

# GRADBENI VESTNIK

## 4-5

GIP GRADIS, TOZD GRADBENA ENOTA NIZKE GRADNJE MARIBOR:  
DVONADSTROPNI MOST V MARIBORU



**Jesenski  
program seminarjev**

- 6. seminar: 19.—23. september 1983
- 7. seminar: 24.—28. oktober 1983
- 8. seminar: 14.—18. november 1983
- 9. seminar: 12.—16. december 1983

**Jesenski izpitni roki za strokovne izpite gradbene stroke**

Zap. št.	Prijave do	Klavzurna naloga	Ustni del
VII-G/83	9. 9. 1983	24. 9. 1983	10.—13. 10. 1983
VIII-G/83	7. 10. 1983	22. 10. 1983	7.—10. 11. 1983
IX-G/83	28. 10. 1983	12. 11. 1983	5.— 8. 12. 1983



# GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE  
Št. 4-5 • LETNIK 32 • 1983 • YU ISSN 0017-2774

## VSEBINA-CONTENTS

### Članki, študije, razprave Articles, studies, proceedings

Miha Tomaževič in Peter Sheppard:

REVITALIZACIJA KAMNITIH ZIDANIH ZGRADB Z VIDIKA SEIZMIČNE ZAŠČITE . . . . . 63  
THE STRENGTHENING OF STONE-MASONRY BUILDINGS FOR REVITALIZATION IN SEISMIC REGIONS

Sergej Bubnov

ZAGATE GRADBENIŠTVA . . . . . 71

Branko Ozvald:

ZAKORENINJENE NAPAKE V NEKATERIH NAŠIH FIZIKALNIH IN TEHNIČNIH UČBENIKIH . . . . . 77  
INVETERATED ERRORS IN SOME OF OUR TEXT-BOOKS OF PHYSICS AND TECHNICAL MECHANICS

Svetko Lapajne:

VPLIV SPREJEMLJIVE VIŠINE NA TOGOSTI IN UPETOSTNE MOMENTE NOSILNIH ELEMENTOV . . . . . 82  
INFLUENCE OF THE VARIABILITY OF THE HEIGHT ON STIFFNESSES AND THE RESTRAINING MOMENTS OF BEARING MEMBERS

### Iz naših kolektivov From our enterprises

SGP STAVBENIK, Koper . . . . . 86  
SGP KONSTRUKTOR, Maribor . . . . . 86  
SGP PRIMORJE, Ajdovščina . . . . . 87  
GIP VEGRAD, Titovo Velenje . . . . . 87  
SGP PIONIR, Novo mesto . . . . . 88

### Vesti in informacije News and informations

PRVO JUGOSLOVANSKO POSVETOVANJE O SANACIJAH ZGRADB . . . . . 62

### Informacije Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana Proceedings of the Institute for material and structures research Ljubljana

RAZVOJ IN RAZISKAVE TEKOČINSKEGA FILTRA V TEHNOLOŠKEM PROCESU PROIZVODNJE HIDRIRANEGA APNA . . . . 89

Glavni in odgovorni urednik: SERGEJ BUBNOV

Lektor: ALENKA RAIČ

Tehnični urednik: DUŠAN LAJOVIC

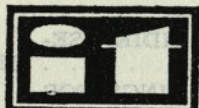
Uredniški odbor: NEGOVAN BOŽIČ, VLADIMIR ČADEŽ, JOŽE ERŽEN, IVAN JECELJ, ANDREJ KOMEL, DR. MILOŠ MARINČEK, STANE PAVLIN, ROMAN STEPANČIČ

Revija izdaja Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon 221 587. Tek. račun pri SDK Ljubljana 50101-678-47602. Tiska tiskarna Tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Letna naročnina skupaj s članarino znaša 250 din, za študente 90 din, za podjetja, zavode in ustanove 2000 din. Revija izhaja ob finančni podpori Raziskovalne skupnosti Slovenije, Splošnega združenja gradbeništva in IGM Slovenije in Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana.



## ORGANIZIRAJO

### Prvo jugoslovansko posvetovanje o sanacijah zgradb



Čeprav gre za prvo tovrstno posvetovanje, je doslej sprejeto že 40 referatov, ki obsegajo sledeča področja:

- I. Sanacije starih zgradb in mestnih jeder
- II. Sanacije novejših zgradb
- III. Sanacije vsled potresov
- IV. in splošne principe sanacij

Poročevalci poročajo na osnovi izkušenj izvršenih sanacij. Pri tem obravnavajo smisel ohranjanja kulturne dediščine z načini revitalizacije in ekonomijo posegov.

Pri posameznih objektih (stanovanjske zgradbe, javne zgradbe, gospodarski objekti, mostovi idr.) podajajo tehnološke metode povečanja stabilnosti, varnosti, izolacije pred vlago, vskladitev funkcionalnosti objektov po načelih gradbene fizike in zdravljenje objektov od nastalih okužb. Več referatov obravnava rezultate po potresih.

Poročevalci so naši priznani strokovnjaki iz različnih delovnih organizacij, inštitutov in fakultet. Naštejmo samo nekatere: Gradjevinski inštitut Zagreb, Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana, Institut za ispitivanje materiala Beograd, Zavodi za spomeniško varstvo in urbanizem, Geoexpert Zagreb, Gradjevinski fakultet Beograd, Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Ljubljana idr.

Posvetovanje bo 15. in 16. septembra 1983 na Visoki tehniški šoli v Mariboru, Smetanova 17.

Kotizacija za udeležbo na posvetovanju, v kateri so zajeti tudi stroški publikacije, ki bo poslana prijavljenim pred posvetovanjem, znaša 3500 din. Kotizacija je treba nakazati na naslov Društvo gradbenih inženirjev in tehnikov, 62000 Maribor, Vetrinjska 16. Organizacijski odbor posvetovanja o sanaciji zgradb. Žiro račun št. 51800-678-81643 do 30. 6. 1983.

Prijavo za udeležbo na posvetovanju je treba poslati Organizacijskemu odboru do 30. 6. 1983.

Za prenočišča skrbi turistična agencija Globtour Maribor, Vita Kraigherja 4, telefon (062) 25-582, 28-860, telex 33285 glob mb yu.

Vse ostale informacije dobite pri Organizacijskem odboru.

**Društvo gradbenih  
inženirjev in tehnikov Maribor  
Organizacijski odbor**

## Revitalizacija kamnitih zidnih zgradb z vidika seizmične zaščite

MIHA TOMAŽEVIČ  
PETER SHEPPARD

### 1.0. UVOD

Med močnimi potresi, ki so v zadnjih desetih letih prizadeli območje naše domovine (Kozjansko leta 1974, Furlanijo oziroma Posočje v letu 1978 in Črno goro v letu 1979), so največje poškodbe utrpeli kamnite hiše, sezidane bodisi v zgodovinskih, starih mestnih jedrih, bodisi na podeželju. To smo lahko tudi pričakovali, saj so bile stare zgradbe konstruirane le za prevzem vertikalne obtežbe, praktično brez kakršnih koli posebnih ukrepov za prevzem horizontalne, potresne obtežbe. Glede na to je bilo postavljeno vprašanje, ali je sploh mogoče take zgradbe, poškodovane po potresu, sanirati oziroma ojačiti, predvsem v starih mestnih jedrih, predvidenih za revitalizacijo.

Ker nismo razpolagali z nikakršnimi podatki o nosilnostnih značilnostih tovrstnih zgradb, smo na Zavodu za raziskavo materiala in konstrukcij v Ljubljani v zadnjih nekaj letih opravili obsežno serijo preiskav kamnitih zidov in modelov hiš, tako v obstoječem kot tudi v saniranem oziroma ojačenem stanju. Raziskave so financirali Raziskovalna skupnost Slovenije, CRAD Udine, Samoupravna interesna skupnost za šolstvo in izobraževanje Cetinje, samoupravna interesna stanovanjska skupnost Trebinje in Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij.

### 2.0. PARAMETRI POTRESNE ODPORNOSTI KAMNITIH ZIDANIH ZGRADB

Analize poškodb kamnitih zidanih hiš kažejo, da lahko posledice potresov na vseh prizadetih območjih razvrstimo na enoten način. Takšne analize nam tudi povedo, kateri parametri vplivajo na mehanizem obnašanja oziroma rušenja tako posameznih zidov kot tudi celotne zgradbe. Na žalost pa nam analize poškodb ne morejo dati količinskih podatkov o vplivu potresov na zgradbe. Da bi mogli take podatke dobiti, moramo uporabiti laboratorijske preiskave: preiskave zidnih elementov in modelov zgradb, s katerimi ponazorimo pojave, ki smo jih opazili med potresom.

Glede na moč potresa, ki je zgradbe poškodoval, je mogoče poškodbe razvrstiti takole:

a) razpoke med zidovi in stropnimi konstrukcijami, razpoke na stikih zidov (slika 1);

b) trganje zidov, pravokotnih na smer potresa (slika 2);

c) rušenje oziroma prevrnitev zidov, pravokotnih na smer potresa (slika 3);

d) poškodbe zidov v smeri potresa (slika 4);

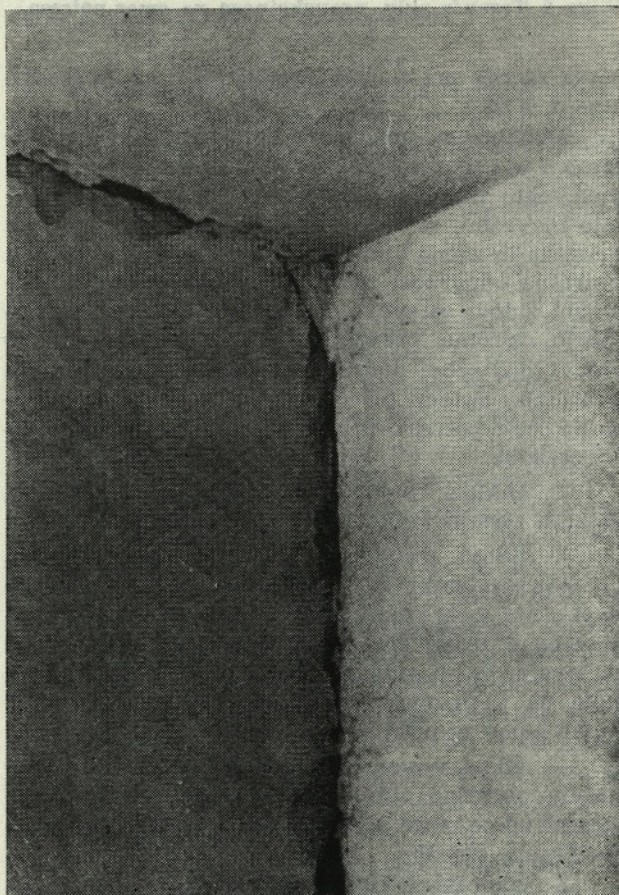
e) rušenje zidov v smeri potresa;

f) rušenje celotne zgradbe.

Analiza poškodb pokaže, da vplivata na obnašanje kamnite zidane zgradbe med potresom dva osnovna parametra:

— zasnova konstrukcije zgradbe: razporeditev zidov v obeh pravokotnih smereh in njihova medsebojna povezanost v višini stropnih konstrukcij. Pri starih kamnitih hišah je razporeditev zidov v glavnem ustrezna, vendar je nezadostna povezanost zidov (leseni stropovi brez horizontalnih vezi) kriva, da že pri zmernih potresih nastajajo poškodbe tipa a, b in c;

— kakovost zidov, posebno malte: nosilnost zidov. Pri starih kamnitih hišah ta pogoj ni izpolnjen, kar je vzrok za težke poškodbe oziroma ru-



Slika 1. Razpoka na stikih zidov

Avtorja: Mag. Miha Tomažević, dipl. ing. in Peter Sheppard, dipl. ing., Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij, Ljubljana, Dimičeva 12.

Članek je bil podan kot referat na posvetovanju: »Kulturna dediščina Balkana in seizmični problemi« v Budvi aprila 1982, v skrajšani obliki z naslovom: »The Strengthening of Stone-masonry Buildings for Revitalization in Seismic Regions« pa na 7. evropski konferenci o potresnem inženirstvu v Atenah, septembra 1982.



Slika 2. Trganje zidu, pravokotnega na smer potresa

šenja zgradb pri močnih potresih, t. j. za poškodbe tipa d, e in f.

Mehanizem obnašanja kamnitih hiš med potresom je prikazan na sliki 5: v primeru, ko zidovi med seboj niso povezani s togo stropno konstrukcijo in vezmi, se med potresom odtrgajo drug od drugega in začno nihati vsak zase. S tem se seveda potresna odpornost zgradbe bistveno zmanjša; odtrgani zidovi, pravokotni na smer potresa, se porušijo oziroma prevrnejo. V primeru pa, ko so zidovi med seboj dobro povezani, zgradba niha kot prostorski sistem, pri čemer tudi zidovi, pravokotni na smer potresa, prispevajo k potresni odpornosti zgradbe.

