

VEČJE NESREČE PO SVETU LETA 2001

Major World Disasters in 2001

Nataša Horvat*

UDK 502.5 »2001«

Povzetek

Večje naravne nesreče so v letu 2001 povzročile mnogo človeških žrtev in veliko materialno škodo, posebno katastrofalen je bil potres v Indiji na začetku leta. Izjave strokovnjakov v različnih medijih pa nam na žalost obljublajo še več naravnih nesreč v prihodnosti. Mednarodna javnost se z razvijanjem novih mehanizmov za koordinacijo aktivnosti za reševanje in pomoč ob nesrečah trudi zmanjšati število žrtev in materialno škodo.

Abstract

Major natural disasters caused many deaths and substantial material damage in 2001. The earthquake in India at the beginning of the year had particularly catastrophic consequences. The predictions of experts published in various media indicate that even more natural disasters will occur in future. The international community is developing new mechanisms for coordinating rescue and relief activities in case of disasters with the aim of minimizing the number of victims and diminishing the damage caused by disasters.

Uvod

V letu 2001 se je po svetu zgodilo mnogo velikih naravnih nesreč. Za članek so bile izbrane naravne nesreče, ki so povzročile veliko človeških žrtev in/ali veliko škodo, niso pa zajete vse. Meril za določanje, ali je neka naravna nesreča velika ali ne, nimamo. Določanje je tudi zelo relativno, ker lahko glede na število prebivalcev in zmožnosti sistema zaščite in reševanja v Sloveniji neka naravna nesreča predstavlja veliko nalogo, ki pa v primeru druge, veliko večje države ne bi bila določena kot taka.

Nesreče so navedene po kronološkem vrstnem redu. Vse številke samo približno označujejo število žrtev, prizadetih oseb in materialno škodo, ker gradivo za članek ne predstavlja tako verodostojnega vira, da bi jih lahko zapisali kot končne, uradne podatke o nesreči.

Pri opisih nesreč niso navedeni mehanizmi nudenja pomoči, ker so bili opisani že v drugih člankih. Kot primer navajamo odobritev t. i. nujnih sredstev:

Različne mednarodne humanitarne organizacije, kot so Mednarodna federacija Rdečega križa in Rdečega polmeseca (International Federation of Red Cross and Red Crescent (IFRC)), Urad Združenih narodov za usklajevanje humanitarnih aktivnosti (United Nations Office for Coordination of Humanitarian Affairs (UN-OCHA) in druge agencije na zahtevo svojega koordinatorja v prizadeti državi odobrijo in s svojega posebnega računa za ta namen takoj nakažejo finančna sredstva prizadeti državi – emergency grant (UN-OCHA npr. do 50.000 USD). Različne države nakažejo finančno pomoč neposredno prizadeti državi ali mednarodnim humanitarnim organizacijam (OCHA, IFRC, ICRC in drugim), ki denarne prispevke porabijo za nakup potrebne pomoči (hrane, gradbenega materiala, semen ipd.) ali nudenje uslug (psihosocialne pomoči, logistike, administracije ipd.).

Večina podatkov je bila zbrana s pomočjo internetne strani za izmenjavo informacij o nesrečah Urada Združenih narodov za usklajevanje humanitarnih aktivnosti (UN-OCHA: www.reliefweb.int), kjer so za posamezne nesreče pod poglavjem "Natural Disasters" zbrana poročila različnih mednarodnih organizacij, ki sodelujejo pri ugotavljanju posledic naravnih nesreč in pri odpravljanju le-teh, ter iz člankov, objavljenih na strani www.disasterrelief.org, ki je skupen proizvod ameriškega Rdečega križa, IBM-a in CNN-a. Ker je teh poročil (Situation Report – SITREP) in člankov preveč, da bi jih navedli pod literaturo, so v članku navedene kratice organizacije, kjer je poročilo nastalo, in številke poročil, vse gradivo pa je na voljo pri avtorici članka.

Večje naravne nesreče v letu 2001

Salvador – potres, 13. januar in 13. februar 2001

Ob 11.33 zjutraj po lokalnem času je 13. januarja prizadejal Salvador potres z močjo 7,6 po Richterjevi lestvici. Epicenter je bil 105 km jugo-jugovzhodno od glavnega mesta San Salvador. Žrtev je bilo več kot 840 in ranjenih več kot 4700, več kot 108.000 stavb je bilo povsem uničenih. V tej številki je všteto tudi 400 hiš, ki jih je prekrilo blato kot posledica zemeljskega plazu v predmestju Santa Tecla.

Potres 13. februarja ob 8.22 zjutraj je imel moč 6,6 po Richterjevi lestvici in epicenter 30 km vzhodno od mesta San Salvador. Mrtvih je bilo več kot 310 ljudi in ranjenih več kot 3300. Uničenih je bilo še 41.000 hiš. Neposredno prizadetih je bilo več kot 1,5 milijona prebivalcev Salvadorja, ki so jim mednarodne humanitarne organizacije

* Ministrstvo za obrambo, Uprava RS za zaščito in reševanje, Kardeljeva ploščad 21, Ljubljana, natasa.horvat@urszr.si

takoj priskočile na pomoč s postavitvijo začasnih bivališč, posteljami, odejami, vodo, hrano, sanitetnim materialom, nudenjem zdravstvene in psihološke oskrbe (OCHA SITREP, št. 8; IFRC, št. 16 in 17).

Indija – potres, 26. januar 2001

Ob 8.46 po lokalnem času je najbolj zahodno ležečo državo Gudžarat v Indiji prav na dan republike 26. januarja prizadel potres 7,7 stopnje po Richterjevi lestvici; epicenter potresa je bil severovzhodno od mesta Bhuj. Čutili so ga tudi v glavnem mestu New Delhi in v Bombaju. Prvotni potres je trajal približno 2 minuti in povzročil veliko razdejanje. Umrlo je več kot 20.000 ljudi, ranjenih je bilo 165.000. Več kot 350.000 poslopij je bilo uničenih in več kot 750.000 jih je bilo poškodovanih. Potres je tako ali drugače prizadel skoraj 15 milijonov prebivalcev.

Indijska vlada je takoj po novici o potresu poslala na pomoč svoje obrambne sile (22 tisoč vojakov, 32 transportnih letal, 19 helikopterjev in večje število ladij), prispelo pa je tudi 45 čet paravojaških enot.

Mednarodne reševalne in zdravniške ekipe so začele prihajati 27. januarja (prva je bila švicarska enota SAR, sledile so enote iz Velike Britanije, Rusije in Turčije). Do 2. februarja je bilo na prizadetem področju že 26 reševalnih ekip. Pomoč je začela prihajati že 28. januarja. Do 10. februarja je pomoč poslalo že 38 držav. V nudenje pomoči in koordinacijo je bilo vključenih več kot 245 organizacij (nevladnih mednarodnih in nacionalnih organizacij, 10 organizacij Združenih narodov in predstavnikov Rdečega križa iz desetih držav).

Republika Slovenija je prizadeti državi kot humanitarno pomoč poslala sredstva za začasno nastanitev, medicinske pripomočke, oblačila in obutev.

Skupno je bila vsa do 11. aprila 2001 poslana pomoč po podatkih UN-OCHA vredna več kot 138 milijonov ameriških dolarjev.

Na podlagi ocene škode in potreb je Svetovna banka v prvi fazi dala na razpolago 400 milijonov ameriških dolarjev, Azijska banka za razvoj pa je odobrila 500 milijonov posojila za obnovo Gudžarata (UNDAC Team Bhuj Final Report, UN-OCHA SITREP, št. 11).

Pakistan – potres, 26. januar 2001

Isti potres kot v Indiji je povzročil škodo in žrtve tudi v obmejni provinci Sindh v Pakistanu. 12 ljudi je umrlo, vsaj 100 jih je bilo ranjenih. Več kot 100.000 hiš je bilo poškodovanih, nad 10.000 pa povsem uničenih.

Pakistanska vlada je sama poskrbela za prizadeto prebivalstvo z materialno in drugo pomočjo, predvsem šotori, odejami in zdravili, sprejela pa je tudi mednarodno pomoč. UN-OCHA

je prispeval nujna sredstva v višini 50.000 ameriških dolarjev (UN-OCHA SITREP, št. 1).

Mozambik – poplave, januar–februar 2001

Zaradi tropske nevihte je prišlo v pokrajinah Zambezi in Sofala v Mozambiku do poplav, ki so se zaradi izlivanja vode čez jezove Zambezi in povečanega toka vode na njegovih pritokih razširile tudi na pokrajini Tete in Manica.

Vlada Mozambika je skupaj z mednarodnimi organizacijami (WFP - World Food Programme, UN-OCHA, UNICEF idr.) zaradi napovedanega močnega deževja že predhodno obveščala prebivalstvo o ravnanju v primeru poplav, shranila zaloge hrane in drugega materiala ter čolne na potencialno ogroženih področjih v državi.

Kljub temu so poplave zahtevale 115 žrtev, 230.000 ljudi je moralo zapustiti svoje domove. 111.300 kmečkih družin je bilo tudi ekonomsko oškodovanih, ker so izgubili več kot 70.000 hektarjev posevkov, v glavnem koruze, riža in kasave. Več kot 500.000 ljudi, živečih v bližini reke Zambezi, je bilo prizadetih zaradi poplav. Poročali so tudi o vsaj 110 primerih kolere.

Vlada Mozambika je v skladu s svojim načrtom zaščite in reševanja poslala na ogrožena območja vojsko, ki je pomagala pri evakuaciji prebivalstva, prevozu humanitarne pomoči in reševanju. Mozambiški Rdeči križ je pomagal s humanitarno pomočjo (ki so jo darovale tudi organizacije Rdečega križa drugih držav) in upravljal začasne nastanitvene centre.

Vlada je zaprosila za mednarodno pomoč (Special appeal by the Government of Mozambique – 2. marec 2001, UN Resident Coordinator Final report).

Ukrajina – poplave, marec 2001

Nenaden porast temperature, zaradi česar se je topil led, in obilno deževje sta 5. marca 2001 na področju Transkarpatije v Ukrajini povzročila poplavljanje reke Tise in njenih pritokov. Na zaprosilo ukrajinske civilne zaščite so jim prišle na pomoč madžarske enote s tremi helikopterji za reševanje iz zraka. Popoldne 6. marca so se ljudje začeli umikati pred poplavami tudi čez mejo na Madžarsko.

Zaradi poplav je bilo 6 mrtvih, več kot 11.000 ljudi je bilo treba začasno evakuirati, vsaj 900 hiš je bilo uničenih, 31.000 hiš je bilo poplavljenih in delno poškodovanih.

Ukrajina je zaprosila za mednarodno pomoč. Države (Avstrija, Belgija, Nemčija, Madžarska, Italija in druge) so prizadeti državi poslale pomoč v obliki hrane, oblek, medicinskega materiala, pitne vode, odej, žimnic, vreč s peskom, spalnih vreč, itd. Program Združenih narodov za razvoj je odobril nujna sredstva v višini 50.000 ameriških dolarjev (UN-OCHA SITREP, št. 2).

Rusija – poplave, maj 2001

Po rekordno mrzli zimi v Sibiriji, ko so temperature dosegle do -50°C in so zamrznile tudi reke, je ob pomladnem taljenju snega in deževju prišlo do hudih poplav, ker zamrznjena rečna korita niso zmogla odvajati vseh teh voda. Ruska lovška letala so z metanjem bomb razbijala led na rekah v vzhodni Sibiriji, da bi preprečila nadaljnje poplavljanje.

Poplave so prizadele 32 mest in vasi po celotnem območju Ruske federacije, najbolj pa je bilo prizadeto območje ob reki Leni. V okrožju Irkutsk je bilo poplavljenih skoraj 2000 hiš in 50.000 prebivalcev je bilo evakuiranih v začasna zavetišča. V okrožju Jakutsk je bila večina stavb v mestu Lensk pod vodo, po zraku in s pomočjo čolnov so evakuirali 14.000 ljudi. S postavitvijo začasnega jezusa so poskušali zmanjšati grožnjo pred nadaljnjim poplavljanjem. Na celotnem področju Sibirije je bilo prizadetih vsaj 80.000 ljudi (Stephanie Kriner, American Red Cross, 18. maj 2001).

Ruska federacija ni zaprosila za mednarodno pomoč (UN-OCHA SITREP, št. 1). Od ameriškega Rdečega križa je prejela 15 ton hrane in finančna sredstva za nakup toplih oblačil, čevljev, odev in rjuh za žrtve poplav.

Pakistan – suša, prva polovica leta 2001

Zaradi dehidracije je v prvih petih mesecih 2001 umrlo 80 ljudi v srednjem in severozahodnem Pakistanu. Do 33 smrtnih primerov je prišlo v begunskem taborišču Jalozai na severozahodu Pakistana, kjer je bilo 70.000 beguncev. Združeni narodi so za omenjeno taborišče zagotovili večje količine vode in rehidracijskih soli.

Zaradi suše in visokih temperatur (50°C maj 2001) je poginila živina v vrednosti 247 milijonov ameriških dolarjev in mnogo hektarjev pridelkov je bilo izgubljenih, kar je resno ogrozilo preživetje na sto tisoče kmetov na tem področju (UN-OCHA IRIN-CA, 30. maj 2001).

Uzbekistan – suša, pomlad 2001

Predsednik vlade Republike Uzbekistan je zaprosil Združene narode za mednarodno pomoč, ker so njegovo državo prizadele posledice že dvoletne suše, najhujše v zadnjih sto letih (IFRC Info Bulletin, št. 1). Suša v Uzbekistanu je posledica več faktorjev, naravni je pomanjkanje vode v reki Amur Darja, do česar je prišlo zaradi globalne otoplitve, pomanjkanja dežja in snežnih padavin v zgornjem porečju rek v Kirgizistanu in Tadžikistanu. Drugi dejavniki pa so upravljanje z vodami na državni in regionalni ravni, namakalne tehnike in poljedelska politika.

Vsaj 600.000 ljudi na področju južno od Aralskega jezera je ostalo brez pridelkov in pitne vode, hkrati pa je 100.000 kmetov ostalo brez sredstev za preživetje.

Vlada Uzbekistana je poskrbela za dovoz vode s tovornjaki, vrtanje vodnjakov, laboratorijsko opremo za testiranje pitne vode, opremo za čiščenje in desalinizacijo vode. 20.000 otrok so preselili v druge predele Uzbekistana, 4500 žensk in 1500 starejših so nastanili v sanatorije. Država je omogočila kredite za nakup živine in nakazila v gotovini.

Vlade držav ZDA, Japonske, Francije, Nemčije, Švice in Koreje so poslale pomoč.

UN-OCHA je sprostila svoja posebna sredstva za primer nesreč v višini 50.000 ameriških dolarjev (UN-OCHA SITREP, št. 2).

Ekvador – poplave in zemeljski plazovi, junij 2001

Desetdnevno močno deževje je povzročilo poplave in zemeljske plazove v Ekvadorju, kar je prizadelo 8300 ljudi. Skoraj 50 ljudi je umrlo. 39 hiš je bilo uničenih in 681 poškodovanih. 5400 hektarjev obdelovalne zemlje in 4000 glav živine je bilo izgubljenih. Zemeljski plazovi so prekinili več cest in poškodovali 36 mostov.

Ekvadorska vlada ni zaprosila za mednarodno pomoč. Za 150 družin so zagotovili nastanitev v začasnih centrih in nudili drugo pomoč.

WFP je razdelil pakete s hrano in drugo opremo 1660 družinam, UNICEF je priskrbel zdravila, odeje, opremo za čiščenje vode (UN-OCHA SITREP, št. 2).

Peru – potres, 23. junij, 5. julij, 6. julij, 7. julij 2001

Peru je 23. junija 2001 ob 15.33 po lokalnem času prizadel potres 7,9 stopnje po Richterjevi lestvici na jugozahodu države v provinci Arequipa, 1000 km južno od glavnega mesta Lime (Action by Churches Together, 24. junij 2001). Sledili so mu še trije močni potresni sunki: 5. julija ob 8.53 po lokalnem času 6,0 stopnje, 6. julija ob 4.21 po lokalnem času 5,0 stopnje po Richterjevi lestvici, 7. julija ob 4.38 po lokalnem času 6,5 stopnje in več manjših popotresnih sunkov.

97 ljudi je izgubilo življenje, približno 2600 pa je bilo ranjenih (IFRC Operations Update, št. 3). Več kot 220.000 prebivalcev Peruja je bilo prizadetih zaradi potresov (UN-OCHA SITREP, št. 11). Uničenih je bilo najmanj 24.000 hiš. Zaradi zemeljskih plazov je bila na več mestih zaprta panameriška avtocesta.

