

# POTRES V KILLARIJU V INDIJI

Miha Tomažević\*

550.34 (Maharaštra) "1993"

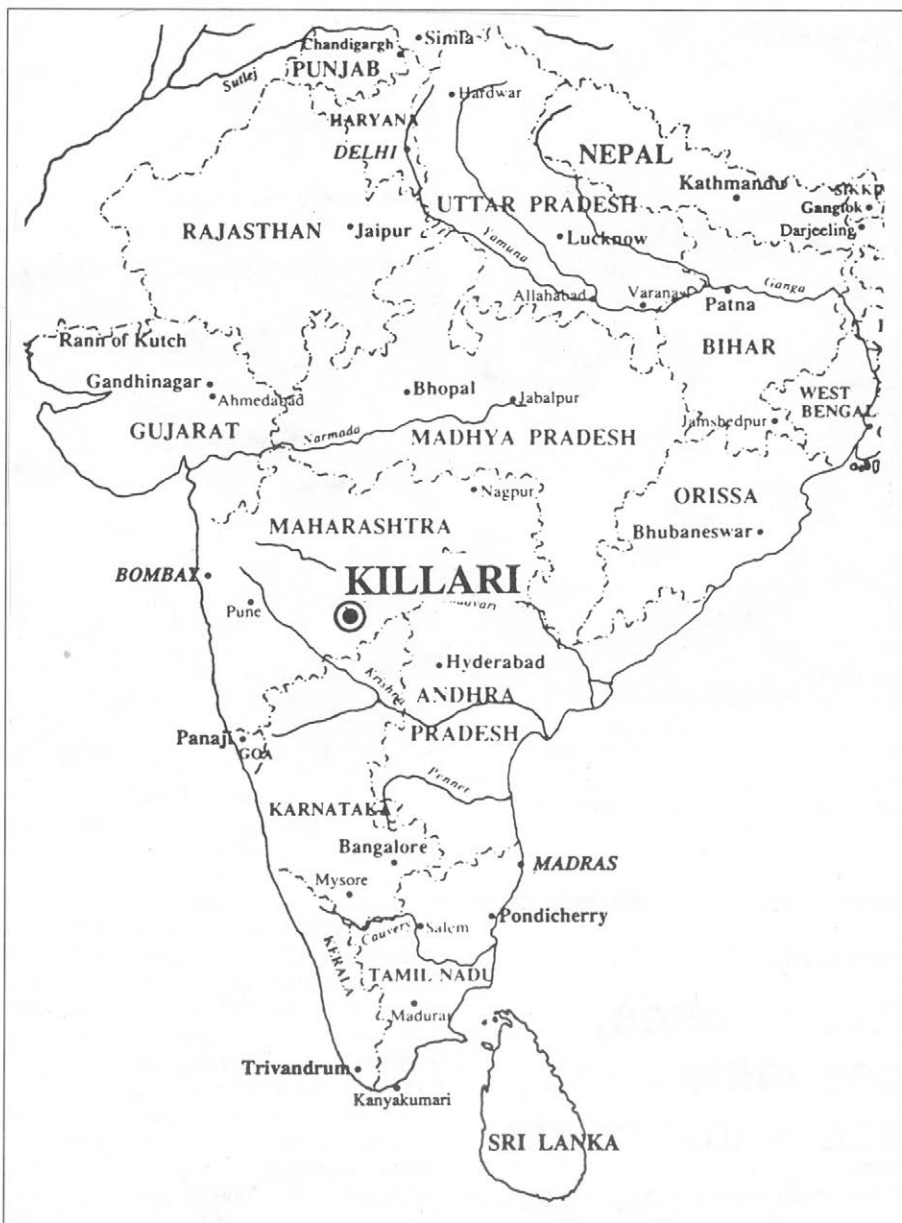
30. septembra 1993 je državo Maharaštra v osrednji Indiji prizadel močan potres, med katerim je umrlo vsaj 8000 ljudi, ranjenih pa jih je bilo več kot 16000. Potres je porušil 50000 hiš, 180000 pa jih je bolj ali manj poškodoval. V članku so opisane razmere na območju, ki ga je prizadel potres, posledice potresa na tipičnih stavbah in akcije po potresu. Predstavljeni so načrti za rekonstrukcijo območja, še posebej pa program sanacije in ojačitve hiš, poškodovanih med potresom.

Osrednji del Indije je 30. septembra 1993 prizadel potres s katastrofalnimi posledicami. Čeprav ga po magnitudi in intenziteti na površini prizadetega območja ne moremo šteti med najmočnejše, je zaradi potresa umrlo okrog 8000 ljudi (natančno število žrtev ni znano), približno 16000 pa je bilo ranjenih. Potres je porušil 50000 hiš, nadaljnjih 180000 hiš pa je bilo bolj ali manj poškodovanih. Prav te katastrofalne posledice potresa v Indiji uvrščajo med najhujše potrese v zadnjih nekaj desetletjih. Potres v Killariju je zanimiv tudi kot seizmični dogodek, saj ni nastal zaradi splošno poznanih mehanizmov medsebojnih premikov tektonskih plošč na stikih, ampak sredi plošče indijske podceline, kjer so potresi redkejši, vzroki za nastanek in njihovi mehanizmi pa še niso popolnoma raziskani.

Tri mesece po potresu sem kot svetovalec sodeloval v ekipi strokovnjakov Svetove banke iz Washingtona, ki bo dala indijski vladi posojilo za obnovo prizadetega območja. Ker sem imel priložnost spoznati posledice potresa na kraju samem, sem pripravil kratko informacijo o posledicah potresa tudi za bralce Ujme, ki jih bo kaj več, kot so o potresu izvedeli iz časopisja in po televiziji, gotovo zanimalo. Na tem mestu se zahvaljujem Svetovni banki, ki mi je dovolila med misijo pridobljene informacije in slikovno gradivo uporabiti za pisanje članka.

bližno obliko kroga s premerom 40 km, je okoli 1200 km<sup>2</sup>. Najhujše je prizadeto epicentralno območje, široko okoli 15 km in dolgo okoli 20 km<sup>(1)</sup>.

