



akad. prof. dr. Miha Tomažević, univ. dipl. inž. grad.

miha.tomazevic@zag.si
Zavod za gradbeništvo Slovenije,
Dimičeva 12, 1000 Ljubljana



Strokovni članek

UDK/UDC: 699.841(450.36) "1976"

POTRESI V FURLANIJI LETA 1976 IN ZAVOD ZA RAZISKAVO MATERIALA IN KONSTRUKCIJ FRIULI EARTHQUAKES OF 1976 AND THE INSTITUTE FOR TESTING AND RESEARCH IN MATERIALS AND STRUCTURES

Povzetek

Leta 1976 je vrsta treh potresov prizadela širše območje Furlanije in obmejnega Posočja. ZRMK (Zavod) je po majskem potresu v Posočju strokovno vodil in koordiniral oceno uporabnosti in poškodovanosti objektov. Ker se v Posočju resnejša akcija obnove ni niti začela, je bilo treba septembra ponoviti tudi oceno uporabnosti in na novo ovrednotiti škodo. Po septembrskih potresih je Zavod dodatno izobraževal sodelujoče pri obnovi, koordiniral delo ocenjevalnih skupin ter svetoval pri reševanju zapletenih problemov, njegovi operativci pa so usposabljali izvajalce in izvajali zahtevnejša utrditvena dela. V okviru pomoči Slovenije zamejskim Slovencem je Zavod usmerjal delo slovenskih inženirjev, ki so pripravljali podatke za projektiranje obnove stavb, ter usposabljal zaposlene v podjetju zamejskih Slovencev, ustanovljenem za sanacijo po potresu poškodovanih hiš. Ker se je metoda za utrjevanje, ki jo je predlagal Zavod, med septembrsko ponovitvijo potresov izkazala za učinkovito, je Zavod na povabilo Inženirske zbornice iz Vidma svoje znanje in izkušnje prenesel furlanskemu projektantskemu in operativnemu kadru. Zavod je odigral ključno vlogo tudi pri pripravi priporočil za rekonstrukcijo poškodovanih objektov, katerih uporabo je uzakonila pokrajinska vlada Furlanije - Julijske krajine.

Ključne besede: furlanski potres, obnova, sodelovanje, metode utrditve, priporočila za projektiranje

Summary

In 1976, a series of three earthquake events struck Friuli, Italy, and the Soča River Valley in Slovenia. After the May event, ZRMK (the Institute) was assigned to coordinate the assessment of building usability and damage in Slovenia. Lacking serious reconstruction after May, the assessment had to be repeated in September. Besides coordinating the re-assessment, the Institute provided consultation and trained the staff of companies participating in the reconstruction. Within the framework of Slovenia's assistance to the Slovenian minority living across the border, the Institute coordinated the work of Slovenian experts assigned to provide information needed for the re-design, and trained the staff of a construction company established to retrofit earthquake-damaged houses in the area. During the September events, the method of strengthening proposed by the Institute, proved to be effective. Consequently, the Chamber of Engineers in Udine invited the Institute's experts to share their knowledge and experience with Friulian colleagues participating in the reconstruction. In addition, the Institute played a key role in the Friulian expert group, drafting the recommendations for reconstruction, issued as compulsory by the regional government.

Key words: Friuli earthquake, reconstruction, collaboration, strengthening methods, design recommendations

1 UVOD

Varstvo pred potresi je bolj kot pri drugih naravnih nesrečah osnovano na dejstvu, da potresov ne moremo preprečiti, lahko pa ublažimo njihove posledice na sprejemljiv obseg. Znana misel, da "ne ubijajo potresi, pač pa stavbe, ki se med potresi porušijo", nam pove, da posledice potresov najbolje ublažimo tako, da se bodisi izognemo gradnji na potresnih območjih bodisi gradimo objekte, ki jih potresi ne bodo poškodovali ali porušili.

Kot so nesporno dokazali močni potresi, ki so v zadnjem času prizadeli dežele razvitega sveta, današnje znanje o potresno-odporni gradnji omogoča, da celo najzahtevnejši sodobni objekti po potresu ostanejo uporabni oziroma potrese preživijo z zanemarljivim obsegom poškodb. A lahko nekaj podobnega rečemo tudi za stare zidane stavbe, ki so pomemben del gradbenega fonda v mestnih in podeželskih jedrih, hkrati pa pomenijo arhitekturno kulturno dediščino neprecenljive vrednosti? Težko, saj so bile med nedavnimi močnimi potresi, ki so prizadeli evropska stara mestna in podeželska jedra, najbolj prizadete prav zgodovinske zidane stavbe. O razlogih za to na tem mestu ne bomo razpravljali.

Ko so furlanski potresi maja in septembra leta 1976 ponovno pokazali, da potresi ne poznajo meja, smo se na obeh straneh meje, kjer je tipologija podeželskih pa tudi mestnih starih stavb zelo podobna, šele učili, kako takšne stavbe narediti bolj odporne proti potresu. Furlanski potresi leta 1976 so za razumevanje obnašanja starih stavb med potresom in poznavanju razlogov, zakaj takšne, kot so bile zgrajene, večinoma niso odporne proti potresu, pomenili prelomnico. Ravno tako so pomenili prelomnico v razvoju nabora tehničnih rešitev, kako takšne stavbe utrditi, da bodo postale bolj odporne proti potresu. Tako so se šele po potresih leta 1976 začele izvajati bolj ali manj sistematične raziskave, povezane s potresno odpornostjo starih zidanih hiš. Na podlagi teh, tudi mednarodno koordiniranih raziskav so bile razvite metode in tehnološke rešitve, s katerimi lahko danes arhitekturno kulturno dediščino obvarujemo pred posledicami rušilnih potresov. Le pravočasno jih moramo uporabiti.

Po furlanskem potresu smo se učili tudi tisti, ki smo že imeli nekaj izkušenj. Še bolj in še več pa so se morali naučiti kolegi, ki smo jim svoje izkušnje takrat prenesli. Nekaj o tem, kako se je slovenska stroka, ki so jo na tem področju predstavljali predvsem sodelavci takratnega Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij (ZRMK, v nadaljevanju tudi Zavod), današnjega Zavoda za gradbeništvo Slovenije (ZAG) iz Ljubljane, odzvala na furlanski potres na obeh straneh meje in kaj je njeno sodelovanje pri odpravi posledic potresa takrat pomenilo, bomo predstavili v nadaljevanju.

2 IZKUŠNJE ZRMK PRED POTRESI LETA 1976

Čeprav so slovenski strokovnjaki, ki so se zavedali, da potresno-odporna gradnja kljub potresni nevarnosti v nekdanji Jugoslaviji ni ustrezno urejena s predpisi, in so po lokalnem potresu leta 1956 v Ilirski Bistrici začeli pripravljati ustrezno slovensko tehnično regulativo [Uradni list SRS, 1963], je resnejši mejnik v dejavnosti pomenil šele potres leta 1963, ki je prizadel Skopje,

glavno mesto Makedonije. Mimogrede, slovenska priporočila za projektiranje, ki so izšla tik pred skopskim potresom, so leta 1964 z nekaterimi spremembami in dopolnitvami postala jugoslovanski začasni tehnični predpis za projektiranje na potresnih območjih [Uradni list SFRJ, 1964]. Sloveniji, in s tem Zavodu za raziskavo materiala in konstrukcij kot njeni takrat edini raziskovalni instituciji za gradbeništvo, ki je imel na področju sanacij gradbenih konstrukcij že nekaj izkušenj, je bila po potresu leta 1963 poverjena predvsem skrb za zidane stavbe.