Mednarodne organizacije so ocenile, da vsaj 63.000 ljudi potrebuje nujno pomoč.

Perujski Rdeči križ je z donacijami lastnih državljanov zagotovil več kot 200 ton humanitarne pomoči (oblek, paketov hrane, odev, šotorov, plastičnih prevlek, idr.).

UN-OCHA je nakazala posebna sredstva v višini 30.000 USD (UN-OCHA SITREP, št. 3).

Različne države so samo prek Mednarodne federacije Rdečega križa in Rdečega polmeseca do 9. julija 2001 kot pomoč Peruju prispevale finančna sredstva v vrednosti nad 2.400.000 švicarskih frankov (IFRC Update, št. 3) pa tudi pomoč v materialu (obleke, šotore, odeje, pakete s hrano, rezervoarje za vodo, generatorje) in ljudeh (koordinatorje, zdravniške ekipe) (UN-OCHA SITREP, št. 3).

Kitajska – tajfun, 23 junij 2001

Tajfun Chebi je 23. in 24. junija 2001 povzročil veliko škodo na jugovzhodu Kitajske (provincije Fujian, Changle, Ningde in Zhejiang). Močni vetrovi in visok nivo morske vode so povzročili škodo na velikem področju – v provinci Fujian je bilo porušenih ali poškodovanih 181.000 hiš, 213.000 ljudi so evakuirali, bilo je tudi najmanj 100 žrtev med prebivalstvom. Na 121.000 hektarjih obdelovalne zemlje je bil zmanjšan ali povsem uničen pridelek. Kitajska je ocenila, da ekonomska škoda znaša 473 milijonov USD.

Po znanih podatkih Kitajska ni zaprosila za mednarodno pomoč (UN-OCHA SITREP, št.1).

Filipini – tajfun, julij 2001

Tajfun Utor je na začetku julija 2001 povzročil znatno razdejanje – poplave in zemeljske plazove (na severnem delu filipinskega otoka Luzon. Najmanj 163 ljudi je umrlo, 180 jih je bilo ranjenih. Prizadetih je bilo vsaj milijon prebivalcev. Uničenih je bilo 28.000 hiš, delno poškodovanih pa 12.000. Veliko cest je bilo poškodovanih ali jih je odplavilo. Škoda je bila ocenjena na 37 milijonov ameriških dolarjev. Filipinske oblasti niso zaprosile za mednarodno pomoč in so prizadetu prebivalstvu razdelile potrebno humanitarno in finančno pomoč (UN-OCHA SITREP, št. 2).

Kitajska – tajfun, julij 2001

V južnem delu Kitajske sta na začetku julija pustošila dva tajfuna: Durian in Utor. Tudi zaradi močnega deževja in poplav je nastala velika škoda v provinci Guangdong in avtonomni regiji Guangxi. Porušilo se je več kot 100.000 hiš in evakuirali so 450.000 ljudi. 33 ljudi je izgubilo življenje, ranjenih pa je bilo okoli 8000. Velika količina pridelka na področju enega milijona hektarjev je bila povsem izgubljena ali pa se je pridelek zmanjšal. Kitajske oblasti niso zaprosile za mednarodno pomoč (UN-OCHA SITREP, št. 1).

Indija – poplave, junij(julij 2001

Zaradi neobičajno močnega monsunskega deževja v obdobju od 1. junija do 1. avgusta so indijske države Asam, Bihar, Čatigar, Himačal Pradeš, Keralo in Oriso

prizadele poplave. Na tisoče družin je zapustilo svoje domove in so jih nastanili v začasnih bivališčih. Zaradi poplav je bilo prizadetih vsaj 9 milijonov prebivalcev, žrtev je bilo več kot 170. Poškodovanih je bilo okoli 200.000 hiš, na 900.000 hektarjih je bil uničen pridelek, kmetje so izgubili tudi več kot 18.000 glav živine. Zdravstveno stanje prebivalstva se je zelo poslabšalo, predvsem v državi Orisa, kjer so odkrili več kot 52.000 primerov diareje in 24.000 primerov malarije, ki sta povzročili smrt vsaj 40 ljudi.

Kljub temu pa je indijska vlada objavila, da razmere niso katastrofalne, in ni zaprosila za pomoč. Indijske oblasti so skupaj z vojsko poskrbele za reševanje ljudi, razdeljevanje paketov s hrano in drugo potrebno pomoč, vključno z okrepljeno zdravniško oskrbo (UN-OCHA SITREP, št. 6).

Pakistan – poplave, 23. julij 2001

Hudi nalivi so 23. julija 2001 v nekaterih delih Pakistana, predvsem v Ravalpindiju in okrožju Mansehra, povzročili poplave. Umrlo je približno 210 ljudi, vsaj 400.000 ljudi je bilo prizadetih zaradi poplav.

Zaradi grožnje izbruha primerov kolere so WHO, UNICEF in vlada Pakistana organizirali razdeljevanje tablet za prečiščevanje vode in obveščali prebivalstvo o pravilni uporabi le-teh ter o nevarnostih pitja neprečiščene vode.

Pakistanska vlada je ustanovila pet začasnih nastanitvenih centrov in poskrbela za razdeljevanje paketov s hrano ter tudi za finančno pomoč prizadetim prebivalcem.

Japonska je poslala humanitarno pomoč v vrednosti 300.000 ameriških dolarjev. UNHCR je dostavil 100 šotorov, ki so jih razdelili med prizadeto prebivalstvo v okrožju Buner. IFRC in pakistanski Rdeči polmesec sta odobrila nujna sredstva v višini 55.500 švicarskih frankov za dodaten nakup hrane in druge pomoči (UN-OCHA SITREP, št. 3).

Poljska – poplave, julij 2001

Na začetku julija so severovzhodne predele okrog mesta Gdansk prizadele poplave, ki jih je povzročilo močno deževje. Bregovi umetnega kanala, ki teče vzporedno z reko Radunijo, so popustili na več mestih in voda je preplavila več sto hektarjev kmetijskih zemljišč in naselij (UN-OCHA SITREP, št. 1). V drugi polovici julija pa so bila zaradi poplav prizadeta predvsem južna področja Poljske.

Umrlo je 27 ljudi. Okoli 15.000, večino na jugovzhodu države, so evakuirali v začasna bivališča (šole, občinske stavbe). Poljska vlada je organizirala učinkovito pomoč in reševanje, pri čemer so sodelovali gasilci, vojaki in policisti (UN-OCHA SITREP, št. 4). Na prizadetih območjih so utrjevali nasipe in črpali vodo. Prizadetemu prebivalstvu je bila nudena tudi psihološka pomoč (UN-OCHA SITREP, št. 2).

Prek svojih veleposlaništev na Poljskem so druge države posredovale finančno pomoč in pomoč v opremi (električne generatorje, vreče za pesek, opremo za prečiščevanje vode, spalne vreče, odeje, ipd.) (UN-OCHA SITREP, št. 4).

Slovenija je prizadeti državi kot humanitarno pomoč poslala sredstva za začasno nastanitev, higienske pripomočke in oblačila.

ZDA – požari v naravi, avgust 2001

Avgusta 2001 se je v državah na zahodu Združenih držav Amerike (Arizona, Kalifornija, Idaho, Montana, Nevada, Oklahoma, Oregon, Teksas, Washington in Wyoming) razplamtelo 42 velikih požarov v naravi. 21.000 gasilcem je priskočilo na pomoč še 1000 pripadnikov mornariške pehote in vojske. Do sredine avgusta 2001 so požari ožgali že več kot 200.000 hektarjev gozdov.

Ameriški Rdeči križ je gasilce oskrbel s hrano in vodo, za ljudi, ki so jim pogoreli domovi ali pa jih je ogrožal ogenj, so zagotovili začasna bivališča (Christina Ward, DisasterRelief.org, 17. avgust 2001).

Sudan – poplave, avgust 2001

Poplave in sezonski dvig gladine reke Nil so prizadele deset držav v Sudanu. Umrli so trije ljudje (UN-OCHA SITREP, št. 3), okoli 97.000 pa jih je bilo prizadetih zaradi poplav (UN-OCHA SITREP, št. 5). Povsem uničenih je bilo 2240 hiš, poškodovanih pa 2798.

Sudanska vlada je zaprosila Združene narode za pomoč v materialu in uslugah za svoje prizadeto prebivalstvo. Nemčija je prek Rdečega križa zagotovila 121.000 ameriških dolarjev (UN-OCHA SITREP, št. 3), UN-OCHA pa 100.000 ameriških dolarjev (UN-OCHA SITREP št. 5). OCHA je skupaj z Norveško in Italijo iz skladišča v Brindisiju pripeljala nočne posode, enote za prečiščevanje vode, šotore za topla klimatska področja, zvitke plastičnih ponjav, latrine, motike, milo v kosih in motorne črpalke v skupni vrednosti 158.639 ameriških dolarjev. Kuvajtska vlada je poslala dve tovorni letali s šotori, odejami, zdravniškim materialom in hrano.

Iran – poplave, avgust 2001

V treh provincah na severozahodu Irana je zaradi poplav umrlo najmanj 224 ljudi, 10.000 pa jih je ostalo brez domov. 4000 hiš je bilo močno poškodovanih. Neposredno prizadetih je bilo več kot 217.000 ljudi.

Iranska vlada je Združene narode obvestila, da je pripravljena sprejeti mednarodno pomoč. UNDP, UNICEF in UNHCR so zagotovili finančna sredstva za potrebno pomoč in obnovo na prizadetih področjih (UN-OCHA SITREP, št. 2 in 5).

Jugovzhodna Azija – poplave v delti reke Mekong, avgust–september 2001

Monsunsko deževje v delti reke Mekong je sredi avgusta povzročilo poplave, ki so prizadele Vietnam, Laos, Tajsko in Kambodžo.

V južnih predelih Vietnama je zaradi poplav, ki so trajale vse do sredine septembra, umrlo 310 ljudi, od tega kar 243 otrok. Več kot 314.000 hiš je bilo poškodovanih, nad 74.000 hektarjev kmetijskih zemljišč so prizadele poplave. Gospodarska škoda je bila ocenjena na 59 milijonov ameriških dolarjev.

Vietnamska vlada ni uradno zaprosila za pomoč, je pa poudarila, da bo sprejela mednarodno pomoč za žrtve poplav (UN-OCHA SITREP, št. 3). Vietnamske oblasti so bile zaradi izkušenj s poplavami iz leta 2000 bolje pripravljene na poplave v letu 2001 in so organizirale reševanje, dostavljanje humanitarne pomoči (riža, rešilnih pasov, zdravil, tablet za prečiščevanje vode) in zagotavljanje ekip za prvo pomoč in zdravniških ekip (UN-OCHA SITREP, št. 1). Lokalne oblasti so organizirale nad 500 zasilnih centrov za varstvo otrok, da bi preprečili še višje število utopitev med otroki (UNDP, 19. oktober 2001). Na zaprosilo vietnamskega Rdečega križa se je odzvalo mnogo držav (Češka, Francija, Italija, Japonska, Nemčija, Združene države Amerike) in mednarodnih organizacij (UN-OCHA SITREP, št. 1 in 3). UN-OCHA je UNDP nakazala 40.000 ameriških dolarjev za nakup čolnov in ribiških mrež, ki so jih razdelili med najrevnejše in najbolj prizadeto prebivalstvo (UNDP, 19. oktober 2001).

Na severu Tajske je umrlo najmanj 104 ljudi, 5000 družin je tajski Rdeči križ oskrbel z nujno pomočjo (konzervirano hrano, mrežami za zaščito pred komarji, plastičnimi ponjavami, pitno vodo) in zdravili. Zaradi poplav je bilo prizadetih okoli 450.000 ljudi (UN-OCHA SITREP, št. 1; IFRC Info Bulletin, št.1).

V Kambodži so poplave povzročile smrt 56 ljudi, približno 1,7 milijona prebivalcev pa je utrpelo škodo. 900.000 ljudi se je umaknilo s svojih domov na varnejša območja in k sorodnikom. Več kot 56.000 hektarjev riževih polj je bilo uničenih.

Kamboški predsednik vlade je zaprosil za mednarodno pomoč. Kamboški Rdeči križ je oskrbel 14.000 družin s hrano in materiali za zaklanjanje. WFP je zagotovil 500 ton riža, kar je zadovoljilo enomesečne potrebe 40.000 ljudi. Japonska je posredovala finančno pomoč v višini 100.000 ameriških dolarjev in materialno pomoč v obliki odej in plastičnih ponjav. USAID je poslal 25.000 ameriških dolarjev prek ameriškega Rdečega križa (UN-OCHA SITREP, št. 2). Pomoč so poslale tudi druge države, npr. Belgija (UN-OCHA SITREP, št. 1).

Afrika – poplave ob porečju Nigra, oktober–november 2001

Stalno močno deževje je v porečju Nigra povzročilo najhujše poplave v zadnjih tridesetih letih, ki so prizadele predvsem področja v Gvineji in Maliju.

V Gvineji je bilo v pokrajini Kankan 9 žrtev, 200.000 ljudi je zaradi poplav utrpelo škodo.

Gvinejska vlada je zaprosila za mednarodno pomoč. WFP je zagotovil 257.275 ameriških dolarjev za nakup hrane za 26.000 ljudi. UNICEF je dostavil 3000 odev, 3000 enot soli za rehidracijo in 13 paketov zdravniške opreme. Rdeči križ je razdelil rogoznice, odeje, vedra in mila 10.000 osebam. EU/ECHO je poslal 5000 rogoznic in 10.000 rjuh. UNDP in OCHA sta odobrila vsak po 50.000 ameriških dolarjev sredstev za nujne primere (UN-OCHA SITREP, št. 4).

V Maliju sta bili dve žrtvi. Najmanj 2300 ljudi je izgubilo domove (uničenih 1400 hiš) in obdelovalno zemljo (870 hektarjev).

Malijska vlada je zaprosila za mednarodno pomoč (UN-OCHA SITREP št. 2). Adventist Development and Relief Agency (ADRA) je zagotovila 600 odev, 2400 kompletov oblačil, 600 rogoznic za spanje (ADRA, 11. februar 2001).

Belize – orkan Iris, 8. do 9. oktober 2001

Hurikan Iris (4. stopnje od 5 možnih po Saffir-Simpsonovi lestvici) je divjal v južnem delu Belizeja v dneh od 8. do 9. oktobra 2001. Vetrovi s hitrostjo 220 km/h in močno deževje so povzročili škodo v vrednosti 500 milijonov ameriških dolarjev. Najmanj 22 ljudi je izgubilo življenje, več kot 21.000 ljudi je bilo prizadetih zaradi neurja. 3718 hiš je bilo poškodovanih ali uničenih, kmetje so na več kot 4800 hektarjev pridelovalnih površin utrpeli škodo.

Različne mednarodne organizacije (ECHO, CDB, CIDA) so zagotovile finančna sredstva v višini 269.000 ameriških dolarjev, ki so bila porabljena za oskrbo domov, prevoze, telekomunikacije, popravilo hiš in drugo (Caribbean Disaster Emergency Response Agency, Summary ..., 14. december 2001).

Severna Koreja – poplave, 9. in 10. oktober 2001

Močno deževje, morski valovi in hud veter, ki je odkrival strehe poslopij, so v dneh od 9. do 10. oktobra 2001 prizadeli Severno Korejo in povzročili močne poplave. Škoda je bila največja predvsem na vzhodnem delu države.

Najmanj 81 ljudi je umrlo, 84 jih je bili težko poškodovanih. Približno 4000 hiš je bilo uničenih, vsaj 31.500 pa poškodovanih. V glavnem mestu province Kangwon, Wonsan je odpovedala kanalizacija, dobava tekoče vode je bila za

nekaj časa onemogočena. Železniško progo in ceste v okrožju Tongchon so poškodovali tudi zemeljski plazovi. Poplave so uničile na tisoče ton pridelka riža.

Vlada Severne Koreje je zaprosila za mednarodno pomoč. WFP je zagotovil pomoč v hrani za prizadeto prebivalstvo. UN-OCHA je sprostila sredstva za nujne primere v vrednosti 50.000 ameriških dolarjev, ki so jih na predlog nacionalnega Rdečega križa namenili za nakup odev, obleke, posod za vodo, plastične posode in posode za kuhanje (UN-OCHA SITREP, št. 3).

