antarktike, južne Amerike in Avstralije, Gondwana. Indija je začela »potovati«
proti Evrazijski plošči pred približno 200 milijoni let (razpad Gondwane) in pred seboj je ožila prostor morja Tetide, za njo pa je začel nastajati Indijski ocean. V oligocenu (40–25 milijonov let) sta Indijska in Evrazijska plošča trčili s celinskima litosferama. To je bil začetek obdobja, v katerem so se kot posledica trka oz. pritiska Indijske plošče na Evrazijsko pričele dvigovati gorske verige Himalaje, Tibeta, Hindukuša, Altaja itd. V smeri zahod–vzhod ali nekoliko bolj v smeri severozahod–jugovzhod so nastale narivne strukture, na obeh straneh Indijske litosferske plošče pa se širijo strukture v smeri sever–jug. Danes je hitrost premikov Indijske plošče proti severu ocenjena na približno 40 mm/leto. Ta dogajanja

Seizmičnost Pakistana

Potresna dejavnost Pakistana je večja v severnem in zahodnem delu ob meji Indijske plošče z manjšima Iransko in Afganistansko ploščo (slika 4). Med največjimi prelomnimi strukturami poteka tu prelom Chaman, ki se vleče od zahodnega Pakistana proti Kabulu v Afganistanu. Pakistan leži na severozahodnem delu indijske plošče, južnem delu afganistanskega kratona (del celinske plošče) in severnem delu Arabske oceanske subdukcijske plošče. Vzhodni in severni predeli odražajo izrazit trk Indijske in Evrazijske plošče, zahodni predeli pa približevanje arabske oceanske skorje in afganistanskega kratona ter Arabske plošče in indijskega podkontinenta.

Najmočnejši znan potres v zgodovini na tem ozemlju je bil 30. maja 1935 (Quetta) z magnitudo ($M_w=8,1$) in globino 17 km. Po nekaterih podatkih je zahteval 30.000 žrtev, po drugih med 30 in 60.000. V zgodovini je znanih še veliko rušilnih potresov z magnitudami 7,0 in več (slika 5).



Slika 3. Prikaz najbolj aktivnih struktur v Pakistanu. Za nastanek potresa so krive narivne strukture Karakoruma in sosednjih ozemelj (BGS, 2005).

Figure 3. Depiction of the most active structures in Pakistan. The deformed structures of the Karakorum and neighbouring land are to blame for the occurrence of earthquakes (BGS, 2005).

Ozemlje Pakistana so razdelili v štiri potresne cone v odvisnosti od maksimalnega pospeška tal (angleško peak ground acceleration – PGA). Na območju, kjer je bil najmočnejši potres, (Quetta, Balochstan) na zahodnem delu države ob meji z Afganistanom, seizmologi ocenjujejo največje možne vrednosti pospeška med 0,24 in 0,40 g, podobne vrednosti veljajo tudi za severni Pakistan. Na nadžariščnem območju zadnjega potresa so bile pričakovane vrednosti med 0,15 in 0,24 g, kar pomeni, da je bil pospešek podcenjen. Končnih podatkov o izmerjenih pospeških ob zadnjem potresu še ni, vendar bodo po vsej verjetnosti presegli vrednosti, ki so dane na karti potresne nevarnosti Pakistana (slika 6).

Razlika med globinami potresnih žarišč

Primer potresa v Pakistanu kaže, kaj pomeni globina potresnih žarišč. Po prvih izračunih je bilo žarišče globoko le 26 km, kar je imelo za posledico izjemno močne učinke na površini. Dva potresa enake moči imata lahko na

površini popolnoma različne učinke, če se globina njunih žarišč zelo razlikuje. Čim globlje žarišče ima potres, tem večja površina ozemlja se bo zatresla, vendar bodo njegovi učinki (intenzitete) na površju relativno majhni. Enako močan potres s plitvim žariščem bo lahko na površju povzročil pravo razdejanje, kljub temu, da ne bo zajel tako velikega območja. Seveda govorimo o močnih potresih.

Zapisi potresov v slovenski mreži potresnih opazovalnic

Potresni valovi so od žarišča do slovenskih potresnih opazovalnic potovali dobrih osem minut; na opazovalnici na Golovcu v Ljubljani so jih seizmografi zabeležili ob 03. uri 58 minut in 58 sekund po UTC. Žarišča potresnih sunkov so od observatorija na Golovcu oddaljena 45,5°, kar je 5050 kilometrov (slika 7). Za primerjavo: potresna energija pakistanskega potresa je bila približno 800-krat večja od posoškega potresa leta 1998. Primerjava pakistanskega potresa s potresom v Indoneziji 26. decembra 2004 ($M_w=9,0$) pa kaže, da je bil indonezijski potres približno 90-krat močnejši od pakistanskega.

Najbolj prizadeta območja

Med potresom je bilo zelo močno prizadeto območje v polmeru do 25 km od nadžarišča potresa. Ocenjeno je bilo, da je na tem območju popolnoma porušeni vsaj četrtina objektov, okoli polovica pa jih je bilo močno poškodovanih. Najbolj prizadeta mesta v Pakistanu so bila Abbotabad, Muzaffarbad, Bagh, Rawlakot in Balakot (slika 8).