Z analizo mehanizma obnašanja kamnitih zidanih zgradb lahko torej ugotovimo naslednje:

— zidovi, pravokotni na smer potresa, sami po sebi niso stabilni. Tako zgradbe z nosilnimi zidovi v eni sami smeri ne morejo prevzeti potresne obtežbe v drugi smeri. Stare kamnite hiše imajo ponavadi dovolj zidov v obeh pravokotnih smereh, tako da v primeru njihove ojačitve vgrajevanje novih zidov ni potrebno;

— zidovi v smeri potresa so elementi, ki prenašajo potresno obtežbo. Seveda pa velikost potresnih sil ne more preseči njihove nosilnosti na horizontalno obtežbo.

Z laboratorijskimi preiskavami, ki smo jih opravili na Zavodu za raziskavo materiala in kon-



Slika 3. Rušenje zidu, pravokotnega na smer potresa

strukcij, smo potrdili kvalitativne analize obnašanja kamnitih hiš med potresi, hkrati pa ugotovili količinske vrednosti parametrov, ki določajo njihovo potresno odpornost ter potrdili možnost njihove protipotresne ojačitve.

### 3.0. LABORATORIJSKE PREISKAVE

#### 3.1. Povezovanje zidov zgradb z jeklenimi vezmi

Kamnite zidane hiše povečini nimajo togih stropnih konstrukcij s horizontalnimi vezmi, ki bi zagotavljale skupno delovanje zidov med potresom. Zaradi tega že pri zmernih potresih nastajajo na stikih vzdolžnih in prečnih zidov razpoke; zidovi, pravokotni na smer potresa, se odtrgajo, lahko pa tudi prevrnejo oziroma delno porušijo.

Da bi omenjene pojave ovrednotili, smo na potresni mizi, postavljeni v laboratorijih ZRMK, preiskali model pritlične podeželske kamnite hiše v merilu 1 : 5. S preiskavo modela s simulirano potresno obtežbo smo dobili enake pojave nastanka poškodb in rušenja zidov (slika 6), kot smo jih ugotovili med potresom (slika 3). Po končanih preiskavah modela v obstoječem stanju smo zidove modela sanirali ter povezali z obojestransko vgrajenimi jeklenimi vezmi v višini stropa. Zidov samih pri tem nismo ojačili. Ponovljene preiskave so pokazale, da se že s samim povezovanjem zidov z jeklenimi vezmi potresna odpornost zgradbe močno poveča; čeprav so tudi v tem primeru nastale razpoke na stikih vzdolžnih in prečnih zidov, so jeklene vezi preprečile trganje in rušenje zidov, pravokotnih na smer potresa. Na koncu preiskave se je porušil vzdolžni zid. Porušitev nosilnega zidu ima seveda veliko resnejše posledice kot porušitev čelnih, nenosilnih zidov, vendar je do nje prišlo pri bistveno večji potresni obtežbi.

Rezultati preiskave so podani v tabeli 1, kjer je potresna obtežba v kritičnih fazah preiskave izražena v odstotkih pospeška prostega pada. Rezultati modelne preiskave so preračunani na proto-

**Tabela 1. Rezultati modelne preiskave učinka povezo-  
vanja kamnite hiše z jeklenimi vezmi**

Opis poškodb	Pospeški tal		Opomba
	Nepovezana hiša	Povezana hiša	
Razpoka na stiku vzdolžnega in prečnega zidu	0.04 g	0.05 g	
Trganje prečne zidu	0.06 g	-	Ni trganja prečnega zidu
Rušenje prečnega zidu	0.17 g	-	Ni rušenja prečnega zidu
Rušenje vzdolžnega zidu	-	0.42 g	

tip pritlične kamnite hiše, katere natezna trdnost zidov znaša  $\sigma_n = 0.02 \text{ N/mm}^2$ .

### 3.2. Preiskave nosilnosti zidov na horizontalno obtežbo

#### 3.2.1. Opis zidov

Kamniti zidovi so si po konstrukciji bolj ali manj podobni na vseh analiziranih območjih: zidovi so sezidani iz dveh slojev lomljenega, v glavnem neobdelanega kamna večjih razsežnosti, vmesni prostor pa je zapolnjen z drobirjem, ostalim pri obdelavi večjih kamnov. Kot vezivo je uporabljena apnena malta s čistim ali glinastim peskom in zemljo dokaj različnih kakovosti. Večinoma so zidovi debeli vsaj 50 cm.

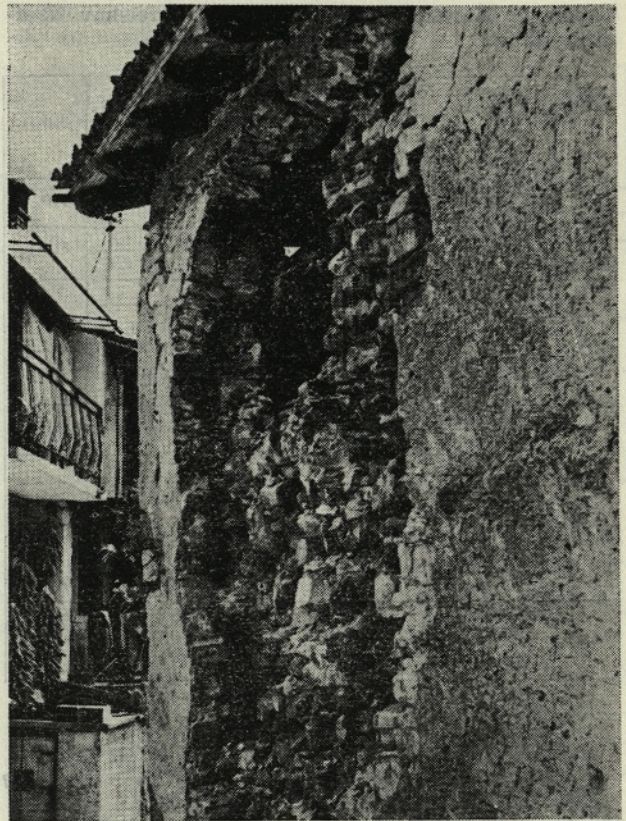
Ker je bil zaradi slabe kakovosti odvzem vzorcev zidov, dovolj velikih za preiskavo, iz obstoječih zgradb praktično nemogoč, so preizkušance sezidali v laboratoriju mojstri-zidarji s posameznih območij, ki poznajo način zidanja s kamnom. Pri zidanju so uporabljali kamniti material, odvzet iz zidov obstoječih hiš, ter malto, katere sestavo so določili kemiki, potem ko so analizirali malto obstoječega zidovja. Na ta način smo dokaj uspešno ponazorili kakovost obstoječih zidov.

Do sedaj preiskane zidove lahko razvrstimo v štiri kategorije glede na izvor in kakovost zidanja:

I. kategorija — dvoslojni zid iz neobdelanega kamna s polnilom, sezidan v apneni malti z glinastim peskom in zemljo zelo slabe kakovosti. Zid ni ometan in je enak kakor pri starih vaških stanovanjskih hišah na območju Kozjanskega, Posočja in Furlanije;

II. kategorija — dvoslojni zid iz neobdelanega kamna s polnilom, sezidan v apneni malti s čistim peskom (tlačna trdnost malte  $0.5 - 1.0 \text{ N/mm}^2$ ). Zid ni ometan, in je enak kakor pri starih vaških stanovanjskih hišah v Črnogorskem Primorju;

III. kategorija — dvoslojni zid iz delno obdelanega kamna s polnilom, sezidan v apneni malti s čistim peskom (tlačna trdnost malte  $1.0 \text{ N/mm}^2$ ). Zid je ometan s podaljšano malto, in je enak kakor pri javnih zgradbah (šolah) v Črni gori;



Slika 4. Poškodbe zidu v smeri potresa

IV. kategorija — dvoslojni zid iz delno obdelanega kamna s polnilom, sezidan v apneni malti s čistim peskom (tlačna trdnost malte  $0.5 - 0.7 \text{ N/mm}^2$ ). Zid je ometan s podaljšano malto in v celoti injektiran ter je enak injektiranim zidovom v Furlaniji, Italija.

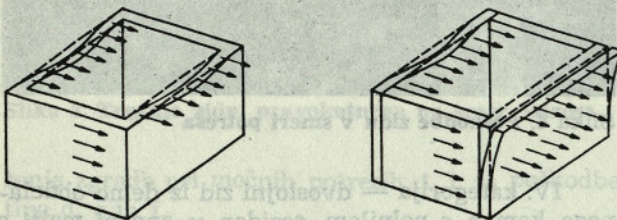
Po preiskavi v obstoječem stanju so bili zidovi sanirani in ojačeni. Ker so bili preiskani zidovi sezidani v malti slabe kakovosti, z velikim številom votlin med kamni, malto in polnilom, se je kot najustreznejši način njihove ojačitve izkazalo injektiranje zidov s cementno suspenzijo.

V ta namen smo razpoke v zidovih in fuge med zunanji kamni (v primeru neometanih zidov) zaprli s hitrovezočo malto. Injekcijske cevke smo vgradili enakomerno po celi površini zidu v medsebojni razdalji  $50 - 60 \text{ cm}$ , tako da je injekcijska masa lahko zapolnila vse votline v zidu. Suh del mešanice smo sestavili iz  $90\%$  Portland cementa in  $10\%$  opalske breče, dodane zaradi povečanja plastičnosti in suspenzivnosti mešanice. Suhemu delu smo dodali tolikšno količino vode, da se je razmerje suhega dela mešanice proti vodi gibalo od  $1:1$  do  $1:0.8$ . Pred injektiranjem, ki smo ga opravili s pritiskom  $2 - 4 \text{ bar}$ , smo celotno prostornino zidu ovlažili z vodo.

Karakteristike zidnih vzorcev s porabljenimi količinami suhega dela mešanice za injektiranje so prikazane v tabeli 2, samo injektiranje pa na sliki 7.

Tabela 2. Karakteristike in rezultati preiskav kamnitih zidov

Kateg. zidu	Dimenzije h x w x t [m]	Tlačna trdnost $\beta^0$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Deformac. modul $D^0$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Natezna trdnost $\sigma_n^0$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Strižni modul $G^0$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Koef. duktil. $d^0$	Opomba
I. kat.	2.65x1.00x0.60	0.46	215	-	-	-	Tlak
	2.65x1.00x0.60	0.54	190	-	-	-	Strig
	1.50x1.00x0.60	-	-	0.02	60	8.5	
	1.50x1.00x0.60	-	-	0.02	70	8.2	
II. kat.	2.47x1.00x0.50	0.31	-	-	-	-	Tlak
	2.60x1.02x0.50	0.32	305	-	-	-	Strig
	2.54x1.00x0.51	0.37	475	-	-	-	
	1.50x1.00x0.50	-	-	0.04	85	10.7	
III. kat.	1.50x1.00x0.50	-	-	0.04	85	9.0	Tlak
	2.55x1.05x0.57	0.82	3550	-	-	-	
	2.50x1.05x0.55	0.71	2870	-	-	-	Strig
	1.50x1.00x0.55	-	-	0.11	73	4.7	
	1.50x1.00x0.55	-	-	0.12	81	5.9	
	1.50x1.00x0.55	-	-	0.08	94	5.8	
	1.50x1.05x0.55	-	-	0.08	87	7.3	
	1.50x1.05x0.55	-	-	0.08	78	6.0	
IV. kat.	1.82x1.25x0.55 (4zidovi)	-	-	-	-	-	Preiskani le ojačeni zidovi
	1.82x1.25x0.55	-	-	-	-	-	



Slika 5. Mehанизem obnašanja povezanih in nepovezanih zidov med potresom

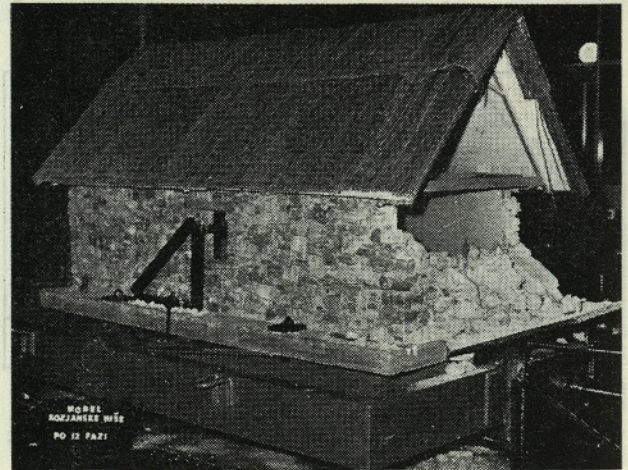
### 3.2.2. Opis in rezultati preiskav

Osnovni parametri, ki določajo trdnostne in deformabilnostne karakteristike zidov, so:

- tlačna trdnost zidu » $\beta$ «,
- natezna trdnost zidu » $\sigma_n$ «,
- deformabilnostni modul (modul stisljivosti) » $D$ «,
- strižni modul » $G$ «,
- faktor duktilnosti » $d$ «.