Kuba – orkan Michelle, 4. november 2001

Orkan Michelle je nastal 29. oktobra v jugozahodnem delu Karibskega morja kot tropski vihar. 3. novembra se je razvil v orkan, ki je 4. novembra pustošil po Kubi in nato nadaljeval svojo pot preko Bahamskega otočja (Caribbean Disaster Emergency Response Agency, Summary on the hurricane season, 14. december 2001).

Na Kubi je bilo najmanj 5 mrtvih (na celotnem področju Karibskega morja 17 mrtvih), več kot 712.000 ljudi so kubanske oblasti evakuirale v začasna bivališča, kjer so imeli zagotovljeno prehrano in zdravniško oskrbo. Orkan je prizadel 45 % kubanskega ozemlja in 53 % prebivalstva, kar je približno 5,9 milijonov ljudi (UN-OCHA Preliminary report, 9. november 2001). Več kot 166.500 hiš je bilo poškodovanih, od teh jih je bilo več kot 12.500 povsem uničenih. Pridelek v treh najhujše prizadetih provincah Cienfuegos, Matanzas in Villa Clara je bil v glavnem povsem uničen.

Kubanska vlada ni zaprosila za mednarodno pomoč. Kubanske oblasti so poskrbele za dostavo hrane, posebno mleka za otroke, razdeljevanje materiala za popravilo hiš, psihološko oskrbo, predvsem otrok, popravilo življenjsko pomembnih virov oskrbe – elektrike, vode in komunikacij (UN-OCHA Preliminary report, 9. november 2001) Združene države Amerike so ponudile humanitarno pomoč, vendar so jo kubanske oblasti zavrnile in namesto tega izvedle enkratno nakup hrane (koruze in piščančjih beder) v ZDA v vrednosti 30 milijonov dolarjev (DisasterRelief.org, November storm ..., 18. december 2001). Japonska, Kitajska, Katar, Nemčija, Rusija in Venezuela so poslale pomoč predvsem v obliki hrane in zdravstvenega materiala (Agence France-Presse [AFP], Japan offers ..., 6. december 2001).

Filipini – tajfun Lingling, 7. november 2001

Tropski vihar oz. tajfun Lingling je 6. in 7. novembra pustošil po Filipinih z vetrovi s hitrostjo 105 km na uro. Zaradi neurja in poplav je umrlo najmanj 184 ljudi, 147 jih je bilo ranjenih. Več kot 183.000 ljudi je bilo evakuiranih. Uničenih je bilo več kot 1100 hiš.

Filipinska vlada ni zaprosila za mednarodno pomoč. Filipinske oblasti so za pomoč prizadetim provincam name-

nile sredstva v vrednosti 136.000 ameriških dolarjev. USAID je filipinskemu Rdečemu križu posredoval 100.000 ameriških dolarjev pomoči za zagotovitev najnujnejše pomoči prizadetemu prebivalstvu in letalo C-130 za razvoj te pomoči (UN-OCHA SITREP, št. 2).

Alžir – poplave, november 2001

Močne padavine in veter so na večer 9. novembra povzročile poplave in plazove iz blata v zahodnem in severnem delu Alžirije, ki so zahtevali najmanj 751 žrtev. Poplave so prizadele 10.000 družin. Najmanj 2700 hiš je bilo povsem uničenih. V iskalnih in reševalnih operacijah so poleg alžirskih sodelovale tudi ekipe iz Francije, Maroka in Tunisa. Več kot 1170 družin so preselili v začasna bivališča, predvsem šolska poslopja. Škoda je bila okvirno ocenjena na 670 milijonov ameriških dolarjev.

Alžirski Rdeči polmesec je s pomočjo švicarskih finančnih sredstev zagotovil pomoč v obliki kuhinjskih potrebščin, plastičnih ponjav in odej. Države (Belgija, Japonska, Nizozemska, Francija, Nemčija, Iran, Tunis, Španija, Švedska, Katar) in mednarodne organizacije (FADES – Arabic Fund for Social and Economic Development, OCHA, UNICEF, UNDP) so posredovale različno humanitarno pomoč in finančna sredstva (UN-OCHA SITREP, št. 5 in 7).

Brazilijska – poplave, december 2001

Konec decembra so močni poletni nevihtni nalivi povzročili najhujše poplave v zadnjih 30 letih in plazove iz blata v Braziliji, v državi Rio de Janeiro, predvsem v mestih Petropolis, Duque de Caxias in Paracambi. Najbolj prizadeta so bila barakarska naselja revnih na pobočjih okoli mest. Plazovi iz blata so pod seboj pokopali hiše in cele družine. Najmanj 70 ljudi je umrlo, približno 18.000 ljudi je moralo zapustiti svoje domove, več sto so jih evakuirali v začasna bivališča – šole, cerkve (Agence France-Press, Death Toll ..., 27. december 2001). Vsaj 142 hiš je bilo uničenih in 252 poškodovanih (IFRC, Info Bulletin, št. 1).

Braziljska vlada ni zaprosila za mednarodno pomoč (UN-OCHA SITREP, št. 1). Brazilski Rdeči križ in Civilna zaščita sta skupaj zagotavljala dajanje pomoči in iskanje pogrešanih in trupel izpod blata (IFRC, Info Bulletin, št. 1). Oblasti so organizirale cepljenje ranjenih in brezdomcev proti tetanusu (Stephanie Kriner, DisasterRelief.org).

Avstralija – požari v naravi, december 2001

Vetrovno, vroče in suho poletje v Avstraliji je predstavljalo idealne pogoje za požare v naravi, ki so se konec decembra razplamteli v okolici mesta Sydney. Po mnenju strokovnjakov je bila večina požarov podtaknjenih.

Med gasilci in prebivalci ni bilo ranjenih ali mrtvih, pojavljale so se le težave z dihanjem (Stephanie Kriner, DisasterRelief.org, 28. december 2001). 170 hiš je bilo uničenih, 4000 ljudi so evakuirali v začasna bivališča, kjer so jim predstavniki in prostovoljci Rdečega križa poleg ostale preskrbe nudili tudi psihološko pomoč. Več kot 10.000 kvadratnih kilometrov površine je bilo požgane, ob tem je bilo ubitih tudi na tisoče divjih živali.

V celotnem obdobju požarov, ki se je razširilo še na januar 2002, je sodelovalo več kot 20.000 gasilcev, polovica jih je bilo prostovoljnih. V boj s plameni so se vključili tudi helikopterji za odmetavanje vode. Najmanj dva takšna helikopterja so posodile Združene države Amerike (Christina Ward, DisasterRelief.org, 8. januar 2002).

Sklepne misli

Večina naravnih nesreč je posledica ekstremnih podnebnih razmer po svetu. Eden od faktorjev, ki vpliva na vreme po svetu, pa je tudi temperatura ozračja. Po podatkih Svetovne meteorološke organizacije je bilo leto 2001 drugo najtoplejše od leta 1860. Temperatura je bila za 0,42 °C višja od povprečja med leti 1961 do 1990 (WMO Statement, 18. december 2001). Strokovna javnost se večinoma strinja, da bo temperatura na zemlji še naraščala, kar vodi v predvidevanja, da lahko v prihodnosti pričakujemo več intenzivnih ekstremnih podnebnih dogodkov, kot so viharji, orkanski vetrovi, suša in obilne padavine s poplavami (Jankovič, 2002).

Veliko trpljenje in precejšnja materialna škoda, ki ju vsako leto povzročijo naravne nesreče po svetu, celotno mednarodno javnost spodbujata k ocenjevanju ogroženosti od naravnih nesreč, preventivnim aktivnostim, izobraževanju in usposabljanju posameznikov in enot, ki posredujejo ob nesrečah, ter tudi k razvijanju novih mehanizmov za koordinacijo reševalnih aktivnosti, da bi bila pomoč in reševanje čim hitrejša in učinkovitejša, kar bi zmanjšalo število žrtev in materialno škodo.

Literatura

1. Poročila na internetni strani www.reliefweb.int, poglavje Natural disasters (posamezne naravne nesreče so navedene po državah, najnovejša je na vrhu seznama).
2. Članki na internetni strani www.disasterrelief.org (iskanje po različnih parametrih – vrsta nesreče, časovno obdobje ipd.).
3. Jankovič, J., 2002. Ko visi v zraku milijon ton. V: Delo, 20. julij 2002.

POTRES 26. JANUARJA 2001 V INDIJI

The 26 January 2001 Earthquake in India

Renato Vidrih*, Matjaž Godec**

UDK 550.34(540)

Povzetek

Leto 2001 se je začelo z več močnimi potresi. Po potresih 1. januarja na filipinskem otoku Mindanao (magnituda 7,4) in 13. januarja na zahodni obali Centralne Amerike (magnituda 7,6) je 26. januarja nastal še tretji potres v tem letu, ki je presegel magnitudo 7,0. Hkrati je bil z navorno magnitudo ($M_w = 7,7$) eden najmočnejših potresov v zadnjih letih. Zaradi majhne globine žarišča, predvsem pa zaradi zelo slabe gradnje in popolne nepripravljenosti na potres je povzročil pravo razdejanje in veliko število smrtnih žrtev. Najmočnejši potres, ki je v zadnjih 50 letih prizadel zahodni del Indije, je povzročil smrt prek 20.000 ljudi, prek 167.000 ljudi pa je bilo ranjenih. Ocenjene ekonomske posledice tega potresa znašajo 5 milijard ameriških dolarjev.

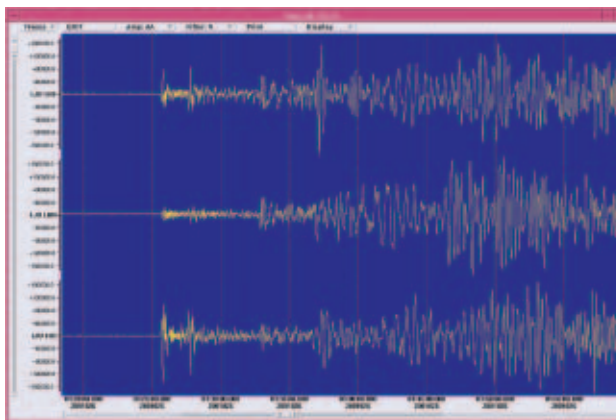
Abstract

The year 2001 began with several strong earthquakes. Following the 1st January (Mindanao, Philippines, magnitude 7.4) and 13 January (west coast of Central America, magnitude 7.6) earthquakes, a third earthquake with a magnitude above 7.0 occurred on 26 January of that year. By its moment magnitude ($M_w=7.7$), this was one of the strongest earthquakes in the last few years. Due to its shallow epicenter, and particularly because of the bad quality of building stock and the total unpreparedness of the local population, the earthquake caused severe damage and numerous casualties. This was the strongest earthquake in western India in the past 50 years, killing over 20,000 people and injuring more than 167,000. The economic damage is estimated at more than 5 billion US dollars.

Uvod

Potres je nastal 26. januarja 2001 ob 3. uri 16 minut po svetovnem času (UTC) ali 8. uri in 46 minut po lokalnem času, približno 5200 km jugovzhodno od observatorija Agencije RS za okolje, Urada za seizmologijo, na Golovcu v Ljubljani. Potresni valovi so do observatorija potovali približno devet minut. Epicenter je bil na območju indijske države Gudžarat, v skrajnem severozahodnem delu Indije (blizu meje s Pakistanom), 65 milj (110 km) severoseverovzhodno od mesta Jamnagar oz. 180 milj (290 km) jugovzhodno od mesta Hyderabad v Pakistanu (preliminarni koordinati epicentra sta 23,36 N in 70,34 E). Najbolj so ga čutili prebivalci severozahodne Indije, čutili so ga v večjem delu Pakistana pa tudi v zahodnem Nepalju in Bangladešu. Žarišče je po prvih izračunih nastalo v globini približno 24 km, kar ga uvršča med plitve potrese. Njegova navorna magnituda je bila 7,7. (Poleg navorne magnitude M_w , ki velja tudi za najmočnejše potrese in je določena s potresnim navorom, ponavadi uporabljamo še magnitudo M_b , ki je določena iz največjega odklona na zapisu vertikalne komponente prostorninskega valovanja v prvih 20 sekundah po prihodu vzdolžnega prostorninskega valovanja, in magnitudo M_s , ki je določena iz vertikalne komponente dolgoperiodnega površinskega valovanja – to se razvije pri potresih, katerih žarišče ni globlje od približno 50 km. Magnitude M_w , M_b in M_s se med seboj razlikujejo po območju veljavnosti, ki ga omejujejo oddaljenost in globina žarišča ter nihajni čas pri največji amplitudi).

Žarišče potresa je nastalo vzdolž naravnih prelomov, ki se vlečejo v smeri od severoseverozahoda proti jugojugovzhodu,



Slika 1. Zapis potresa v Indiji na dveh horizontalnih (E, N) in vertikalni komponenti (Z) na seizmografih državne mreže potresnih opazovalnic na Golovcu v Ljubljani. Prikazan je zapis v dolžini ene ure. Vstopnemu valu ob 3. uri in 25 minut sledi čez slabih sedem minut sekundarni val, najmočnejši del zapisa pa prikazuje površinske valove.

Figure 1. One hour seismogram (E and N horizontals and Z vertical) of the India earthquake recorded at the Ljubljana seismological station. The P-wave arrived at 3.00 h 25 m, the S-wave 7 minutes later. The strongest record shows surface waves.

v preliminarno izračunani globini približno 24 km. Pri naravnih prelomih se eno krilo preloma nadvira na drugo. Napetosti, ki so povzročile nastanek tega potresa, so posledica pritiskanja Indijske plošče proti severu, to je proti Evrazijski

* mag., Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo, Dunajska 47, Ljubljana, renato.vidrih@gov.si

** Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija RS za okolje, Urad za seizmologijo, Dunajska 47, Ljubljana, matjaz.godec@gov.si



Slika 2. Ozemlje današnje Indije je v paleozoiku skupaj z Afriko, Avstralijo, Južno Ameriko in Antarktiko sestavljalo velik južni kontinent z imenom Gondvana. Kasneje se je en del odtrgal in začel potovati najprej proti vzhodu in potem proti severu. V terciarju se je Indijska litosferska plošča gibala od juga proti severu. Pred seboj je zapirala nekdanji ocean Tetido, za seboj pa je odpirala nov Indijski ocean. Gibanje in lego Indijske plošče skozi milijone let vidimo na sliki. Do pred 40 milijoni let je »potovala« hitreje, potem pa počasneje, dokler ni trčila v Evrazijsko ploščo. Ta trk je povzročil dvig nekaterih azijskih gorskih verig, predvsem pa dvig najvišjega gorstva sveta – Himalaje. Trčenje je imelo tako v preteklosti kot tudi danes velik vpliv na tektoniko celotne osrednje in jugovzhodne Azije, kar dokazuje velika potresna dejavnost tega območja.

Figure 2. In the Paleozoic Era, the territory of present-day India was joined with Africa, Australia, South America and Antarctica into a great south continent called Gondwana. Later a part of this continent broke away and travelled first to the east and then to the north. In the Tertiary period, the Indian lithospheric plate moved from south to north. In the front, it closed the former Tetida ocean, and behind it a new Indian Ocean was opening. The movements and positions of the Indian plate through history are shown in the figure. Up to 40 million years ago, it "travelled" very fast, then began to slow down and finally collided with the Eurasian plate. This collision caused the lifting of some Asian mountain chains, particularly the highest mountain chain in the world – the Himalayas. The collision had and continues to have a great influence on the tectonics of the entire region of central and southeast Asia. This influence is well reflected in the intensity of earthquakes in this territory.

plošči. Te iste napetosti so seveda ustvarile tudi prelome v smeri sever–jug in druge bolj ali manj vzporedne strukture zahodnemu robu Indijske plošče.