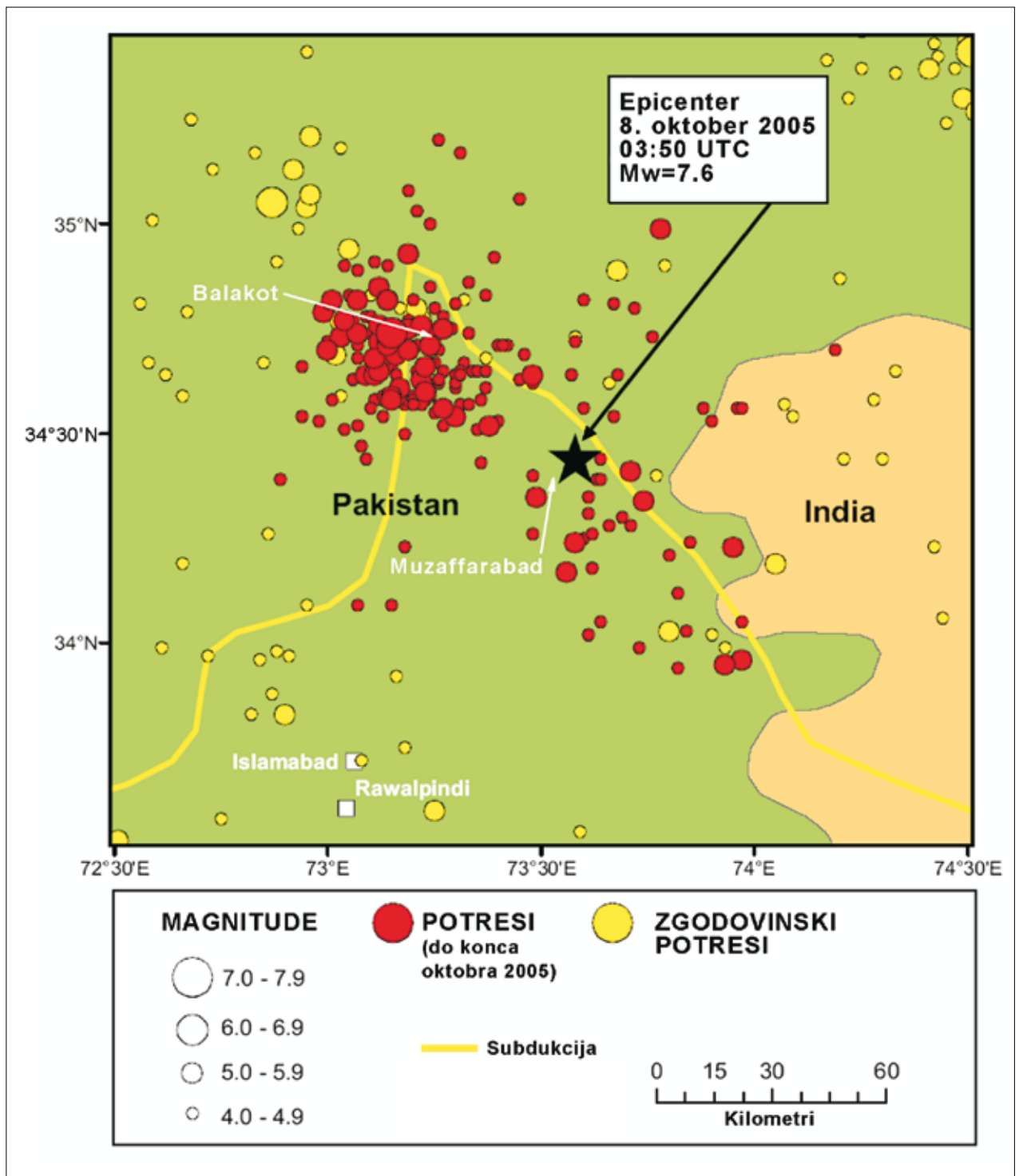
Muzaffarabad je prestolnica pakistanskega dela Kašmira. Zgrajeno je na sotočju rek Neelum in Jhelum in ima 80.000 prebivalcev. Žarišče je bilo od mesta oddaljeno približno 10 km proti severovzhodu. Posledica bližine žarišča potresa je bila porušitev ali huda poškodovanost od 30–50 % zgradb. Poškodbe so bile pogostejše na objektih, ki so bili postavljeni na debelejših aluvialnih tleh vzdolž rek Neelum in Jhelum.

Poškodbe v Balakotu so bile posledica bližine žarišča. Mesto leži okoli 30 kilometrov severozahodno od žarišča in ima prav tako okoli 80.000 prebivalcev.

V mestu Abbotabad so bile nastale poškodbe prav tako posledica lokalnih temeljnih tal (mesto je zgrajeno na izsušenem močvirju).

Vrste zgradb

Glavni vzrok poškodb je gradbena praksa v tem delu sveta in zato obsežna rušenja objektov ob tako močnem potresu tu niso presenečenje. Na goratem podeželju je bilo porušeni ali močno poškodovanih tudi do 50 % vseh

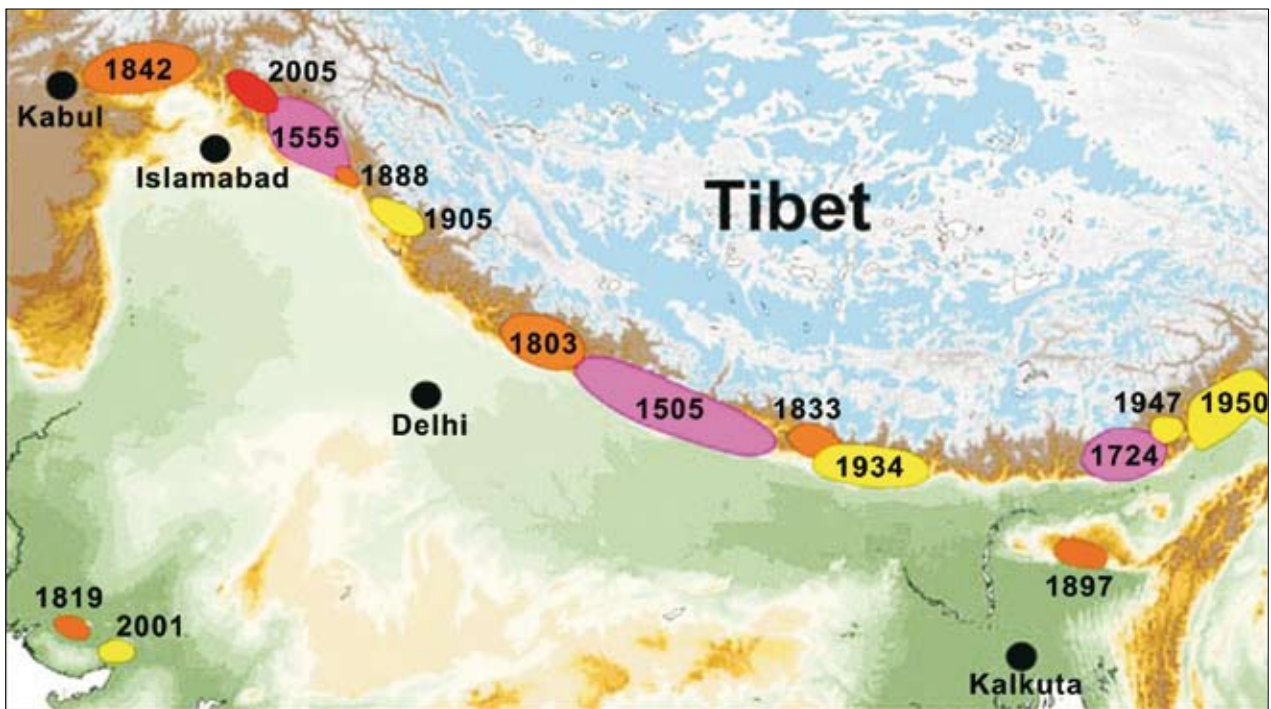


Slika 4. Seizmičnost Pakistana. Rumeni krogi označujejo zgodovinske potrese, rdeči pa popotrese zadnjega potresa. Levo so označene velikosti magnitud potresov. Rumena črta označuje mejo med Indijsko in Evrazijsko litosfersko ploščo. Žarišče zadnjega potresa (črna zvezda) je nastalo v naravnih strukturah, ki ustvarjajo kompresijske pritiske v smeri proti severu in severovzhodu (BGS, 2005).