Vrednosti tlačne trdnosti » $\beta$ « in modula stisljivosti » $D$ « dobimo s preiskavo zidu z vertikalno obtežbo (s tlačno preiskavo). Pri tem zid obtežujemo s postopoma se povečujočo vertikalno silo (oziroma deformacijo po doseženi nosilnosti zidu), merimo pa ustrezne vertikalne specifične deformacije.

Vrednosti natezne trdnosti » $\sigma_n$ «, strižnega modula » $G$ « in faktorja duktilnosti » $d$ « dobimo s preiskavo zidu s kombinirano vertikalno in horizontalno obtežbo. Pri tem zid obtežujemo s konstantno vertikalno silo, hkrati pa ga obremenimo s horizontalno obtežbo v obliki programiranih cikličnih hori-



Slika 6. Preiskava modela kamnite hiše na potresni mizi

zontalnih pomikov. Za preiskavo uporabljamo posebno napravo (slika 8), ki zadrži gornji in spodnji rob zidu med seboj vzporedno. Relativne deformacije med obema robovoma zidu in ustrezne strižne sile merimo z induktivnimi merilniki pomikov oziroma dinamometri ter jih registriramo v obliki histereznih zank na magnetni trak oziroma neposredno na papir (slika 9).

Ker je strižna nosilnost zidov IV. kategorije (preiskanih le v okrepljenem stanju) presešla zmogljivost naprave za preiskave s kombinirano vertikalno in horizontalno obtežbo, smo jih preiskali z enostavno diagonalno delujočo tlačno silo. Na ta način smo seveda lahko določili le vrednosti natezne trdnosti zidov, ne pa tudi vrednosti strižnega modula in faktorja duktilnosti.

Rezultati preiskav so prikazani v tabelah 3 in 4 tako za preiskave z vertikalno obtežbo (tlak) kot tudi za preiskave s kombinirano vertikalno in horizontalno obtežbo (strig in diagonalna tlačna sila). V tabelah 3 in 4 so tudi primerjave vrednosti posameznih parametrov za zidove v obstoječem in ojačenem, injektiranem stanju.

Vrednosti natezne trdnosti zidu » $\sigma_n$ « in strižnega modula » $G$ « smo izračunali iz rezultatov preiskav. Pri tem smo uporabili naslednje enačbe:

— pri preiskavi s kombinirano vertikalno in horizontalno obtežbo:

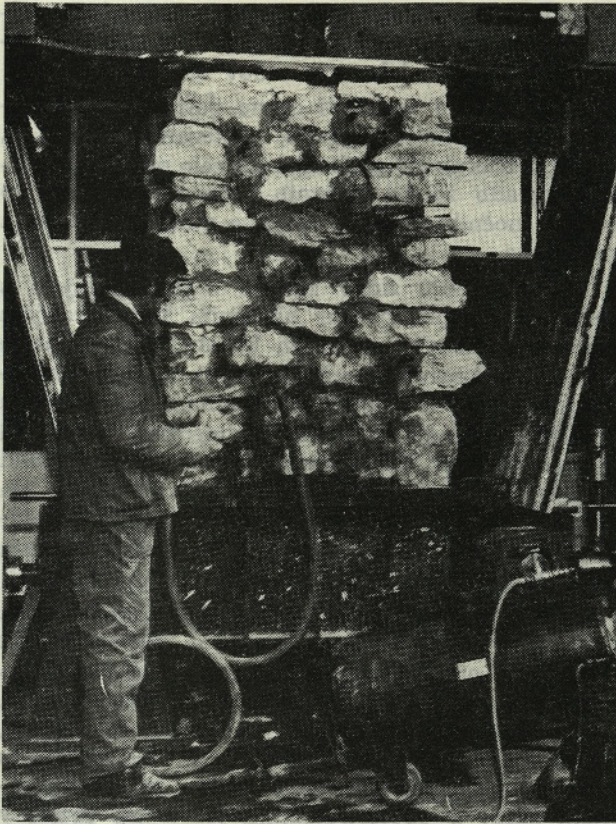
$$\sigma_n = \frac{V}{F} \left[ \sqrt{\left( \frac{1.5 H_u}{V} \right)^2 + 0.25} - 0.5 \right];$$

$$G = K_0 \frac{1.2 h}{F} \frac{1}{\alpha}, \quad \sigma = 1 - K_0 \frac{1.2 h}{F} \left[ \frac{1}{D} \frac{1}{1.2} \left( \frac{h}{w} \right)^2 \right]$$

— pri preiskavi z diagonalno tlačno silo:

$$\sigma_n = 0.30 \frac{V_u}{F}$$





Slika 7. Injektiranje kamnitega zidu

kjer je:

- $\sigma_0$  — povprečna napetost v zidu zaradi vertikalne sile »V«,
- $H_u$  — maksimalna horizontalna sila (strižna nosilnost zidu),
- $V_u$  — maksimalna tlačna sila,
- $F$  — površina horizontalnega prereza zidu,
- $h$  — višina zidu,
- $w$  — širina zidu,
- $K_0$  — začetna, elastična togost zidu.

Da bi mogli ugotoviti vrednost začetne, elastične togosti zidu » $K_0$ « in faktorja duktilnosti »d«, smo ovojnice eksperimentalno registriranih histereznih zank idealizirali, kot je to prikazano na sliki 9.

Kot so pokazali rezultati preiskav, se trdnostne karakteristike zidov (tlačna trdnost » $\beta$ « in natezna trdnost » $\sigma_n$ «) posameznih kategorij v obstoječem stanju medsebojno precej razlikujejo. Na splošno je seveda strižna nosilnost obstoječega zidu, izražena z natezno trdnostjo, v vseh primerih majhna, a jo je mogoče s sistematičnim injektiranjem zidu bistveno povečati. Trdnostne karakteristike vseh preiskanih kategorij zidov se z ojačitvijo zidov dokaj izenačijo, kar velja tudi za deformabilnostne karakteristike (modul stisljivosti »D« in strižni modul »G«). Vse vrednosti so pri oja-

Tabela 3. Rezultati preiskav injektiranih kamnitih zidov na vertikalno obtežbo

Kateg. zidu	Uporabljena količina suhe injekcijske mase [kg/m <sup>3</sup> ]	Tlačna trdnost $\beta^s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Deformacijski modul $D^s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\frac{\beta^s}{\beta^0}$	$\frac{D^s}{D^0}$	Opomba
	-	-	-	-	-	ni bil injektiran
I.kat.	115	0.95	840	1.8	4.4	-
	178	2.00	2020	6.5	-	
II.kat.	183	2.00	2780	6.3	9.1	-
	153	2.02	3035	5.5	6.4	
III.kat.	108	2.77	3275	3.4	0.9	-
	137	1.90	2610	2.7	0.9	
IV.kat.	175	3.69	8070	-	-	preiskani le injektirani zidovi
		4.33	9230			
		3.86	5670			
		3.72	7860			

Tabela 4. Rezultati preiskav injektiranih kamnitih zidov na kombinirano vertikalno in horizontalno obtežbo

Kateg. zidu	Uporabljena količina suhe injekcijske mase [kg/m <sup>3</sup> ]	Natezna trdnost $\sigma_n^s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Strižni modul $G^s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Koefic. duktil. $d^s$	$\frac{\sigma_n^s}{\sigma_n^0}$	$\frac{G^s}{G^0}$	$\frac{d^s}{d^0}$	Opomba
	-	-	-	-	-	-	-	ni bil injektiran
I.kat.	185	0.12	100	4.8	5.2	1.4	0.6	-
II.kat.	-	-	-	-	-	-	-	
III.kat.	200	0.22	125	3.1	2.1	1.7	0.7	-
	133	0.22	165	4.7	1.8	2.0	0.8	
	160	0.25	-	-	2.9	-	-	
	127	0.29	163	5.4	3.5	1.9	0.7	
	152	0.23	173	5.4	2.7	2.2	0.9	
IV.kat.	175	0.49	430	-	-	-	-	diagonalna tlačna sila - povprečje 4 zidov

čenih zidovih višje, z izjemo faktorja duktilnosti »d«, pri katerem smo opazili nebstveno zmanjšanje.

#### 4.0. OCENA POTRESNE ODPORNOSTI STARIH KAMNITIH ZIDANIH ZGRADB

V tabeli 5 predlagamo vrednosti osnovnih parametrov, ki določajo trdnostne in deformabilnostne karakteristike zidov za uporabo pri preverjanju potresne odpornosti kamnitih zidanih zgradb. Predlagane vrednosti smo izračunali na osnovi rezultatov preiskav, pri čemer smo upoštevali statistične zakone raztrosa rezultatov in števila preiskanih elementov.

Z zgoraj navedenimi vrednostmi smo ocenili potresno odpornost starih kamnitih hiš, pri čemer smo uporabili parametrično metodo računa, navedeno v referenci [3]. Rezultate te računske analize, ki izraža potresno odpornost zgradbe s t. i. mejnim strižnim koeficientom (strižnim koeficientom na meji rušenja zgradbe), podajamo v tabeli 6 tako za

Tabela 5. Računske vrednosti trdnostnih in deformabilnostnih karakteristik zidov

Vrsta in kategorija zidu	Obstoječe stanje				Ojačano stanje			
	Tlačna trdnost $\beta$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Natezna trdnost $\sigma_n$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Deformac. modul D [N/mm <sup>2</sup> ]	Strižni modul G [N/mm <sup>2</sup> ]	Tlačna trdnost $\beta$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Natezna trdnost $\sigma_n$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Deformac. modul D [N/mm <sup>2</sup> ]	Strižni modul G [N/mm <sup>2</sup> ]
Kamniti zid I.kat.	0.3	0.02	200	65	0.6	0.08	800	100
Kamniti zid II.kat.	0.2	0.03	400	85	1.2	0.16	2600	160
Kamniti zid III.kat.	0.5	0.08	3000	90	1.4	0.18	3000	160
Kamniti zid IV.kat.	-	-	-	-	2.5	0.35	7500	400

Tabela 6. Seizmična odpornost zgradb, izražena z mejnim strižnim koeficientom

Vrsta in kategorija zidu	Število etaž	Obstoječe stanje		Ojačano stanje	
		Dobra zasnova	Slaba zasnova	Dobra zasnova	Slaba zasnova
Kamniti zid I.kat.	1	0.16	0.12	0.41	0.30
	2	0.10	0.08	0.25	0.18
	3	0.08	0.06	0.19	0.14
Kamniti zid II.kat.	1	0.20	0.15	0.72	0.53
	2	0.13	0.10	0.41	0.30
	3	0.10	0.08	0.30	0.22
Kamniti zid III.kat.	1	0.41	0.30	0.80	0.59
	2	0.25	0.18	0.45	0.33
	3	0.19	0.14	0.33	0.24
Kamniti zid IV.kat.	1	-	-	1.45	1.08
	2	-	-	0.78	0.58
	3	-	-	0.56	0.41

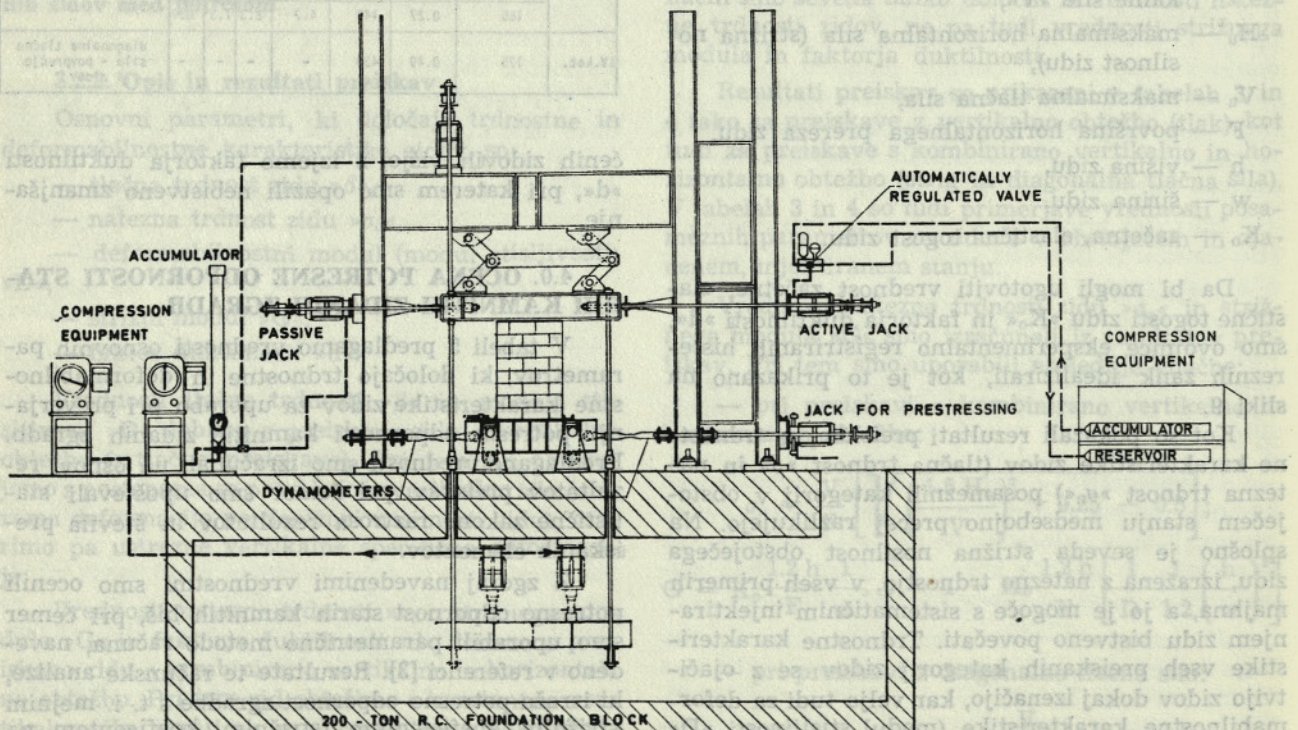
zgradbe v obstoječem kot tudi ojačenem stanju. Rezultati te raziskave veljajo seveda s predpostavko, da smo hkrati z ojačitvijo zidov s ce-

mentnimi injekcijami zidove medsebojno tudi povezali ter ojačili stropne konstrukcije, da smo zagotovili skupno delovanje zidov med potresom.