Zvezna država (takratni jugoslovanski Zvezni fond za znanstvena raziskovanja) je po potresu v Skopju financirala obsežen program raziskav obnašanja zidov pri potresni obtežbi ter preverjanja učinkovitosti nekaterih metod utrjevanja opečnih zidov (injektiranje razpok, prednapetje, oblaganje z armirano cementno oblogo), ki so bile uporabljene pri sanaciji poškodovanih stavb, ki so preživele potres. Najpomembnejši rezultat teh raziskav je bila enačba za izračun strižne odpornosti zidov, ki jo je predlagal takratni direktor Zavoda in iniciator eksperimentalnega raziskovanja na področju potresno-odporne gradnje pri nas Viktor Turnšek [Turnšek, 1971]. Enačba se zaradi enostavnosti in inženirske vrednosti še danes uporablja, z manjšimi posodobitvami pa je bila vpeljana v kasnejše jugoslovanske in nekatere tuje predpise.

Za eksperimentalne raziskave, s katerimi naj bi se ponazoril vpliv potresnih sil, je bilo treba prirediti tudi preizkuševalno opremo. Zato so že konec šestdesetih let prejšnjega stoletja raziskovalci Zavoda skupaj s švicarskim podjetjem Amsler, ki je do takrat dobavilo večino hidravlične preizkuševalne opreme, zasnovali eno prvih potresnih miz v Evropi. Istočasno so zasnovali posebno napravo za preiskave zidov (slika 1), ki je omogočila ovrednotenje parametrov, ki jih potrebujemo v računskih analizah potresne odpornosti.

Potresna miza in naprava za ciklične strižne preiskave zidov nista bili fiksni napravi, saj je laboratorij za konstrukcije opremo želel izkoristiti tudi za druge namene. Za svojo postavitve sta potrebovali poseben temelj, ki je danes del preizkuševalne ploščadi laboratorija, 110 cm debelo, s stenami podprto močno armiranobetonsko ploščo, ki ima v rastru 120 × 120 cm predvidena pritrđišča za jekleno oporno konstrukcijo, ki se jo da prilagoditi vsakokratni preiskavi. Kletni prostor, v katerem so danes in po razširitvi temelja sredi osemdesetih let nameščeni hidravlični agregati za pogon programskih batov, je dovolj visok, da se na strop temelja po potrebi lahko pritrdijo bati za vnos navpično delujočih sil.

Zmogljivost potresne mize je bila skromna, omejena na skupno maso premikajočih se delov v velikosti 2500 kg, zato se je z njo raziskovalo le obnašanje konstrukcij v zmanjšanem merilu – modelov, in ne konstrukcij v naravni velikosti. Da bi bili rezultati modelnih preiskav zanesljivi, je bilo treba osvojiti tehniko fizičnega modeliranja konstrukcij in obtežbe ter razviti ustrezne materiale za modeliranje betona, armature in zidovja ([Boštjančič, 1968], [Čačovič, 1970]). Tudi zmogljivost naprave za strižne preiskave zidov je bila omejena. Dimenzionirana je bila za preiskave nearmiranih zidov s strižno odpornostjo, ki ne presega 250 kN.

Velik zadržek za izvedbo dinamičnih preiskav sta v tistem obdobju predstavljala tudi zelo skromna analogni merilni sistem in sistem za zajemanje podatkov. Meritve fizikalnih veličin so bile v tistem času omejene na meritve ključnih pomikov,

pospeškov, deformacij in sil, zato je bilo treba merilna mesta pred preiskavo skrbno izbrati. Težavna je bila tudi obdelava rezultatov, saj je bilo treba vse analogne zapise pred resnejšo analizo ročno digitalizirati.

Skopskemu potresu je leta 1969 sledil rušilni potres v Banjaluki, kjer je Zavod ponovno odigral ključno vlogo pri sanaciji in utrditvi nekaterih pomembnejših zidanih pa tudi armiranobetonskih javnih stavb. V okviru obnove mesta je Zavod za obnovo Banjaluke, ki je upravljal tudi s sredstvi zvezne pomoči, financiral obsežne raziskave, s katerimi so bile raziskane mehanske lastnosti tipičnega zidovja. Zato so bili iz nekaterih večstanovanjskih stavb v mestu izrezani zidovi v velikosti običajnih preizkušancev, ki so bili varno prepeljani v Ljubljano in preiskani v novi napravi. Podatki so bili uporabljeni pri projektiranju utrditvenih ukrepov, pri čemer je Zavod sodeloval z Inštitutom za potresno inženirstvo in inženirsko seizmologijo (IZIIS) iz Skopja (današnja Republika Severna Makedonija). Da bi dobili zanesljivejšo oceno potresne odpornosti, je Zavod na podlagi analiz poškodb po potresu in rezultatov laboratorijskih raziskav predlagal spremembo načina razporeditve potresnih sil po zidovih. Nova metoda je temeljila na strižnem in ne na upogibnem mehanizmu obnašanja zidane konstrukcije, kot je bilo pred tem v navadi [Turnšek, 1972].

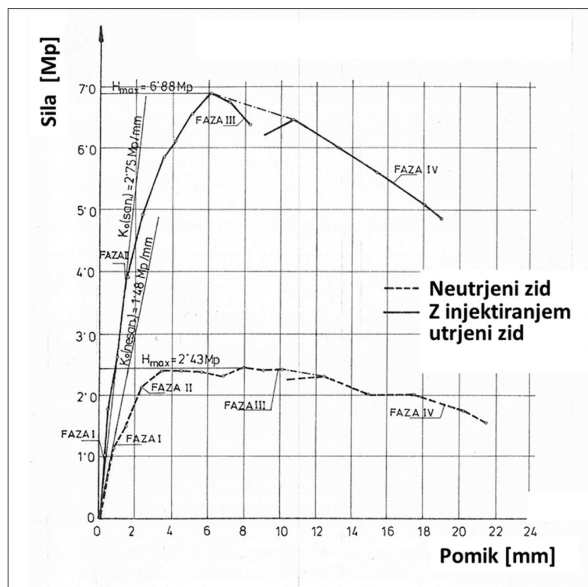
Potresa v Skopju in Banjaluki sta vzbudila tudi zanimanje tuje strokovne javnosti, tako da je skupaj s pomočjo prizadetih območjem iz tujine prišla pobuda za znanstvenoraziskovalno sodelovanje. Da bi se seznanili z Zavodovimi raziskavami zidanih konstrukcij, so v začetku sedemdesetih let Zavod obiskali predstavniki Univerze v Kaliforniji iz Berkeleyja. Poznavanje problematike in opravljeno raziskovalno delo sta naredila dober vtis, tako da so bile Zavodove raziskave opisane v poročilu berkeleyjske univerze o stanju stroke na tem področju in vključene v raziskave na področju potresnega inženirstva v okviru ameriško-jugoslovanskega znanstveno-tehnološkega sodelovanja. To je dalo Zavodovim raziskavam obnašanja zidanih konstrukcij dodatno težo.

Leta 1974 se je zgodil potres na Kozjanskem, sicer manjši potres, ki je resneje prizadel eno takrat najrevnejših območij v Sloveniji z večinoma kamnitimi zidanimi hišami. Zavodu sta bila poverjena strokovno vodenje ugotavljanja uporabnosti prizadetih stavb in skrb za tehnične rešitve pri popotresni obnovi. Zavod je po potresu na Kozjanskem vodil popis poškodovanosti hiš, za kar je s sodelavci Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo ljubljanske Univerze pripravil vprašalnik (anketni list), ki je omogočil kasnejšo računalniško obdelavo podatkov, ugotovljenih na terenu. Na podlagi stanja na terenu, analize poškodb stavb in izkušenj pri sanaciji kamnitih mostov so Zavodovi raziskovalci kot najustreznejšo rešitev za utrjevanje predlagali injektiranje kamnitega zidovja s cementnimi injektacijami in povezovanje zidovja z jeklenimi vezmi. Učinke enostavne in ekonomsko sprejemljive metode so preverili z laboratorijskimi preiskavami odpornosti injektiranih zidov (slika 1, [Terčelj, 1976]) in s preiskavo obnašanja modela enostavne povezane hiše na potresni mizi (slika 2, [Boštjančič, 1976]). Zavod je pripravil tudi navodila, kako vgrajevati zidne vezi [Vugrinec, 1977], na podlagi rezultatov preiskav obstoječih in injektiranih kamnitih zidov, sezidanih iz lokalnega materiala, pa priporočil vrednosti mehanskih lastnosti zidovja, ki naj bi jih v izračunih potresne odpornosti upoštevali projektanti.