Figure 4. Seismic activity of Pakistan. The yellow circles mark historical earthquakes. To the left are the magnitudes of the earthquakes. The yellow line marks the boundary between the Indian and Eurasian lithospheric plates. The focal point of the last earthquake (black star) occurred in deformed structures that create compression pressure from north to north-east (BGS, 2005).

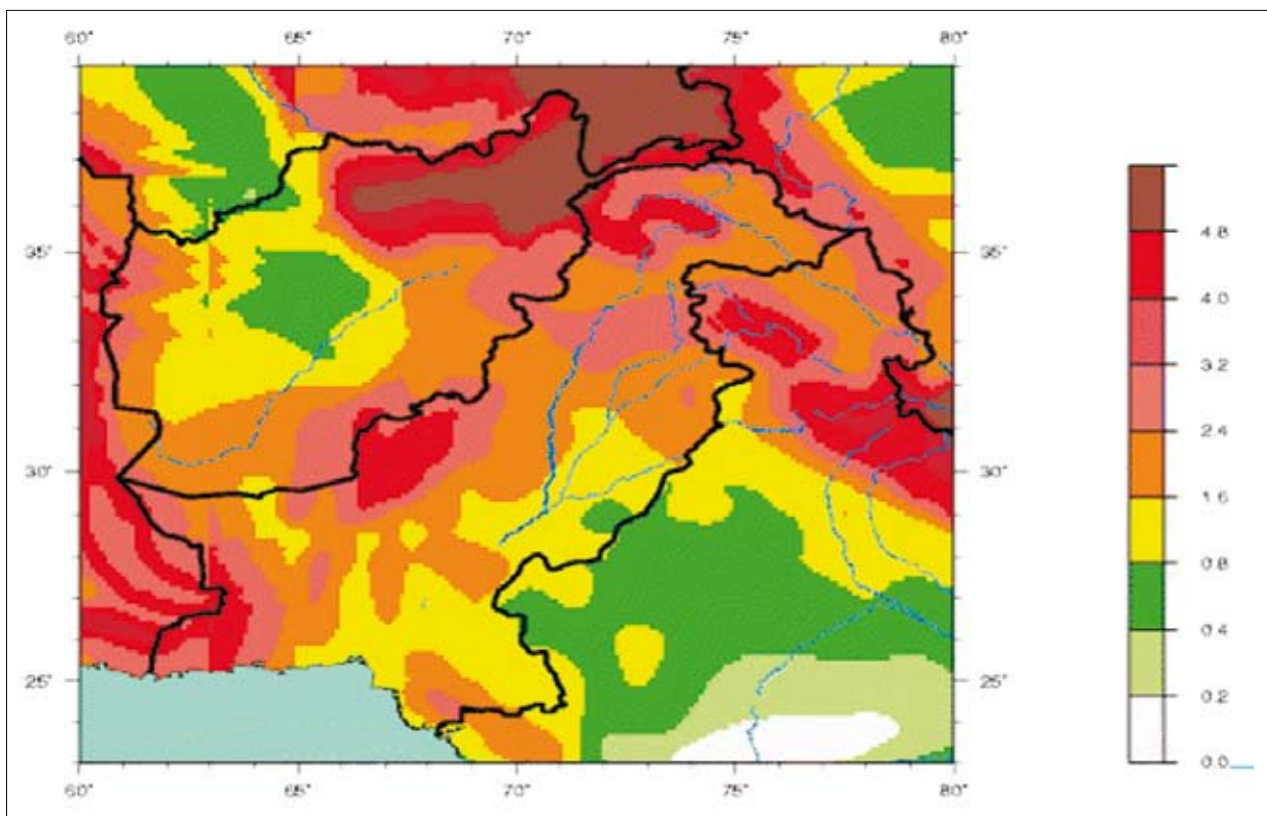
zgradb. Vlada v Pakistanu je ocenila, da je bilo 80 % vseh porušeni zgradb na podeželju; delež poškodb v mestih pa k skupnemu številu prinaša le 20 %.

V nadaljevanju so opisane značilne vrste gradenj. Zidane zgradbe na prizadetem območju so grajene iz lokalnega kamna [obdelanega in neobdelanega], betonskih blokov ali opeke. Zelo značilen način novejšje gradnje so



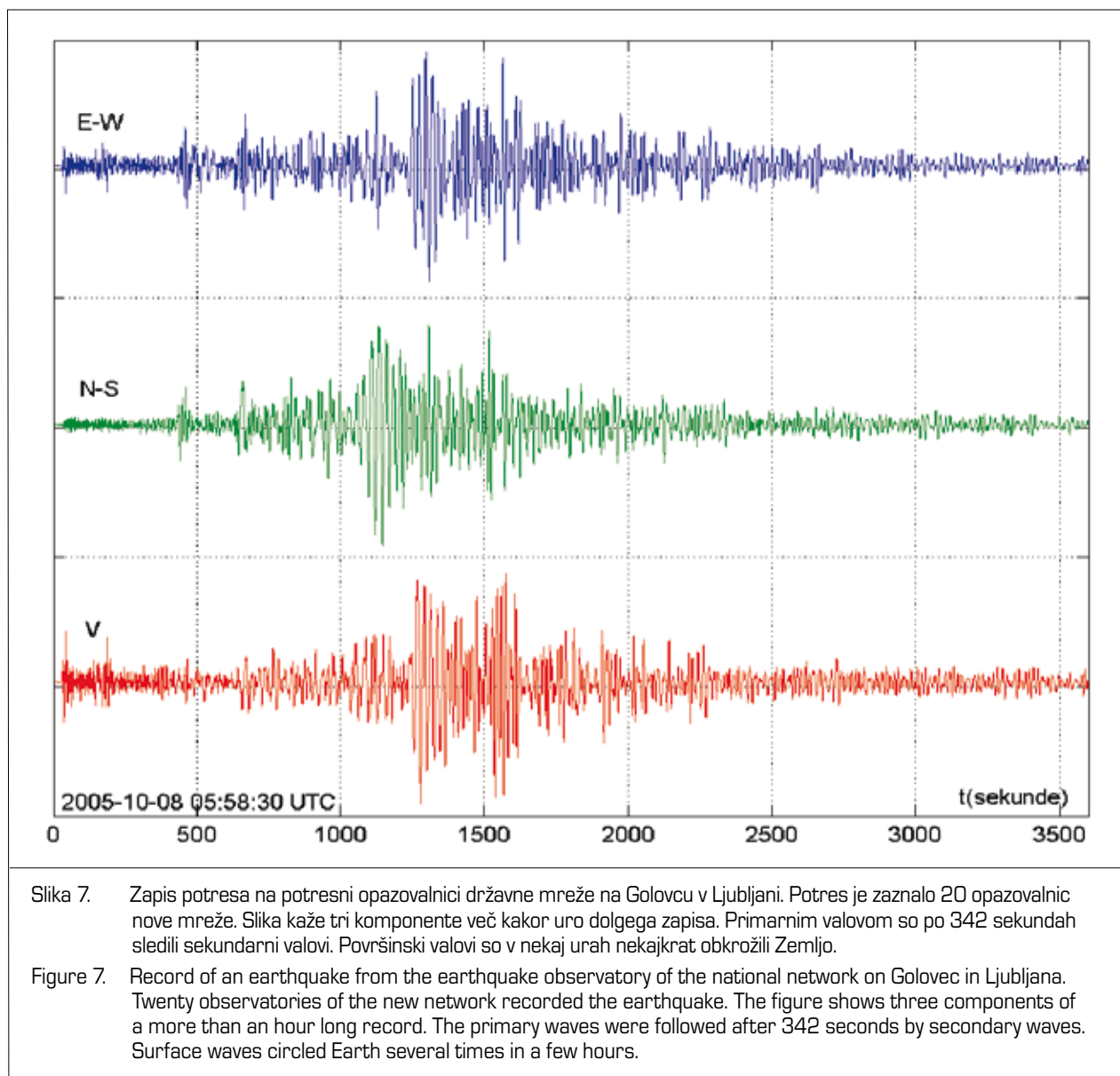
Slika 5. Lega in obseg velikih zgodovinskih potresov (velikost prelomnih con) na mejnem območju med Indijsko in Evrazijsko ploščo na območju severnega Pakistana in Indije (COMET, 2005).