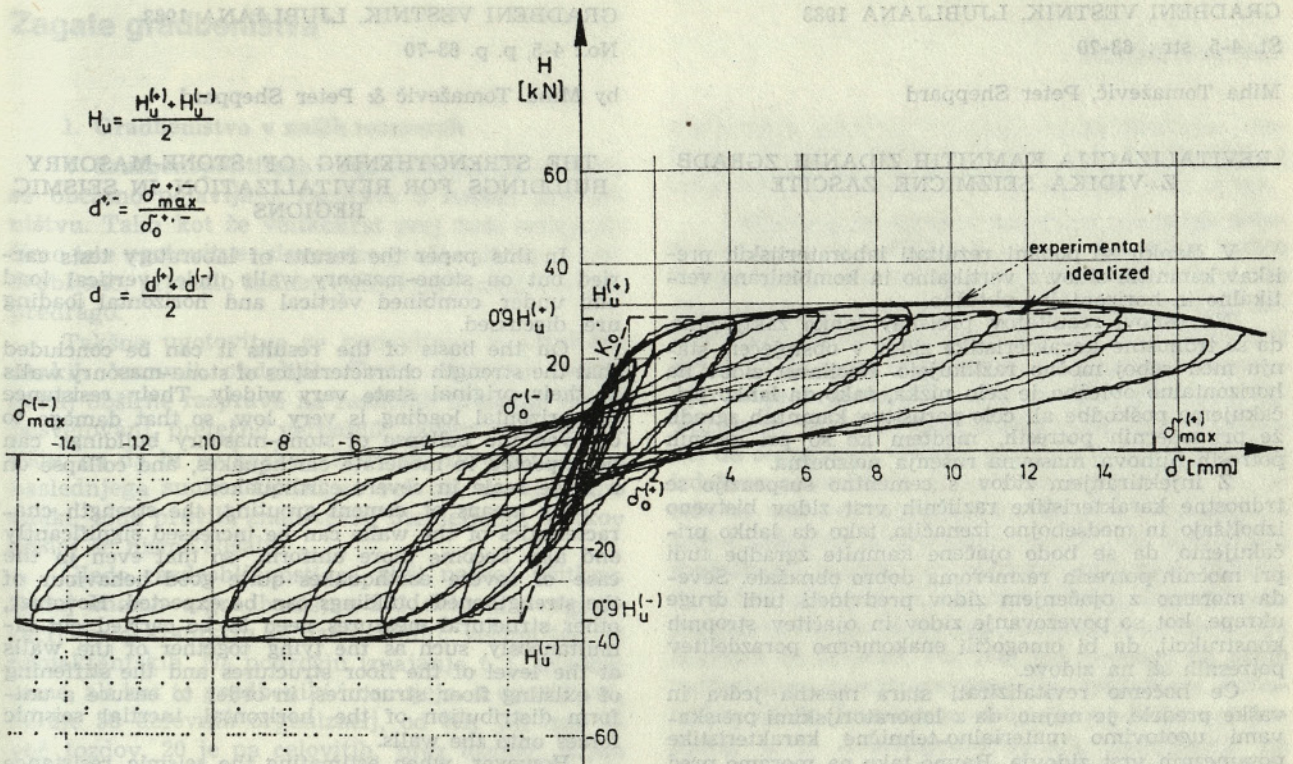
Kot kažejo rezultati ocene potresne odpornosti starih kamnitih zgradb, prikazani v tabeli 6, lahko pričakujemo poškodbe ali celo porušitve takšnih zgradb že pri zmernih potresih, medtem ko so pri močnih potresih njihova množična rušenja neizbežna.

Z ojačitvijo zidov zgradb z injektiranjem s cementno suspenzijo ter hkratnim povezovanjem zidov in ojačitvijo stropnih konstrukcij pa lahko potresno odpornost starih kamnitih zgradb bistveno povečamo. Če upoštevajoč dinamične lastnosti tovrstnih zgradb opravimo primerjavo vrednosti mejnih strižnih koeficientov, izračunanih v tabeli 6, z vrednostmi učinkovitih pospeškov tal, ki jih navaja MSK-76 lestvica, lahko pričakujemo dokaj dobro obnašanje ojačenih kamnitih zidanih hiš celo pri potresih IX. stopnje.

Da to v resnici lahko pričakujemo, je pokazal znani primer nadstropne kamnite hiše v Bardu (Lusevera) pri Tarcentu v Furlaniji. Hiša, ki je bila po potresu maja 1976 tako hudo poškodovana, da so jo italijanske oblasti predvidele za rušenje, je tehnična ekipa ZRMK sanirala in ojačila s sistematičnim injektiranjem zidov in povezovanjem zidov z obojestranskimi jeklenimi vezmi v višini stropov. Sanirana in ojačena hiša, ki leži v samim epicentričnem območju potresov v Furlaniji leta 1976, je prestala septembrske potrese VIII. in IX. stopnje brez kakršnih koli poškodb. V



Slika 8. Naprava za preiskavo zidov s kombinirano vertikalno in horizontalno obtežbo



Slika 9. Tipične histerezne zanke, registrirane med preiskavo kamnitega zidu. Idealizacija histerezne ovojnice

septembru so največji pospeški tal, izmerjeni v Breginju, ki leži kakih 12 km vzhodno od lokacije hiše, znašali celo 0.53 g!

### 5.0. ZAKLJUČEK

Glede na rezultate opravljenih preiskav lahko ugotovimo, da so trdnostne karakteristike zidov kamnitih zgradb, sezidanih na različnih območjih z različnim namenom, med seboj dokaj različne. Na splošno potresna odpornost kamnitih zgradb v obstoječem stanju ni zadostna, tako da lahko pričakujemo poškodbe ali celo porušitve takšnih zgradb že pri zmernih potresih, medtem ko so pri močnih potresih njihova masovna rušenja neizbežna.

Z ojačitvijo zidov s cementnimi injekcijami (v povprečju je količina porabljene suhe mešanice znašala 150 kg/m<sup>3</sup> zidu) se trdnostne karakteristike različnih vrst zidov bistveno izboljšajo in med seboj izenačijo. Če hkrati z ojačitvijo zidove med seboj tudi ustrezno povežemo, je mogoče potresno odpornost kamnitih zgradb toliko povečati, da lahko pričakujemo, da se bodo tudi pri močnih potresih razmeroma dobro obnašale.

Če hočemo revitalizirati stara mestna jedra in vaške predele, je nujno potrebno, da z laboratorijskimi preiskavami ugotovimo materialno-tehnične

karakteristike posameznih vrst zidovja. Prav tako moramo pred širšo uporabo eksperimentalno preveriti in ugotoviti učinek predlaganih načinov sanacije in ojačitve, kajti le na ta način bomo revitaliziranim objektom zagotovili tako potresno varnost, kot jo imajo objekti, grajeni po načelih potresno-varnega projektiranja.

### 6.0. LITERATURA

1. J. Boštjančič, P. Sheppard, S. Terčelj, V. Turnšek: »Use of a Modeling Approach in the Analysis of the Effects of Repairs to Earthquake-Damaged Stone-Masonry Buildings«, Bolletino di geofisica teorica ed applicata, Vol. XIX, No. 72, part 2, Udine, 1976.
2. V. Turnšek, S. Terčelj: »Ukrepi pri reševanju problemov popravil zgradb, ki jih je prizadel potres«, Gradbeni vestnik, letnik 26, št. 9, Ljubljana, 1977.
3. V. Turnšek: »Parametri seizmične odpornosti zidanih zgradb«, Informacije ZRMK, Gradbeni vestnik, letnik 26, št. 6, Ljubljana, 1977.
4. V. Turnšek, S. Terčelj, P. Sheppard, M. Tomažević: »The Seismic Resistance of Stone-Masonry Walls and Buildings«, Proceedings, 6-th ECEE, vol. 3, Cavtat, 1978.
5. M. Tomažević in sod.: »Vpliv potresa 15. aprila 1979 v Črni gori na zidane zgradbe«, poročilo Raziskovalni skupnosti Slovenije, Ljubljana, 1980.

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA 1983

Št. 4-5, str.: 63-70

Miha Tomažević, Peter Sheppard

REVITALIZACIJA KAMNITIH ZIDANIH ZGRADB  
Z VIDIKA SEIZMIČNE ZAŠČITE

V članku so podani rezultati laboratorijskih preiskav kamnitih zidov z vertikalno in kombinirano vertikalno in horizontalno obtežbo.

Na osnovi rezultatov preiskav lahko zaključimo, da se trdnostne karakteristike zidov v obstoječem stanju med seboj močno razlikujejo. Nosilnost zidov na horizontalno obtežbo je zelo nizka, tako da lahko pričakujemo poškodbe ali celo porušitve kamnitih zgradb že pri zmernih potresih, medtem ko so pri močnih potresih njihova masovna rušenja neizbežna.

Z injektiranjem zidov s cementno suspenzijo se trdnostne karakteristike različnih vrst zidov bistveno izboljšajo in medsebojno izenačijo, tako da lahko pričakujemo, da se bodo ojačene kamnite zgradbe tudi pri močnih potresih razmeroma dobro obnašale. Seveda moramo z ojačenjem zidov predvideti tudi druge ukrepe, kot so povezovanje zidov in ojačitev stropnih konstrukcij, da bi omogočili enakomerno porazdelitev potresnih sil na zidove.

Ce hočemo revitalizirati stara mestna jedra in vaške predele, je nujno, da z laboratorijskimi preiskavami ugotovimo materialno-tehnične karakteristike posameznih vrst zidovja. Ravno tako pa moramo pred širšo uporabo eksperimentalno preveriti in ugotoviti učinek predlaganih načinov sanacije in ojačitve.

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA 1983

No.: 4-5, p. p. 63-70

by Miha Tomažević &amp; Peter Sheppard

THE STRENGTHENING OF STONE-MASONRY  
BUILDINGS FOR REVITALIZATION IN SEISMIC  
REGIONS

In this paper the results of laboratory tests carried out on stone-masonry walls under vertical load and under combined vertical and horizontal loading are discussed.

On the basis of the results it can be concluded that the strength characteristics of stone-masonry walls in their original state vary widely. Their resistance to horizontal loading is very low, so that damage to or even the collapse of stone-masonry buildings can be expected in moderate earthquakes, and collapse on a large scale in severe earthquakes.

By means of cement grouting, the strength characteristics of the walls can be increased significantly and also become more uniform, so that even in the case of severe earthquakes quite good behaviour of the strengthened buildings can be expected. However, other structural measures need to be carried out simultaneously, such as the tying together of the walls at the level of the floor structures and the stiffening of existing floor structures, in order to ensure a uniform distribution of the horizontal, inertial seismic forces onto the walls.

However, when estimating the seismic resistance of existing buildings in the case of revitalization projects, tests should be carried out in order to obtain adequate values of the material-technical characteristics of walls of different types, as well as to determine the effect of the chosen strengthening method.

## 5.0 ZAKLJUČEK

Glede na rezultate opravljene preiskave lahko ugotovimo, da so trdnostne karakteristike zidov kamnitih zgradb, sezidanih na različnih območjih v različnim namenom, med seboj dokaj različne. Na splošno potresna odpornost kamnitih zgradb v obstoječem stanju ni zadostna, tako da lahko pričakujemo poškodbe ali celo porušitve takšnih zgradb že pri zmernih potresih, medtem ko so pri močnih potresih njihova masovna rušenja neizbežna.