Geološka zgradba Indijskega polotoka

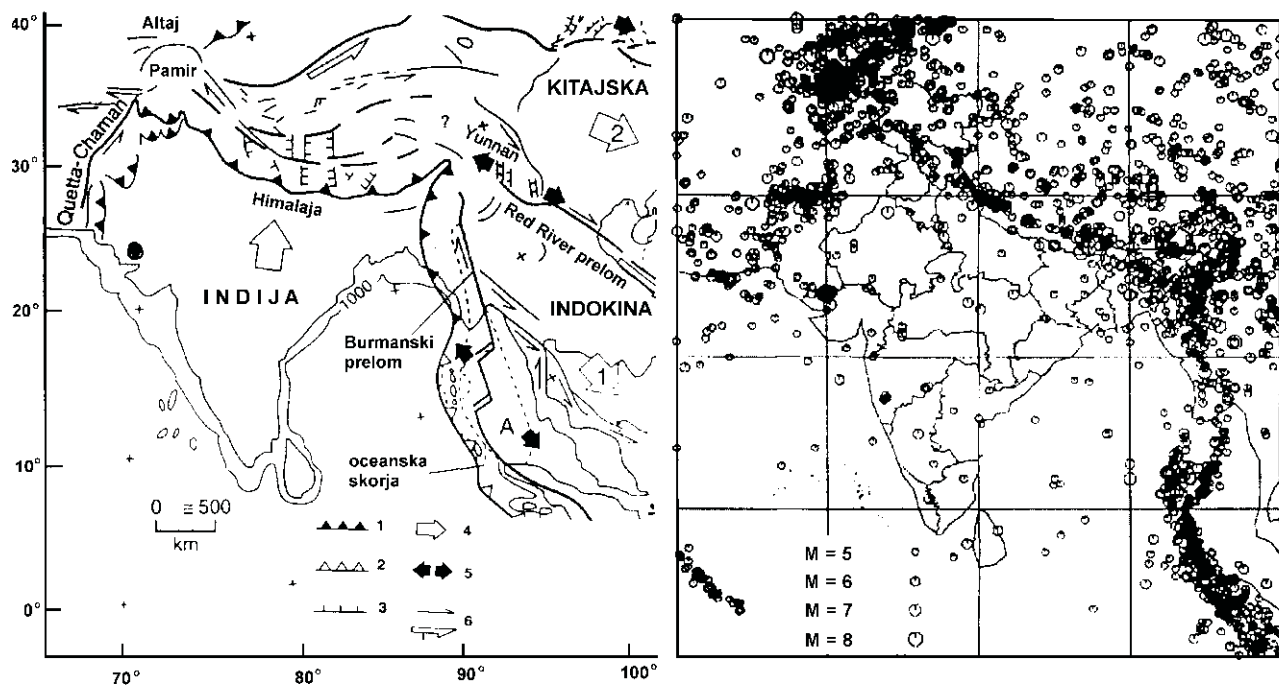
Najstarejše kamnine pripadajo paleozoiku. Njihova starost je ocenjena med 570 in 250 milijonov let. Njihov nastanek je podoben nastanku kamnin osrednje in južne Afrike, kar dokazuje, da sta bili Indija in Afrika v davni preteklosti skupna celina. Podobne kamnine so nastajale do obdobja jure, 210 do 140 milijonov let. To formacijo v Afriki imenujemo Karroo, v Indiji pa Gonda. Prav po indijskem imenu je imenovana skupna celina Afrike, Indije, Antarktike, Južne Amerike in Avstralije – Gondvana. Obstoj te celine v preteklosti dokazujejo tudi številni najdeni fosilni ostanki rastlin in živali. Seveda so v mlajših geoloških obdobjih te plasti prekrili novi sedimenti.

Trk Indijske in Evrazijske plošče

Potovanje Indije proti Evrazijski plošči je prikazano na sliki. S približevanjem azijski celini je pred seboj ožila prostor morja Tetide, za njo pa je začel nastajati Indijski ocean. Pred približno 40 do 25 milijoni let je Indijska plošča trčila v Evrazijsko ploščo. Ta trk je povzročil nastajanje azijskih gorskih verig, od Altaja, Hindokuša, Tibeta, Pamirja in seveda Himalaje. Na tektonski karti lepo vidimo narivne strukture, ki so posledica tega trka in se širijo v smeri vzhod–zahod. Na obeh straneh Indijske litosferske plošče pa so nastale strukture, ki se širijo v smeri sever–jug. Na območju Indokine in dalje proti Indoneziji narivne strukture preidejo v subdukcijsko cono (cona podrivanja ene plošče pod drugo). Vsa ta geološka dogajanja najbolje ponazarja razporeditev potresnih žarišč, ki pravzaprav začrtujejo meje med posameznimi litosferskimi ploščami. Mehanizmi nastanka teh potresov so zaradi njihove pogostnosti znani, nekoliko težje pa je razložiti nastanek potresov znotraj večjih plošč. Na območju zadnjega dogodka je sicer v preteklosti že bilo nekaj potresov, vendar so bili zelo redki. Geologi in seizmologi povezujejo nastanek tovrstnih potresov s slabo izraženimi prelomi, ki potekajo vzporedno z večjimi strukturami v smeri sever–jug. Obstajajo pa tudi prelomi, ki potekajo v smeri severoseverozahod proti jugo–jugovzhodu in verjetno je zadnji potres nastal prav ob enem teh prelomov.

Seizmičnost Indije

Najdejavnejša seizmična območja Indije so na njenem severnem delu, kar nam kaže tudi pregled najmočnejših potresov. Seizmičnost dela Indije, ki ga je prizadel potres, je v primerjavi s predeli na severu, na mejnem prostoru z Nepalom, Kitajsko, na območju Kalkute, sorazmerno majh-



Slika 3. Prikaz seizmičnosti osrednje Azije v zadnjih 200 letih (3b). Prikazani so potresi, ki so dosegli in presegli magnitudo 5,0. Če primerjamo tektonsko karto (3a) s karto seizmičnosti, vidimo, da so najpogostejši in najmočnejši potresi v naravnih strukturah na območju Himalaje in na skrajnem vzhodnem in zahodnem delu Indijske plošče. Zadnji potres pa je nastal v zaledju litosferske plošče; žarišče je bilo nekaj sto kilometrov od roba plošče. Tovrstni potresi so mnogo redkejši, zato pa zelo zanimivi. 1...glavni narivni prelomi, 2...subdukcijska cona, 3...normalni prelomi, 4...smer premikanj večjih kontinentalnih plošč, 5...območja razširjanj (ekstenzija), 6...strižni prelomi, krogec označuje epicenter zadnjega potresa 26. januarja 2001.

Figure 3. Survey of seismicity in central Asia in the past 200 years (3b). Only earthquakes with magnitudes of 5.0 or higher are shown. A comparison of the tectonic map (3a) and the seismicity map reveals that the strongest and most frequent earthquakes originate in the thrust structures of the Himalayas, and at the extreme east and west parts of the Indian plate. The last earthquake originated in the hinterland of the lithospheric plate; the epicentre was only a few hundred kilometres from the plate's edge. Such earthquakes are extremely rare and for this reason highly interesting.

1...main thrust faults; 2...subductional zone; 3...normal faults; 4...direction of movement of major continental plates; 5...extension regions; 6...strike-slipped faults; the circle shows the epicentre of the last earthquake on 26 January 2001.

na. Večinoma so tu nastajali šibki potresi, z izjemo potresa, ki je nastal 16. junija 1819 na območju Kutch, v neposredni bližini zadnjega potresa. Ta je bil eden najmarkantnejših znotrajploščnih potresov. Podrobne študije so indijski seizmologi začeli delati šele v novejšem času. Potres z magnitudo 8,0 je povzročil koseizmični premik in deformacije na površini. V dolžini 90 km je prišlo do dviga enega krila narivnega preloma nad drugim, tako da je ponekod nastala »stopnica« višine tudi do 4,3 m. Danes znanstveniki na podlagi sprememb površja ugotavljajo, da se je reaktiviral starejši tektonski jarek, kjer so delovale kompresijske sile v smeri sever–jug. Ugotovili so tudi to, da je bil na tem območju v preteklosti potres podobne moči, ki je povzročil tudi utekočinjenje tal (likvefakcijo). Na podlagi geomorfoloških raziskav ugotavljajo, da se je to zgodilo pred 800 do 1000 leti. Zanimive bi bile primerjave mehanizma nastanka tega potresa s podobnima potresoma, ki sta nastala znotraj Severnoameriške tektonske plošče, leta 1812 v centralnem delu Severnoameriške plošče (New Madrid) in 1886 v vzhodnem delu Severnoameriške plošče (Charleston), in še z nekaterimi, sicer redkimi znotrajploščnimi potresi.

Zadnji močan potres na tem območju (Andžar) je bil 21. julija 1956 z magnitudo 7,0. Zahteval je več kot sto človeških življenj.

Zanimiva pa sta tudi močna potresa, ki sta nastala nekoliko jugovzhodneje, v državi Maharaštra, torej še globlje na Indijski litosferski plošči. 10. decembra 1967 je nastal potres na območju Koyana. Imel je magnitudo 6,5 in je zahteval 180 življenj. Večina prebivalcev je za ta potres krivila gradnjo jezua, medtem ko se znanstveniki s tem niso strinjali. Močan potres je nastal tudi 30. septembra 1993 na območju Latur–Osmanabad v državi Maharaštra. Imel je magnitudo 6,3. Zahteval je več kot 10.000 življenj.

Pregled močnejših potresov v Indiji

Pregled najmočnejših potresov v Indiji in v njeni sosesčini v zadnjih 200 letih ($M > 6,0$) je podan v preglednici in na sliki. Pred tem (od leta 1500 dalje) velja omeniti nekaj

potresov, ki so zahtevali izjemno število žrtev. 26. maja 1618 je potres na območju Bombaja z magnitudo 6,9 zahteval 2000 življenj. O močnih potresih v letih 1668 in 1688 je malo znanih podatkov (mogoče gre celo za en sam dogodek), po nekaterih podatkih pa naj bi zahtevala neznano večje število žrtev, enako velja za potres 15. julija 1720 na območju Delhija. Potres z največ žrtvami je nastal 11. oktobra 1737 na območju Kalkute, saj naj bi zahteval več kot 300.000 življenj.

V tem stoletju so največ žrtev zahtevali potresi leta 1905 (20.000 žrtev), leta 1934 (10.700 žrtev), leta 1950 (več kot 1500 žrtev), leta 1991 (2000 žrtev) in seveda leta 1993, ob katerem naj bi umrlo več kot 10.000 ljudi.

Karta potresne nevarnosti Indije

Karta pospeškov na indijskem polotoku kaže, da je potres 26. januarja nastal na območju srednje potresne nevarnosti, kjer

so možni potresi, ki dosežejo do 0,25 g ($1g = 9,81 \text{ m/s}^2 \sim 10 \text{ m/s}^2$). Intenziteta zadnjega potresa je bila ocenjena z X. stopnjo po EMS. To pomeni, da so seizmologi to območje Indije glede seizmičnosti podcenili. Še en dokaz, da je treba karte seizmičnosti znova in znova pregledovati, dopolnjevati ali celo izdelovati nove.

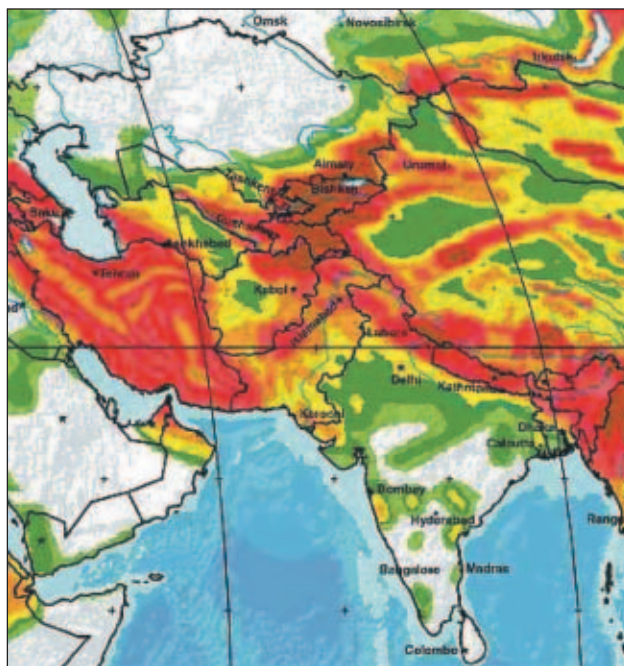
Poškodbe gradbenih objektov

Potresni sunek je zajel ogromno območje, saj so ga čutili tudi v višjih nadstropjih stolpnic v 570 km oddaljenem Bombaju, pa tudi v 1900 km oddaljeni Kalkuti. V celotni regiji Kachchh zvezne države Gudžarat so bile obsežne poškodbe, mnoga mesta in večje vasi, kot so Bhuj, Andžar, Vondh in Bhahau, so bila skorajda do tal porušena (večja vas pomeni več kot 20.000 prebivalcev). Porušile se niso le tradicionalno grajene opečne zgradbe, ampak tudi mnoge novejšje armiranobetonske konstrukcije.

Preglednica 1. Najmočnejši potresi na Indijskem polotoku, ki so preseglji magnitudo 6,0 in zahtevali veliko gmotno škodo in veliko število žrtev.

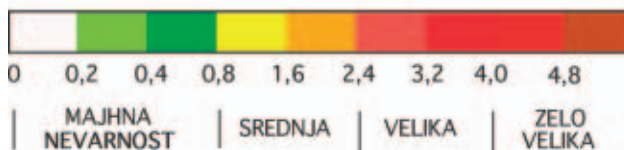
Table 1. The strongest earthquakes on the Indian peninsula, with magnitudes exceeding 6.0, caused severe damage and many casualties.

Datum	°N	°E	Območje	Magnituda
16. junij 1819	23,6	68,6	Kutch, Gudžarat	8,0
10. januar 1869	25,0	93,0	Cachar, Asam	7,5
30. maj 1885	34,1	74,6	Sopor	7,0
12. junij 1897	26,0	91,0	Shillong	8,7
4. april 1905	32,3	76,3	Kangra	8,0
8. julij 1918	24,5	91,0	Srimangal, Asam	7,6
2. julij 1930	25,8	90,2	Dhubri, Asam	7,1
15. januar 1934	26,6	86,8	meja Bihar-Nepal	8,3
26. junij 1941	12,4	92,5	otočje Andaman	8,1
23. oktober 1943	26,8	94,0	Asam	7,2
15. avgust 1950	28,5	96,7	Arunachal Pradeš, meja s Kitajsko	8,5
21. julij 1956	23,3	70,0	Andžar, Gudžarat	7,0
10. december 1967	17,4	73,8	Koyna, Maharaštra	6,5
19. januar 1975	32,4	78,5	Kinnaur	6,2
6. avgust 1988	25,1	95,2	meja Manipur-Myanmar	6,6
21. avgust 1988	26,7	86,6	meja Bihar-Nepal	6,4
20. oktober 1991	30,8	78,9	Uttarkashi	6,6
30. september 1993	18,1	76,6	Latur-Osmanabad, Maharaštra	6,3
22. maj 1997	23,1	80,1	Jabalpur	6,0
29. marec 1999	30,4	79,4	Chamoli	6,8
26. januar 2001	23,4	70,3	Gudžarat	7,7



Projektni pospešek tal (m/s^2)

10% verjetnost prekoračitve v 50 letih s povratno dobo 475 let



Slika 4. Karta potresne nevarnosti Indije in širše okolice. Velikost pospeškov označujejo barve. Potres 26. januarja je nastal na območju, kjer so po tej karti predvidene največje vrednosti do 0,25 g, kar ustreza VIII. stopnji po evropski potresni lestvici (EMS).

Figure 4. Seismic hazard map of India and its wider surroundings. The size of accelerations is designated by colours. The 26 January earthquake originated in an area where, according to the map, values up to 0.3 g may be expected. This corresponds to IX degrees on EMS (European macroseismic scale).

Potresni sunek je porušil 300.000 zgradb, poškodoval pa še nadaljnjih 700.000. Zgradbe na prizadetem območju v grobem lahko delimo v dve skupini:

- opečne stanovanjske hiše, krite s strešniki ali armirano-betonsko ploščo,
- armiranobetonski okviri z opečnimi nearmiranimi polnili.

Indija ima dobre predpise o potresno odporni gradnji. Ukrepi v predpisih so namenjeni različnim tipom konstrukcij. Večina objektov na prizadetem območju žal ni grajena v skladu z zahtevami predpisa o potresno odporni gradnji, ker uporaba predpisov ni obvezna. Za večetažne armiranobetonske objekte so predpisane horizontalne sile kot tudi zahteve po duktilnem detajliranju v skladu s poznano prakso po svetu. Vendar je treba ponovno poudariti, da zelo malo večetažnih objektov zadošča predpisom o potresno odporni gradnji.

Večina vladnih organizacij si pri gradnji prizadeva za izpolnjevanje zahtev predpisa, vendar se zasebni sektor, ki gradi za prodajo posameznikom, trudi predvsem znižati stroške gradnje. Še več, mnogi arhitekti vztrajajo tudi pri izredno vitkih stebrih, ki se zlivajo s predelnimi stenami. Tako niso redke zgradbe s stebri širine le 125 mm (priporočljivo je 200 mm ali več).

Poškodbe zidanih zgradb

Običajne stanovanjske zgradbe predstavljajo 95 % vseh zgradb v regiji Kachchh. Značilno za te družinske domove je, da so slabo zasnovani in tudi slabo zgrajeni.