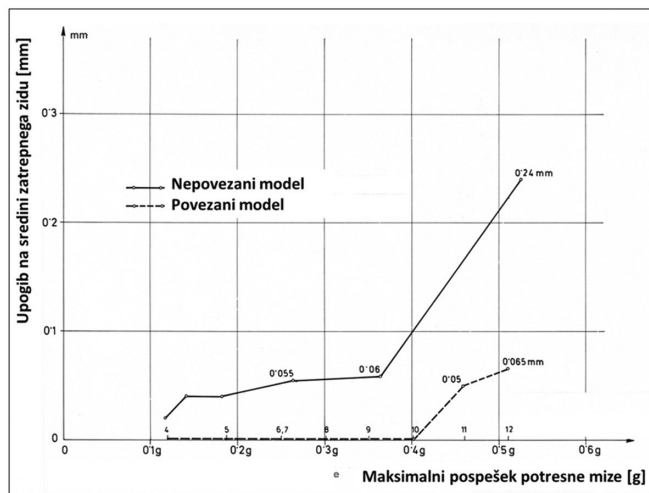
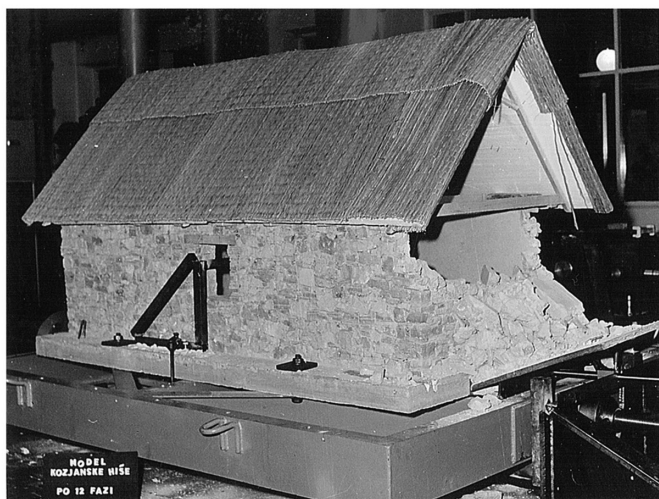
3 DEJAVNOSTI PO FURLANSKIH POTRESIH LETA 1976

3.1 Dejavnosti doma

Leta 1976 so se zgodili furlanski potresi (pravzaprav zaporedje treh potresov: 6. maja ter 5. in 11. septembra 1976), ki so opustošil večji del Furlanije in močno prizadel tudi Posočje (slika 3). Potresi so porušili oziroma poškodovali večinoma stare kamnite hiše, zato so bile izkušnje, pridobljene po potresu na Kozjanskem, zelo dragocene. Po maju 1976 je Zavod tako kot na Kozjanskem tudi na območju širšega Posočja koordiniral



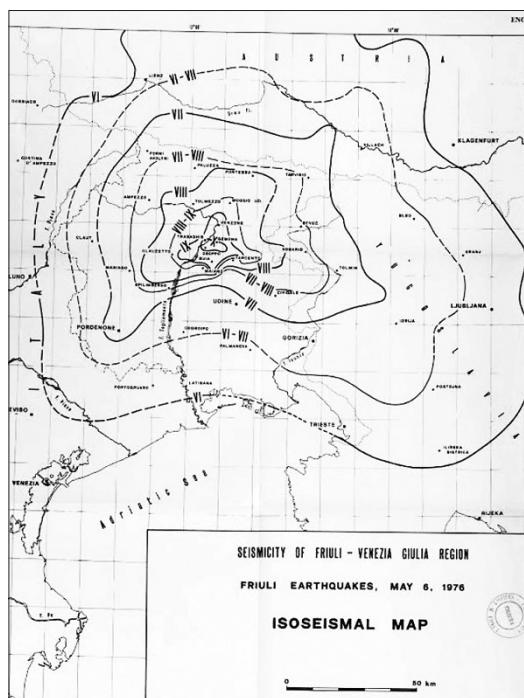
Slika 1. Preiskava kamnitega zidu po potresu na Kozjanskem leta 1974. Levo: zid v preizkuševalni napravi, desno: učinek injektiranja [Terčelj, 1976]



Slika 2. Preiskava modela enostavne kamnite hiše na potresni mizi. Levo: pri hiši brez vezi se je porušil zatrejni zid, desno: upogib, izmerjen na sredini zatrepnega zidu, v odvisnosti od jakosti potresnega vzbujanja [Boštjančič, 1976]

ocenjevanje uporabnosti po potresu prizadetih objektov hiš. Na Kozjanskem uporabljeni vprašalnik je bil razširjen, tako da je poleg ugotovitve o uporabnosti stavb (vseljiva – začasno nevseljiva – porušena, nepopravljivo poškodovana) vseboval tudi podatke o obsegu poškodb in obsegu potrebnih sanacijskih ukrepov oziroma škodi. Po odločitvi slovenske vlade se je škoda ocenjevala na podlagi vrednosti del, potrebnih za odstranitev posledic potresa in ne na podlagi »zavarovane« vrednosti hiš. Zato je bilo treba v vprašalniku navesti, katera od navedenih del pridejo v poštev pri sanaciji stavbe, in to tudi količinsko ovrednotiti (slika 4).

Po majskem potresu so bila popravila poškodovanih hiš v Posočju namenjena čimprejšnji vselitvi. Bila so bolj ali manj kozmetične narave (zamenjava poškodovane kritine, zapiranje in krpanje razpok z ometom). V največji meri so jih brez strokovne pomoči izvajali kar lastniki sami, ki so jim pri delih na pomoč priskočile tudi mladinske delovne brigade. Čeprav so bile metode utrjevanja poznane že po potresu na Kozjanskem, se na slovenski strani v Posočju sistematična akcija, v okviru katere naj bi se poškodovane hiše tudi protipotresno utrdile, ni začela takoj po potresu. Akcijski plani o tem, kdo bo izvajal utrditvene ukrepe in kdo oziroma kako jih bo financiral, naj bi bili pripravljene šele na podlagi analize škode.



Slika 3. Seizmološka karta potresa 6. maja 1976 [Giorgetti 1976]

Tako sta septembrska potresa prehitela izvajanje strokovno podprtih utrditvenih ukrepov in žal dokončala, kar je majski potres začel. Še posebno to velja za stavbe arhitekturne kulturne dediščine v Breginjskem kotu, kjer se kljub že nekaj let pred potresom pripravljenim načrtom prenove in oživiljanja krajev, poleti 1976 ni zgodilo skoraj nič. Politično obarvane polemike, zakaj je bil izgubljen stari Breginj in kako bi se ga dalo rešiti, se še danes niso polegale.