Figure 5. Location and extent of major historical earthquakes (size of the fracture zone) on the boundary between the Indian and Eurasian plates in the area of Northern Pakistan and India (COMET, 2005)



Slika 6. Karta potresne nevarnosti (izražene z vrednostmi maksimalnega pospeška tal) kaže, da je večji del Pakistana potresno ogrožen. Proti zahodu, severozahodu in severu potresna nevarnost narašča, proti Indiji pa je potresna nevarnost manjša. Verjetnost prekoračitve vrednosti na karti je 10 % v 50 letih.

Figure 6. The earthquake hazard map (expressed in values of maximum ground acceleration) shows that the majority of Pakistan is at earthquake risk. The earthquake hazard increases towards the west, north-west and north, and reduces towards India. The likelihood of exceeding the values on the map is 10% in 50 years.



konstrukcije iz armiranobetonskih okvirov, ki so zapolnjeni z betonskimi bloki ali opeko. Temelji pri zidanih zgradbah so navadno kamniti, okoli 60 cm globoki in od 40 do 50 cm široki.

Nearmirane kamnite zidane zgradbe

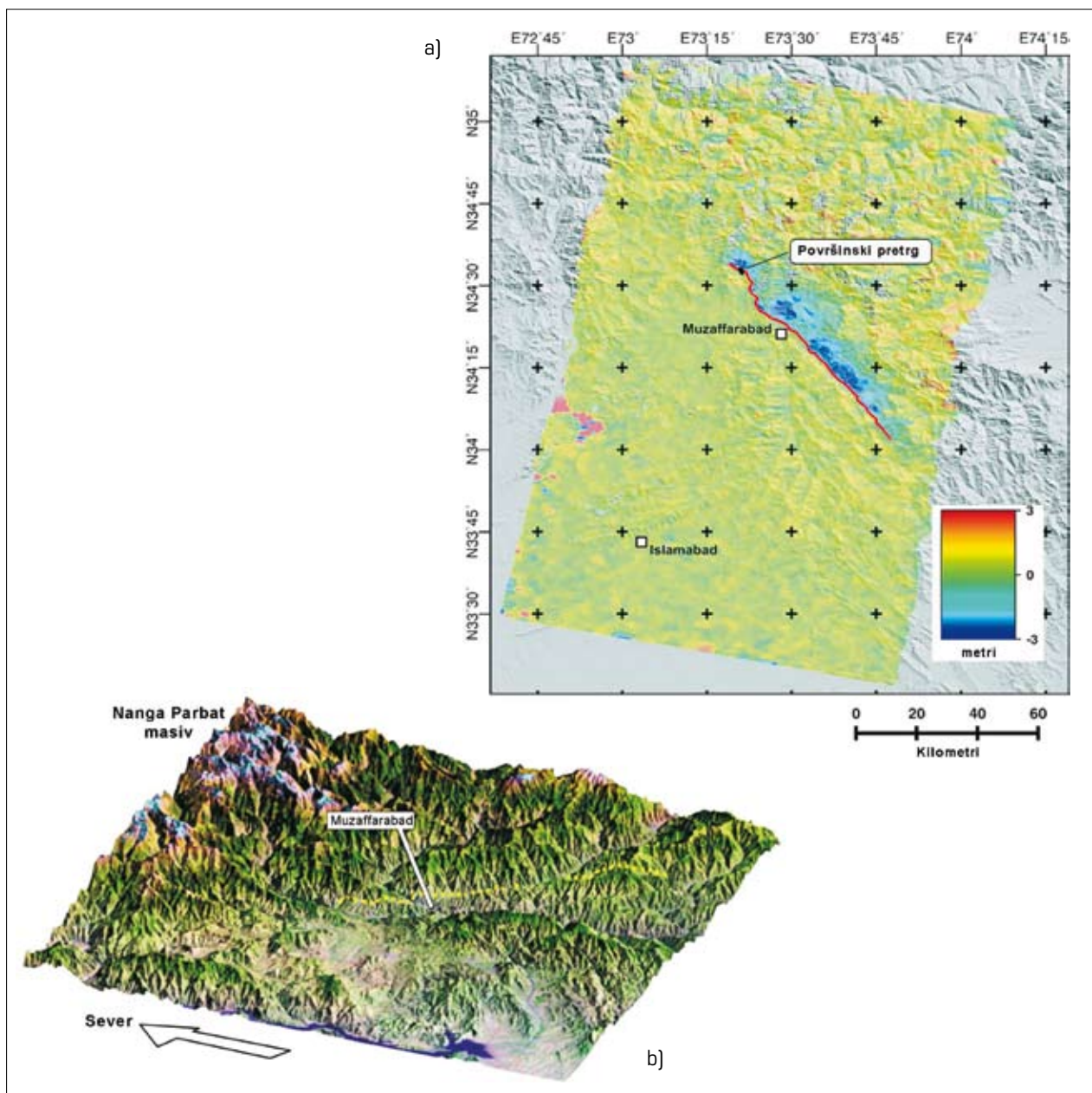
Veliko število žrtev na podeželju je bilo posledica popolne porušitve nearmiranih pritličnih zgradb. Te so grajene iz lokalnih materialov, predvsem nepravilno obdelanega kamna. Večinoma se uporablja okrogli kamen, odzvet iz ledeniških oziroma rečnih nanosov. Za zidanje uporabljena malta je slaba, apna je malo, še manj je cementa. Uporaba blata kot veziva ni neobičajna. Cementne malte (kadar so se že uporabljale) so sestavljene iz enega dela cementa na deset delov peska. Slaba kakovost malte je bila povsod takoj opazna, saj se je pod prsti luščila in drobila. Stropi so iz lesenih brun, kot polnilo med brun pa je uporabljena z blatom pomešana slama. V to skupino prištevamo tudi zgradbe, grajene iz na zraku sušene opeke (adobe), za

katere je znano, da izredno slabo prenašajo potrese. Strehe so običajno lahke, lesene in krite z valovito pločevino.