Podatkov o potresnem gibanju tal na območju potresa ni, saj osrednje območje Indije ni bilo opremljeno z instrumenti za registracijo močnih potresov. Zato je bila



Slika 1. Indija z vrisano lokacijo potresa v Killariju.

Figure 1. India and location of the earthquake in Killari.

## Potres in posledice

### Seizmološki podatki

30. septembra 1993 ob 3. uri in 56 minut zjutraj po lokalnem, oziroma ob 23. uri in 26 minut po srednjeevropskem času je močan potres prizadel vzhodni del centralne indijske države Maharaštra, največje in gospodarsko najbolj razvite države Indije. Najbolj sta bila prizadeta okraja Latur in Osmanabad (glej sliko 1), približno 400 km vzhodno ob Bombaju. Velikost prizadetega območja, ki ima pri-

\* Prof., dr., Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij, Dimičeva 12, Ljubljana.

intenziteta potresa ocenjena po definiciji Medvedev-Sponheuer-Karnikove lestvice potresne intenzitete glede na obseg in vrsto poškodb na stavbah in na zemeljski površini<sup>(2)</sup>. Po tej oceni je bila intenziteta potresa v ožjem epicentralnem območju VIII. do IX. stopnje, v širšem območju, ki zajema površino 850 km<sup>2</sup>, pa ni presegla intenzitete VII. stopnje.

Potres je dobil ime po večji vasi Killari z nekaj več kot 13000 prebivalci, ki je bila skoraj popolnoma porušena, saj leži v neposredni bližini epicentra, ki so ga seizmologi locirali približno na 18,2 stopinje severne širine in 76,7 stopinje vzhodne dolžine.

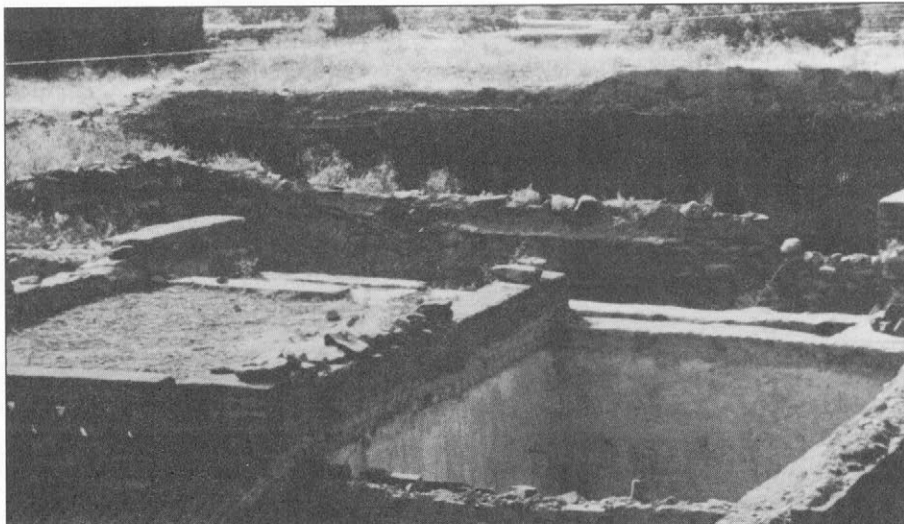
Magnituda potresa je bila ocenjena na 6,4 po Richterjevi lestvici, globina žarišča pa na 5 km. Čeprav je lokacija potresa neobičajna, saj je nastal sredi kontinentalnega bloka in ne na severu indijskega podkontinenta pod Himalajo ali v Beludžistanu, kjer prihaja do izrazitega narivanja tektonskih blokov, pa zgodovinski podatki kažejo, da so podobni potresi, celo tako močni, da so zahtevali človeške žrtve, na tem območju že bili. Zadnji, v strokovni javnosti zelo znan potres v Koyuni, ki je močno poškodoval velik jez, je bil leta 1967 v isti državi Maharaštra, 300 km zahodno od Killarija in 150 km južno od Bombaja.

Ker območje še ni raziskano, seizmologi ne morejo z gotovostjo razložiti, zakaj je do potresa v Killariju sploh prišlo. Na potresnem območju so opazili poškodovano zemeljsko površje: vzdolž približno 1 km dolgega območja z začetkom 1,5 km zahodno od Killarija so vidne razpoke, ki v glavnem potekajo v smeri zahod-severozahod. Medsebojni navpični premiki zemeljske površine ob razpokah, ki sicer ne potekajo kontinuirano, dosegajo 40 do 50 cm. Glede na to, da razen seizmičnih aktivnosti, ki so jih ljudje čutili tudi leta 1992, tj. eno leto pred potresom, ni zgodovinskih podatkov o potresih na območju Killarija, seizmologi sklepajo, da razpoke, nastale leta 1993, predstavljajo novo prelomnico, oziroma da se je ponovno aktivirala zelo stara prelomnica, nastala še pred kenozoikom<sup>(3)</sup>.

Drugi možni razlog za nastanek potresa bi lahko bilo veliko zajetje vode kakih 10 km zahodno od epicentra, tj. rezervoar Spodnja Tirna (Lower Tirna Reservoir), katerega največja globina je okrog 20 m. Potresi, ki so jih sprožili človekovi posegi v naravo z velikimi zajetji voda, so dokazani. Eden najbolj znanih primerov ti. "potresov, ki jih inducira človek", je prav velika zajezitev reke Koyne. V primeru potresa v Killariju pa bo, kot rečeno, potrebno še marsikaj raziskati, preden bo razlog za nastanek potresa 30. septembra 1993 dokazan.