Septembrska potresa sta maja načete in neustrezno utrjene hiše na obeh straneh meje dodatno poškodovale, mnoge težko poškodovane porušila in postavila na glavo že opravljeno delo v prvi fazi obnove. Ponovno je bilo treba oceniti uporabnost hiš in izdelati načrte, na podlagi katerih naj bi hiše utrdili. Tokrat je Slovenija akcijo resneje zastavila s ciljem, da nihče od prizadetih bližajoče se zime ne sme preživeti v začasnem bivališču. Da bi dosegla cilj in prizadeto območje prenovila do božiča oziroma do konca leta 1976, je takratna Socialistična republika Slovenija angažirala projektantska podjetja in gradbeno operativno, ki so na teren poslali najbolj izkušene statike in arhitekta ter operativce z vso potrebno mehanizacijo. Hkrati je ocenila, da lahko zaradi tipologije poškodovanih hiš in poznanih tehničnih rešitev, katerih učinki so bili že preverjeni (eksperimenti na Zavodu in primer hiše v Bardu, glej poglavje 3.2), poenostavi izdelovanje projektov utrditve. Namesto pra-

Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij ljubljana

ANKETNI LIST

o posledicah potresa 6. maja 1976

1. Konjica za popis in oceno posledic potresa na stavbah
Predsednik:
član:
za kraj skupnat:

2. Lastnik ali gospodar
Itev. stanovanjski oddali
eteci do 16 let

3. Lokacija objekta
Občina:
Kraj:
Hilna številka:

4. Ali je objekt spomeniko zaščiteno? DA = NE *

5. Podatki o objektu *
sektor: družbeni - zasebni - sakralni
nomenklatura:
a. DRUŽBENI : stanovanjska - kmetijska gospodarka - proizvodna - zdravstvena - gasilski dom - šola - šola s stanov. - upravne zgradbe - ostalo.
b. ZASEBNI : stanovanjska - kmetijska gospodarka - ostalo.
c. SAKRALNI: cerkev - župnišča - ostalo.
dostopni: - s tavanjstvom - z vzorom - neprevozno
stena (ocene) : let
eteci: klet, prižlize, II. etaž, mansarda m²
bivna tlesnina navzgor objekta m²
neto stanovanjsko površino: m²

Gradnja:
temeleži (fabceno) : - lesni - kamniti - betonski - ocelni
nosilnih zidov kleti: - kamniti - betonski - ocelni
nosilnih zidov etaž: - kamniti - opečni - ocelni
nosilnih zidov: - kamniti - opečni - leseni - ocelni

KATEGORIJA

- stropov nad kletjo: - opečni/kamniti oboji - leseni - ovm.bet.plašte - montažni
- stropov nad prižlize: - opečni/kamniti oboji - leseni - ovm.bet.plašte - montažni
- stropov nad etažami: - leseni - ovm.bet.plašte - montažni
- ostrižja: - leseno - betonsko - jekleno
- kritina: - kofci na planinah - zorezniki - solonci - slona - skodlje - škilji - druge

6. POPIS POSLEDIC POTRESA
Pripravljalna dela:
- odstranjevanje ruševin, strojno m³
ročno m³
- podpiranje zidov, stropov z lesom: material m³
All je potreben odklop elektr.instal. ? DA = NE
- preizdava dimnikov m³
- podpiranje nenosilnih zidov m³
- postavljanje nenosilnih zidov m³
- injektiranje zidov deb. do 50 cm m³
nad 50 cm m³
- lokalno preizdava nosilnih zidov, stropov z zobotčin podpiranjem m³
rušenje in izdelava preklad na odprt kom
- izdelava hofz.vezi za oboje in eteže nosilne zidove m³
- odstranjevanje ometov m³
- nagrova navrh ometov, natančnih zunanjih m³

- popravila poškodovanih stropov: leseni m³
montažni m³
- zamenjava poškodovanih stropov m³
- obnova stropov: leseni m³
opečni m³
- obnova balkonov: leseni m³
montažni m³
- popravila ostrižja m³
- obnova kritine m³
- preizdava kritine m³

- obnova stropov: kom
- nagrova stropov Ø 14 cm m
- nagrova obojnih cevij Ø 12 cm m
- obnova stropovne in balkonske ograje kom
- zamenjava poškodov. okna do 2 m² kom
okna nad 2 m² kom
vrata nad 2 m² kom
- obnova vgrajene opreme: zidovi betonski kom
kameniti kom
kuhinska oprema m²
- zaključna dela: obnova stikastih del m²
obnova plitkastih del m²
kamenitih del m²
obnova potov m²
- obnova inštalacij: - električno %
- vodovod in kanalizacija %
- centralna %
- telefon %

KATEGORIZACIJA

Kat.	Oznaka	Uporabnost	Opis stanja objekta
1	-	stava vseljiva	različni sistem popljudovan, manjše poškodbe na ostalih delih objekta
2	rumena	stava zahteva nereseljiva, vseljiva lela po sanaciji	različni sistem lajše popljudovan, poškodbe na ostalih delih objekta, sanacija objekta je ekonomska upravičena
3	rdeča	stava se ruši	rušenje, delna rušenje ali teža poškodbe nosilnega sistema, sanacija ekonomske ni utemeljena

Navodila komisijam:

1. Vsak anketnik mora biti točno izpolnjen v vseh potrebnih rubrikah, razen v primeru objekta 3 kategorije, kjer se t.e.č. ne izpolnjuje, ampak se obvezno napiše na strani 4. listu objekta (Hilni št.).
2. Za vsak objekt, tudi pri isti hiši številki, je treba izpolniti svoj anketnik.
3. Vsa kodirana okenska pustiti prazna.

Slika 4. Vprašalnik (anketni list) o posledicah potresa 6. maja 1976

vega projekta z vsemi izračuni in načrti je bil dovolj izpolnjen vprašalnik o posledicah potresa z oceno obsega del in materialov, potrebnih za utrditvena dela, ki mu je bila dodana skica s tlorisi in tipičnimi prerezi stavbe z vrisanimi utrditvenimi posegi. Navadno je bila to vgradnja zidnih vezi, zamenjava lesenih stropov z masivnimi, območje injektiranja (ocenjena kubatura) zidov in podobno. Zato so se skupine (komisije) za ocenjevanje uporabnosti stavb okrepile s projektanti statiki in arhitekti, ki so bili usposobljeni, da predpišejo utrditvene ukrepe in ocenijo obseg del, stroške obnove pa ocenijo na podlagi od države predpisanega enotnega cenika. Na podlagi tako pripravljene in potrjene dokumentacije so lastniki hiš dobili za obnovo potrebna finančna sredstva deloma v obliki ugodnega posojila, deloma v obliki nepovratne pomoči. Na hitro so bile pripravljene tudi urbanistične podlage v primerih, ko je bilo treba porušene hiše nadomestiti z novimi, bodisi zidanimi bodisi (predvsem v Breginjskem kotu) lesenimi montažnimi. Obnova je bila z manjšimi izjemami zaključena do zastavljenega roka, seveda pa je bil sam postopek kasneje deležen kritik, ki so letele predvsem na račun urbanističnih rešitev, saj so morale biti odločitve sprejete odločno in hitro, brez dolgotrajnih razprav, in tudi takoj izpeljane, sicer glavni cilj obnove (ne preživeti zime v začasnih bivališčih) ne bi mogel biti dosežen.

V jesenski akciji obnove Posočja je ZRMK nudil strokovno pomoč pri vodenju prenove, pripravil navodila za projektiranje s tipskimi posegi in izvedbenimi detajli ter skrbel za izobraževanje sodelujočih projektantov in tehnikov. Zavodovi strokovnjaki so koordinirali delovanje komisij za popis škode in izdelavo ocen utrditve. Sodelovali so pri reševanju zapletenih primerov, ki so se reševali bodisi na terenu bodisi na rednih koordinacijskih sestankih. Operativne skupine Zavoda so izvajale demonstracije tehničnih ukrepov utrditve na zahtevnejših stavbah, njihovi člani pa delovali tudi kot inštruktorji, ki so usposabljali izvajalce, nevarjene specialnih utrditvenih del.