Pri gradnji različnih tipov zgradb v regiji uporabljajo:

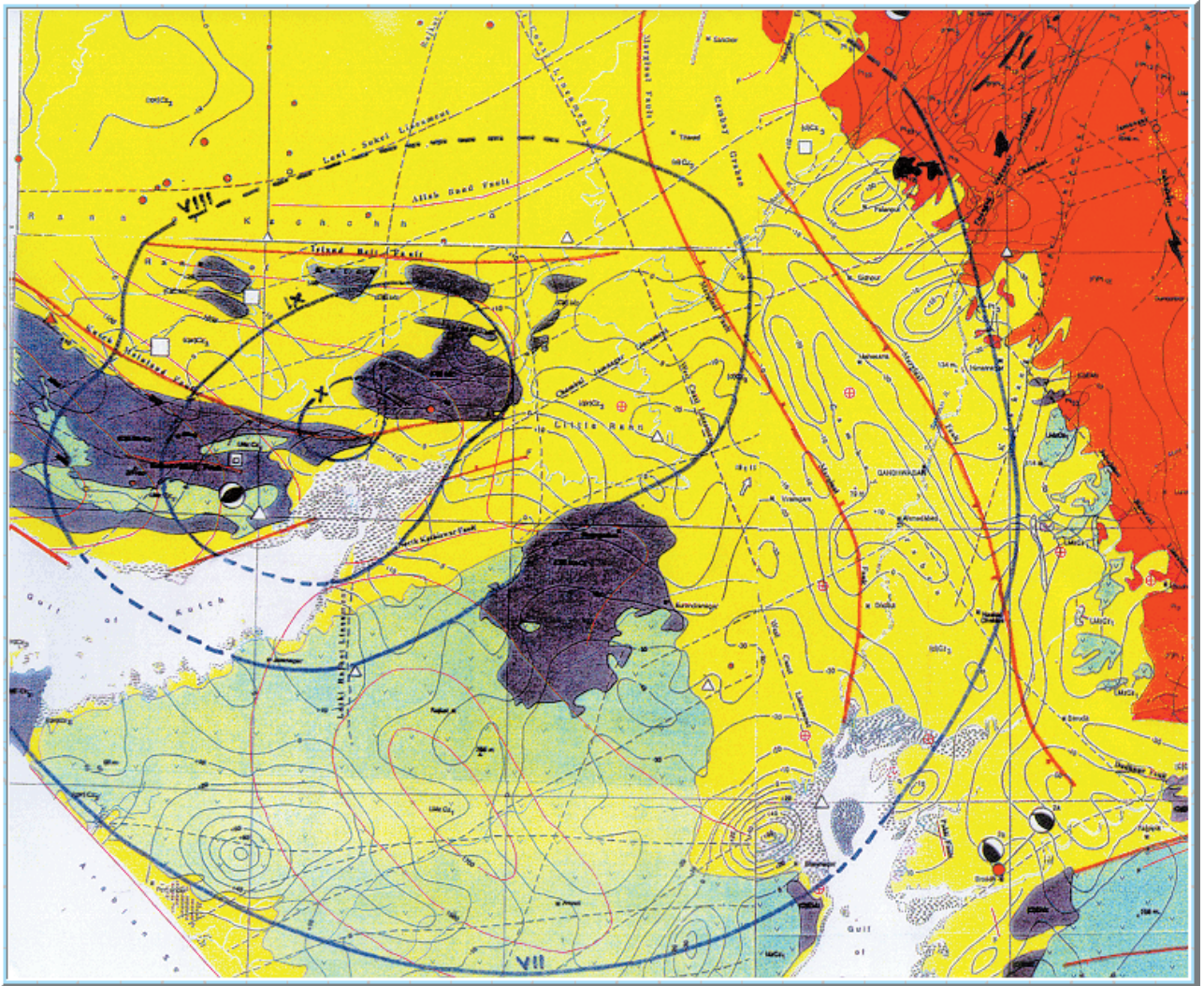
- neobdelan kamen, povezan z blatom ali cementno malto,
- obdelan kamen z blatom ali cementno malto,
- opeko iz žgane gline z blatom ali cementno malto in
- polne ali votle cementne zidake v cementni malti.

Obnašanje zidanih zgradb, v katerih so zidaki vezani z »malto« iz blata, je bilo med potresom zelo slabo. Po drugi strani pa so solidno grajene opečne zgradbe s tudi po štirimi etažami v Ahmedabadu (225 km oddaljeno od epicentra) potres dobro prestale, medtem ko so se mnoge zgradbe, kjer je nosilni sistem predstavljal armiranobetonski okvir, porušile ali pa so bile hudo poškodovane.

Obsežne in hude poškodbe zidanih zgradb so posledica slabe malte ter težkih in slabo zasnovanih ter izvedenih strešnih konstrukcij. Podobne izkušnje so imeli v Indiji že pri predhodnih potresih. Vzrok večine porušitev med potresom v mestu Killari leta 1993 so bile slabe povezave zidov, med potresom v mestu Kamoli leta 1999 pa so se zaradi slabe povezave zidov podirale težke strešne konstrukcije. Značilnosti porušitev v zadnjem potresu na prizadetem območju so posledica med seboj nepovezanega zidovja in nepovezanosti strehe z zidovi (debelina sten 0,4–0,6 m). Strešno kritino so predstavljali običajni težki glineni strešniki »Mangalore«.

Pri gradnji zidanih zgradb je v regiji Kachchh zelo pogosta uporaba velikih kamnitih blokov (dimenzije 0,25 m × 0,40 × 0,60 m) za gradnjo sten, povezanih z »malto« iz blata ali slabo cementno malto. Med potresom je ta praksa pokazala vse svoje pomanjkljivosti. Masivno zidovje je predstavljalo velike potresne sile, ki so jih nepovezani ali slabo povezani kamniti bloki lahko absorbirali le z velikimi pomiki. Posledica je bila porušitev zidu in nestabilnost tako grajenega bivališča.

Na med potresom prizadetih območjih Kachchh in Saurashtra (Saurashtra pomeni sto ljudstev) so mnoge zgodovinsko pomembne zgradbe, kot so grobnice, minareti in pagode. Mnoge od njih so se med potresom porušile ali pa so bile hudo poškodovane. Tako je bilo npr. v pokrajinah Kachchh in Rajkot od 250 pregledanih zgradb kulturne dediščine 40 % porušeni ali tako zelo poškodovanih, da



Slika 5. Izoseiste potresa 26. januarja 2001

Figure 5. Isoseismic lines of the 26 January 2001 earthquake.

jih bo treba porušiti. Nepoškodovanih je bilo le 10 % zgradb, ki predstavljajo kulturno dediščino. Dan po potresu je bil poslan poseben poziv za pomoč pri obnovi spomenikov kulturne dediščine.

Poškodbe betonskih zgradb (AB-zgradbe)

Okvirne stanovanjske AB-zgradbe so običajno 4- ali 5-etažne. Redke so stolpnice z do deset etažami. Te zgradbe v splošnem delimo v dva tipa, in sicer:

- v tiste, ki imajo prtiličja odprta (zelo malo ali sploh nobenega polnila, prtiličje je namenjeno parkiranju vozil) in
- v tiste, ki imajo tudi v prtiličju običajna stanovanja (tu so torej polnila v okvirih kot v vseh ostalih etažah).

Mnoge zgradbe z »odprtimi« prtiličji so se med potresom porušile.

Zgradbe z odprtim prtiličjem so imele torej klasično mehko etažo, ki je ob potresu znana kot posebej ranljiv konstruktivni element. Mnoge od teh zgradb so bile projektirane le na obremenitve lastne teže in sploh ne na prevzem horizontalne obremenitve. Rezultat so bili stebri majhnih dimenzij. Stremenska armatura pri 4–5-etažnih zgradbah ima običajno premer 6 mm na razdalji 200 mm. Pri višjih zgradbah ima stremenska armatura premer 8 mm na isti razdalji. Duktilnih detajlov pri stebrih ni, kar vodi k večji krhkosti le-teh. Tudi kontrola kakovosti v fazi izgradnje je neustrezna, vse to pa vodi k slabemu obnašanju mehkega prtiličja.

Med potresom so se ponekod porušila tudi višja nadstropja. Vzrok so bile spremembe dimenzij prerezov stebrov kot tudi neustrezno preklapljanje armature stebrov v vozliščih (stik stebra in grede).

Poudariti je potrebno, da so državne okvirne AB-zgradbe utrpeli večinoma le nekonstrukcijske poškodbe, predvsem zato ker so zgradbe, ki jih gradi država, narejene z upošte-



Slika 6. Anjar. Potres je uničil večino hiš, ki so bile po potresu leta 1956 ponovno zgrajene. Potres je opustošil isti del starega mestnega jedra.

Figure 6. Anjar. The earthquake destroyed most of the buildings which had been rebuilt after the 1956 earthquake. The earthquake devastated the same part of the old city area as the previous earthquake.



Slika 7. Strižna porušitev stebra v pritličju stanovanjske hiše
Figure 7. Shear failure of column on the ground floor of the building.



Slika 8. V Ahmedabadu so takoj po potresu poškodovane stebre nepravilno ojačali. Na sliki je razvidno, da je bilo ojačanje samo položeno na tla in ni bilo sidrano v zgornjo oz. spodnjo ploščo.

Figure 8. Improper jacketing of columns was widely practised in Ahmedabad immediately after the earthquake. Note that the new reinforcement simply rested on the floor and was not anchored into the slab at the top.

vanjem predpisov o potresno odporni gradnji, pa čeprav njihova uporaba ni obvezna.

Zgradbe brez mehkih pritličij so se obnašale mnogo bolje. Tudi tu je prišlo do poškodb, predvsem izpadanja polnil ali pojava diagonalnih razpok v polnilih. Ponovno je treba poudariti, da običajno ni bilo projektiranja za prevzem horizontalnih sil.

Med potresom so se porušili mnogi vodni rezervoarji na strehah večetažnih zgradb. Ti so bili grajeni skupaj z AB-okvirom. Med potresom so se vodni rezervoarji obnašali kot konzolni dodatki na strehi.

Poseben primer so AB-zgradbe v Ahmedabadu. Mestni predpis namreč predpisuje skupno pozidano površino zgradbe, a balkoni (tudi če so pokriti) v to ne štejejo. Tako so običajno v prvi etaži grajene konzole, ki segajo vsaj 1,5 m navzven. Na teh konzolah so potem grajene sobe. V mnogih primerih so se na teh konzolah pojavile diagonalne strižne razpoke.



Slika 9. Pomanjkanje armature (pogosto je zelo malo stremenske armature) ima za posledico porušitev stebra v vozlišču.

Figure 9. The lack of reinforcement (usually there is a lack of stirrups) resulted in the collapse of the column at the joint.

Poškodbe montažnih AB-konstrukcij

Nekatere pritlične šole v regiji Kachchh so grajene iz armiranobetonskih montažnih elementov (plošč, sten, stebrov). Pri približno tretjini od 318 takšnih šol v regiji Kachchh se je porušila strešna (stropna) konstrukcija. Te porušitve so bile posledica slabe povezanosti krovne konstrukcije s stenami oz. gredami in prekratkega območja naleganja stropne konstrukcije na stene oz. grede. Tehnika montažne gradnje v Indiji sicer ni preveč razširjena. Tako bo verjetno treba še določiti primernost takšnih konstrukcij (in uporabljenih rešitev) na potresnih območjih, preden bodo gradili nove. Zelo pomembno je detajliranje posameznih elementov in stikov med njimi (predvsem naleganje in izvedba le-tega).

Neustrezno popotresno ojačevanje

Po poružitvah in težkih poškodbah mnogih objektov so na prizadetem območju lokalni gradbinci takoj začeli ojačevati zgradbe, ki so to dopuščale. V mnogih primerih so



Slika 10. Značilna stanovanjska zgradba z odprtim pritličjem, kjer so bile garaže. Takšno pritličje se med potresom obnaša kot mehka etaža (ob močnem potresu stebri v mehki etaži ne zmorejo prevzeti uvedenih potresnih sil).

Figure 10. Typical residential building with open ground floor, which served as a garage. During an earthquake, such storeys behave like a classical »soft storey« (the columns are unable to bear the lateral forces).

poškodovane stebre v pritličju obložili z betonom, žal pogosto neustrezno. Ojačevanje je bilo običajno narejeno le do nivoja poda in ne do temeljev. Na enak način je bila neustrezna povezava z gornjimi gredami – omet in morebitne obloge niso bili odstranjeni. Vzrok je bilo pomanjkanje strokovnjakov s področja potresno odporne gradnje.

Poškodbe mostov

Na prizadetem območju je bilo mnogo pomembnih avtocestnih in železniških mostov. Večino poškodb na mostovih lahko združimo v:

- prečne premike zgornjega voznega dela mostov,
- poškodbe armiranobetonskih in zidanih podpornih zidov ter zidanih obokov,
- poškodbe stebrov,
- udore dovoznih ramp in
- porušitve ograj.

Največ poškodb je bilo na stiku spodnje mostne konstrukcije in zgornjega voznega dela mostov.

Poškodbe pristanišč in drugih industrijskih objektov

V obalnem delu Gudžarata je mnogo industrijskih objektov, ki so poslovno povezani s pristanišči v Kandli, Mundri in Navlakhi. Nobenih pomembnejših poškodb niso opazili v pristanišču v Mundri, pristanišči v Kandli in Navlakhi pa sta bili poškodovani zaradi likvefakcije tal in konstrukcijskih pomanjkljivosti. V pristanišču Navlakhi se je porušil novozgrajeni pomol. Tudi 2,5 km dolga odseka železniške proge



Slika 11. Novejša konstrukcija na levi se je med potresom prevrnila, zgradba na desni pa je prestala tudi potres leta 1956.

Figure 11. The new structure on the left collapsed during the earthquake, but the building on the right withstood this and the 1956 earthquake.

in ceste, ki povezujeta pristanišče, sta bila poškodovana zaradi porušitve nasipa.

Rafinerija v Jamnagarju pošilja svoje izdelke v Bhatindo in Haziro po 1500 km dolgem jeklenem naftovodu premera 0,40 do 0,55 m. Naftovod ima na trasi več prečrpališč. Na celotni trasi, ki poteka čez prizadeto območje, ni bilo poškodb.

Na prizadetem območju je bilo mnogo tovarn soli. Te tovarne, v katerih je mnogo različnih proizvodnih enot, imajo zelo nepravilen tloris in različne konstrukcijske sisteme. Mnogi tovarniški objekti so se delno porušili ali pa bili močno poškodovani.

Na epicentralnem območju so bile tudi rafinerije, TV stolpi (300 m visok v Bhuju in 170 m visok v Ahmedabadu), daljinovodni stebri (do 80 m visoki), komunikacijski antenski stolpi (visoki do 30 m), armiranobetonski ohlajevalni stolpi (visoki do 60 m), jeklene okvirne industrijske zgradbe in armiranobetonski vodovodni stolpi. Vse navedene konstrukcije so potres prestale brez ali le z manjšimi poškodbami. Izjemo predstavljajo armiranobetonski vodovodni stolpi, ki so se ponekod porušili.

Dejavnosti po potresu

Transport. Takoj po potresu po cesti ali železnici ni bilo dostopa na prizadeto območje. Porušil se je most na glavni avtocesti in promet je bil zaustavljen za dva dni. Tudi potem je promet potekal le po enem voznem pasu, dokler niso odprli novega mostu, ki je bil v času potresa v zaključni fazi izgradnje.

Zaradi poškodb na trasi železniške proge je bil promet zaustavljen za en teden. Na mnogih odsekih železniške



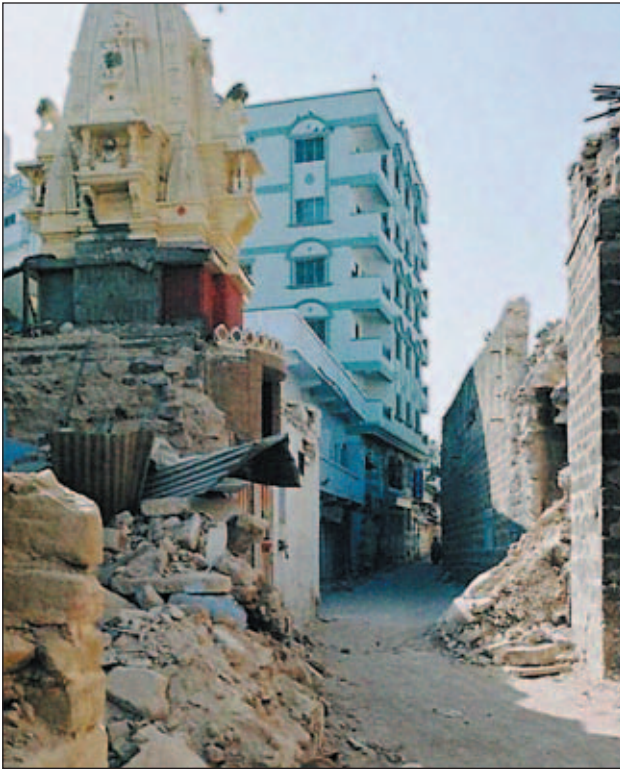
Slika 12. Andžar. Ozka ulica je zasuta z odpadnimi večjimi kosi delov porušениh zgradb.