## Učinek potresa na stavbe

Območje, ki ga je prizadel potres, je tipično podeželje v centralni Indiji z vasmi, ki imajo med 1000 in 2500 prebivalcev, iz-



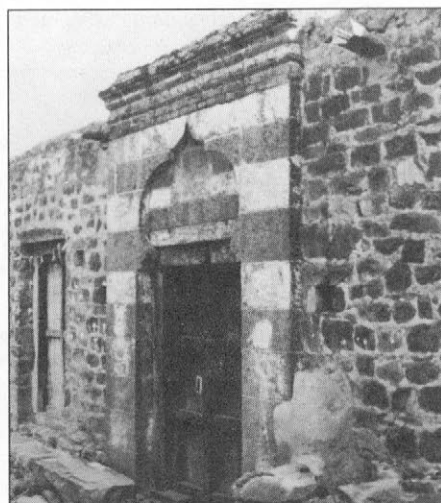
Slika 2. Tipična indijska vas s kamnitimi hišami. Ograja na sredi ločuje revnejšo hišo (v ospredju) od bogatejše (zadaj), pri kateri streho podpirajo leseni okvirji.

Figure 2. Typical Indian village with houses made of stone. Fence in the middle separates poorer house (in front) from the rich one (behind) with the roof supported by a wooden frame.

jemoma tudi več, kot npr. Killari, po katerem je potres dobil ime. Indija je revna dežela in temu primerno so grajene tudi hiše na prizadetem območju. Čeprav je najti celo hiše iz prepletenega protja, ometanega z blatom, in hiše iz zemlje, ki so v večini primerov krite s slamo, pa je več kot 90 % hiš sezidanih iz kamna ter blatne ali zemeljske malte, strehe pa so ravne, z debelim zemeljskim nasutjem kot zaščito pred dežjem in vročino. Hiše, sezidane iz opeke ali zidakov, so redke. Hiše so praviloma pritrilčne in razmeroma majhne. Stanovanjska površina se giblje med 25 in 40 m<sup>2</sup> in le izjemoma doseže 75 m<sup>2</sup>. Ko z ulice vstopimo skozi hišna vrata, ugotovimo, da smo pravzaprav stopili na dvorišče, ograjeno z visokim zidom, ob katerega so prislone tako hišica, v kateri ljudje živijo, spijo in kuhajo, kot hlev, sanitarni del in shrambe (slika 2).

Kamnito zidovje je sezidano iz lokalnega kamna, izpranega bazalta, ki ga je najti plitvo pod površino, povezanega z blatom, kar zidovju seveda ne daje visoke trdnosti. Zidovje, ki je lahko debelo tudi več kot en meter, je sezidano iz dveh zunanjih slojev iz večjih, bolj ali manj obdelanih kamnov, znotraj pa je nasutje iz manjših kamnov, predvsem pa zemlje in blata. Veliko je primerov, ko je zunanji sloj zidu sezidan iz obdelanega kamna in malte dobre kakovosti, medtem ko je notranji sloj iz neobdelanega kamna (slika 3). Strehe so zaradi zaščite pred vročino in dežjem iz 40 do 60 cm debelega zemeljskega nasutja na deskah in lesenih tramovih, naslonjenih bodisi na nosilni zid, bodisi na lesene stebre, postavljene ob zidu in na mestu, kjer podpirajo strop, povezane z zidom (slika 4). Les je v krajih, ki jih je prizadel potres, redek in zato zelo dragocen gradbeni material, zato je lesene okvirje najti le v bogatejših hišah.

Med potresom so jo, dovolj ironično, najboljše odnesle najbolj revne, vendar lahke hiše iz protja in s slamnato kritino. Le-te



Slika 3. Ulična fasada hiš, kjer je zidovje na zunanji strani sezidano iz obdelanega kamna v dobri malti.

Figure 3. Street facade of houses where the front masonry is constructed from a hewn stone bound in good mortar.



Slika 4. Detalj notranjosti bogatejše hiše z lesenimi okvirji, ki nosijo streho.

Figure 4. Detail from the inside of a rich house with wooden frames, carrying the roof.



Slika 5. Porušeni zunanji sloj kamnitega zidu je zasul ulico.

Figure 5. Stone wall and its demolished outer layer has filled up the street.

potresa pravzaprav niso niti čutile. Običajne kamnite hiše z veliko maso na vrhu in s šibkim zidovjem pa se potresnim sunkom niso mogle uspešno upreti. Poškodbe, ki jih opazimo na podeželskih hišah, lahko v grobem razdelimo na:

- ločevanje zidov v stikih na vogalih,
- razslojevanje zidov, izbočenje in izpadanje posameznih slojev (slika 5),
- prevrnitev zidov,
- delno ali popolno porušitev hiše, kateri v najožjem, epicentralnem območju ni ubežala pravzaprav niti ena sama hiša (slika 6).

Poševnih razpok v zidovih ni bilo opaziti, saj zasnova hiš ni dovoljevala, da bi se strižna nosilnost zidovja izkoristila v celoti. Kot je videti, so večino žrtev povzročile težke strehe z debelim zemeljskim nasutjem, ki so se zrušile na speče ljudi. V primerih, ko so bile strehe podprte z lesenimi okviri, stebri in tramovi, so stanovalci ušli smrti, saj so se zidovi sicer porušili, toda navzven, streha pa je, pod-



Slika 6. Killari-wadi, strog epicenter potresa. Cela vas, v kateri je umrlo 100 od 566 prebivalcev, je dobesedno zravnana z zemljo. Ostala je le nagnjena "kapelica" sredi vasi.

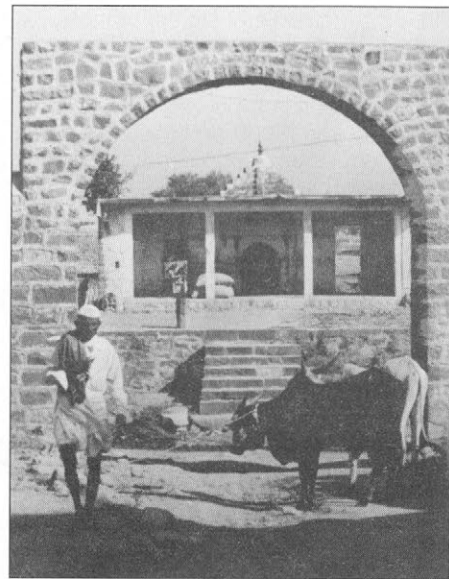
Figure 6. Killari-wadi, the exact epicentre of the earthquake. The whole village has been levelled to the ground and 100 people died out of 566. Only the chapel, very much inclined, remains in the middle of the village.