Kamnite zgradbe so običajnejše na podeželju kakor v mestih. Kakovost malte in uporabljenega kamnena je slaba predvsem zaradi ekonomskega položaja ljudi. Uporaba zaobljenega, gladkega kamnena je tudi prispevala k slabi povezanosti. Prav tako ni bilo nobenih vodoravnih povezav na ravni stropov. Grede so le nad okni in vratih, brez nam znanih vencev, ki povezujejo konstrukcijo. Prav tako tudi ni bilo kakršnih koli navpičnih vezi. Zato so bile porušitve neizogibne (slika 9).

Nearmirane zidane zgradbe iz betonskih zidakov

Betonski zidaki so bili pogosto uporabljeni v mestih in redkeje na podeželju. Bloki so običajno 15 cm dolgi, 15 cm široki in 30 cm dolgi iz lahkega betona nizke trdnosti.



Slika 8. Prikaz preloma, ki se je aktiviral ob zadnjem potresu. Na skrajnem severozahodu je viden površinski pretrg (Eefit in Kazai) [a]; 3D pogled na območje potresa v Kašmiru in najbolj prizadeto mesto Muzaffarabad [b] (COMET, 2005).

Figure 8. Depiction of a fracture that was activated during the recent earthquake. In the extreme northwest can be seen a surface crack (Eefit and Kazai) [a]; 3D view of the region of the earthquake in Kashmir and the most affected town of Muzaffarabad [b] (COMET, 2005).

Čeprav so položeni v cementno malto, pred zidanjem blokov niso močili z vodo. Takšna gradnja je imela običajno betonske stropne. Porušitev zgradb iz betonskih zidakov je bila najpogostejši vzrok poškodb in žrtev v mestih. Vzroki porušitev so bili: slaba kakovost betona, uporabljenega za izdelavo blokov, slaba kakovost malte, nezadostna debelina sten (najpomembnejši strižni deli za prevzem potresnih sil), nepovezanost sten v različnih smereh in slabe povezave v vogalih. Po potresu so bile jasno vidne posledice: zidovje je razpadlo kakor bi bilo iz kock, na betonskih blokih pa ni bilo sledu malte (slika 10).

Nearmirane zidane zgradbe iz opečnih zidakov

Zgradbe iz opeke so zelo značilne za mesta in so potrese bistveno bolje prenesle kakor zgradbe iz kamna ali betonskih zidakov. Glede na podatke potresno inženirskega centra v Pešavaru predstavljajo nearmirane pritlične in enonadstropne opečne zidane zgradbe z armiranimi stropi okoli 25 % vseh zgradb v mestih blizu žarišča potresa. Zelo zanimiv je podatek, da se je 30 % zgradb te vrste porušilo, medtem ko so ostale utrpelje zanemarljive poškodbe. Ker je opeka kot gradbeni material dražja,



Slika 9. Balakot: zidovi niso povezani z vezmi. Porušitev kamnitega zidu zaradi nihanja pravokotno na ravnino.

Figure 9. Balakot: masonry walls are not connected with bond-beams. Collapse of a stone-masonry wall as a result of out-of-plane vibrations.

so lastniki teh zgradb premožnejši ljudje. Tako je s tem povezano tudi boljše delo pri gradnji in kakovostnejša malta. Tudi stropne konstrukcije so praviloma monolitne armiranobetonske plošče. Vendar kljub temu ni bilo najdenih nobenih elementov, ki bi zadoščali merilom potresno odporne gradnje (vodoravne in navpične vezi na primer). Bistveno boljše obnašanje je tudi posledica načina zidanja: opeko po tradiciji pred polaganjem v malto namakajo v vodi. Skratka; bogatejši so si lahko privoščili ne le dražji material, ampak tudi najboljše zidarje in učinkovit nadzor. Potres je pokazal, da se jim je investicija izplačala.

Armiranobetonski okvirji

Z armiranim betonom intenzivneje gradijo zadnjih 15 let predvsem vladna poslopja, šole, bolnišnice, hotele, tržnice in tudi stanovanja. Armiranobetonske stavbe v mestih običajno ne presegajo višine štirih, morda petih nadstropij. Prevladujejo okvirne konstrukcije, včasih okvirji z zidanimi polnili. Stenastih konstrukcij ne uporabljajo. Delež teh zgradb skupno predstavlja manjšino med vsemi zgradbami. Čeprav modernejšie, so bile tudi mnoge od teh zgradb porušene ali močno poškodovane. Pogost vzrok poškodb so bili poškodovani stiki stebrov in prečk. Vzrok temu je bila pogosto prevelika vitkost stebrov v



Slika 10. Muzaffarabad: v ospredju porušena hiša iz betonskih blokov, v ozadju nepoškodovana hiša iz opeke in levo močno poškodovana hiša iz kamnitih blokov.

Figure 10. Muzaffarabad: collapsed concrete block masonry house (front), non-damaged clay brick masonry house (in the back) and heavily damaged concrete block masonry house (left).

primerjavi s togimi prečkami. Porušitve te vrste zgradb so bile torej posledica pomanjkljivosti pri projektiranju na potresne sile. Težave predstavljajo pomanjkljivosti pri polaganju armature: slabo preklapljanje in sidranje armature in pomanjkanje stremenske armature. V mestih so bili tudi pogosti primeri gradnje večetažnih objektov z mehkim pritličji (velike odprtine v pritličjih, potrebne za uporabo prostorov za gostinske ali trgovske namene, v višjih etažah pa stanovanja, s stenami). Končne posledice so bile seveda porušitve stavb, od nerazpoznavnega kupa ruševin (kjer bi težko ugotovili, kaj in zakaj se je podrl), zlaganja stropnih plošč (palačinke), do hudih nagibov in delnih porušitev zaradi mehkih pritličij (slike od 11 do 19).



Slika 11. Abbotabad: ostanki armiranobetonske stavbe z zidanimi opečnimi polnili.

Figure 11. Abbotabad: debris left of an r.c. frame structure with masonry infill walls.



Slike 12. Abbotabad: nedokončana armiranobetonska okvirna konstrukcija z zidanimi polnili. Zidana polnila v pritličju so območje poškodb preselila v prvo nadstropje. V eni smeri šibki stebri in stopnišče v enem od vogalov so povzročili nastanek plastičnih členkov v stebrih nad pritličjem, velike preostale deformacije zgornjega dela konstrukcije, zasuk konstrukcije zaradi torzijskih vplivov in hude poškodbe stopnišča.