3.2 Dejavnosti v Italiji

Takratna slovenska vlada se je že po majskem potresu odločila priskočiti na pomoč rojakom v Beneški Sloveniji, v po potresu najbolj prizadetih Nadiški in Terski dolini. V okviru pomoči je bil Zavod zadolžen za izobraževanje projektantov – statikov, ki jih je Slovenija poslala na pomoč, da bi pridobili podatke, potrebne za projektiranje obnove, in izdelali vzorčne projekte za utrditev poškodovanih hiš. Zavod je bil tudi zadolžen, da s svojim znanjem in izkušnjami usposobi podjetje Benedil, S.p.a., iz Čedadada, ki ga je vodil slovenski podjetnik in družbeni delavec Dino del Medico in je bilo ustanovljeno predvsem za to, da bi utrjevalo po potresu poškodovane hiše v slovenski lasti. Podjetje je zaposlovalo zamejske Slovence – zidarje, ki so bili pred tem na začasnem delu v Švici. Operativna ekipa Zavoda se je že poleti, po majskem potresu, lotila inštruktorkega dela (slika 5).

Med hišami, ki so jih Zavodovi operativci s podjetjem Benedil utrdili, je bila tudi ena od močno poškodovanih hiš v Bardu (Lusevera), vasi, ki leži na ožjem epicentralnem območju furlanskih potresov. Hišo so Zavodovi strokovnjaki izbrali kot šolski primer za prikaz, da se jo da utrditi, čeprav so jo italijanske oblasti predvidele za rušenje. Groba utrditvena dela na hiši so bila končana pred septembrom, hiša, utrjena s povezovanjem in injektiranjem zidov, pa je septembrski potres podobne intenzitete, kot jo je imel majski, prestala brez poškodb. Ker so bila prenovitvena dela šele v fazi utrjevanja nosilne konstrukcije in je bilo vse ostalo še odprto gradbišče, na prvi pogled ni bilo videti, da je tako. Po zaključeni fazi utrjevanja naj bi se v celoti na novo pozidal močno poškodovani podstrešni del in izdelala nova strešna konstrukcija, zato je bila hiša še brez strehe. Videz hiše tega sicer ne kaže, saj se je med septembrskim potresom poškodoval tudi oder in so se porušile okoliške hiše, vendar natančnejši pregled ni pokazal poškodb na utrjenem in povezanem nosilnem zidovju (slika 6).



Slika 5. Utrditvena dela na hišah v zamejstvu. Levo: polaganje zidnih vezi, desno: injektiranje kamnitega zidovja (foto: E. Vugrinec)



Slika 6. Hiša v Bardu (Lusevera), katere povezano in utrjeno zidovje je septembrska potresa prestalo brez poškodb. Levo: po septembrskem potresu (foto: E. Vugrinec), desno: hiša danes (foto: M. Žerajčič)

Potresa 11. in 15. septembra sta bila eksperiment, izveden v naravi. Še bolj nazorno kot predhodni testi v laboratoriju sta potrdila, da je predlagana metoda utrjevanja enostavnih kamnitih hiš s povezovanjem in z injektiranjem zidov učinkovita in da bi jo zato, ker je enostavna za izvedbo in ne predraga, kazalo uvesti tudi na splošno.

Zavodovi strokovnjaki so svoje izkušnje predstavili širši strokovni javnosti na prizadetem območju v zamejstvu, pri čemer so ključno vlogo pri povezovanju že od vsega začetka odigrali kolegi, slovenski rojaki, člani Inženirske zbornice iz Vidma (Udine). Prav na dan takšnega seminarja/delavnice v Čedadu (Cividale), je udeležence presenetil tudi prvi septembrski potres.

Še bolj kot predavanja o Zavodovih izkušnjah je pozornost italijanske strokovne javnosti vzbudilo obnašanje utrjene hiše v Bardu med septembrskima potresoma. Hiša v Bardu je utrdila zaupanje v predlagane tehnološke rešitve utrjevanja, zato so se italijanski kolegi iz Vidma odločili, da Zavodove strokovnjake pokličejo na pomoč tudi pri širši obnovi prizadetega območja.

Tako prvi prispevek Zavoda v italijanskih uradnih dokumentih najdemo že v publikaciji, ki jo je oktobra 1976 izdalo ministristvo (assessorato) za javna dela avtonomne dežele Furlanije - Julijske krajine [FVC, 1976] in v kateri je prispevek Zavoda tudi posebej omenjen. V slovenskem prevodu se omemba glasi nekako takole:

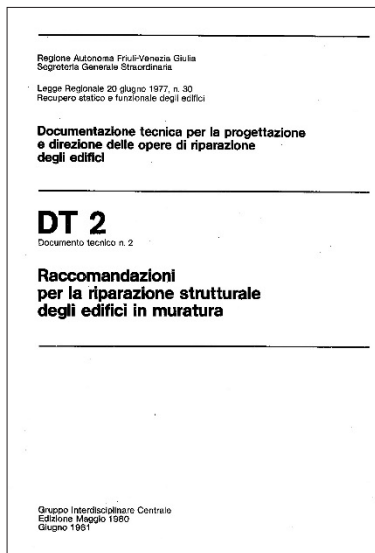
»Publikacija je obogatena z zanimivo dokumentacijo, ki je sad ljubeznivega sodelovanja z Zavodom za raziskavo materiala in konstrukcij iz Ljubljane, katerega tehniki so izvedli vrsto eksperimentov v Terski in Nadiški dolini. Dokumentacija, ki se nanaša na stavbe z bolj enostavno konstrukcijo, bi lahko bila zanimiva za večje število izvajalcev in lastnikov.«

Čeprav je bil Zavod močno vpet v odpravo posledic septembrskih potresov doma, ni zanemaril čezmejnega sodelovanja. Na drugi strani meje je po septembrskem potresu podjetje Benedil začelo uspešno samostojno prenavljati prve hiše. Tudi sodelovanje s kolegi iz Vidma je teklo naprej. Tako je na pobudo slovenskih kolegov iz zamejstva Inženirska zbornica

iz Vidma v začetku leta 1977 za italijanske inženirje in tehnike organizirala dva dobro obiskana seminarja v Vidmu in Pordenonu, na katerih so Zavodovi sodelavci udeležence seznanili z osnovami potresnega inženirstva in dinamike konstrukcij, z računom potresnih sil, načeli varnosti in preverjanja potresne odpornosti zidanih stavb ter z metodami in s tehnološkimi rešitvami utrjevanja. V italijanščino prevedeno učno gradivo je izdal CRAD (Centro di Ricerca Applicata e Documentazione - Center za uporabne raziskave in dokumentacijo) iz Vidma. Kot dokaz, kako pomembno je bilo v danem trenutku gradivo, ki ga je pripravil Zavod, priča dejstvo, da je danes razstavljeno v posebni sobi potresnega muzeja "Tiere Motus" [Tiere Motus, 2026a] v obnovljeni Pušji vasi (Venezzone).

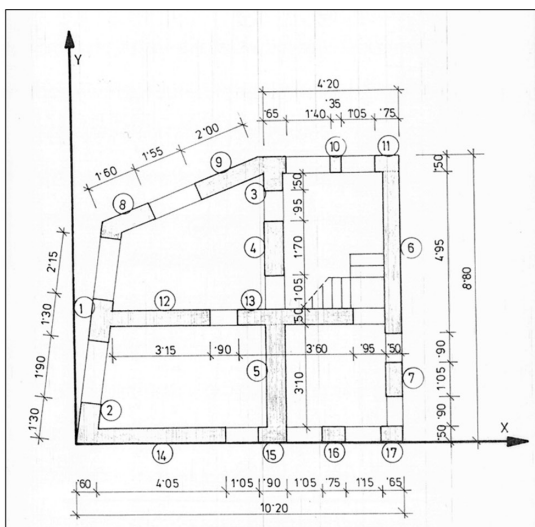
Sodelovanje se je nadaljevalo tudi po ustanovitvi Centralne interdisciplinarne skupine (Gruppo interdisciplinare centrale) s sedežem v Vidmu (Udine), v katero je, da bi Zavodove izkušnje bolj izkoristili, predsednik deželne vlade Furlanije - Julijske krajine imenoval tudi Zavodovega predstavnika. Precejšen del določil ključnega tehničnega dokumenta izmed številnih, ki jih je izdala Centralna skupina, tj. Priporočil za sanacijo konstrukcij stavb, tehniški dokument DT 2 (slika 7, [FVG, 1977]), predstavljajo Zavodove izkušnje. Poleg priporočil in navodil za tehnološko izvedbo ukrepov za utrjevanje so bile iz Zavodove banke podatkov privzete tudi vrednosti mehanskih veličin za zidovje, ki so jih za preverjanje potresne odpornosti potrebovali projektanti.