Z ojačitvijo zidov s cementnimi suspenzijami (v povprečju je koeficient porazdelitve sile med zidove manjša 100 kg/m<sup>2</sup> zidov) se trdnostne karakteristike različnih vrst zidov bistveno izenačijo in med seboj močno razlikujejo. Če hkrati s ojačitvijo zidov ve med seboj tudi vezujemo zgradbe, toliko bolj potrebna odpornost kamnitih zgradb, toliko bolj vedati, da lahko pričakujemo, da se bodo tudi pri močnih potresih razmeroma dobro obnašale.

Ce hočemo revitalizirati stara mestna jedra in vaške predele, je nujno potrebno, da z laboratorijskimi preiskavami ugotovimo materialno-tehnične

4. V. Turšek, P. Sheppard, M. Tomažević: "The Seismic Resistance of Stone-Masonry Walls and Buildings", Proceedings of the ECCE, vol. 3, Cavtat 1978.

5. M. Tomažević in sod.: "Vpliv potresne sile pri obnovi in sanaciji zidov", Gradbeni vestnik, letnik 32, št. 8, Ljubljana, 1978.

6. V. Turšek, P. Sheppard, M. Tomažević: "Material-Technical Characteristics of Stone-Masonry Walls and Buildings", Proceedings of the ECCE, vol. 3, Cavtat 1978.

7. V. Turšek, P. Sheppard, M. Tomažević: "The Use of a Modeling Approach in the Analysis of the Effect of Repairs to Earthquake-Damaged Stone-Masonry Buildings", Bollettino di geologia tecnica ed applicata, vol. 28, no. 1, Ljubljana, 1977.

## Zagate gradbeništva\*

SERGEJ BUBNOV

### 1. Gradbeništvo v naših razmerah

V družbenopolitičnih organizacijah in v tisku se občasno pojavljajo razprave o našem gradbeništvu. Tako kot že velikokrat prej tudi sedaj slišimo iste ugotovitve: slovensko gradbeništvo je razdrobljeno, premalo industrijalizirano, neučinkovito, predrago.

Takšne ugotovitve se ponavljajo v približno enakih časovnih obdobjih. Temu običajno sledijo dokaj obširne razprave na različnih forumih, nekaj posvetovanj, pretežno verbalnih, potem nastane za-tišje, ne da bi se karkoli bistveno spremenilo. Do naslednjega sunka. Očitki so več ali manj vedno enaki, toda pravih, znanstveno utemeljenih očitkov doslej še nismo slišali.

Glede razdrobljenosti se sliši največ očitkov. Sedaj imamo v gradbeništvu 183 delovnih organizacij (projektantskih in izvajalskih), večina teh je projektantskih. Na področju izvajanja t. j. gradnje same, ali kot to gradbeniki imenujejo, v operativni, deluje 58 delovnih organizacij, od teh jih ima 38 več tozgov, 20 je pa celovitih, brez tozgov. Kljub številnim simpozijem, organiziranih po vojni, o racionalizaciji in industrijalizaciji gradbeništva, še nismo slišali podatka, koliko naj bi bilo v Sloveniji gradbenih organizacij operative, če še ves čas trdimo, da jih je preveč. In kakšen je optimalni obseg ene gradbene organizacije na našem območju in v naših specifičnih gospodarskih in družbenih razmerah. Verjetno da z enim samim modelom tudi ne bi shajali. Morali bi najbrž obdelati vsaj tri modele: majhno, srednjo in veliko gradbeno organizacijo, in tudi opredeliti, kakšno število teh organizacij različne velikosti bi bilo za naše razmere optimalno. Če teh podatkov nimamo in če niti ne poskušamo na takšna vprašanja konkretno odgovoriti, potem je vsako govorjenje o razdrobljenosti slovenskega gradbeništva neutemeljeno in neplodno.

Velikost gradbene organizacije je pogojena predvsem z velikostjo nalog (gradbenih objektov), ki jih je treba graditi. Velikih gradbenih objektov pri nas nimamo veliko, tako da imajo že obstoječe velike gradbene organizacije, kot so Gradis in Slovenija ceste — Tehnika, pogosto velike težave z zasedbo svoje mehanizacije. Vemo pa, da so stroji, ki stojijo, najdražji. Predimenzionirani strojni park, ki je lahko izkorniščen le v izjemnih razmerah, pri velikih nalogah, v ostalem času pa je le delno izkoriščen, draži poslovanje gradbene organizacije. V ZRN celo podjetja, ki so tako velika kot celotno slovensko gradbeništvo, nimajo vse potrebne lastne mehanizacije, ker si jo po potrebi izposojajo od spe-

cializiranih podjetij, ki imajo težko gradbeno mehanizacijo, jo nabavljajo, vzdržujejo in posojajo z ustreznim strokovnim kadrom ali tudi brez njega.

Predpogoj za uspešno delovanje takšnega sistema dela, ki je nedvomno cenejši kot velik lasten strojni park »na zalogi«, je predvsem v tem, da ima interesent, ki najema mehanizacijo, vnaprej določen plan uporabe te mehanizacije, ki se ga bo tudi držal. Za to mora imeti jasno določen plan poslovanja svoje organizacije vsaj za eno leto vnaprej. Vprašanje je, ali so naše gospodarske razmere takšne, da omogočajo velikim gradbenim organizacijam izdelavo natančnega plana dela za vse leto ali pa celo za več let naprej plana, ki se bo resnično do tedna natančno tudi uresničeval. V ZRN kljub hudi medsebojni konkurenci velikim podjetjem uspeva, da si bolj ali manj enakomerno delijo investicijsko pogačo in da vsi približno enakomerno ostvarjajo dohodek in dobiček. Pri tem jim pomaga ne samo medsebojno sporazumevanje (po opravljeni licitaciji) v obliki formiranja skupnih gradbišč več podjetij, t. i. Arbeitsgemeinschaft, zasnovanih na povsem jasno opredeljenih medsebojnih odnosih, temveč tudi zelo diskretno, skorajda nevidno poseganje investitorjev pri oddaji del. To je dirigirano z najvišjega državnega vrha zvezne gospodarske zbornice in zveznega ministrstva za gradnje, ki si propadov velikih gradbenih podjetij ne želijo. Vendar to ne velja za številna manjša podjetja, ki jih tak tihi sporazum ne štiti. Takšnih podjetij gre v času slabe gradbene konjunktore vsako leto veliko v stečaj.

Aplicirano na naše razmere bi lahko rekli, da so možnosti sočasnega angažiranja večjega števila gradbenih organizacij na večjih gradbiščih pri nas podane v okviru obstoječih poslovnih združenj, GIPOSS-a in IMOS-a. Opredelitev dohodkovnih odnosov na takšnih skupnih gradbiščih v smislu specializacije pri izvajanju posameznih tehnoloških faz pri nas še vedno ni zadovoljivo rešena. V praksi se to sodelovanje, ki se je doslej uveljavljalo le pri gradnji stanovanjskih naselij, največkrat spremeni v razdelitev posameznih objektov različnim organizacijam, tako da posamezne organizacije prevzamejo izgradnjo celotnih stavb.

Pred leti smo v gradbeništvu tako kot drugod v proizvodnji vpeljali temeljne organizacije združene dela. Temu ideološkopolitičnemu imperativu so se nekatere gospodarsko uspešne gradbene organizacije takrat močno upirale, vendar so jih naposled le ustanovile. Sedaj imamo v gradbeništvu 257 tozgov. Vprašanje je, kaj smo s tem dosegli? s stališča gospodarnosti in učinkovitosti poslovanja. Ta poseg je nedvomno povzročil drobljenje gradbeništva, povečalo se je število administrativnega kadra, zaradi česar se je proizvodnja nedvomno po-

Avtor: Prof. Sergej Bubnov, dipl. ing. gradb. Ljubljana Štrekljeva 2

\* Članek je bil objavljen v Gospodarskem vestniku št. 6. 18. 2. 1983.

dražila. Tehnih ekonomskih raziskav tega problema, žal, nimamo. Zato o gospodarskih posledicah teh ukrepov lahko le ugibamo.

Razdrobljenost gradbeništva sama po sebi še n pomeni neučinkovite in drage proizvodnje. Poznamo zelo razvita gospodarstva v svetu, kjer je gradbeništvo na nekaterih sektorjih dela še veliko bolj razdrobljeno kot pri nas, a je kljub temu zelo učinkovito in uspešno. Bistvena je razlika med našimi in tujimi pogoji gospodarjenja, predvsem v delovanju gospodarskih zakonitosti, konkurenci na tržišču, praktično neomejenih možnostih oskrbe z vsem potrebnim materialom in strokovnim kadrom, ob vsakem času, in še v drugih pogojih dela in proizvodnje. Če pa se razdrobljenost sprevrže v monopolne pozicije v občinskih ali regionalnih okvirih, v pretirano napihovanje lokalnih zmogljivosti, z nabavo nepotrebne in preobsežne mehanizacije, ki naj bi bila na voljo »za vsak primer«, potem je to zanesljivo gospodarska napaka. Takšna nesmotrna nabava mehanizacije (največkrat najmodernejše, uvožene) tudi v večjih gradbenih organizacijah je deloma pogojena z dejstvom, da pri nas nimamo zanesljivih planov gospodarskega razvoja za nekaj let naprej. Včasih se pojavijo obsežne naloge, ki jih je treba napraviti zelo hitro (recimo, obnova stez brniškega letališča), ki zahtevajo zaposlitev velikega števila gradbenih strojev določenega tipa. Ti stroji so polno izkoriščeni morda 2—3 mesece, potem pa utegnejo stati nekaj let in čakati na naslednjo ugodno priložnost. To čakanje pa obremenjuje režijo gradbene organizacije in draži stroške proizvodnje.

## 2. Ocena gradbeništva doma

Gradbeništvo je večkrat tema različnih problemskih konferenc, sestankov, sej in razprav, ki odmevajo v sredstvih javnega obveščanja, tisku, radiu in televiziji. Pogosto je predmet samostojnih člankov in prispevkov nekaterih bolj ali manj obveščanih in strokovno usposobljenih novinarjev. Pri tem gre za oceno v javnosti, ki je dostopna širokemu krogu naših ljudi. Ožje strokovne ocene celotne panoge z gospodarskega ali strokovno-tehničnega stališča so dokaj maloštevilne in običajno v ozkem krogu prizadetih strokovnjakov.

Značilno je, da se ocena gradbeništva v javnosti oblikuje skoraj izključno skozi prizmo stanovanjske graditve. Na to področje se vsi nekako »spoznajo« in zato se čutijo upravičeni ali poklicani, da v tej zadevi zavzamejo stališča. Čeprav je stanovanje proizvod, v katerega so v dolgi proizvodni verigi vključeni številni dejavniki, ki se začneja s finančniki, planerji, urbanisti, komunalci, projektanti in konča s proizvajalci iz 27 različnih panog industrije, končno plačilo za stanovanje prejema le gradbenik in tudi izročila ključ uporabniku.

Zato je razumljivo, da je v očeh uporabnika oziroma kupca gradbena organizacija odgovorna

za vse tehnične pomanjkljivosti v stanovanju (tudi za vse vgrajene materiale in napeljavo), kakor tudi za ceno, ki je in bo za kupca vedno previsoka (in je zares visoka). Zakaj je cena visoka in koliko bi bila lahko nižja, o tem je malo zanesljivih podatkov. Pred nekaj leti je bilo na različnih pristojnih forumih, ki so razpravljali o cenah v stanovanjski graditvi, slišati dokaj kritične in celo negodujoče ugotovitve, da je cena 1 m<sup>2</sup> stanovanja dosegla že neverjetno višino enega milijona (starih) dinarjev. Sedaj, ko dosega že štiri stare milijone, teh negodujočih vzklikov, ki so jih takrat povzročale številke z večjim številom ničel, ni več slišati, čeprav je kritiko o previsoki ceni še vedno slišati, vendar ni več vezana na okrogle številke.

Stanovanjska graditev zavzema v celotnem obsegu gradbene proizvodnje v SR Sloveniji in tudi v SFRJ le okrog 1/3 vse proizvodnje. Kritika te proizvodnje se pri nas in tudi v SFRJ v javnosti prikazuje kot kritika gradbeništva v celoti. Ta ocena je že več let in tudi več kot desetletje v javnosti v bistvu negativna.

Ne da bi se tukaj spuščali v upravičenost takšnih ocen, bi bilo umestno presoditi učinke takšnih javnih ocen na širšo družbo in na gradbeništvo v celoti.