Figure 12. Anjar. Narrow lane blocked by fallen rubble.



Slika 13. Bhuj. Najbolj so bile prizadete zgradbe, zgrajene iz različnih materialov. Sorazmerno nov objekt je imel stene iz kamna, deloma armiranega betona, ponekod pa armiranobetonske plošče.

Figure 13. Bhuj. The structures built of different kinds of materials were most affected. This relatively new building was made of stone, reinforced concrete and, in some parts, RC slabs.



Slika 14. Bhuj. V mestnem jedru so ozke, zavite ulice postale težko prehodne. Projektanti so po potresu opozarjali, da ozke uličice zaradi možnih novih rušenj niso varne.

Figure 14. Bhuj. The narrow and winding streets of the city became impassable. The streets have been declared unsafe by government planners due to the hazard of collapsing walls.

proge je prišlo do poškodb, zaradi katerih se je spremenila medsebojna oddaljenost obeh tirov.

Telekomunikacije. Optični kabel se je med potresom pretrgal. Telefonske povezave z Bhujem so ponovno vzpostavili v dveh dneh.

Električna energija je na prizadeto območje prihajala predvsem iz termoelektarn v 180 km oddaljenem Panandhru. Na termoelektarni so ugotovili le manjše poškodbe. Dopolnilno je območje oskrbovano z elektriko iz termoelektarne v Ahmedabadu in 400 km oddaljene jedrske elektrarne jugovzhodno od žarišča potresa; nobena ob navedenih elektarni med potresom ni bila poškodovana. Vzrok za razpad elektroenergetskega sistema je bil v porušitvi mnogih transformatorskih postaj, ki so bile običajno opečne. Poškodb na daljnovodih ni bilo. 10 dni po potresu je bilo ponovno vzpostavljenih 80 % elektroenergetskega sistema.

Pitna voda. Sama pokrajina Kachchh ima čez 800 vasi in mest. Več kot 90 % je oskrbovanih z vodo iz 140 regionalnih vodovodov, ki jih upravlja centralna vodna uprava Gudžarata. V splošnem velja to območje za sušno. Tako je bilo okoli 150 vasi delno oskrbovanih z vodo, ki so jih dovažali v cisternah.



Slika 15. Trinadstropna hiša je bila težko poškodovana, vendar se ni v celoti porušila. Prvi dve nadstropji naj bi bili stari več kot 200 let, zgornje pa okoli 75 let.

Figure 15. This three-storey house was badly damaged, but remained standing. The first two floors are reported to have been over 200 years old, and the upper floor 75 years old.

Posamezne jeklene cevi pri vodnjakih (premer 0,25 m, debelina stene 6 mm) so se zvile, ponekod so se pretrgali električni kabli do pump. V Bhujju je bilo poškodovanih 6 od 16 vodnjakov. Ponekod je prišlo do poškodb jeklenih cevi, ki sta jih zapolnila mulj in pesek. V nekaterih vodnjakih je po potresu postala voda kalna. Žal noben vodnjak ni imel rezervnega električnega napajanja, tako da so lahko opravljali svojo funkcijo šele po popravilu elektroenergetskega omrežja. Po potresu so opravili tudi meritve kakovosti vode in v 16 od 300 pregledanih vodnjakov ugotovili povečanje vsebnosti žvepla in težkih kovin.

V Grandidhamu so ocenili, da bo treba obnoviti 20–30 % vodovodnega omrežja, saj se je okoli 40 % vode izgubilo zaradi razpok v ceveh (žal ni bilo podatkov, koliko vode se je izgubljalo že pred potresom).

Kot je bilo že prej omenjeno, so se porušili posamezni vodovodni stolpi. Treba je poudariti, da se je okoli 250 vodovodnih stolpov v regiji Kachchh med potresom obnašalo dobro. Porušilo se je 5 vodovodnih stolpov na jugu regije v Maalya–Morbi. Lastnik vodovodnih stolpov je država in so zgrajeni v skladu s predpisi o potresno odporni gradnji.

Kanalizacija. Pet mest v pokrajini Kachchh (vključujoč Gandhidham, Adepur in Bhuj) ima delno ali popolno zbiranje in obdelavo odpadnih vod. Bhuj ima oksidacijske bazene za



Slika 16. V Bhuju so se nekateri novejši armiranobetonski okviri sesedli. Življenje pa teče dalje. Po potresu so se še med ruševinami takoj odprle »trgovine«.

Figure 16. Some of the reinforced concrete skeletons collapsed like pancakes in Bhuj. But life goes on, and the »shops« located in the midst of ruins were opened immediately after the earthquake.

obdelavo odpadnih vod. Na tem področju ni prišlo do porušitev cevovodov, vendar sistem ni bil v celoti pregledan.

Reševanje

Pokrajina Kachchh v regiji Gudžarat je znana po srednji potresni nevarnosti, kljub temu pa niso imeli nobenih načrtov za ukrepe ob potresa. Tako so bili popolnoma nepripravljeni na naravno nesrečo takšnega obsega. V Indiji je ukrepanje ob naravnih nesrečah v pristojnosti vlad zveznih držav, medtem ko zvezna vlada pomaga logistično in finančno. Po potresu sta obe vladi dobro koordinirali aktivnosti tudi zato, ker pripadata isti stranki.

Navkljub dobri volji so bile aktivnosti državnih organov počasne tudi zato, ker se je potres dogodil na praznični dan (dan republike) in je bilo mnogo uslužbencev vladnih služb vključenih v praznične slovesnosti. Nastanek potresa ob 8. uri in 46 minut zjutraj je v mnogih krajih sovpadal s prazničnim dviganjem zastave. Žrtev je bilo manj, saj so bili udeleženci proslav (uradniki, vojaki, šolarji, udeleženci na proslavah) na odprtem prostoru. Vendar je bilo okoli 300 šolarjev v Andžaru zasutih, ko so med potresom v paradi hodili po ozkih mestnih ulicah.

Center za koordiniranje ukrepov v Gandhinagarju je začel z delom slabo uro po potresu (ob 9.30), vendar so problemi s telefonskimi povezavami bistveno zmanjšali učinkovitost. Telefonska zgradba v Bhuju je bila hudo poškodovana in mnogi uslužbenci so umrli pod padajočimi deli delov zgradbe. Pretrg optičnega kabla, ki je omogočal povezavo z regijo Kachchh je pomenil izolacijo od ostalega Gudžarata. Tudi delovanje mobilnih telefonov je bilo moteno. Delno so bile komunikacije vzpostavljene v dveh dneh po potresu.



Slika 17. Jhurand. Skoraj vse zgradbe v mestu so se zrušile v povezan kup grobih kamnitih kosov. Prah, ki je viden na sliki, je posledica čiščenja. Slika je bila posneta približno dva tedna po potresu.

Figure 17. Jhurand. All the buildings in the city virtually collapsed into a mass of rubble. The visible dust is the consequence of ongoing cleaning. The photo was taken about 2 weeks after the event.



Slika 18. Bhuj. Zgradbe so bile v zgodovinskem delu mesta iz različnih obdobj, zgrajene pa kot pritlične hiše ali nizki stanovanjski bloki.

Figure 18. Bhuj. The buildings in the historical part of the city were both old and recent, and ranged from single-storey houses to mid-rise apartment blocks.

Centri za koordiniranje ukrepov v ostalih mestih so bili v šotorih na prostem brez osnovnih pripomočkov. Tako so informacije prihajale zelo počasi in zato so bile upočasnjene tudi reševalne operacije (tudi tu ni bilo ne izkušene-



Slika 19. Pogosto so zgradbe zgrajene iz neobdelanega kamna, povezanega s slabo malto. Posledica močnega potresa pri takšnih zgradbah je porušitev objekta in opustošenje mest in vasi.

Figure 19. The buildings were mostly made of unshaped stone and low-quality mortar. A strong earthquake will completely devastate villages and cities comprised of such buildings.



Slika 20 a. Bhuj. V potresu leta 2001 je Raolakha Chhatri klonil. Bil je najstarejši, največji in najbolj dovršen prostor za sežiganje umrlih maharadž. Zgrajen je bil v 18. stoletju in je preživel veliki potres v Kachchhu leta 1819 (20b).

Figure 20a. The Raolakha Chhatri was constructed in the 18th century and survived the great 1819 Kachchh earthquake (Fig. 20b), but succumbed to the 2001 earthquake. It was the oldest, largest and most elaborate of the cremation ground memorials to deceased maharajas.

ga kadra ne potrebne opreme). Mnogo ljudi je zgubilo svoje bližnje, zato jih je bilo težko vključiti v reševalne aktivnosti.

Obseg katastrofe v Gudžaratu je bil takšen, da je pri reševalnih delih primanjkovalo vsega. Tako je v Ahmedabadu primanjkovalo dvigal in buldožerjev, ki bi pomagali delati dostope in odstranjevati ruševine pri iskanju zasutih ponesrečencev. Mesta Bhuj, Bhachau in Rapar ter več kot dvesto vasi je bilo popolnoma porušeni. Mnogo žrtev in obsežnih poškodb je bilo v bližnjih mestih Surendranagar, Patan, Jamnagar, Bhavnagar, Surat, Anand, Rajkot in Banskantaha. Praktično je bilo nemogoče zagotoviti potrebno število reševalnih ekip z vso tehnično opremo in mehanizacijo za vse prizadete lokacije, pa čeprav so svojo pomoč nudile tako sosednje zvezne države kot zasebna podjetja. Marsikje veliki buldožerji niso mogli priti v središča mest ali vasi zaradi zasutih ozkih ulic.

Kot vedno v takšnih primerih je v prvih urah najpomembnejša pomoč preživelih domačinov. Kasneje je bistveno vlogo odigrala indijska vojska z razpoložljivo težko mehanizacijo. Vojska je postavila začasna bivališča, delila hrano in zagotavljala zdravniško oskrbo, vključno z izvajanjem medicinskih operacij. Vojaške bolnice v regiji so oskrbovale poškodovane. Vojska je tudi zagotovila varovanje zasebne



Slika 21. Obe zgradbi sta bili zgrajeni približno istočasno. Zaradi slabe gradnje se je zgradba na desni sesedla etaža na etažo.

Figure 21. Both buildings were built at approximately the same time. Poor construction caused the stories of the building on the right to collapse.

lastnine na prizadetem območju. Ljudje so sodelovanje in ukrepanje vojske zelo odobraval.



Slika 22. Deli starega obzidanega mestnega središča mesta Bhuj so bili popolnoma opustošeni. Slika prikazuje razsežnosti potresa – veliki predeli so bili uničeni do nerazpoznavnosti, ne glede na to, iz katerega materiala so bili sezidani objekti (betonski ali kamniti). Najpogosteje so bili objekti v osnovi iz kamna, na katere so kasneje dogradili armiranobetonska nadstropja ali težke armiranobetonske strehe. To je samo pripomoglo k temu, da so se preobremenjena spodnja nadstropja sesedla zaradi teže in togosti zgornjih nadstropij.

Figure 22. Sections of the old walled city of Bhuj were completely devastated. This photo gives an idea of the extent of damage – many parts of the city were destroyed beyond recognition, regardless of whether they were built of reinforced concrete or stone. Many buildings were originally built of stone and later had heavy concrete roofs or top stories added, which only served to help the overloaded stone structures beneath to collapse from the weight and stiffness of the overburden.

Sklepne misli

To je bil prvi veliki potres, ki je v Indiji prizadel urbano območje. Po obsegu škode je bil najmočnejši v novejši zgodovini Indije. Potres je posebej opozoril na nekatere pomanjkljivosti pri obravnavanju potresne nevarnosti:

1. Mnogo žrtev je posledica dejstva, da večina zgradb v pokrajini ne ustreza zahtevam predpisov o potresno odporni gradnji. Vzrok za to je delno v tem, da predpisi niso obvezni, delno pa v pomanjkanju izkušenj med gradbeniki. Žal je stanje podobno tudi v drugih delih Indije.
2. Mnoge armiranobetonske okvirne konstrukcije z mehkim pritličjem, namenjenim parkiranju, so bile zelo poškodovane (v njih je bilo tudi mnogo žrtev). Ker je takšen način gradnje v Indiji zelo razširjen, so te poškodbe povzročile veliko zaskrbljenost. To je bil pravi trenutek za strokovnjake v Indiji, da ocenijo ta način gradnje in razvijejo metode ojačevanja takšnih konstrukcij.
3. Mnoge armiranobetonske okvirne konstrukcije niso projektirane za prenos potresnih sil. Potres so prestale zaradi opečnih polnil v okvirih. Ker bodo takšne zgradbe še gradili, bo verjetno treba dodati metodologijo takšnih sistemov na potresno nemirnih tleh Indije.



Slika 23. Vertikalni premiki na površini so dosegli skoraj 1 m
Figure 23. Vertical shifts on the surface reached almost 1 metre.

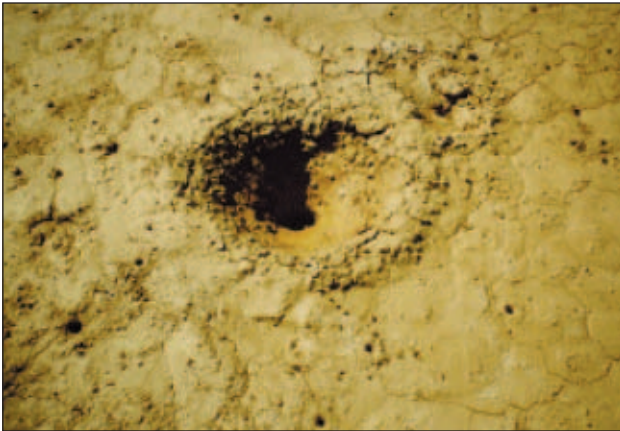


Slika 24. Premiki na površini
Figure 24. Surface movements.



Slika 25. Razpoke na površini
Figure 25. Cracks in the ground.

4. Veliko število žrtev med potresom v Ahmedabadu in drugih urbanih območjih je ponovno pokazalo na nevarnost možnih potresov v indijskih mestih vzdolž himalajskega prelomnega sistema. Na takšne potrese je treba biti pripravljen.



Slika 26. Pojavi likvefakcije (utekočinjanje tal) imajo za posledico večja posedanja tal.

Figure 26. Liquefaction caused great slumping.

5. Mnoge zemeljske pregrade so bile resneje poškodovane. Na srečo zaradi večletne suše za pregradami ni bilo dosti vode. Vendar so poškodbe v potresno nevarnem območju pokazale potrebo po oceni potresne odpornosti pregrad in kasneje po njihovem ojačevanju. Sam potres je dal strokovnjakom obilo podatkov za boljše poznavanje obnašanja pregrad med potresom.

Potres je nastal na območju, ki je po indijskih potresnih zemljevidih uvrščeno v območje srednje potresne nevarnosti. Žal vseeno niso imeli pripravljenih ukrepov za delo ob takšni naravni nesreči.

Potres z žariščem v indijski zvezni državi Gudžarat je najbolj prizadel prestolnico Ahmedabad, kjer verjetno ne bo nikoli znano končno število žrtv. Ahmedabad je veljal za bogato mesto s petimi milijoni prebivalcev, ki pa je bilo popolnoma nepripravljeno na potres. Večnadstropni objekti so se rušili kot zloženske. Večina porušenih objektov je bila zgrajena površno iz zelo slabih materialov, po nekaterih navedbah so bloke nekontrolirano nadgrajevali in s tem porušili statiko. Žal tudi tokrat enak zaključek – popolnoma neodgovorna gradnja in popolna nepripravljenost na potres.

Literatura

1. <http://www.ceri.memphis.edu/gujarat/tuttle.shtml>
2. <http://www.conservationtech.com/india-UNESCO/Kutch-subweb/Kutch-title-pg.htm>
3. <http://neotectonics.seismo.unr.edu/Bhuj/Report.html>
4. <http://www.imd.ernet.in/section/seismo/static/signif.htm>
5. <http://cires.colorado.edu/~bilham/BhujOyoThrust.html>

Opomba

Photos by R. Langenbach, M. Tuttle, E. Miranda and others; photos taken from various websites (see references).