Figure 12. Abbotabad: an r.c. frame structure with masonry infill in the phase of construction. Because of filler walls in the ground floor, the damage to columns did not occur in the ground floor but in higher stories. Weak columns in one direction and a rigid staircase located in one of the corners caused torsional effects. Plastic hinges developed in the columns, resulting in large permanent displacements of the structure. Heavy damage occurred to staircase.



Sliki 13. Prehod iz pritličja, kjer je okvirna konstrukcija zapolnjena z zidanimi polnili, v prvo nadstropje. Detajl.

Figure 13. The transition zone between the ground floor, where the frame structure is filled with concrete block masonry filler walls, and the storey without the filler walls. Detail.



Sliki 14. Detajl poškodb stopnišča v vogalu.

Figure 14. Detail of damage to the staircase in the corner.

Šole in bolnišnice

Šole so državne in vsaka lokalna skupnost ima svojo šolo. Tudi najodročnejše vasi imajo svojo šolo. Žal so potres prenesle še slabše kakor nevladne zgradbe. Slaba kakovost gradnje, pomanjkanje potresno odpornega projektiranja so bili vzrok, da so se mnoge porušile. Čeprav so se mnoge šole porušile, večina preostalih pa

je bila močno poškodovana, je pouk kmalu spet stekel na šolskih dvoriščih.

Tudi mnoge bolnišnice v regiji so bile močno poškodovane ali pa so se porušile. Tako se je porušila osrednja bolnišnica v Muzaffarabadu. Zaradi ocene poškodovanosti je bila evakuirana bolnišnica v Abbotabadu (Ayub Medical College), kakor tudi Abbas Medical Institute v Muzaffarabadu. Za oba objekta so naknadno ugotovili, da je bila nepravilno ocenjena poškodovanost nekonstruktivnih delov (sama konstrukcija sploh ni bila poškodovana). Tako sta se oba zdravstvena centra po nepotrebem pridružila objektom, kjer niso mogli zagotavljati medicinske oskrbe.

Zaradi pomanjkanja strokovnjakov za ocenjevanje primernosti objektov in nezaupanje v njihove ocene o nadaljnji uporabnosti objektov so se mnogi ljudje začasno izselili. Na ta način so po nepotrebem obremenjevali že tako prezasedene začasne nastanitvene centre (sliki 20 in 21).

Infrastruktura

Večinoma so bili infrastrukturni objekti manj prizadeti kakor zgradbe. V tednu dni po potresu je bilo vzpostavljeno vodovodno in električno omrežje. Ceste so bile na številnih mestih zasute s plazovi, poškodovani so bili tudi mostovi. Predvsem so bili poškodovani mnogi mostovi v ozkih dolinah na rekah Jhelum in Kishenganga, v katerih ležijo prizadeta mesta.

V Pakistanu je veliko visečih mostov, ki jih ne uporabljajo le pešci, ampak so ponekod namenjeni tudi za lažja osebna vozila. Na obrežjih so postavljeni betonski stebri,



Slike 15. Abbotabad: detajli poškodb porušene armiranobetonske konstrukcije – neustrezno položena armatura vozlišča.

Figure 15. Abbotabad: details of damage of a collapsed r.c. structure - inadequate joint reinforcement.



Slika 16. Abbotabad: detajli poškodb porušene armiranobetonske konstrukcije – plastični členki v stebrih in porušena medetažna konstrukcija.

Figure 16. Abbotabad: details of damage of a collapsed r.c. structure - plastic hinges in the columns and collapsed floor structure.



Sliki 17. Balakot: do nerazpoznavnosti porušena armiranobetonska konstrukcija.

Figure 17. Balakot: it is not possible to identify the collapsed r.c. structure.



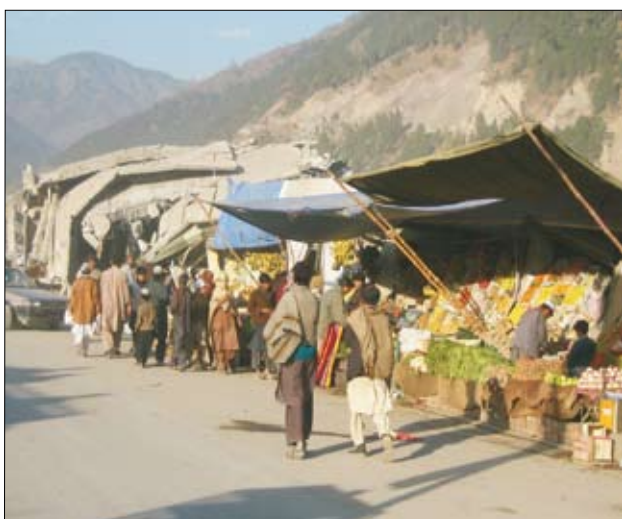
Slika 18. Balakot: porušena armiranobetonska konstrukcija hotela (medetažne konstrukcije so zložene kot palačinke).

Figure 18. Balakot: collapsed r.c. structure of a hotel building (pancaked floor structures).



Sliki 20. Na poti v Muzaffarabad: lesena strešna konstrukcija šole, porušeni prečni zid in močno poškodovano obodno zidovje.

Figure 20. On the way to Muzaffarabad: wooden roof structure of a school building, collapsed cross wall and heavily damaged peripheral walls.



Slika 19. Balakot: trgovina z vsakdanjimi potrebščinami. Prebivalci niti ne opazijo ruševin.

Figure 19. Balakot: street market. People don't notice the collapsed buildings.

v katere so bili sidrani kablji visečih mostov. Zaradi nestabilnih brežin je prišlo do zdrsov ali celo prevrnitev opornikov, kar je povzročilo padce prekladne konstrukcije. Prekladne konstrukcije so manjše poškodbe utrpeli predvsem na podporah, izjemoma je hujše poškodbe utrpel prečni vezni nosilec prekladne konstrukcije na vmesni obrežni podpori glavnega cestnega mostu v Muzaffarabadu. Na nasprotni podpori istega mostu je viden tudi skoraj metrski premik opornika v prečni smeri (sliki 22 in 23).