Slika 7. Leseni okviri, ki so obdržali streho tudi po porušitvi zunanjih zidov, so preprečili najhujše.

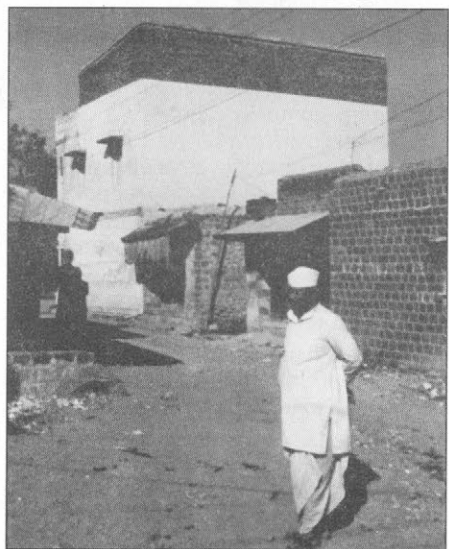
Figure 7. Wooden framers that supported the roof even after the collapse the of outer walls, have prevented the worst.

prta z okvirom, obstala (slika 7). Razmeroma dobro so jo odnesle tudi hiše, pri katerih je bil zunanji sloj kamnitega zidu sezidan iz obdelanega kamna v dobri mali (slika 8).



Slika 8. Manjše svetišče na sliki je bilo sezidano solidno, saj je potres prestalo brez poškodb.

Figure 8. Small temple, well constructed and without any damage after the earthquake.



Slika 9. Na stanovanjski hiši v eni od močno poškodovanih sosednjih vasi, ki je imela navpične in vodoravne zidne vezi, je bilo videti le nekaj razpok na stikih med opeko in betonom.

Figure 9. One of the houses from a neighbouring village that suffered the most had vertical and horizontal wall binding, and only a few cracks and fissures are visible between the junctions of brick and concrete.

Stavb, ki niso sezidane na tradicionalen način, je na območju, ki ga je prizadel potres, razmeroma malo. Predvsem so to javni objekti, šole, ambulante in upravne stavbe, večinoma pritlične ali največ enonadstropne, sezidane iz opeke ali beton-skih blokov, nekatere celo z vodoravnimi in navpičnimi armiranobetonskimi vezmi. Čeprav kakovost teh materialov ni naj-boljša, pa so se obnašali razmeroma



Slika 10. Slabše jo je odnesla iz opeke sezidana šola v Killariju. Opeka in malta sta slabi, zidnih vezi pa tudi ni videti.

Figure 10. School in Killari built out of bricks was severely damaged. Bricks and mortar are low quality, wall binding is missing.

dobro, če le ni bilo zagrešenih večjih napak pri gradnji (sliki 9 in 10).

Inženirskih konstrukcij tudi ni veliko. Pozornost zbudijo armiranobetonski vodohrani, tj. vodni zbiralniki prostornine med 40 in 120 m<sup>3</sup>, ki jih ima skoraj vsaka vas. Večina zbiralnikov, tudi tisti na epicentralnem območju, je preživela potres le z malo, ali pa celo brez poškodb (slika 11). Porušil se je le zbiralnik v vasi Kawatha, pri katerem poškodbe in pomiki kažejo, da je do porušitve prišlo zaradi torzijskih nihanj konstrukcije (slika 12).

## Odprava posledic in obnova prizadetega območja

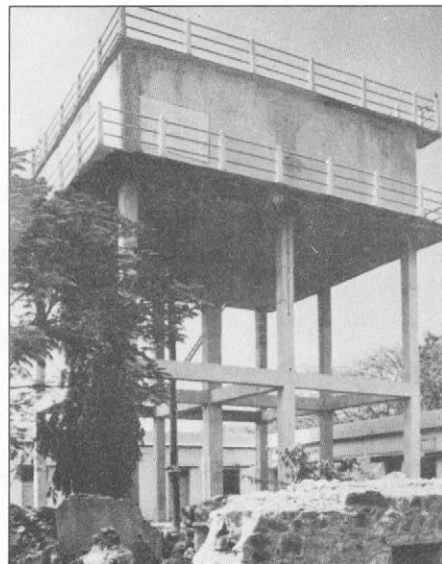
### Akcije reševanja in prve pomoči

Veliko človeških žrtev ter porušeni in poškodovani hiš po potresu je tako oblastne strukture kot tudi prebivalce območja, ki ga niso prizadevale niti poplave niti potresi, močno presenetilo. Kljub temu pa je bila učinkovita akcija reševanja ponesrečenih in odprave posledic sprožena že v nekaj minutah po potresu: o dogodku je krajevna policija takoj seznanila glavarje (district collectors) prizadetih okrajev, ki so s pomočjo policije in prebivalcev organizirali reševanje ponesrečenih in o stanju obvestili vlado v Bombaju. Tako je bila že zgodaj zjutraj v reševanje vključena tudi indijska vojska, ki je zaradi številnih opazovalcev, ki so ovirali promet reševalnih vozil, popoldne zaprla območje za vse nepooblašcene osebe.

Kot dokazujejo še vedno vidni ostanki zgorelih kosti, so žrtve potresa množično kremirali kar na kraju samem (v Indiji mrtvih ne pokopavajo, ampak jih sežigajo). Ker pa v naglici niso vodili ustreznih zapisnikov, je prišlo do zmede pri oceni števila žrtev. V prvih dneh po potresu so poročali celo o 30000 mrtvih, kasnejša, verjetnejša ocena pa je pokazala, da je žrtev nekaj več kot 8000.