Avtorji fotografij so R. Langenbach, M. Tuttle, E. Miranda in drugi; vse pa so povzete s spletnih strani (glej literaturo).

GRADBENO-TEHNIČNI VIDIKI TERORISTIČNEGA NAPADA NA ZGRADBI WTC

Engineering Aspects of the Terrorist Attack on the WTC Buildings

Matej Fischinger*

UDK 624.9:614.8(74)

Povzetek

Stolpa WTC v New Yorku sta se porušila zaradi izjemne kombinacije močnega udarca letala in požara. Sam udarec sta stavbi uspešno preživel zaradi sposobnosti konstrukcijskega sistema, da prenese obremenitve s poškodovanih na nepoškodovane elemente. V članku podrobneje obravnavam značilnosti konstrukcije in mehanizem porušitve. Ugotavljam, da ne obstajajo tehnične in še zlasti ne ekonomske možnosti za utrditev konstrukcij stavb za primer tako izjemne kombinacije obtežb, možna pa so izboljšanja v izvedbi požarnih oblog in evakuacijskih stopnišč.

Abstract

The WTC towers in New York collapsed due to the exceptional combination of severe aircraft impact and fire. The structures survived the impact itself due to the redundancy of the structural system. The structural characteristics and collapse mechanism are discussed in some detail. The article concludes with the opinion that it is neither technically nor economically feasible to strengthen building structures in order to survive such an exceptional combination of loads. However, improvements can be made in fireproofing and emergency exits.

Uvod

Še nikdar ni porušitev enega samega gradbenega sklopa povzročila več kot 3000 žrtev in tolikšne neposredne in posredne gospodarske škode. Televizijski prenos progresivne porušitve in skoraj pretirana medijska pozornost sta še povečala šok ob tragičnem dogodku. Porušitev stolpov WTC v New Yorku, simbolov ekonomske in tehnične moči ZDA in zahodne družbe nasploh, je prinesla negotovost in strah ter številna vprašanja, kaj storiti v bodočnosti.

Ta članek obravnava skoraj izključno tehnična vprašanja, kot so:

- Kakšni so bili vzroki in mehanizem porušitve?
- Ali bi bilo popolno porušitev možno preprečiti z boljšim projektiranjem konstrukcijskega sistema in požarne zaščite?
- Ali bi bilo možno z boljšo požarno zaščito in bolj učinkovitim planiranjem evakuacijskih poti omiliti posledice?
- Ali je bila porušitev obeh stolpov identična in če ne, zakaj?
- Zakaj je prišlo do porušitve sosednjih stavb, ki niso bile neposredna tarča letal in tudi niso bile močno poškodovane od ruševin obeh stolpov?
- Ali je požarna varnost jeklenih stavb problem, ki smo ga do sedaj podcenjevali?
- Ali bodo dogodki 11. septembra 2001 spremenili način projektiranja visokih stavb?

Postavlja se tudi vprašanje, ki v medijih ni bil dovolj poudarjeno. Zanimalo me bo, kateri mehanizmi so obvarovali stavbo pred trenutno porušitvijo kljub obremenitvi, ki je močno presegala vsa razumna pričakovanja.

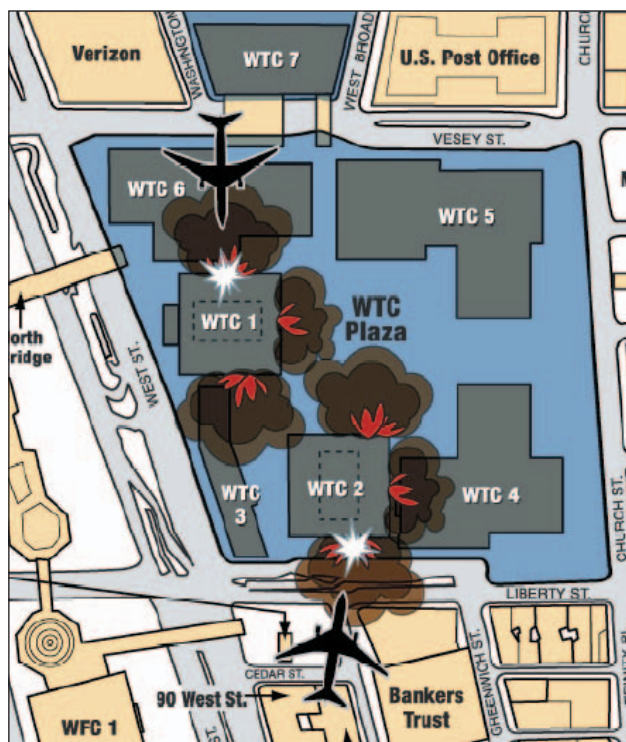
Na postavljena vprašanja bom skušal odgovoriti s pomočjo opisa nekaterih tehničnih podrobnosti dogodka, konstrukcijskega sistema in požarne zaščite ter analize mehanizma porušitve stolpov WTC 1 in WTC 2. Nazadnje bom na kratko analiziral še porušitev stavbe WTC 7.

Ne domišljam si, da lahko v popolnosti odgovorim na vsa ta vprašanja, še zlasti, ker jeklene konstrukcije in požarna varnost nista moji ožji specialnosti. Vendar pa lahko kot potresni inženir komentiram dogodek, pri katerem so bile konstrukcije izpostavljene vplivom, ki so preseglji pričakovanja pri projektiranju. Pri oblikovanju končnega besedila in pridobitvi ustreznega slikovnega materiala mi je odločilno pomagalo uradno poročilo ameriške preiskovalne komisije pod vodstvom ameriškega združenja gradbenih inženirjev ASCE in zvezne agencije za krizne dogodke FEMA (World ...), ki je bilo objavljeno tudi na internetu (<http://www.asce.org/>) tik pred oddajo članka.

Opis in kraj dogodka

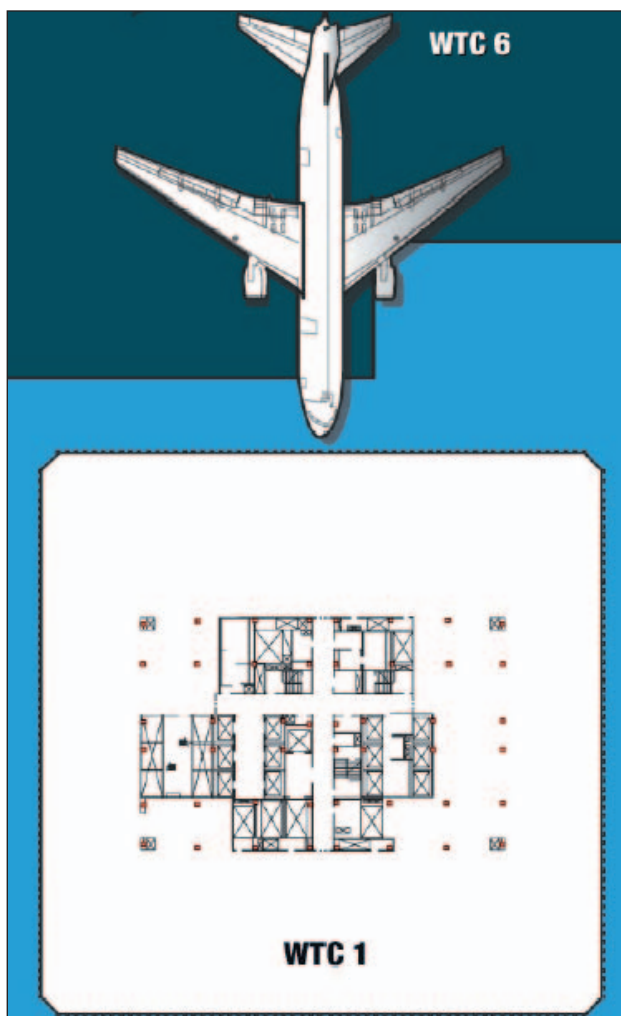
Kraj dogodka prikazuje slika 1. V sklopu zgradb Svetovnega trgovskega centra v New Yorku je bilo sedem stavb. Dominantna sta bila 110-nadstropna 417 in 415 m visoka stolpa WTC 1 in WTC 2. Na severnem stolpu WTC 1 je bil postavljen še okoli 100 m visok televizijski oddajnik. 47-nadstropna poslovna stavba WTC 7, ki jo tudi na kratko obravnavam v tem članku, je bila postavljena nekoliko bolj severno od ostalega sklopa stavb, ki so bile zgrajene okrog osrednjega trga.

* prof. dr., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo, Jamova 2, Ljubljana, matej.fischinger@ikpir.fgg.uni-lj.si



Slika 1. Zemljevid lokacije WTC in mesta udarcev letal (poročilo ASCE in FEMA)

Figure 1. WTC site map and impact locations (ASCE and FEMA report)



Slika 2. Mesto udarca letala v WTC 1 (poročilo ASCE in FEMA)

Figure 2. Zone of impact of aircraft on WTC 1 (ASCE and FEMA report)

Teroristi so se 11. septembra v oba stolpa zaleteli z ugrabljenima komercialnima letaloma tipa B767-200ER. To letalo ima ob vzletu maso okoli 180 ton in nosi do 90 ton kerozina. Ob udarcu v stolp je imelo vsaj še 40.000 litrov goriva in hitrost 750 km/h (WTC 1) in 950 km/h (WTC 2). Kinetična energija ob udarcu je bila okoli 3 GJ, energijska vsebnost goriva pa še 1000 GJ. Slednje odgovarja 330.000 palicam dinamita!

Najprej se je letalo zaletelo v severni stolp WTC 1, in sicer pravokotno in centralno v severno fasado (slika 2) na višini med 94. in 98. nadstropjem. Stolp se je porušil po 1 uri in 42 minut. Drugo letalo se je zaletelo v južno fasado južnega stolpa WTC 2 na višini med 78. in 84. nadstropjem. Tokrat nekoliko poševno in bližje vogalu z vzhodno fasado (slika 3). Pomembno je dejstvo, da je bilo tokrat centralno komunikacijsko jedro precej bližje mestu udarca kot v primeru WTC 1. WTC 2 se je porušil 56 minut po udarcu letala.

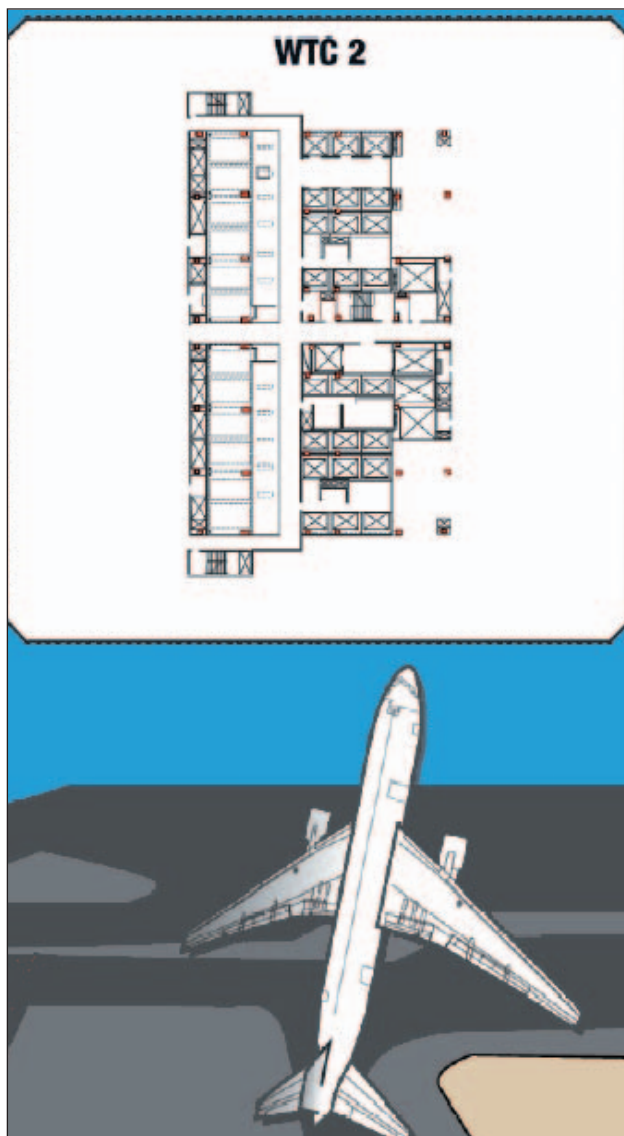
Konstruktivni sistem stolpov WTC 1 in WTC 2

Stolpa, ki sta bila zgrajena v letih 1966 do 1973, sta imela tako imenovano »cevasto« nosilno konstrukcijo. Na obodu stavbe je bilo na gosto postavljenih okoli 250 vitkih jeklenih stebrov, ki so bili z vodoravnimi jeklenimi ploščami povezani v jekleno »cev« s tlorisnimi dimenzijami objekta. Takšna jeklena cev (sliki 4 in 5) je kot celota prenašala vso

vodoravno obtežbo (veter, potres), sami obodni stebri pa so prenašali še del navpične obtežbe (okoli 40 %). Na dimenzije je odločilno vplival predvsem veter. Pri sami navpični obtežbi so bili stebri le delno (manj kot 20 %) izkoriščeni. Cevasti ovoj je bil sestavljen iz trietažnih montažnih elementov (slika 5). Ti so bili stikovani na sredini etaž, in sicer tako, da je bila v eni etaži staknjena 1/3 stebrov. V sredini stolpa je jeklena konstrukcija (sliki 2 in 3) prenašala preostalih 60 % navpične obtežbe, ne pa tudi vodoravnih sil. Zato so bili tu stebri pri navpični obtežbi razmeroma bolj obremenjeni kot z obodnimi stebri.

Obodno konstrukcijo in strop so povezovali dvojni palični nosilci (slika 6), na katere je bila naslonjena za ameriške razmere nadpovprečno solidna sovprežna medetažna konstrukcija pisarniškega dela stavbe. Stiki teh nosilcev s stebri so bili razmeroma šibki (slika 7). Med nosilce in obodne stebre so bili nameščeni še dušilci nihanj zaradi vetra.

Uporaba dušilcev je v bila v času gradnje revolucionarna novost, kar velja še za nekaj drugih projektantskih rešitev,



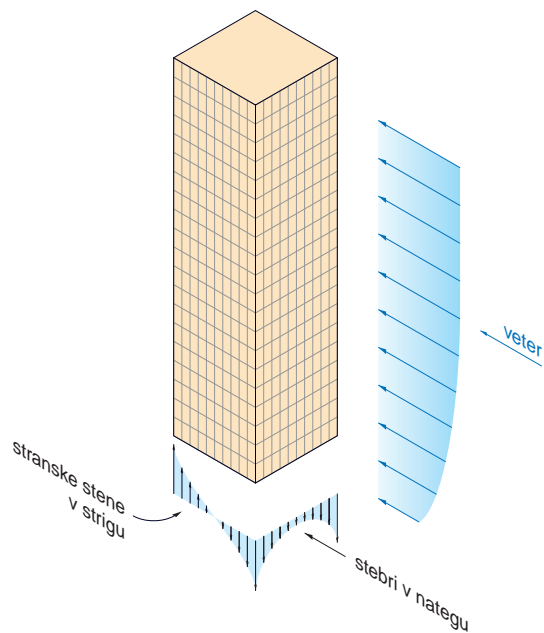
Slika 3. Mesto udarca letala v WTC 2 (poročilo ASCE in FEMA)

Figure 3. Zone of impact of aircraft on WTC 2 (ASCE and FEMA report)

med drugim tudi to, da je bila pri projektiranju upoštevana možnost udarca letala v stolp. Vendar so pri tem upoštevali nekoliko lažje letalo B707. Predvsem pa je bila različna predpostavka, da bo šlo za letalo, ki se bo izgubilo v megli pri pristajanju. Tako je bila predpostavljena mnogo manjša hitrost in še zlasti količina preostalega goriva.