Učinki potresa na okolje

Z zemeljskimi plazovi imajo v goratem Kašmiru vsakoletne težave, saj se zaradi razmeroma nestabilnih in erozijsko občutljivih pobočij (ledeniške in rečne naplavine se še niso pretvorile v konglomerat, veliko je laporja in skrilavca) ob monsunskem deževju redno sprožajo plazovi, ki zasujejo ceste in včasih za več dni onemogočijo promet.

prek katerih so napeljene nosilne jeklene vrvi, na katere je obešena pohodna konstrukcija. Pri teh mostovih so se ponekod premaknili temelji obrežnih pilotov. Hujše poškodbe so povzročili veliki premiki sidrskih blokov za kable, ki so nastali zaradi zdrsa brežin. Posledica zdrsa sidrskih blokov za sidranje kablov za bočno zavetrovanje so bile velike deformacije mostu v vzdolžni smeri, posledica iztrganja nosilnih kablov iz sidrskih blokov pa delna porušitev mostu, ki je obvisel le na enem kablju. Čeprav so takšne mostove oblasti uradno zaprle za promet, ljudje prepovedi niso upoštevali.

Potres je sprožil številne večje in manjše zemeljske plazove in podore. Največji se je sprožil kakih 40 km severovzhodno od nadžarišča: dolg je bil skoraj 2 km, splazelo pa je do 2 milijona kubičnih metrov zemljine (EERI, 2005). Zaradi plazov naj bi bilo uničenih kar 1200 km cest, zato še več kakor mesec po potresu ni bila vzpostavljena prometna povezava z vasi po okoliških hribih.

Med poškodovanimi so bili tudi večji cestni mostovi, večinoma z armiranobetonsko prekladno konstrukcijo. Kakor se je dalo na hitro ugotoviti, so se prekladne konstrukcije obnašale ustrezno, saj gre večino poškodb pripisati premikom opornikov oziroma betonskih blokov,

Ljudje za boljšim zaslužkom silijo v mesta tudi v Kašmiru, zaradi pomanjkanja oziroma vse dražjih zemljišč v dolini postavljajo hiše tudi na strmih in nestabilnih pobočjih. Do hiš speljejo ožjo ali širšo pot, kar razmere še poslabša. Tako je potres tudi s proženjem plazov terjal žrtve (slike od 24 do 26).



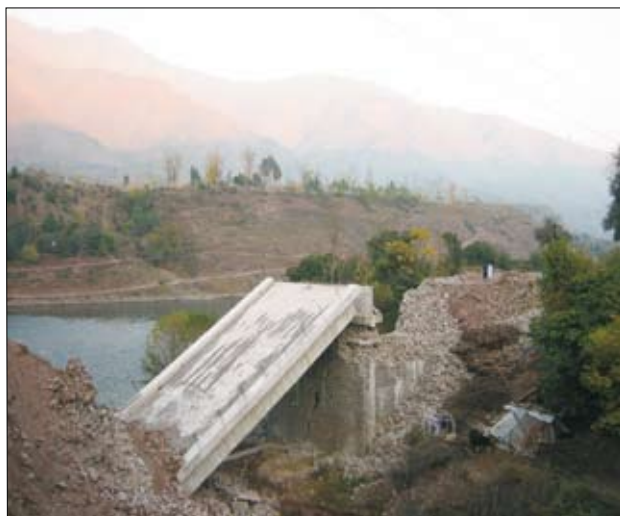
Slika 21. Muzaffarabad: palača vrhovnega sodišča. Strižne poškodbe neustrezno zasnovanih stebrov.

Figure 21. Muzaffarabad: supreme courthouse. Shear damage on inadequately designed r.c. columns.

Odprava posledic in drugi ukrepi

Dober mesec po potresu so bile vsaj v dolini in največjih mestih akcije za odpravo posledic v polnem teku. Pakistanu so na pomoč priskočile številne države, med katerimi so posebej močno zastopane muslimanske. S tehniko in logistiko so vodile ZDA, ki so na prizadeto območje poslale helikoptersko brigado in bolnišnico iz Afganistana. Da bi vzbudili večje zaupanje, so ameriški vojaki prišli brez orožja. Ker pa med ljudmi niso priljubljeni, so jih varovali pakistanski vojaki. Uradno je Pakistan sicer eden večjih zaveznikov ZDA v vojni proti Al Kaidi, v resnici pa so ljudje na območju, kjer tudi meja z Afganistanom ni prav daleč, simpatizerji talibanov.

Organizirana so bila številna taborišča za brezdomce. Vedno v takih primerih nastanejo razprave o tem, kako ljudem zagotoviti zatočišča oziroma kako obnoviti njihove hiše. Običajno je zelo agresivna industrija, predvsem multinacionalke, ki ponujajo različne "najboljše" rešitve, od pločevinastih hiš, ki se jih sestavi na kraju samem, do plastičnih kioskov, kakršni so bili ponekod že postavljeni. Vse v imenu prepričanja, da bo za uboge ljudi vse zastonj, plačala bo vlada. Kdo se pa še vpraša, odkod vladi denar? In seveda se nihče ne vpraša, kako bodo



Slika 22. Muzaffarabad: padec nove prekladne konstrukcije cestnega mostu zaradi prevrnitve krajnjega opornika.

Figure 22. Muzaffarabad: the falling of a bridge deck from support due to overturning of a pier.



Sliki 23. Muzaffarabad: za prehod preko deroče reke Jhelum po visečem mostu, pri katerem se je med potresom na eni strani iztrgal kabel, je treba precej poguma.

Figure 23. Muzaffarabad: courage is needed to cross the Jhelum River on a suspension bridge, where one of the cables has been torn from the anchor block during the earthquake.



Slika 24. Muzaffarabad: strma pobočja, ki so jih v ledeniške nanose izdolble reke, so nestabilna. Številni zdrsi in podori so zasuli ceste in pod seboj pokopali stavbe.

Figure 24. Muzaffarabad: steep slopes, cut into glacial deposits by rivers, are not stable. Numerous landslides and rockfalls buried roads and buildings.



Slika 25. Muzaffarabad: številni zdrsi pobočij nad reko v bližini mesta.

Figure 25. Muzaffarabad: numerous landslides occurred on the slopes above the river in the vicinity of the city.



Slika 26. Muzaffarabad: številni zdrsi pobočij nad reko v bližini mesta.

Figure 26. Muzaffarabad: numerous landslides occurred on the slopes above the river in the vicinity of the city.

ljudje taka bivališča, ki so poleti vroča, pozimi pa mrzla, vzeli za svoja. Tisti, ki nudijo pomoč v upanju, da bodo sklenili dober posel, seveda ne zagovarjajo izboljšanja tradicionalne gradnje.

V nasprotju s "poslovneži" so številne mednarodne in druge nevladne organizacije med drugim organizirale in postavile ambulante in druga središča, ki prebivalcem pomagajo prebroditi najhujše težave. Zato je bilo vsaj v mestih videti, da se je utrip življenja kljub temu, da je med potresom skoraj vsak koga izgubil, že vrnil na stare tirnice.