Okoli 16000 ranjenih je zahtevalo prvo pomoč, zato je vlada Maharaštre takoj mobilizirala 50 mobilnih zdravniških ekip, tako da je imela skoraj vsaka prizadeta vas svojega zdravnika. V nekaj dneh po potresu je bilo na razpolago več zdravniškega osebja, kot so ga potrebovali. Najhujše primere so prepeljali v bližnje bolnišnice, preostale so zdravili v zasilnih bivališčih.

Vlada je poskrbela tudi za hrano in pitno vodo. V prvih dneh po potresu so hrano kuhale in delile dobrodelne organizacije in



Slika 11. Armiranobetonski vodni stolp v Killariju je, kot večina podobnih konstrukcij, ostal skoraj nepoškodovan.

Figure 11. Water tower of reinforced concrete in Killari remains intact as do the majority of similar buildings.



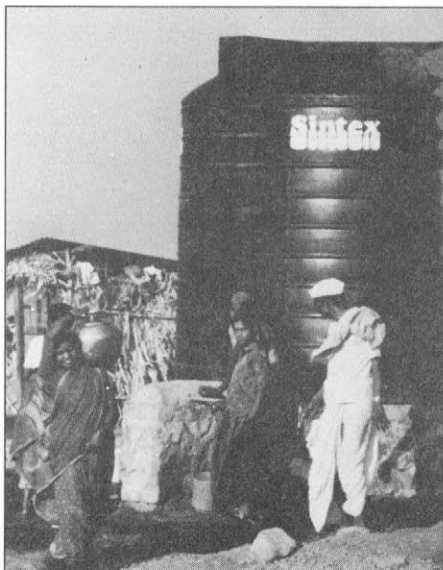
Slika 12. Vodni stolp v vasi Kawatha se je porušil zaradi torzijskih nihanj.

Figure 12. Water tower in the village of Kawatha collapsed due to high torsion oscillations.



Slika 13. Začasna bivališča ljudi, ki jim je potres uničil domove. Za šotori so vidna bivališča iz valovite pločevine.

Figure 13. Temporary dwellings for villagers whose homes were destroyed by earthquake. Behind the tents are dwellings made from corrugated sheet metal.



Slika 14. Pitno vodo razdeljujejo pri skupnih vodnjakih ali cisternah.

Figure 14. Drinking water is distributed at public wells or water tanks.

vojska. Po 15 dneh kuhinje zapri, vendar so ljudem razdelili za približno mesec dni zalog hrane, ki so jo morali pripravljati sami. Takoj po potresu so postavili tudi začasna bivališča za ljudi, ki so ostali brez strehe nad glavo. To so bila naselja barak iz valovite pločevine, v katerih je vsaki družini pripadlo približno 15 m<sup>2</sup> površine. Sanitarije so skupne. Po želji so se nekateri lahko odločili za šotore (sliki 13 in 14).

## Rekonstrukcija po potresu prizadetega območja

Takoj po potresu so začeli pripravljati vse potrebno za rekonstrukcijo in obnovo po potresu prizadetega območja. Po programu, ki ga bo s posojilom indijski vladi v večjem delu financirala Svetovna banka, naj bi vse ljudi spravili pod streho še pred začetkom monsunov poleti leta 1994. Akcija je zelo zahtevna, saj bo na novih lokacijah zgrajenih 49 vasi s 23000 hišami. Pri tem velja povedati, da selitev vasi na druge lokacije ni utemeljena s tehničnimi razlogi, ampak je čisto psihološke narave: ljudje so se uprli, da bi jim nove hiše postavili na mestih, kjer jim je potres porušil stare domove in kjer so izgubili sorodnike. Zanimivo je, da je vlada kot kriterij za premestitev naselja postavila število porušenih hiš: vas, v kateri je bilo porušenih ali močno poškodovanih več kot 70 % hiš, bo nanovo zgrajena na drugi lokaciji. Čeprav je bila izdelana tudi nekakšna seizmična mikrorajonizacija po potresu prizadetega območja, na osnovi katere so določili lokacije za preseljene vasi, pa izdelek indijskim strokovnjakom ni ravno v čast. Karta je bila izdelana na osnovi izo-seist septembrskega potresa, satelitskih posnetkov, ki kažejo možne prelomnice, in pa debeline zgornjega sloja zemlje, ki mu Indijci pravijo "black cotton soil", brez