Požarna zaščita stolpov WTC 1 in WTC 2

Vsakdo, ki vsaj nekoliko pozna razmere v ZDA, ve, da tam požarni zaščiti posvečajo veliko skrb. To je še zlasti veljalo za tako reprezentančni stavbi izredne višine. Stavbi sta bili dobro opremljeni s škropilnim sistemom in sistemom za ročno gašenje, ki se je napajal iz več izvorov vode zunaj stavbe kot



Slika 4. Obnašanje zunanjega nosilnega ovoja

Figure 4. Structural tube frame behaviour



Slika 5. Zunanji nosilni ovoj. Slika fasade (foto: M. Fischinger) in detajl montažnega elementa (poročilo ASCE in FEMA)

Figure 5. Exterior bearing frame. Facade (photo: M. Fischinger) and detail of the prefabricated module (ASCE and FEMA report)



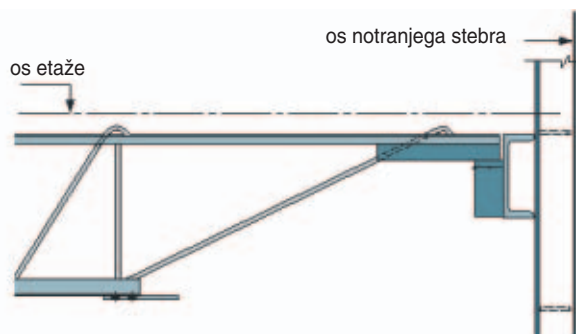
Slika 6. Gradnja stropne konstrukcije (poročilo ASCE in FEMA)

Figure 6. Erection of floor framing (ASCE and FEMA report)

tudi iz rezervoarjev v sami stavbi. Vsak sistem je imel rezervno napajanje. Prav tako je bilo poskrbljeno za lokalizacijo morebitnega požara. Učinkovitost teh obrambnih sistemov je bila uspešno preverjena med požarom leta 1975. Po tem požaru so še dodatno zatesnili vse odprtine ob inštalacijah. Žal pa je bila vsa ta zaščita pri tako izrednem in intenzivnem požaru očitno neučinkovita in verjetno praktično uničena.

Tako je požarna zaščita temeljila predvsem na »tretji črti obrambe« s požarno varnimi oblogami jeklene konstrukcije. Te so bile na konstrukcijo nabrizgane in z izjemo nižjih nadstropij WTC 1 niso vsebovale azbesta. Na nosilcih je bila zaščitna plast debela 2 cm. Po požaru leta 1975 so se odločili, da jo bodo postopoma (ob obnovah pri zamenjavi najemnikov posameznih etaž) odebelili na skoraj 4 cm. Zelo pomemben se mi zdi podatek (sicer samo bežno omenjen v poročilu komisije), da je bila do napada zaščitna plast izboljšana v vseh etažah WTC 1, ki jih je zadelo letalo. Pri WTC 2 pa je bila v območju udarca obnovljena le ena (78.) etaža.

Stolpa sta imela tri hodnike za evakuacijo širine 110 do 140 cm, ki so razvidni s slik 2 in 3. Hodniki niso potekali zvezno po celi višini zgradb. Dva ožja hodnika sta zahtevala prehode v štirih vmesnih etažah, najširši pa le v 76. etaži. Po bombnem napadu leta 1993 so na hodnike namestili



Slika 7. Detajl stika med stropnim paličjem in centralnim stebrom

Figure 7. Detail of the connection between floor truss and central column

razsvetljava na baterije in dodali oznake s fotoluminiscentno barvo. Komisija sklepa, da sta ta dva ukrepa pomembno pripomogla k temu, da se je iz stavb rešilo 99 % uporabnikov iz območja, ki ga je zadelo letalo. K tako ugodnemu razpletu bi utegnili prispevati dodatno izobraževanje uporabnikov o evakuaciji, ki je bilo uvedeno po bombnem napadu.

Odziv konstrukcije in mehanizem porušitve WTC 1

Že takoj po napadu je bilo očitno, da sam udarec kljub zelo težkim poškodbam konstrukcije ni povzročil trenutne porušitve. Sklepati pa se je dalo tudi, da je kombinacija teh poškodb in požara privedla do progresivne porušitve obeh stolpov. Po objavi poročila (World ...) je možno nekoliko podrobneje pojasniti obnašanje konstrukcije in potek porušitve. Kljub podobnosti sta bila mehanizma pri WTC 1 in WTC 2 nekoliko drugačna. Zato je tu opisano obnašanje WTC 1, razlike za WTC 2 pa opisuje naslednji razdelek.

Začetne poškodbe po udarcu letala

Letalo se je zaletelo pravokotno v severno fasado in težko poškodovalo zunanji nosilni ovoj med 94. in 98. nadstropjem (slika 8). Pravzaprav je presenetljivo, da je stolp sploh preživel tako obsežne poškodbe. Očitno je imel dovolj rezerv in sposobnosti prerazporeditve obremenitev (kar je ključni element preprečevanja progresivnih porušitev), da bi brez dodatne obremenitve – požara tudi obstal. Računska analiza je dokazala način prerazporeditve obremenitve po nastanku velike luknje v nosilnem ovoju (slika 9). Stebri nad poškodbo so prešli v nateg in prek horizontalnih povezav prenesli obtežbo v tlačne stebre ob odprtini. Ker so bili ti dimenzionirani na kritično obtežbo vetra, so bili pred poškodbo pri sami navpični obtežbi razmeroma malo obremenjeni. Tako so lahko prenesli do skoraj šestkratno povečanje tlačne obtežbe. Celotni nosilni ovoj se je dodatno razbremenil prek vršnega paličja, ki je del obtežbe preneslo na centralno jedro.



Slika 8. Poškodbe zunanjih stebrov zaradi udarca v severno fasado WTC 1 (foto: R. Rabanne)
Figure 8. Impact damage to exterior columns of the north face of WTC 1 (photo: R. Rabanne)

Nekateri deli stropov so bili porušeni. Stropi pod njimi pa so morali nositi veliko dodatno obremenitev zaradi ruševin.

Še vedno pa ni možno zanesljivo oceniti obsega poškodb stebrov notranjega jedra, ki je nosilo samo navpično obtežbo in je bilo najverjetneje odgovorno za končno porušitev. Vsekakor je bilo precej poškodovano. To potrjujejo izjave očitvidcev o velikih kupih ruševin v območju severovzhodnega dela jedra na višini 91. nadstropja kot tudi poškodbe na drugi strani fasade.

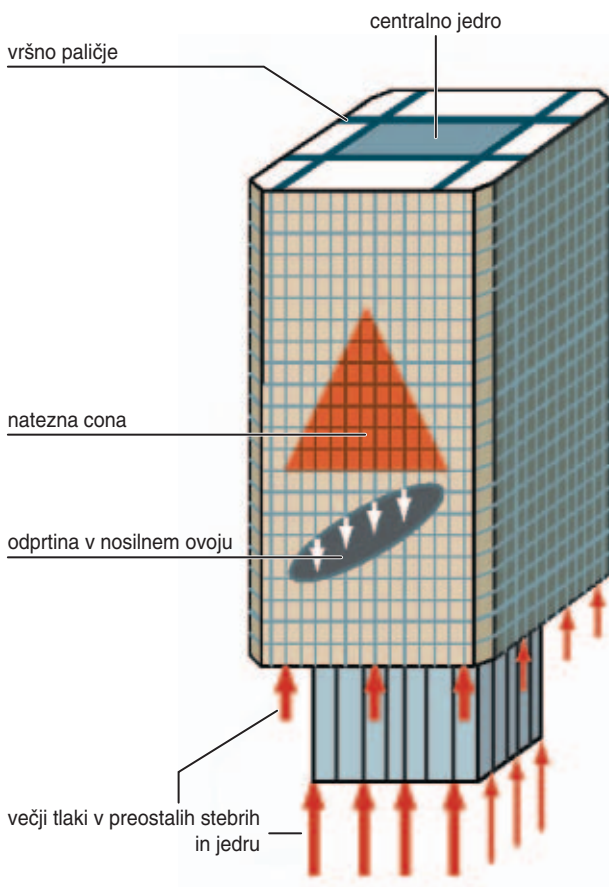
Razvoj požara

Po vladnih virih je letalo ob udarcu nosilo okoli 37.000 litrov kerozina. Takoj po udarcu se je okoli 10.000 litrov (ocenjeno iz računov na osnovi videoposnetkov) sprostito v ognjeni krogli. Čeprav dramatična na pogled, ta ni bila posledica eksplozije, saj je pregled posnetkov pokazal, da je izgorevanje potekalo dve sekundi. Stolp je očitno prenesel tudi ta vpliv. Če predpostavimo, da se je polovica preostalega goriva razgubila po ostali konstrukciji, je na območju udarca ostalo še 15.000 litrov kerozina. Računi so pokazali, da je v stavbo prihajalo dovolj zraka, da je tudi to gorivo pogorelo v naslednjih nekaj minutah. Tudi po tem še ni prišlo do porušitve. Vendar pa so se pri tem vžgale same poškodovane etaže in ogenj se je nadaljeval. Povprečno temperaturo, ki se je v resnici močno spreminjala po tlorisu, so ocenili na 900 do 1100 stopinj Celzija. Pri teh računih je bilo upoštevano, da sistem škropljenja ni deloval. Tudi če ne bi bil poškodovan, bi se namreč pri takšnem požaru ventili tako odprli, da bi prišlo do trenutnega padca tlaka.

Odziv konstrukcije na požar

Požar je imel na konstrukcijo vsaj tri značilne uničujoče vplive.

Nosilci nad gorečimi etažami so se raztegnili in zvili stebre navzven. Navpična obtežba je povzročila uklon stebrov. To je lahko povzročilo niz porušitev stikov in elementov.



Slika 9. Prerazporeditev obtežbe po udarcu letala (poročilo ASCE in FEMA)
Figure 9. Redistribution of load after aircraft impact (ASCE and FEMA report)

Z večanjem temperature so se stropni nosilci zmeččali in potegnili stebre navznoter. Učinek je še povečala dodatna obtežba zaradi ruševin. Odpor zunanjih stebrov proti temu vplivu je še dodatno zmanjšal zelo šibak montažni stik na sredini etaž, še zlasti, če so stebri izgubili bočno oporo prek več etaž.

Še najbolj uničujoče pa je bilo najbrž zmanjšanje uklonske nosilnosti centralnih stebrov zaradi povišane temperature. Ti so bili na tej višini razmeroma šibki in precej izkoriščeni. Na povečanje obremenitve so vplivale že omenjene poškodbe in prerazporeditev obremenitev iz zunanjega ovoja prek vršnega paličja. Dodatni vpliv morebitnega odpada zaščitnih požarnih oblog zaradi udarca še proučujejo, je pa bil nedvomno pomemben.

Progresivna porušitev

Videoposnetek porušitve WTC 1 kaže, da se je televizijski stolp pogreznil v konstrukcijo nekaj pred porušitvijo zunanjega nosilnega ovoja. To navaja k ugotovitvi, da se je rušitev pričela v centralnem delu. Ogromna masa nad mestom



Slika 10. Porušitev WTC 2 (foto: T. Nilsson)

Figure 10. The collapse of WTC 2 (photo: T. Nilsson)

začetka rušenja je z močnim pospeškom udarila na spodnjo ploščo. Računsko je možno oceniti, da je dinamični učinek povečal statično obtežbo za red velikosti 10-krat. Ob taki obremenitvi je bila progresivna porušitev stropov nujna. Pri tem se je ogenj z dovodom novega zraka razplamtel, zračni pritisk pa ga je potisnil navzven. To je naredilo napačen vtis ponovne eksplozije. Po porušitvi stropov so ostali zunanji stebri brez bočne podpore. Prišlo je do porušitve šibkih montažnih stikov in celi montažni elementi (slika 5) so se odlučili in padli navzven od ovoja.

Posebnosti obnašanja in porušitve WTC 2

Mehanizem porušitve WTC 2 je bil precej podoben porušitvi WTC 1. Ugotovili pa so kar nekaj pomembnih razlik. Najprej ne gre pozabiti, da se je južni stolp WTC 2 porušil kar v polovico krajšem času kot severni.

Pomembno je že to, da je letalo, ki je zadelo WTC 2, letelo mnogo hitreje kot pri WTC 1 (950 km/h v primerjavi z 750 km/h). Energija udarca pa je odvisna od kvadrata hitrosti. Še pomembneje pa je, da je bilo mesto udarca mnogo bližje kritičnemu centralnemu nosilnemu delu kot pri WTC 1 (sliki 2 in 3).

Letalo je priletelo poševno in skoraj povsem presekalo jugovzhodni vogal stolpa. Posnetki kažejo, da se je progresivna porušitev pričela z delno porušitvijo jugovzhodnega

vogala stropa 80. etaže (pri tem ni jasno, ali je še pred tem prišlo do porušitve nedvomno močno poškodovanih stebrov centralnega dela na jugovzhodnem vogalu). Temu sta hitro sledila porušitev stropa vzdolž vse vzhodne stranice od juga proti severu in uklon zunanjih stebrov. Vrh stavbe se je zavrtel proti vzhodu in jugu ter začel padati in pri tem odrinil spodnji del proti zahodu in severu (slika 10)

Porušitev WTC 7 zaradi nekontroliranega požara

Stolpa WTC 1 in WTC 2 se očitno nista podrla zaradi udarca. Končno porušitev je povzročil požar. Ni pa jasno, če bi tak požar porušil tudi nepoškodovano stavbo, kjer bi vsi sistemi požarne zaščite delovali, požarne obloge ne bi bile poškodovane, nosilni elementi pa ne bi bili preobremenjeni zaradi prerazporeditve obtežbe. Trenutno lahko samo upamo, da se to kljub izjemnemu požaru ne bi zgodilo.

Zato pa toliko bolj zaskrbljuje porušitev stavbe WTC 7. Ta je bila od porušeni stolpov precej oddaljena (slika 1) in tako praktično nepoškodovana od padajočih ruševin. Nedvomno se je porušila izključno zaradi požara, kar je prvi tak primer v zgodovini sodobnih požarno zaščitnih jeklenih konstrukcij. Skrb nekoliko zmanjša dejstvo, da požar v zmedu po porušitvi stolpov ni bil gašen in da je energetska centrala v stavbi vsebovala velike količine goriva. Kljub temu pa bo podrobna analiza tega dogodka verjetno še pomembnejša od proučevanja dramatičnih porušitev obeh stolpov.

Sklepne misli

Porušitev zaradi letala, ki se polno goriva z maksimalno hitrostjo zaleti v visoko civilno stavbo, presega vsa normalna pričakovanja v dosedanjem projektiranju. Od dogodkov 11. septembra naprej utegne biti drugače.

Kljub temu je verjetnost takega dogodka še vedno tako majhna, da ne obstajajo realne tehnične in predvsem ekonomske možnosti za potrebno utrditev konstrukcij stavb (pri tem je treba upoštevati, da so nekatera letala še mnogo večja od tistih, ki so bila uporabljena pri napadu).

Pravzaprav sta stolpa izjemni udarec preživela nad pričakovanji dobro. Zunanji nosilni ovoj je bil sposoben uspešno prerazporediti obremenitve na preostale nepoškodovane elemente. S tem je bil izpolnjen osnovni pogoj za preprečitev progresivne porušitve pri udarni/eksplozijski obtežbi. Za stolpa je bila tako usodna kombinacija poškodovane in mestoma preobremenjene konstrukcije s kasnejšim izjemnim vplivom požara. Pri tem je realno sklepati, da so bile aktivne zaščite pred požarom uničene, pasivne (požarne obloge) pa poškodovane. Bolj pa zaskrbljuje porušitev stavbe WTC 7, ki ni bila poškodovana, pa jo je (sicer negašen) požar vseeno porušil.

Ne gre pozabiti, da so bile požarne obloge na mestu udarca pri WTC 1 obnovljene in izboljšane, pri WTC 2 pa ne. Tudi tu lahko iščemo odgovor, zakaj se je WTC 1 porušil po približno dvakrat daljšem času kot WTC 2 (poleg tega je bila hitrost letala, ki se je zaletelo v WTC 2, večja, notranje jedro pa je bilo zelo blizu mesta udarca). Izboljšanje požarnih oblog (zlasti njihove odpornosti proti udarcem in luščenju) je tako ekonomsko smiselna in izvedljiva dodatna zaščita visokih stavb proti morebitnim podobnim napadom.

Morebitne katastrofalne posledice lahko omejijo tudi razmeroma cenenimi ukrepi pri načrtovanju stopnišč ter njihova označitev s fotoluminiscentno barvo in baterijsko napajano razsvetljavo. Prav ta ukrepa sta skupaj s požarnimi vajami odločilno pripomogla, da se je iz stolpov uspelo rešiti 99 % ljudi, ki so bili pod mestoma udarcev letal.

Literatura

1. World Trade Center Building Performance Study – Data Collection, Performance Observation and Recommendation. American Society of Civil Engineers (ASCE), Federal Emergency Management Agency (FEMA), 2002.