Predpisi o potresno odporni gradnji

Čeprav v pakistanskih predpisih obstaja seizmično zoniranje, prizadeto območje bodisi ni uvrščeno med potresno nevarna območja ali pa, delno, v območje nizke do zmerne potresne nevarnosti. Potres v Kašmiru je bil presenečenje za pakistansko gradbeno stroko. Potresni nevarnosti ni posvečena posebna pozornost ne pri projektiranju ne pri urbanističnem načrtovanju. Projektiranje potresno odpornih zgradb se omejuje le na posamezne izjemno pomembne zgradbe. Pravih predpisov v Pakistanu ni. V večjih mestih so posamezni projektanti uporabljali britanske standarde ali pa ameriški standard (UBC). Tudi če projektanti imajo nekaj znanja, pa manjka usposobljenih izvajalcev. Še pomanjkljivejši je nadzor, ki se izvaja le na zelo pomembnih objektih na posebno zahtevo investitorja. Pakistanska praksa je, da projektanti prepustijo armaturne načrte izvajalcu. Katere profile ter kam in kako položiti izračunano količino armature, je stvar izvajalca. Tako je vse opravljeno tako, da se zmanjšujejo stroški in povečuje dobiček na račun kakovosti gradnje.

Po potresu je pakistanski predsednik sicer zahteval, da je v enem mesecu treba pripraviti prenovljeni predpis, vendar se to ni zgodilo. Tako so mnogi posamezniki pričeli z obnovo brez predpisa ali brez zahtev po uveljavljanju vsaj obstoječega predpisa. Če bo Pakistan že čez nekaj let pozabil na posledice potresa in v tem času ne bo rešil vsaj zakonodaje, bo trajalo ponovno kar nekaj let, da se stanje izboljša. Tu ne gre le za spremembo predpisa, gre za sredstva za raziskave, spremembo visokošolskega sistema in vpeljavo nove prakse v vsakdanje življenje.

Povzetek podatkov

- Porušeni stanovanjski objekti so zahtevali veliko število žrtev (skupno vsaj 87.300 umrlih in skupno vsaj 75.000 ranjenih). Glede na to, da v vsaki hiši prebiva od 6 do 7 ljudi, je bilo ocenjeno, da je po potresu brez bivališča ostalo okoli 4 milijone ljudi. Mnoge žrtve so bile ženske in otroci.
- Poškodbe bolnišnic so pomenile, da je bilo treba poškodovane in običajne bolnike oskrbeti v poljskih bolnišnicah. Problem zdravstvene pomoči pa je bil še toliko hujši, ker je v porušeni in močno poškodovanih bolnišnicah preminulo ali bilo poškodovanega precej specializirano usposobljenega zdravstvenega osebja. Problem je predstavljala tudi izguba kartotek in ostalih podatkov o pacientih.
- Porušitev šol in drugih vzgoji in izobraževanju namenjenih objektov je imela za posledico veliko število žrtev med šolajočo se mladino (18.095). Izguba 853 učiteljev pomeni tudi izgubo osebja in vlaganj države v njegovo oblikovanje. Postavljeni so bili začasni objekti, da se je pouk lahko nadaljeval.

Priporočila

- Po takšnih potresih se za obdobje pred ponovno pozidavo svetuje izdelava podrobnejših kart potresne nevarnosti. Te naj bi vključevale zadnja dognanja in podatke na področju geologije, tektonike in seizmičnosti prizadetega območja. Takšne karte v nadaljnji rabi omogočajo upoštevanje realnejših potresnih obremenitev pri projektiranju kakor tudi podlago za smotrnejšo izrabo prostora.
- Potres je pokazal tudi na veliko nevarnost plazov in poplav. Tudi te podatke je smotrno upoštevati pri izdelavi osnovnih pogojev za obnovo prizadetega območja.
- Obsežne porušitve gradbenega fonda so odraz pomanjkanja znanja in prakse na področju potresno odporne projektiranja in gradnje v regiji. Zato je treba zagotoviti dosledno upoštevanje načel potresno odporne gradnje v vseh fazah izvedbe (od projekta do gradnje).
- Ker je bil delež poškodovanih stanovanjskih objektov velik in glede na prakso, da je ta gradnja prepuščena lokalnemu nadzoru in individualni gradnji, je treba poskrbeti za dober izobraževalni program o potresno odporni gradnji z uporabo lokalnih materialov in

lokalno dostopnih tehnik.

- Posebej pomembno je angažiranje usposobljenih inženirjev, ki imajo potrebno znanje za sodelovanje pri uporabi potresno odporne prakse pri gradnji in še bolj pri nadzoru na terenu in tudi, da imajo za ta dela pridobljeno licenco.

Sklepne misli

Ogromno materialno škodo in številne žrtve lahko pripišemo popolni nepripravljenosti na potres in seveda izredno slabi gradnji. Večina starejših objektov je zgrajenih iz blata, sodobnejši (zadnjih 50 let) pa iz opeke s slabo malto, ki očitno niso bili odporni na potresne sunke. Izkazalo se je, da tudi mnogi novejši objekti niso zdržali potresnih sil. Zanimiv je podatek, da imajo v Pakistanu predpise o potresno odporni gradnji, jih pa ne upoštevajo. Število žrtev je bilo veliko tudi zaradi goste naseljenosti. Zato verjetno nikoli ne bomo natančno poznali števila mrtvih, po sedanjih podatkih jih je več kakor 87.000. Kakšne razsežnosti je imel dogodek, priča tudi število brezdomcev, ki jih je kar 4 milijone, pri čemer za vse niti ne vemo. Reševanje v težkih predelih je bilo zelo oteženo, saj je mnogo večja težava logistika kakor sama pomoč; saj so v nekatere predele reševalci prodrli šele čez nekaj dni ali celo tednov po potresu.

Tudi ta potres je potrdil znano pravilo posledic potresa: v razvitem svetu ogromna materialna škoda in relativno majhno število žrtev, v nerazvitem svetu relativno majhna materialna škoda in veliko število žrtev.

Viri in literatura

1. BGS (2005), Seismic Alert: Pakistan 8 October 2005 03:50 UTC 7.6 Mw. British Geological Survey: http://www.earthquakes.bgs.ac.uk/latest/pakistan_08102005.htm.
2. COMET (2005), "Locating the Kashmir Fault", Centre for the Observation and Modelling of Earthquakes and Tectonics: http://comet.nerc.ac.uk/news_kashmir.html.
3. First Report on the Kashmir Earthquake of October 8, 2005. EERI Special Earthquake Report, December 2005.
4. http://www.eeri.org/lfe/clearinghouse/kashmir/reports/kashmir_eeri_1st_report.pdf
5. http://www.eeri.org/lfe/clearinghouse/kashmir/reports/kashmir_eeri_2nd_report.pdf
6. http://www.eeri.org/lfe/clearinghouse/kashmir/reports/EEFIT_%20Mission_%20Pakistan_%20Prelim_%20Report.pdf
7. Preliminary Earthquake Report. USGS, 2005.

Opomba:

Vse fotografije: Prof. dr. Miha Tomažević
All photographs: Miha Tomažević, Ph. D.