Dokument DT 2 je za preverjanje potresne odpornosti zidanih stavb predpisal uporabo dveh, na Zavodu razvitih računskih metod. Prva, imenovana metoda **VeT** (v pomenu »**Verifica Taglio**« - preverjanje strižne odpornosti, ali po avtorju, Turnšku, »**Verifica Turnšek**« preverjanje s Turnškovo metodo), je bila metoda, s katero se je odpornost stavb ocenila na podlagi nekaterih ključnih, na enostaven način izračunljivih parametrov. Druga metoda, za katero je v dokumentu v celoti objavljen tudi računalniški program, pa temelji na oceni potresne odpornosti zidane konstrukcije s krivuljo odpornosti kritične etaže [Tomažević, 1978] in je bila ena prvih na svetu, ki je za račun krivulje uporabila metodo, ki se danes imenuje potisna (push-over)



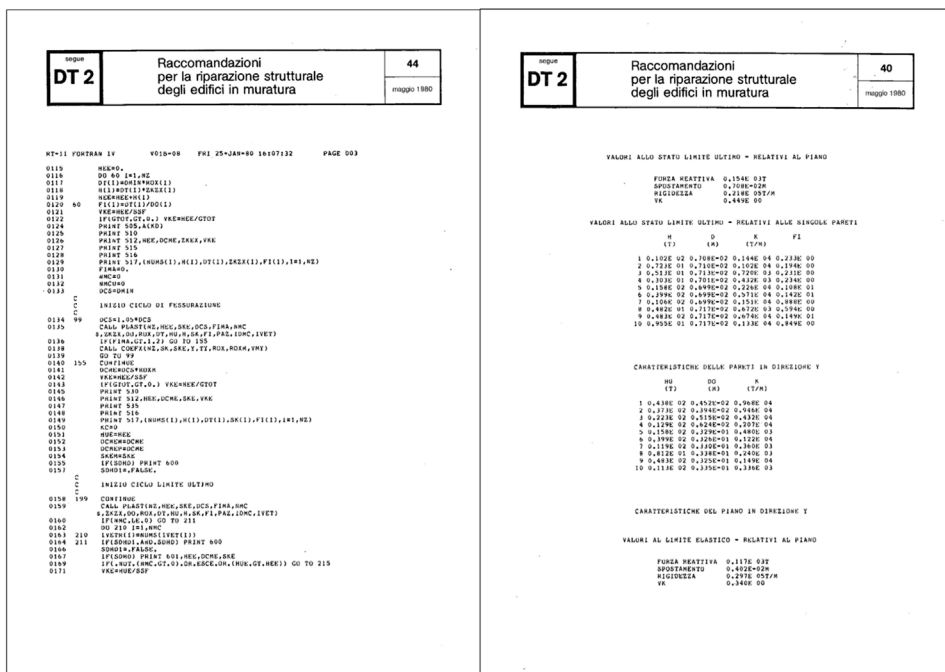
Slika 7. Naslovna stran ene od izdaj Priporočil za sanacijo konstrukcij zidanih stavb. Publikacija je bolj znana pod imenom Tehniški dokument DT 2

metoda. Še posebej velja omeniti, da se krivulja izračuna tako, da se povečujejo vsiljeni pomiki in ne sile, kot je še danes v navadi. Metoda je tipična metoda porušnega mehanizma, zato je bil računalniški program za račun krivulje odpornosti imenovan **POR** (**POR**ušna metoda), po programu pa z istimi kriticami tudi sama metoda. V Italiji se to ime (il metodo **POR**) v različnih verzijah programa še danes uporablja, pri nas pa smo metodo in s tem tudi program v osemdesetih letih prejšnjega stoletja, dopolnjeno in izboljšano, preimenovali v **SREMB** (po angleškem "Seismic **RE**sistance analysis of **M**asonry **B**uildings") z namenom, da bi jo kasneje komercializirali. Kar pa nam, mimogrede, kljub številnim izboljšavam in poskusom, da bi jo naredili projektantom čim bolj prijazno, ni uspelo, tako da nam danes izboljšana metoda služi bolj ali manj za interno uporabo.



2									
HISA	BARDO	1	PRITLICJE PRED SANACIJO						
17	2.47	6000.	1.5						
50	129	90	384	1419	155				
50	129	40	65	1419					
50	80	635	820	1419					
50	170	625	600	1419					
50	270	625	205	1419					
50	495	995	583	1419					
50	105	995	493	1419					
146	50	182	693	1678	150				
183	50	511	821	1729	150				
35	50	823	855	2888	150				
75	50	983	855	1975					
315	50	268	385	1935					
360	50	695	385	2116					
415	50	258	25	1725					
90	50	615	25	1950					
75	50	803	25	2023					
65	50	988	25	1883					
HISA	BARDO	1	PRITLICJE PØ SANACIJI						
17	2.47	10000.	7.0						
PODATKI ZA POSAMEZNE ZIDOVE SO ENAKI!									

Slika 8. Shema zidov za račun potresne odpornosti tipične kamnite hiše (levo) in formular z vhodnimi podatki za računalniško analizo potresne odpornosti (desno)

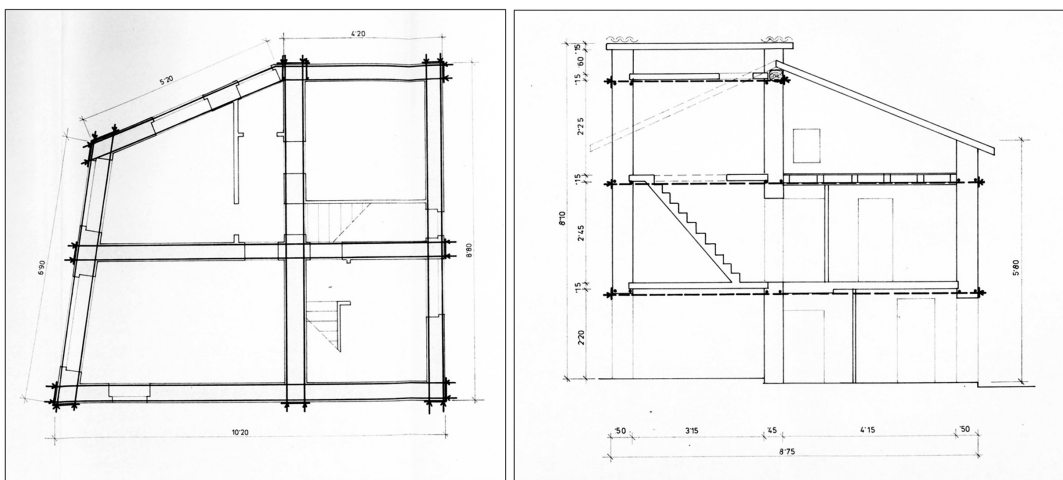


Slika 9. Del programa (levo) in računalniškega izpisa analize potresne odpornosti (desno)

Metoda se je dobro prijela, saj je omogočala dokaj zanesljivo oceno, kolikšna je potresna odpornost hiše v neutrnjenem in utrjenem stanju. Zidana stavba, ki je konstrukcija škatlastega tipa, se razdeli na posamezne zidove, ki pa, povezani z vezmi in s stropno konstrukcijo, delujejo celovito. Računski model obnašanja posameznih zidov vse do porušitve se poenostavi z bilinearno idealizacijo dejanskih, z laboratorijsko preiskavo izmerjenih zakonitosti, privzamejo se pa tudi z ustreznimi preiskavami določene trdnostne in deformabilnostne lastnosti zidovja. Slika 8 na primeru tipične kamnite hiše prikazuje, kako je bilo treba v času, ko je bila metoda prvič uporabljena, pripraviti podatke za račun, slika 9 pa del fortranskega programa (levo) in del rezultatov računa (desno), kot jih je izpisal računalnik. Med utrditvijo so bili v celoti zainjektirani vsi zidovi hiše, kako so bile položene zidne vezi, pa prikazuje slika 10.