Pričakovalci oziroma kupci stanovanj so z gradbeniki, od katerih so prejeli ključ stanovanja, praviloma nezadovoljni zaradi previsoke cene, običajnih sporov zaradi naknadnih zahtev za zvišanje pogodbene cene, predolgih rokov graditve, pomanjkljivosti pri obrtniških delih in drugih razlogov. Negativna kritika gradbenikov, kot nosilcev stanovanjske graditve, v javnosti jih v tem primeru nekoliko potolaži. Morda je v tem pozitivna stran takšne ocene. Negativna stran je pa v tem, da so se gradbeniki na takšne nepretrgane, pavšalne in neutemeljene kritike preveč navadili. Zato jih kritike ne mobilizirajo več, oziroma ne spodbujajo dovolj k odpravljanju različnih pomanjkljivosti, ki nedvomno so zlasti, ker se te pomanjkljivosti le ugotavljajo, nihče pa ne ponudi zanesljivega oprijemljivejšega »recepta« na kakšen način jih je treba odpraviti.

## 3. Ocena našega gradbeništva v tujini

Objektivno oceno strokovnosti tako posameznikov kot gospodarskih organizacij prej lahko pričakujemo v tujini kot doma. Stari rek »nemo propheta in patria« — (nihče ni prerok v domovini) tudi tukaj drži. Dokaz temu so visoka priznanja številnim našim strokovnjakom, ki jih doma niso znali pravilno oceniti. Tudi naše gradbeništvo ima v tujini veliko boljši sloves in ugled kot doma.

Naši gradbeniki iz Slovenije že več kot 20 let sodelujejo v ZRN s tamkajšnjimi največjimi gradbenimi organizacijami (Holzmann, Dywidag, Berger in drugi) zelo uspešno. Naši gradbeni strokovnjaki in delavci so v ZRN povsod visoko cenjeni.

V maju 1981. leta sem v Moskvi v zasebnem razgovoru z enim izmed visokih funkcionarjev GOSSTROJ-a ZSSR (Zvezni organ za gradbeništvo) slišal med drugim tudi tele besede: »Pri nas visoko cenimo jugoslovanske gradbenike. Zgradili so nam nekaj velikih hotelov hitro in kvalitetno«. Znano je, da so jugoslovanske organizacije zgradile enega izmed najboljših hotelov v Moskvi — Kosmos (za olimpiado) in več hotelov ob obalah Črnega morja. Hotelska gradnja je v bistvu podobna stanovanjski gradnji. Če se spomnimo izredno uspešne gradnje velikega hotela v Zakopanah (ki ga je gradil novomeški Pionir) in še drugih podobnih objektov v DDR, Pragi in drugod, potem se moramo spraševati, kako je mogoče, da so naše gradbene organizacije ob hudi mednarodni konkurenci tako uspešne v tujini in tako neuspešne doma.

V analizi gospodarstva Jugoslavije v letu 1981, ki jo je izdelala Ekonomska komisija za Evropo združenih narodov (ECE), je bilo ugotovljeno, da Jugoslavija zapostavlja dve svoji perspektivni panogi: gradbeništvo in kmetijstvo.

Pomočnik vodje delegacije Evropske gospodarske skupnosti (EGS) v Jugoslaviji, Frank Hesse, je na tiskovni konferenci na vprašanje o možnostih trgovanja SFRJ in EGS povedal: »Raven industrijske razvitosti pri vas se razlikuje: so industrije, ki so konkurenčne ne samo v EGS, temveč na svetovnem trgu. Takšni primeri so: gradbeništvo na Bližnjem vzhodu in nekatere druge panoge...« (med temi je omenil samo tovarno lahkih metalnih konstrukcij SOKO iz Mostarja) (gl. Delo 3. 4. 1982).

V poplavi domačih kritik se včasih znajde kakšen podatek brez komentarja, ki nekoliko drugače osvetljuje celoten problem. Delo je 10. 7. 1982 zapisalo: »Zanimivo je (sic), da z gradbeništvom v tujini ustvarimo več deviz kot pa s turizmom, ki mu posvečamo dosti več pozornosti. Medtem ko je naš turizem leta 1976 prinesel Jugoslaviji 802 milijona dolarjev, gradbeništvo pa 824 milijonov dolarjev, je bila razlika še bolj občutna leta 1980, ko je turizem zagotovil 1.115 milijonov dolarjev, za gradbena dela pa smo iztržili 1.668 milijonov dolarjev oz. za skoraj polovico več«. Za leto 1982 je bilo mimogrede zapisano: »S turizmom ne bomo zaslužili niti milijardo dolarjev, edino gradbenikom bo uspelo v tujini prodati kar za 2,5 milijarde dolarjev svojega dela, kar je ena redkih letošnjih svetlih točk« (Delo, 20. 11. 1982).

#### 4. Katera ocena je pravilna?

Kakor vidimo, se ocene doma in v tujini precej razlikujejo. Boriti se za boljšo oceno v naši javnosti je nesmiselno, ker je to včasih tudi ocena ne dovolj kompetentnih novinarjev, ki ne more vplivati na gospodarski položaj gradbeništva. Pač pa je nevarnost, da nepravilne ocene na področju stanovanjske graditve, kjer dejansko ne manjka

pomanjkljivosti, in stalno kritiziranje gradbeništva, zamegljujejo prave vzroke teh pomanjkljivosti. Ne gre za slabšo ali boljšo oceno, temveč za **pravilno** oceno. V kritikah stanovanjske graditve se sicer omenjajo tudi drugi udeleženci dejavniki, vendar bolj mimogrede, največja teža pa vedno pade na ramena gradbenikov.

V novembru 1982, so v zvezni skupščini razpravljali o stanovanjski graditvi. Ponovno je bilo slišati veliko kritike, toda toni te kritike so bili tokrat nekoliko drugačni. Kritizirali so predvsem sistem in organizacijo stanovanjske graditve v širšem družbenem in gospodarskem kontekstu. Ugotovili so, da smo imeli pred časom gradnjo za trg, ki smo jo opustili kot neustrezno zato, da bi prešli na usmerjeno gradnjo. Sedaj se je pokazalo, da nimamo ne gradnje za trg ne usmerjene graditve.

Ob prehodu na usmerjeno graditev smo takrat večkrat opozarjali, da za usmerjanje ni pogojev, ke ne more biti usmerjanja brez usmerjevalcev, ki morajo biti izkušeni in sposobni vsaj toliko kot izvajalci, če hočemo, da bi bilo usmerjanje uspešno. Takšnih kadrov pa »na cesti« ni bilo. Nitreba redno citirati Lenina, da bi se zavedali, da so kadri osnova vsakega napredka. Ne pomagajo ne samoupravni sporazumi ne družbeni dogovori (o racionalizaciji stanovanjske graditve, o oblikovanju cen in podobno), če za tem ne stojijo ustrezni strokovni kadri. Tako so ustanovljeni SIS-i pomanjkanje kakovostnih kadrov skušali nadomeščati količinsko. Sedaj ugotavljamo, da se je v SIS-ih (ne samo na področju stanovanjske graditve) razrasel birokratski aparat, ki bremeni gospodarstvo in ovira stabilizacijo ter da je treba ta aparat bistveno skržiti. Če naj prav razumemo poročila iz omenjene skupščinske razprave, sedaj ponovno zagovarjamo gradnjo za trg, ker je stanovanjska graditev v tem sistemu bila bolj učinkovita.

Gradnja za trg v naših takratnih gospodarskih razmerah »pregretega« gospodarstva, s pretirano investicijsko izgradnjo, ko gradbeništvo ni zmoglo sproti zadovoljevati vseh potreb in se je borilo predvsem za ugodnejša naročila, stanovanjsko graditev pa puščala bolj ob strani, je imela nedvomno svoje pomnjkljivosti, zlasti ker je bilo povpraševanje večje od ponudbe, finančnih sredstev pa je bilo veliko. Toda v sedanjih zaostrenih gospodarskih razmerah, ko se investicijska izgradnja bistveno krči, bi trg in tržne zakonitosti lahko odigrali svojo pozitivno vlogo. S ponovno uvedbo licitacij, tudi za stanovanjsko gradnjo, bi bilo mogoče doseči ugodne učinke — znižanje cen in hitrejšo graditev. Spomnimo se samo, kako učinkovita je bila vselej naša gradnja za turizem, ki je vedno slonela na licitacijah, strogem nadzorstvu in zelo kratkih rokih graditve.

Usmerjena stanovanjska graditev se je pri nas takrat porodila v glavah nekaterih ljudi, ki so si predstavljali, da bodo stanovanjsko graditev v naši samoupravni družbeni ureditvi lahko usmer-

jali podobno kot to dela GOSSTROJ v SZ. Usmerjanje tudi tam ni rodilo vedno najlepših sadov, čeprav jim ne gre odrekati pomembnih uspehov pri obsegu stanovanjske graditve. Vse te ugotovitve navajajo na spoznanje, da pomanjkljivosti na področju stanovanjske graditve v veliki meri izvirajo tudi iz samega sistema in organizacije stanovanjske graditve in da ni samo gradbeništvo odgovorno za vse napake. Pravilne ocene bi morale objektivno upoštevati pomen in vlogo vseh dejavnikov na tem področju, če hočemo pomanjkljivosti odpraviti.

#### 4. Organizacija gradbeništva v inozemstvu

V razvitih državah na zahodu je gradbeništvo organizirano nekoliko drugače kot pri nas, odvisno od vrste gradbenih del, ki jih opravlja. Na področju visokogradnje je na primer v ZRN gradbeništvo bolj razdrobljeno kot pri nas. Na gradbiščih v nemških mestih vidimo povsod velike panoge z množico ozkih letvic, na katerih so izpisani naslovi vseh izvajalcev. Ne samo, da vsako vrsto obrtniških del (mizarski izdelki, podne obloge, vodovodne inštalacije, elektrika, centralna kurjava, dvigala itd.) opravlja drug izvajalec, temveč tudi tako imenovana groba gradbena dela so pogosto v rokah različnih izvajalcev. Tako velikokrat zemeljska dela (izkopi), opaženje, betonska dela, polaganje armature in še druga dela opravljajo različni izvajalci, kar pri nas ni navada, ker vsa groba gradbena dela pri nas praviloma izvaja le ena sama gradbena delovna organizacija. V ZRN povezovanje in koordinacijo vseh teh izvajalcev opravlja nadzorni organ investitorja. Pri tej tako razdrobljeni organizaciji gradbeništva je Nemčiji uspelo po vojni v zelo kratkem času uspešno obnoviti številna nemška mesta, ki so bila do tal porušena.

Na področju nizkih gradenj (ceste, mostovi, hidrotehnični objekti) je glavni del naloge v rokah ene organizacije, pri čemer se pri večjih nalogah običajno združuje več podjetij (navadno tri do pet) za skupno izvajanje del na enem gradbišču v t. i. Arbeitsgemeinschaft ali na kratko ArGe. Na licitacijah, ki so obvezne za vsa javna dela, nastopajo podjetja navadno samostojno, ponekod tudi s svojimi projekti (največkrat za mostove). Konkurenca je zelo ostra. Udeležuje se je včasih po 20 ponudnikov. Ko je najugodnejši ponudnik določen in izdelano zaporedje ponudnikov glede na ceno in pogoje, takrat se navadno nekaj najugodnejših ponudnikov, bodisi na pobudo investitorjev ali na lastno pobudo, dogovorijo za skupno izvajanje del. Tedaj se na podlagi jasno določenih pogojev o dohodkovnem povezovanju razdelijo naloge: eno izmed podjetij prevzame vodenje tehničnih poslov, drugo pa komercialnih poslov. Ostala podjetja sodelujejo pri določenih delih, kakor se dogovorijo. Vsi dogovori držijo »kot pribito«, čeprav največkrat niso ne zapisani ne podpisani, temveč so le ustni. Vsi partnerji spoštujejo dano besedo in zelo

je slabo, če kakšno podjetje pride na slab glas, da ne spoštuje dogovorov. Takšno podjetje bo zelo hitro izločeno iz sodelovanja, kar praktično pomeni izločitev s tržišča.

Velika podjetja so običajno zmožna sama izvajati tudi največja javna dela, toda zelo radi se odločajo za ArGe, ker se na ta način tveganje morebitne izgube pri izlicitiranih delih deli na več partnerjev in je tako manj boleče. Po drugi strani tudi investitorji in upravni organi podpirajo takšen način dela, ker s tem zagotavljajo obstoj potrebne ga števila večjih gradbenih podjetij, ki so državi stalno potrebna.