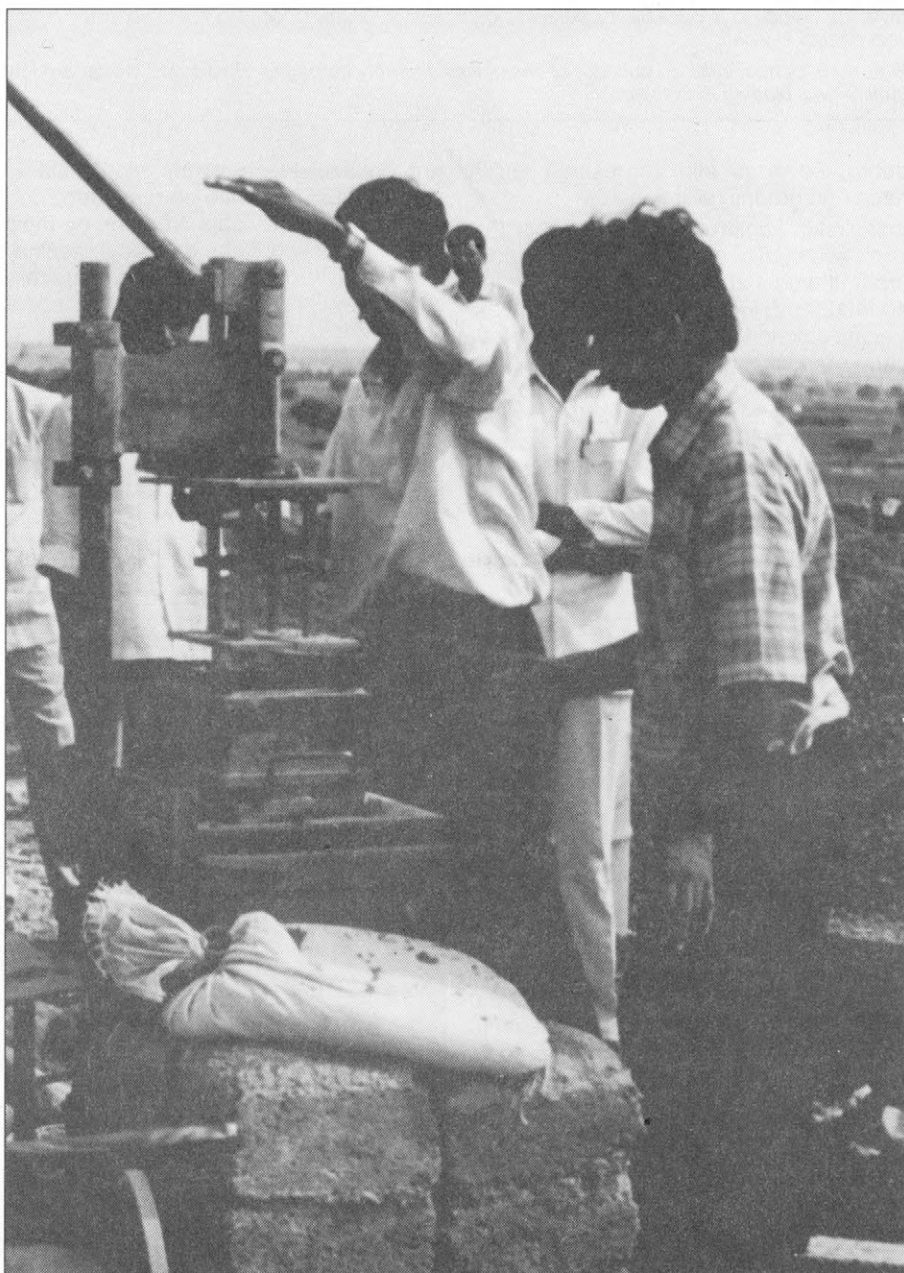
kakršnih koli drugih resnih spremljajočih študij.

Preostalih 30000 porušenih ali močno poškodovanih hiš bo nanovo zgrajenih v 2500 vaseh v 13 okrožjih države Maharashtra. Poleg novogradenj pa je treba sanirati okrog 180000 hiš, kar najbrž predstavlja trši oreh; tudi zato, ker so ljudje praviloma izgubili zaupanje v kamnito zidovje in jih bo zelo težko prepričati, da razlog za porušitev njihovih domov ni bilo kamnito zidovje kot tako, ampak način zidave.

Območje, ki ga je prizadel potres, je bilo v indijskem standardu "Kriteriji za projektiranje potresno odpornih konstrukcij" iz leta 1984 označeno kot seizmično neaktivno območje. Zato je po potresu v Killariju indijska vlada izdala navodilo, da se za potrebe rekonstrukcije in obnove

območji okrožij Latur in Osmanabad začasno uvrstita v IV. potresno območje. Indijski predpisi upoštevajo pet potresnih območij: na območjih I., II., III., IV., oziroma V. kategorije pričakujejo potrese intenzitete V. in manj, ter VI., VII., VIII. in IX. stopnje po ameriški modificirani Mercallijevi (MM) lestvici. Stopnje modificirane Mercallijeve lestvice zelo približno ustrezajo stopnjam pri nas uveljavljene Medvedev-Sponheuer-Karnikove (MSK) lestvice potresne intenzitete.

Po indijskih specifikacijah morajo vse stavbe na območju IV. kategorije zdržati potresne sile v velikosti 5 % njihove teže. To je za območje VIII. stopnje relativno malo. Sam sem s primerjavo poškodb na različnih tipih preživelih stavb in kakovosti vgrajenih materialov ocenil, da intenziteta potresa po vsej verjetnosti ni preseгла



Slika 15. Izdelava betonskih zidakov na gradbišču vasi, ki jo gradijo na novi lokaciji.

Figure 15. Concrete bricks are manufactured in the construction area of the village, which is being built at a new location.

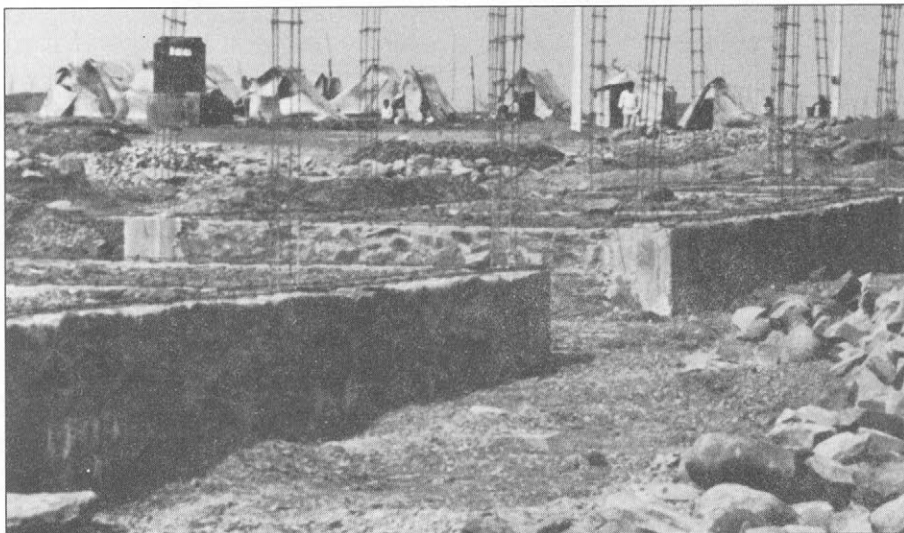
VIII. stopnje po MSK lestvici, kar pomeni, da bi pri preverjanju potresne odpornosti konstrukcij na tem območju morali upoštevati vrednost ti. mejnega koeficienta prečne sile v pritličju (razmerja med celotno potresno silo v pritličju in teži stavbe) v višini 0,2 do 0,25. Čeprav je ta vrednost precej višja od zahtevane po indijskih predpisih, pa poškodbe na preživelih stavbah kažejo, da je s solidno gradnjo dosegljiva brez večjih težav.