4 RAZISKAVE IN SODELOVANJE V PRVIH LETIH PO POTRESU 1976

V letih po potresu je Zavod s financiranjem Raziskovalne skupnosti izvedel obširne raziskave mehanskih lastnosti kamnitega zidovja na vzorcih, sezidanih v laboratoriju iz materiala, odvzega na terenu [Tomažević, 1979]. Zidovi so bili preiskani s ciklično strižno obtežbo v obstoječem in z injektiranjem utrjenem stanju, dobljene vrednosti pa so bile upoštevane v analizi potresne odpornosti poškodovanih stavb. Na podlagi korelacije med z računom ocenjenim obsegom poškodb in dejanskim, na terenu ugotovljenem stanjem je Zavod tudi ocenil velikost potresnih obremenitev, ki so jim bile izpostavljene analizirane stavbe, in ocene primerjal z vrednostmi, ki jih zahtevajo predpisi.



Slika 10. Razporeditev zidnih vezi v tlorisu (levo) in po višini tipične kamnite hiše (desno)

Zavod je s Centralno interdisciplinarno skupino iz Vidma sodeloval do leta 1981, to je še nekaj časa po potresu, ki je 23. novembra 1980 prizadel pokrajini Irpinijo in Basilicata v južni Italiji. Ker je avtonomna dežela Basilicata "posvojila" tehnični dokument DT 2, je zaradi izkušenj, dobljenih po furlanskem potresu, centralna skupina iz Vidma sodelovala pri izobraževanju tamkajšnjih inženirjev. V okviru izobraževanja je Zavod leta 1981 pripravil dva prispevka za lokalno revijo Politecnico, ki jo je izdajala Inženirska zbornica iz Cosenze, in sodeloval na izobraževalnih seminarjih v Potenzi in Materi spomladi istega leta.

Ker je vmes maja leta 1979 močan potres prizadel tudi nekdanjo jugoslovansko republiko Črno goro, pri odpravi posledic katerega je ravno tako sodeloval ZRMK, je na željo kolegov iz Vidma Zavod organiziral strokovni ogled prizadetega območja v Črni gori, kjer so si videmski kolegi lahko izmenjali izkušnje s Črnogorci.

V letih po potresu 1976 so bili strokovnjaki ZRMK redni vabljeni predavatelji na skoraj vseh strokovnih srečanjih, ki so bila v Italiji posvečena zidanim konstrukcijam, za objavo v italijanskih strokovnih revijah pa so napisali tudi nekaj člankov (npr. [Tomaževič, 1978] in [Terčelj, 1980]). Začelo se je tudi sodelovanje na področju raziskovanja obnašanja zidanih stavb med potresom. Seveda je bilo treba najprej raziskati učinkovitost utrjevanja kamnitega zidovja, tipičnega za kamnite hiše v Furlaniji, z injektiranjem. Čeprav je struktura zidovja načelno podobna tisti na Kozjanskem, za katero je Zavod imel eksperimentalne podatke, ki so bili za današnje pojme morda nekritično privzeti tudi v dokumentu DT 2, je primerjava poškodb na stavbah in rezultatov računskih analiz potresne odpornosti pokazala na neskladja. Hiše, ki bi se po računih morale porušiti, so potres prestale ne preveč resno poškodovane. Ker se s preverjanjem zanesljivosti podatkov, dobljenih po potresu na Kozjanskem, ni dalo počakati do zaključka na začetku poglavja omenjenih raziskav, so italijanski kolegi doma sezidali in z injektiranjem utrdili večje število zidov, ki so bili pripeljani v Ljubljano in preiskani v Zavodovem laboratoriju. Rezultati preiskav so pokazali [ZRMK, 1977], da se pri preverjanju potresne odpornosti z injektiranjem zidovja utrjenih kamnitih hiš lahko upoštevajo precej višje vrednosti strižne (natezne) trdnosti zidovja, kot je bilo prvotno predlagano [Terčelj, 1976]. Preverjanje potresne odpornosti hiš z upoštevanjem na novo dobljenih vrednosti ključnih trdnostnih parametrov kamnitega zidovja je pokazalo solidno ujemanje med na terenu ugotovljenim in z računom predpostavljenim obsegom poškodb.

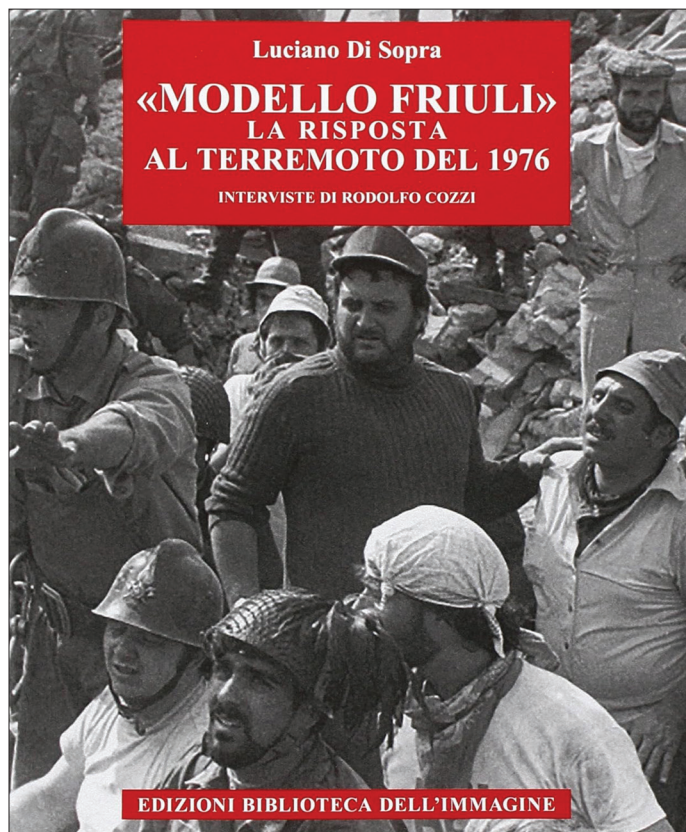
Posebno pomembno je bilo sodelovanje z Univerzo v Padovi in opekarsko industrijo iz Furlanije, ki je padovski univerzi takrat ponudila možnost za postavitev laboratorija za preiskave zidov, pri čemer je Zavod nesebično pomagal z nasveti. Ker so bile preizkuševalne naprave preprostejše kot tiste v Ljubljani, je bil na začetku analiziran tudi vpliv različnih metod preizkušanja na rezultate. To je bilo pomembno, saj je bilo treba po sprejeti metodologiji računa (metoda POR) kot vhodni podatek upoštevati vrednosti mehanskih lastnosti zidovja, ki so dobljene s simulacijo obnašanja zidu med potresom. Ker je bilo kamnito zidovje že preiskano v Ljubljani, je bila primerjalna raziskava izvedena na sodobnem zidovju iz opečnih votlakov, ki so se v tistem obdobju uporabljali za zidanje. Rezultati primerjave na tri različne načine preiskanih zidov so pokazali (del zidov je bil preiskan v Ljubljani), da med rezultati glede

bistvene lastnosti zidovja, tj. strižne oziroma natezne trdnosti, ni pomembnih razlik [Bernardini, 1980]. V obdobju po potresu 1976 je bilo pomembno tudi sodelovanje z milansko Politehniko, katere profesorji so razumeli pomen Zavodovih raziskav in so pripomogli k temu, da so bila Zavodova priporočila dobro v Italiji sprejeta. V tem pogledu je pomemben prispevek članek, objavljen v prvi številki revije Ingegneria sismica [Benedetti, 1984], prve specializirane znanstvene revije, ki je v Italiji začela izhajati na področju potresnega inženirstva.