Ko je bila razpisana mednarodna licitacija za izgradnjo avtoceste Vrhnika — Postojna, so se nekatera gradbena podjetja iz Furlanije zanimala za sodelovanje pri tej gradnji. Vzpostavili so stike z nami in ponudili udeležbo. Ker teh podjetij (Acco, Pesdir) nismo poznali, smo odšli v Furlanijo, da bi ugotovili, kaj ta podjetja dejansko pomenijo. V obeh primerih smo videli majhne barake, ki so bile njihovi »upravni prostori«, v katerih je delalo 3—5 ljudi. Ko pa smo pogledali spisek mehanizacije, smo ugotovili, da ima tako podjetje (Acco) domala več težkih strojev za nizke gradnje, kot jih je takrat imelo naše največje podjetje za nizke gradnje Slovenija ceste. Ta mehanizacija je delala na različnih gradbiščih, lastnik podjetja je opravljal vse posle v glavnem sam, včasih tudi sam pospravljajal stroje. Drugo podjetje je imelo velike separacije za proizvodnjo gramoza in drobljenca za cestna dela, popolnoma mehanizirane, z zmogljivostjo, ki je presegala največje separacije, ki smo jih takrat imeli v Ljubljani. Seveda imajo v Italiji tudi velika podjetja, ki so podobna nemškim velikim podjetjem za nizke gradnje. Stanovanjsko gradnjo pa izvajajo v glavnem le majhna podjetja.

V Italiji javna dela prav tako oddajajo na licitacijah. Pri tem uporabljajo sistem za izbiro najugodnejšega ponudnika, ki tam velja menda že od rimskih časov. Elaborat za licitacijo pripravi investitor in določi ceno. Ponudniki v zapečatenih ovojnicah sporočajo le en podatek: odstotek popusta na izklicno ceno (oziroma odstotek povečanja te cene). Licitacijska komisija sešteje vse odstotke ponudnikov in seštevek deli s številom ponudnikov. Delo dobi tisti ponudnik, katerega odstotek popusta je najbližji povprečnemu odstotku popusta, dobljenem iz ponudb vseh ponudnikov. Najugodnejši ponudnik torej ni nikoli najcenejši, temveč najrealnejši ponudnik.

V Zahodni Evropi ima pri oddaji in prevzemu del veliko vlogo projektant, ki ga običajno imenujejo »arhitekt«. (V Angliji je projektant nizkih gradenj tudi »arhitekt«.) Pri oddaji del za izgradnjo javnih zgradb arhitekt, tj. projektant nudi ne samo projekt, temveč tudi izvedbo za določeno ceno. Pri tem sam priskrbi izvajalca. V tem primeru prevzema vlogo našega inženiringa. Projektant



tudi odgovarja, če prekorači znesek, za katerega je ponudil objekt, čeprav navadno ni gradbeni podjetnik. Ta odgovornost sili projektante, da natančno kalkulirajo cene in določijo vrednost objekta. Zato so tam arhitekti veliko bolje seznanjeni s tekočimi cenami vseh gradbenih in obrtniških materialov in del kot pri nas ter se zelo trudijo, da ne prekoračijo ponujene cene. Če arhitekt prekorači svojo ceno, običajno materialno ne nadomešča razlike iz lastnih sredstev, toda njegov strokovni ugled je s tem zelo omajan in lahko računa z izpadom nadaljnjih naročil. Zato so prekoračitve predračunskih cen tam veliko bolj redke kot pri nas. To se je dogajalo navadno le pri zelo zahtevnih, ekstravagantnih konstrukcijah objektov, kjer ni bilo mogoče vnaprej predvideti vseh problemov, ki so povečali ceno (npr. olimpijski stadion v Münchnu, Opera v Sydneyu).

Kot vidimo se organizacija gradbeništva v drugih državah razlikuje od naše. Ponekod je gradbeništvo celo bolj razdrobljeno kot pri nas, toda kljub temu učinkovito. Bolj kot formalna organizacija so pri tem pomembni kadri, njihove delovne navade in njihova poslovnost, ki v veliki meri temelji na spoštovanju dane besede.

### 5. Ali so cene naših gradbenih del previsoke?

Pred leti je bila na televiziji v Ljubljani oddaja v živo pod naslovom »Najdražji stanovanjski m<sup>2</sup> na svetu«. Naslov, ki ga je oddaja dala TV Ljubljana, je bil očitno provokativen. V oddaji so sodelovali številni predstavniki gradbeništva, upravnih organov stanovanjskih skupnosti, gospodarske zbornice, raziskovalnih organizacij in drugih organizacij, ki so povezane s stanovanjsko gradnjo. V oddaji ni nihče dokazal, da je m<sup>2</sup> stanovanja pri nas najdražji na svetu, nihče tudi ni predložil kakršnihkoli primerjalnih podatkov o cenah stanovanj pri nas in v svetu. Tako je ta oddaja, ki je trajala dolgo v noč, na koncu le izzvenela v prazno. Toda koristna je bila le, ker je javnosti pokazala, kako zapleten in tudi drag je naš celotni proces stanovanjske graditve.

Cene stanovanjske graditve pri nas niso najvišje na svetu, toda lahko rečemo, da so visoke in da bi mogle biti nižje.

Visoke cene v stanovanjski gradnji izvirajo v veliki meri iz visokih cen materialov, ki so vgrajeni v stanovanje. Stroški materiala znesejo okrog 70 % cene m<sup>2</sup> stanovanja. Na cene teh materialov (vključno z materiali vseh instalacij) gradbeniki nimajo vpliva, ker te materiale proizvajajo organizacije izven gradbeništva. Le proizvodnja gramoz in drugih agregatov za beton je ponekod vključena v gradbene organizacije. Proizvodnja opečnih izdelkov pa je organizirana v okviru posebnih delovnih organizacij industrije gradbenega materiala, ki delujejo samostojno na podlagi svojega gospodarskega računa. Materiali so pri nas na splošno dražji kot v svetu, zato so tudi cene gradbenih

del, v katerih je vključeno veliko materiala, kot je to primer pri stanovanjski graditvi, pri nas relativno višje kot drugod, čeprav ne povsod. Stanovanjska gradnja v Italiji je sorazmerno cenejša kot pri nas, ne moremo pa tega trditi za Avstrijo, Švico, ZRN in nekatere druge države. Relativno cenejša je stanovanjska graditev v Franciji v okviru Socialnega programa HLM (Habitation louage modéré — Stanovanja z zmerno najemnino), vendar je standard opreme teh stanovanj (kuhinja, sanitarije) nižji kot pri naših stanovanjih. Naša stanovanja so draga tudi zato, ker se arhitekti in urbanisti izogibajo tipizaciji, tako da so stanovanjske stavbe in naselja različno oblikovana. Ta raznolikost naše stanovanjske arhitekture pomeni nedvomno poživitev in popestritev (včasih bolj, včasih manj uspešno) našega bivanja in našega okolja, za kar je treba tudi nekaj plačati. Danes si najbrž ne bi več želeli stanovanjskih naselij tipa »Megradovih« blokov, ki smo jih takoj po vojni gradili v ljubljanski Šiški.

Osebnih dohodkov naših gradbenih delavcev so bistveno nižji kot ti dohodki v omenjenih državah. Toda zelo visoki so režijski stroški naših gradbenih organizacij. Režijski stroški se pri nas, podobno kot ponekod drugod, zajemajo s pomočjo tako imenovanega faktorja, tj. koeficienta, s katerim se pomnožijo neto ali bruto osebni dohodki delavcev pri kalkuliranju cen gradbenih del. Ta faktor se pri naših organizacijah giblje običajno med 3 do 4. To pomeni, da bruto osebne dohodke povečajo za 3 do 4-krat, da bi s tem zneskom pokrili izdatke svoje režije. Ta faktor je v primerjavi z drugimi državami izredno visok. Pred vojno so v gradbenih podjetjih uporabljali faktor 1,25, in to na neto plače. Pri nas bi sedaj moral faktor na neto plače znašati 4 do 5. Ta faktor je pri nas tako visok, ker so stroški režije zelo veliki. Vedeti moramo, da so v teh stroških ne samo plače administrativnega kadra, ki je pri nas bolj številčen kot drugod, temveč tudi številni stroški, zvezani s standardom in različnimi neproduktivnimi izdatki. Tukaj so zajeti delni stroški počitniških domov (velikokrat zelo bogato opremljenih), izdaja in tisk lastnih časopisov, velike jubilejne proslave, bogate gostitve poslovnih partnerjev, podpora športnim društvom, gradnja in vzdrževanje poslovnih prostorov (pri čemer je gradbeništvo bolj skromno kot nekatere druge panoge pri nas) in še različni drugi izdatki. Ti režijski stroški dražijo gradbena dela bolj kot slaba organizacija dela in nizka produktivnost, kot se to običajno sliši v sredstvih javnega obveščanja. Kar zadeva organizacijske sposobnosti naših gradbenikov in produktivnost dela, zanesljivo bolj veljajo že prej omenjene ocene iz inozemstva. Tudi z višjo produktivnostjo in boljšo organizacijo v naših razmerah ni mogoče doseči bistvenega znižanja gradbenih cen. Takšno znižanje bi bilo mogoče doseči predvsem z znižanjem cen materialov in z zmanjšanjem režijskega faktorja,

tj. z opustitvijo številnih postranskih dejavnosti v okviru gradbenih organizacij, ki so se ukoreninile ne samo v gradbeništvo, temveč tudi v drugih panogah in so neločljivi del naše stvarnosti.

## 6. Kako do realnih spoznanj?

Pomanjkljiva, v glavnem negativna ocena našega gradbeništva v sredstvih javnega obveščanja je deloma posledica neaktivnosti samih gradbenikov na področju obveščanja. Gradbeniški poklic zahteva od človeka nenehna dejanja, ne pa besede. Sleherni gradbenik, bodisi pri risalni deski ali na gradbišču, se vsak dan srečuje z novo situacijo, ki jo mora reševati na najbolj ustrezen način. Projektant mora nenehno odločati pri oblikovanju projekta in reševanju raznih funkcionalnih, arhitektonskih in konstrukcijskih vprašanj, izvajalca pa že samo napredovanje del postavlja vsak dan pred nove naloge. To je naporno delo in zahteva vsega človeka. Gradbenik svojega dela ne konča s končanim delovnim časom, temveč o problemih, ki ga čakajo naslednji dan, običajno razmišlja tudi doma. Gradbeniki nimajo dosti časa in je zato njihova udeležba pri delu raznih družbenopolitičnih organizacij, v primerjavi z drugimi poklici, dokaj skromna.

Toda čeprav gradbeniki v resnici zelo malo skrbijo za svoj »image«, bi bila objektivna in realna ocena gradbeništva nujno potrebna za nadaljnji uspešen razvoj stroke. Vprašanje je le, kdo v našem družbenem sistemu lahko takšno oceno poda. Načeloma bi to morale storiti razvojno-raziskovalne organizacije. Za raziskovalno dejavnost naša družba izloča okrog 1,5 % vrednosti družbenega proizvoda, kar ni malo glede na našo stopnjo razvitosti. Pri zelo razvitih državah se ta delež giblje okrog 2 % (Japonska 1,75 %). Za našo družbo takšen izdatek pomeni precejšen napor. Vprašanje je pa, kaj družba za ta vložena sredstva tudi dobi. Te bilance doslej še ni nihče izdelal. Res, je da je številne raziskovalne naloge težko ovrednotiti, zlasti fundamentalne in družboslovne raziskave ter podobno. Toda v posameznih gospodarskih panogah bi takšno bilanco mogli narediti, vsaj v grobem.

V raziskovanje v gradbeništvo je bilo vloženo v času po osvoboditvi nemalo denarja, konkretnih rezultatov, pomembnih za razvoj panoge kot celote, v smeri kar najbolj gospodarnega in učinkovitega poslovanja, pa ni bilo dosti. Ves razvoj tehnologije graditve, vpeljave nove mehanizacije in materialov, računalniške obdelave podatkov tekočega poslovanja in še številne druge naloge so reševale organizacije gradbeništva same. Spominimo se samo vpeljave sodobnih metod opaženja (AZ opaži, tunelski opaži), vlivanja betona z betonskimi črpalkami, vpeljave težke mehanizacije za zemeljska dela in gradnjo cest, montažne gradnje industrijskih objektov in prefabriciranih elementov, avtomatizacije separacij za proizvodnjo gromača, standardiziranih opisov gradbenih del, ra-

računalniške obdelave mesečnih situacij in končnih obračunov in še številnih drugih uspešno rešenih nalog. Raziskovalne organizacije gradbeništva pri vsem tem niso sodelovale. (Raziskave nosilnosti nekaterih konstruktivnih sistemov in materialov so naročale organizacije gradbeništva same.) Na področju stanovanjske graditve se sporadično ponujajo le nekatere tehnološke »novitete« (SAR sistemi in podobno), prevzete iz inozemstva (ZRN, Nizozemska), ki pa pri nas niso mogle zažveti, predvsem zato, ker niso nikdar vsebovale ustreznih kalkulacij in dokazov gospodarske upravičenosti takšnih rešitev v naših posebnih gospodarskih in družbenih razmerah. Z raziskovalnega področja je gradbeništvo dobilo nekaj dobrih računalniških programov za dimenzioniranje večnadstropnih konstrukcij na potresne obtežbe, ki jih lahko s pridom uporabljajo nekateri statiki v projektantskih organizacijah, s katerimi se dosežejo nekateri prihranki v času projektiranja in izboljša dimenzioniranje konstrukcij, vendar gledano skozi globalni obseg gradbene proizvodnje so to v gospodarskem pomenu le neznatni prihranki.