Kot že rečeno, so hiše majhne: vsaka družina bo dobila po 20, 40 ali 60 m<sup>2</sup> bivalnega prostora, odvisno od tega, koliko ga je imela pred potresom, ter od 15 do 40 m<sup>2</sup> odprtega prostora za hleve oziroma možne bodoče dograditve. Povprečna cena nove hiše naj ne bi presegla 1000 ameriških dolarjev. Naselja, ki jih nekatere dobrodelne organizacije že gradijo, bodo zgrajena brez upoštevanja lokalnih značilnosti, v pravilni tlorisni razporeditvi posameznih parcel in ulic. V naseljih, ki bodo obnovljena s posojilom Svetovne banke, pa bo v čimvečji možni meri upoštevana tradicionalna lokalna prostorska ureditev.

Nove hiše bodo večinoma sezidane iz betonskih blokov, izdelanih na kraju samem (slika 15). Ker peska za izdelavo betona ni, bodo drobili kar kamen od porušenih hiš; tega so prebivalci, ki so se tudi v nesreči dobro znašli, začeli poceni prodajati kot surovino za pridobivanje peska. Nove hiše bodo po priporočilih indijskih predpisov za grajenje na potresnih območjih ojačane z navpičnimi armiranobetonskimi zidnimi vezmi (slika 16). To pa bo zagotovilo več kot dobro obnašanje v morebitnem enako močnem potresu, ki pa ga v naslednjih nekaj sto letih, po ugotovitvah indijskih strokovnjakov, ni pričakovati.

Tri mesece po potresu je že potekala tudi sanacija poškodovanih hiš. Oddelek za potresno inženirstvo (Department of Earthquake Engineering) pri Univerzi v Roorkeeju in Centralni gradbeni raziskovalni inštitut (Central Building Research Institute), prav tako iz Roorkeja, sta na osnovi izkušenj predlagala vrsto deloma že eksperimentalno preverjenih sanacijskih posegov, ustreznih za podeželske kamnite hiše. Ti ukrepi so v načelu precej podobni tistim, ki smo jih pri nas uporabljali pri popotresni obnovi Kozjanskega in Posočja, uporabljamo pa jih tudi pri prenovi starih kamnitih hiš. Obsegajo naslednje posege:

- Zmanjšanje teže strehe. Ker je bila porušitev težkega zemeljskega nasutja glavni razlog za številne žrtve, osnovni sanacijski ukrep predstavlja zmanjšanje teže strehe s tem, da se debelina nasutja zmanjša s 40 do 60 cm na samo 10 cm. Pronicanje vode v notranjost se prepreči s prekrivanjem strehe s polietilensko folijo in z ustrezno drenažo.
- Zapiranje razpok v zidovih z zalivanjem z malto iz zemlje in apna, prezidavo razslojenega zidovja, vgrajevanje veznih kamnov, ki naj bi preprečili



Slika 16. Temelji novih hiš, iz katerih sega kvišku armatura navpičnih vezi v vogalih.

Figure 16. Foundation of new houses from which vertical iron ties reach upwards from the corners.



Slika 17. Povezovanje poškodovane hiše z mrežo v višini stropa.

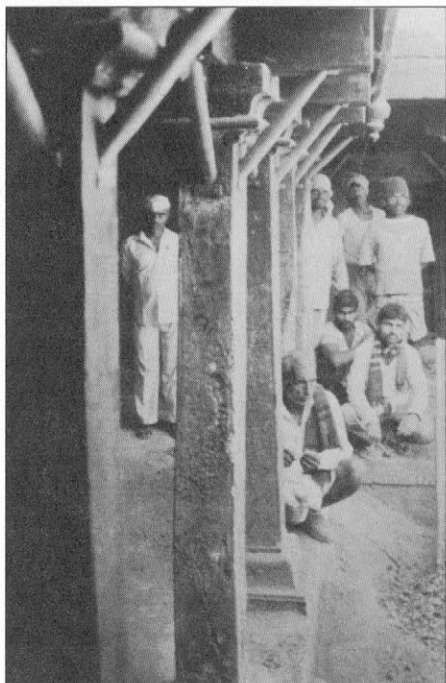
Figure 17. Binding of a damaged house with a wire mesh at the height of the ceiling.



Slika 18. Izgled sanirane hiše z vencem, armirano - cementno oblogo, ki povezuje zidovje.

Figure 18. New look of a restored house with a crown and reinforced cement lining binding the walls.

- Povezovanje zidov na vogalih in v višini strehe. Povezovanje v Indiji izvajajo tako, da z žebli pritrjujejo na zunanji strani zidu po celem obsegu hiše 45 do 60 cm široko jekleno mrežo, ki jo omečejo s 3 cm debelim cementnim ometom (slika 17). Parapetni zid nad streho prekrijejo z žično mrežo in ravno tako omečejo s cementno



Slika 19. Zavetrovanje zgornjega vozlišča lesenih okvirov, ki zdaj nosijo močno zmanjšano težo strehe, z jeklenimi cevmi.

Figure 19. Wind sheltering of the upper wooden frame grids with steel pipes, which now support the much lower weight of the roof.

malto, kar še dodatno poveže zidove (slika 18).

- Da bi usposobili lesene okvire, ki pri boljših hišah nosijo streho, tudi za prevzem bočnih potresnih sil, jih zavetrujejo z vnaprej pripravljenimi jeklenimi cevni profili, ki jih z vseh strani pribijejo na lesene stebre in tramove ob zgornjem vozlišču (slika 19).