5 SKLEP

Na eni od predstavitvenih strani razstave v muzeju Tiere Motus v Pušji vasi (Venzone), arhitekturni dediščini mednarodnega pomena, po potresu praktično zravnani z zemljo, ki opisuje prostor, kjer so predstavljene popotresne dejavnosti na področju znanosti in tehnične regulative, je med drugim zapisano [Tiere Motus, 2026b]:

"(V Italiji) je potres še vedno malo poznan pojav, potresno inženirstvo pa še vedno dela prve korake. Ne ve se, kako se med potresom obnašajo stavbe, in ne ve se, kako jih učinkovito narediti potresno odporne. Znanstvena in tehnološka skupnost se šele zbuja. Raziskujejo se materiali in izvajajo se preiskave odpornosti, razvijajo se računski modeli, inženirsko znanje zelo hitro napreduje. Po obdobju več kot 45 let je še danes marsikatera od takrat predlaganih rešitev in tehnologij uporabna in tehnično ustrezna."



Slika 11. Platnice knjige *Modello Friuli*, v kateri avtor predstavi tudi pomen sodelovanja z ZRMK

Če niso prebrali knjige L. Di Sopra: Modello Friuli: La risposta al terremoto del 1976 [Di Sopra, 18] (slika 11), le starejši poznavalci morda vedo, da je bila fotografija, ki predstavlja preiskavo zidu, posneta v Ljubljani, v Ljubljani pa so nastali tudi načrti detajlov zidnih vezi, prikazani na strani, s katere je povzeto zgoraj navedeno besedilo. Obiskovalci muzeja ne izvedo, da so bila tehniška navodila za izvedbo utrditvenih ukrepov v dokumentu DT 2 spisana na podlagi internih priporočil, ki jih je pripravil ZRMK. Na tej isti spletni strani tudi ni zapisano, da so bile pri "prvih korakih" potresnega inženirstva v Italiji zraven tudi izkušnje sosednje Slovenije, ki je najprej priskočila na pomoč rojakom, nato pa vse svoje znanje dala na razpolago sosedom. Zavedajoč se pri tem, da potresi ne poznajo meja in zato meja ne sme poznati niti znanje, kako se obraniti pred njimi. Ne nazadnje se tudi zadnji stavek v citatu nanaša na Ljubljano, saj se principi po potresu uveljavljenih metod utrjevanja zidanih stavb v letih od furlanskega potresa niso spremenili, posodobile so se le nekatere tehnološke rešitve.

Pa morda niti ni treba, da je to posebej zapisano, saj priznanj do danes ni manjkalo: veliko so vredna poznanstva in prijateljstva, ki so se stkala na področju raziskovanja v desetletjih po potresu, se prenesla na mlajše generacije in odprla vrata za sodelova s številnimi univerzami v Italiji. Velja tudi zavedanje, da je slovenska stroka vsaj malo pripomogla k zagonu potresnega inženirstva v Italiji, ki je, pred 50 leti učenec, danes ena od svetovnih velesil na tem področju. Največ je pa vredno spoznanje, da je imelo sodelovanje slovenske stroke pri odpravi posledic furlanskega potresa v zamejstvu velik vpliv na izboljšanje položaja do takrat precej zapostavljene slovenske manjšine, živeče v Beneški Sloveniji.

6 LITERATURA

Benedetti, D., Tomažević, M., Sulla verifica sismica di costruzioni in muratura, *Ingegneria sismica*, 1 (0): 9-16, 1984.

Bernardini, A., Modena, C., Turnšek, V., Vescovi, U., A comparison of three laboratory test methods used to determine the shear resistance of masonry walls, *Proceedings, 7th World Conference on Earthquake Engineering*, Vol.7, 181-184, 1980.

Boštjančič, J., Pogoji modelne podobnosti pri mehaničnih obremenitvah, *Gradbeni vestnik*, 17 (10), 177-181, 1968.

Boštjančič, J., Sheppard, P., Terčelj, S., Turnšek, V., Use of a modelling approach in the analysis of the effects of repair to earthquake-damaged stone-masonry buildings, *Bolletino di geofisica teorica ed applicata*, Part 2, 19 (72), 1091-1116, 1976.

Čačovič, F., Turnšek, V., Boštjančič, J., Tomažević, M., Droljc, S., Tomšič, J., Modelne preiskave na programirani vibracijski mizi, *Poročilo ZRMK*, Ljubljana, 1970.

Di Sopra, L., Modello Friuli: la risposta al terremoto del 1976, *Biblioteca dell'immagine*, Pordenone, Italija, 2016.

FVG, Esempi di intervento per la riparazione e il rafforzamento antisismico di edifici di abitazione, Regione Autunoma Friuli-Venezia Giulia, Udine, 1976.

FVG, Raccomandazioni per la riparazione strutturale degli edifici in muratura - DT 2, Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia, Udine, 1977.

Giorgetti, F., Isoleismal map of the May 6, 1976 Friuli Earthquake, *Bolletino di geofisica teorica ed applicata*, 18 (72), 707-714, 1976.

Terčelj, S., Boštjančič, J., Sheppard, P., Turnšek, V., Seizmična odpornost tipičnih kamnitih zgradb na Kozjanskem, *Poročilo ZRMK 107/75*, Ljubljana, 1976.

Terčelj, S., Turnšek, V., Tomažević, M., Sheppard, P., Le ricerche di laboratorio sui problemi del recupero strutturale dell'edilizia preesistente in zone sismiche, *Ricostruire*, 10/11: 29-34, 1980.

Tiere Motus, pridobljen 10. 4. 2026, iz <https://www.tieremotus.it/>, 2026a.

Tiere Motus, pridobljen 10. 4. 2026, iz <https://www.tieremotus.it/museo/scienza-tecnica-norme/>, 2026b.

Tomažević, M., Computer program POR, Report ZRMK 846, Ljubljana, 1978.

Tomažević, M., Turnšek, V., Il comportamento degli edifici in muratura in zona sismica, *Costruire*, 21 (110), Tst 1-Tst 10, 1979.

Tomažević, M., Turnšek, V., Sheppard, P., Terčelj, S., Analiza potresa v Posočju in sugestije za grajenje : poročilo o raziskovalni nalogi, Ljubljana, Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij, TOZD Inštitut za konstrukcije, 1979.

Turnšek, V., Čačovič, F., Some experimental results on the strength of brick masonry walls, *Proceedings, 2nd International Brick-Masonry Conference*, British Ceramic Society, Stoke-on-Trent, 149-156, 1971.

Turnšek, V., Terčelj, S., Razporeditev dinamične horizontalne sile na zidne elemente opečnih zgradb. Simpozijum o primeni savremenih dostignuća u našem građevinarstvu u oblasti materijala i konstrukcija, knjiga 2, ref. 2/13, 1972.

Uradni list SFRJ, Začasni tehnični predpisi za graditev v seizmičnih področjih, št. 39/64, 1964

Uradni list SRS, Odredba o dimenzioniranju in izvedbi gradbenih objektov v potresnih območjih, letnik 20, št.18, Ljubljana, 1963.

Vugrinec, E., Izvedba povezovanja zidov z jeklenimi vezmi v praksi. Rubrika: Informacije ZRMK št. 196-198, *Gradbeni vestnik*, 26 (7/8, 9), 1977.

ZRMK, Poročilo o preiskavi injektiranih kamnitih zidov iz Benečije, poročilo ZRMK, 1977.