## Namesto sklepa

Potem ko človek v Killari-wadiju (strogem epicentru – glej sliko 6) in v Killariju vidi velikanske, tudi dva metra debele kupe kamenja, ki so ostali od hiš, ki jim na zunaj ni nič manjkalo, se mu zazdijo sanacijski ukrepi, ki jih izvajajo na poškodovanih hišah, preblagi. Sam pri sebi sem se strinjal z ljudmi, ki ne zaupajo več svojim, čeprav medtem že saniranim kamnitim hišam, in bi se raje vselili v nove, iz zidakov sezidane in z armiranobetonskimi vezmi povezane hiše, katerih po-

tresna odpornost bo neprimerno večja od odpornosti saniranih kamnitih hiš. Zato sem pod vtisom domačih izkušenj, ko za kamnite hiše, sezidane iz neprimerno boljšega zidu, skoraj vedno z računom dokažemo, da moramo zidovje ojačiti s sistematičnim injektiranjem, in domače politike obnove po potresu poškodovanih območij, v zvezi s katero smo sprejeli in celo v predpisu uzakonili odločitve, da saniranim hišam zagotovimo enako stopnjo potresne varnosti kot v primeru nove gradnje, predlagal nekatere dodatne rešitve, s katerimi bi kamnite hiše na območju Killarija dodatno ojačili in zaščitili v primeru ponovnega potresa.

Seveda pa sem se med razpravo z indijskimi strokovnjaki in vladnimi funkcionarji na praktičnem primeru seznanil, kako se sprejemajo odločitve v zvezi s "sprejemljivim nivojem potresnega tveganja". Potem ko so mi indijski strokovnjaki razložili argumente za svoje odločitve, sem se hočeš nočeš moral preseliti iz Evrope v Indijo in se strinjati z njihovimi predlogi.

Med pogovori, ko so se strinjali, da bi dodatni ukrepi brez dvoma bistveno izboljšali potresno odpornost starih kamnitih hiš, so mi odgovorili naslednje:

- Samo v državi Maharaštra je več kot 2,5 milijona kamnitih hiš, ki so izpostavljene enakemu potresnemu tveganju, kot jih bo tistih 180000, ki jih bodo sanirali in bodo po sanaciji prav gotovo v boljšem stanju kot pred potresom. Verjetnost, da bi se na območju Killarija kmalu pojavil potres podobne jakosti kot leta 1993, je zelo majhna. Ocenjujejo, da je perioda ponavljanja v najslabšem primeru vsaj nekaj stoletij.
- Država po potresu v Killariju sicer daje za lokalne razmere visoko pomoč, ki je pa kasneje ne bo, zato se bodo ljudje že zaradi višje cene modernejših gradbenih materialov primorani vrniti k tradicionalni gradnji. Če se bodo ljudje na primeru saniranih hiš naučili, kako novim kamnitim hišam zagotoviti boljšo potresno varnost, bo doseženo že veliko.
- Za popravila je država v povprečju namenila 200 ameriških dolarjev na hišo (spomnimo se, da bo nova hiša stala povprečno 1000 dolarjev). Več si namreč ne more privoščiti, in če pogledamo resnici v oči, hiše več tudi niso vredne. Praktično vsak posamezni ukrep, ki sem ga predlagal, bi takoj vsaj podvojil ali potrojil ceno sanacije: bodisi bi zahteval dodatne količine materiala, ki bi ga morali prepeljati od daleč, bodisi bi zahteval več znanja in višji tehnološki nivo dela. Specialističnih del pa ne bi mogli zaupati domačim, vaškim zidarjem in samim lastnikom hiš.

Indijski kolegi so me prepričali, da so bili njihovi predlogi dobro premišljeni. Kako pa pridobiti še zaupanje ljudi, ki se bodo morali vseliti nazaj v kamnite, sicer sani-

rane hiše? Indijski kolegi so mislili tudi na to, saj so v program obnove območja napisali, da je treba predlagane sanacijske ukrepe tudi eksperimentalno preveriti in z rezultati preiskav na potresnih mizah in z vibracijskimi napravami na terenu seznaniti predstavnike lokalnih oblasti in prebivalstvo. Pri tem naj s propagandnim gradivom, pripravljenim na osnovi eksperimentalnih raziskav, sodelujeta tudi časopisje in televizija.

Program raziskav smo pripravili skupaj in predlagali, naj indijska vlada takoj odobri njegovo financiranje. Prizadeto prebivalstvo mora dobiti zaupanje v predvidene posege, še preden začne sanacijo poškodovanih hiš izvajati na široko. Tistim, ki kljub vsemu ne bodo zaupali popravilom, država kot alternativo ponuja prezidavo hiš iz starega materiala, vendar po zahtevah indijskih predpisov za gradnje na potresnih območjih. Ker cena prezidave presega predvideno pomoč, bodo prebivalci, ki se bodo zanjo odločili, dobili ustrezno posojilo.

1. Reconstruction of Houses Damaged in Maharashtra and Karnataka During the Earthquake on September 30, 1993. Report of the Advisory Committee submitted to Government of India, New Delhi, 1993.
2. Lapajne, J., 1989, Potresna lestvica MSK. Ujma, 3. števil., str. 62–64.
3. Jain, S. K., C. V. R. Murty, N. Chandak, L. Seeber, N. K. Jain, 1994, The September 29, 1993, M6.4 Killari, Maharashtra, Earthquake in Central India. EERI Newsletter, Volume 28, Number 1, Oakland, California, January 1994.
4. Seeber, L., S. K. Jain, C. V. R. Murty, N. Chandak, 1993, Surface Rupture and Damage Patterns in the Ms = 6.4, September 29, 1993 Killari (Latur) Earthquake in Central India. NCEER Bulletin, Volume 7, Number 4, Buffalo, New York, October 1993.

Miha Tomažević

## Killari, India, Earthquake of September 30, 1993

On September 30, 1993, a strong earthquake struck the state of Maharashtra in Central India, killing more than 8,000 people and injuring 16,000. The earthquake destroyed 50,000 houses, and caused damage to an additional 180,000 homes. This paper describes the typical building typology of the region and the damage incurred, as well as addressing emergency and recovery actions. The region's reconstruction plans are also presented, with particular emphasis on the repair and structural strengthening of earthquake-damaged houses.