Največja pomanjkljivost raziskovalnih organizacij na področju gradbeništva je v tem, da so pri raziskovalnih nalogah na področju tehnologije nudili in še vedno nudijo gradbenikom le tehnično plat rešitve, ne pa tudi ekonomske plati. Tudi tehnično najpopolnejše rešitve pogostokrat ne pridejo v poštev, ker so predrage in jih zato v gradbeništvo nadomeščajo z drugimi rešitvami, ki so tehnično zadovoljive, vendar cenejše in v naših razmerah dosegljive.

Določanje realnih cen gradbenih del v naših gospodarskih razmerah je zelo odgovorna in naporna naloga, ki zahteva od kalkulatora ne samo poznavanje vseh ustreznih določb in predpisov ter cen gradbenih materialov in strojnih storitev, temveč tudi obsežne operativne izkušnje in poznavanje gradbene tehnologije. Pri nas je gradbenih kalkulantov na splošno premalo, v raziskovalnih organizacijah pa jih praktično ni. V razvitih državah se z vprašanjem določanja cen temeljito ukvarjajo vsi dejavniki gradbenih organizacij, od direktorjev navzdol. Tudi arhitekti natančno zasledujejo gibanje cen gradbenih materialov in storitev ter temu prilagajajo svoje projektiranje. Določanje cen in komercialni posli imajo v razvitih državah zahoda največjo prednost v gradbenih organizacijah. Schultz in Weinberger, sedanja ministra ZDA, ki sta prišla iz gradbene organizacije, sta se tudi ukvarjala s takšnimi problemi.

Pri nas ta dejavnost v gradbenih organizacijah nima ugleda, ki ji po pravici pripada. Projektanti izdelujejo običajno projekte svobodno po svojih zamislih, potem pa »odrinejo« projekt kalkulantu, da jim določi ceno, in sicer navadno v zelo kratkem času, ker so razpoložljive roke za izdelavo projekta običajno že izkoristili drugi projektanti (arhitekt, statik, instalater). V takšnih pogojih se kalkulanti

morajo zelo truditi in na hitro izdelati elaborat, ki za številne gradbene organizacije, ki ponujajo projekt in izvedbo, lahko pomeni celo vprašanje nadaljnega obstoja. Pri tem se dogajajo včasih zaradi naglice tudi grobe napake, ki jih je pozneje, po prevzemu naloge na licitaciji, težko odpraviti. V takšnih razmerah se gradbeniki pri nas, če le morejo, izogibajo kalkulantskega dela, raziskovalne organizacije pa teh problemov praktično sploh ne obravnavajo.

Za gradbeništvo bi bilo zelo pomembno natančno proučiti vprašanje dohodkovnega povezovanja več gradbenih organizacij na skupnih gradbiščih. To vprašanje bi bilo treba proučiti ne samo s tehnične plati, temveč predvsem s pravne, finančne in upravne plati. Ko smo v GIPOSS skušali prilagoditi našim razmeram določbe in pravilnike nemških ArGe, smo največ problemov srečali na področju naše finančne zakonodaje. Tehnični problemi so bili lahko rešljivi, zataknilo pa se je pri na videz manj pomembnih zadevah, kot so to na primer načini prikazovanja nedokončane proiz-

vodnje v periodičnih obračunih, vodenje materialnega knjigovodstva, odpiranje posebnega tekočega računa skupnega gradbišča in podobno. Ob pomanjkanju ustreznih strokovnjakov teh finančnih ovir ni bilo mogoče preskočiti in tako je problem ostal nerešen.

Ce bi raziskovalne organizacije v večji meri obravnavale konkretne gospodarske, pravne in finančne prvine gradbene proizvodnje, bi s tem lahko bistveno pripomogle k uspešnemu reševanju številnih odprtih problemov gradbeništva in prispevale k znižanju proizvodnih stroškov. Tudi vprašanje razdrobljenosti ali nerazdrobljenosti gradbeništva bi bilo treba rešiti na znanstveni osnovi, ob upoštevanju določb naše ustave, zakona o združenem delu in drugih zakonov, gospodarskih in planskih dokumentov in drugih parametrov. Le na ta način lahko pridemo do stvarnih ugotovitev, kaj in kako je treba v organizaciji gradbeništva spremeniti v korist samega gradbeništva in našega nadaljnega družbenega razvoja.

## Zakoreninjene napake v nekaterih naših fizikalnih in tehničnih učbenikih

BRANKO OZVALD

Čeprav je slišati neverjetno, so prav zakoreninjene v nekaterih naših fizikalnih in tehničnih učbenikih, tako za visoke kot srednje šole, že daljši čas nekatere izrazite napake, ki nikakor niso zgolj neizogibni in hitro opazni spodrsnjaji ali tiskovne napake, ampak utegnejo imeti tudi kritične, nevarne posledice. Gre za napake, ki so v očitnem nasprotju z osnovnimi načeli matematike, ali pa so sicer dokaj zakrite, vendar pomenijo prav zato toliko večjo nevarnost pri računanju s fizikalnimi oz. tehničnimi vrednotami, ki so podane na osnovi napačne matematične zmote.

Prav tako je pri tem nerazumljivo, zakaj na te napake oz. nevarnosti, ki se lahko vrinejo v delo tehnika, ne opozarjajo naši fiziki in matematiki, zlasti tisti, ki predavajo na tehniških šolah oz. fakultetah in so torej za to najbolj neposredno poklicani ter odgovorni. Saj sta vendar matematika in fizika samostojna predmeta skoraj za vse tehnike na vseh šolskih stopnjah z namenom, da bi služila kot nujna pripomočka pri njihovem strokovnem delu.

V tem smislu bi tukaj opozoril predvsem na tri značilne napake oz. pomanjkljivosti.

Avtor: Prof. Branko Ozvald, dipl. inž., FAGG, Ljubljana

### 1. Zamenjevanje enot in mer

Če želimo meriti neko matematično, fizikalno ali tehnično vrednoto (dolžino, temperaturo, tlak itd.), moramo upoštevati merske enote in merska izhodišča. Pri tem lahko merimo, kot vemo, z enakimi izhodišči in različnimi enotami (npr. Celzijeva in Réaumurjeva temperaturna skala), z enakimi enotami in različnimi izhodišči (Celzijeva in Kelvinova skala) ter z različnimi enotami in različnimi izhodišči (Celzijeva in Fahrenheitova skala). Iz teh pogojev sledijo seveda tudi medsebojni odnosi ustreznih enot in mer.

V zvezi s tem nikakor ne moremo prezreti nekkih povsem nestvarnih in nesmiselnih izrazov oz. enačb, ki jih često srečujemo v naših fizikalnih učbenikih, priročnikih o merskih enotah, šolskih demonstracijskih plakatih o teh enotah itd. V njih namreč beremo v poglavjih o temperaturi npr.  $0^{\circ}\text{C} = 273\text{ K}$ ,  $-273^{\circ}\text{C} = 0\text{ K}$ ,  $100^{\circ}\text{C} = 373\text{ K}$  itd., kar je postalo še posebej očitno ob nedavni uvedbi novih mednarodnih merskih enot SI. Če upoštevamo enega od pogojev zveze med Celzijev (C) in Kelvinovo (K) temperaturno skalo, to je odnos enot  $^{\circ}\text{C} = \text{K}$  ali  $1^{\circ}\text{C} = 1\text{ K}$ , bi sledilo iz prve in druge navedene enačbe  $0 = 273$  oz.  $0 = -273$  itd.,

torej očitna nesmisla. Bolj prikrita in nevarna je tretja enačba. Če jo delimo s 100, dobimo odnos  $1^{\circ}\text{C} = 3,73\text{K}$ , kar se seveda s prej omenjenim pojmem nikakor ne ujema. Vendar pa to lahko nekoga zavede, ker primerjamo na podoben način npr. Celzijevo in Réaumurjevo (R) skalo, torej  $100^{\circ}\text{C} = 80^{\circ}\text{R}$  oz.  $1^{\circ}\text{C} = 0,8^{\circ}\text{R}$ , kar je pravilno, ker imata ti skali za merjenje temperatur (T) skupno izhodišče ( $T_{0\text{C}} = T_{0\text{R}}$ ), medtem ko to v danem primeru ne drži.

Vidimo torej, da gre pri omenjenih izrazih za zamenjevanje enot in mer, konkretno temperatur, oz. za neupoštevanje merjenja z različnimi izhodišči, kot je to primer pri Celzijevi in Kelvinovi skali. Taka zmeda pa povsem podira stvarno predstavo o teh odnosih.

Če želimo primerjati enote omenjenih skal (C, K), sledi iz osnovnega odnosa  $1^{\circ}\text{C} = 1\text{K}$  le  $0^{\circ}\text{C} = 0\text{K}$  (in ne  $273\text{K}$ !),  $-273^{\circ}\text{C} = -273\text{K}$  (in ne  $0\text{K}$ !),  $100^{\circ}\text{C} = 100\text{K}$  (in ne  $373\text{K}$ !) itd. Pri primerjavi ustreznih mer, to je temperatur teh skal (T), pa moramo upoštevati pri sicer enakih enotah različna merska izhodišča Celzijeve temperature  $T_{\text{C}}$  in Kelvinove temperature  $T_{\text{K}}$  ( $T_{0\text{C}} \neq T_{0\text{K}}$ ) z znanim odnosom  $T_{\text{K}} = T_{\text{C}} + 273$ . Tako lahko pravilno izražamo omenjene temperature oz. njihove odnose kot enačbe le v obliki  $T_{0\text{C}} = T_{273\text{K}}$ ,  $T_{0\text{K}} = T_{-273\text{C}}$ ,  $T_{100\text{C}} = T_{373\text{K}}$  itd.

## 2. Pomanjkljiv pregled matematičnih stopenj fizikalnih vrednot

V nekih naših učbenikih fizike (fakultetnih in srednješolskih) zasledimo v ustreznih poglavjih pojasnilo, da delimo fizikalne količine (vrednote) na skalarje ter vektorje. V zvezi s to delitvijo pa v takem učbeniku ni omenjeno nič drugega, kot bi bilo s tem zaporedje matematičnih stopenj omenjenih količin zaključeno oz. popolno. To pa pomeni tako pomanjkljivost, kot bi delili npr. geometrijo na črte oz. dolžine ter ploskve oz. površine, torej le na prvo in drugo dimenzijo, dasi poznamo pri njej še like tretje dimenzije, to je telesa oz. prostornine.

V podobnem smislu imamo tudi pri fizikalnih vrednotah še njihovo naslednjo višjo, to je tretjo (in zadnjo) matematično stopnjo, imenovano tenzorji, pri čemer so vektorji in skalarji le njihovi posebni (poenostavljeni) primeri (tenzorji prvega in ničtega reda).

Ne glede na to, kako podrobno naj bi obravnavali na tehniških šolah vektorske ter še posebno mnogo bolj zapletene tenzorske račune, se pri navajanju in primerjanju omenjenih matematičnih stopenj nikakor ne bi smeli izogniti vsaj omembi tenzorskih količin oz. vrednot, z opozorilom na njihove značilne lastnosti, za razliko od vektorjev ter skalarjev, saj spadajo v tenzorsko skupino še mnoge zelo pogoste in pomembne fizikalne oz. tehnične vrednote kot npr. notranja napetost v materialih, tlak ali enakomerna (ploskovna ali linearna) obre-

menitev konstrukcij, modul elastičnosti materialov, vztrajnostni momenti teles, elektromagnetno polje itd.

Tako ne moremo biti presenečeni, če marsikateri tehnik, fizik ali matematik srednje ali celo visoke stopnje sploh ne pozna izraza »tenzor«, ali pa ne zna opredeliti nekaterih fizikalnih oz. tehničnih vrednot z ustrežno matematično stopnjo, posebno še glede razlike med vektorji in tenzorji. Ta ugotovitve se tudi povsem ujema z izrazitimi napakami v različnih učbenikih, kot so opisane v nadaljevanju tega spisa.

## 3. Nepoznavanje matematičnega značaja določenih fizikalnih vrednot

Do kakšnih kritičnih ter prav nevarnih napak lahko privede nepoznavanje pregleda nad omenjenimi matematičnimi stopnjami fizikalnih oz. tehničnih vrednot, nam pokaže težka matematično-fizikalna zmeta, ki jo lahko zasledimo v nekaterih naših publiciranih učbenikih fizike in tehnične mehanike (trdnost), v poglavjih o tlaku ali mehanski napetosti v telesih oz. materialih.

S tem v zvezi trdijo namreč avtorji učbenikov, da je mehanska napetost oz. tlak vektor, kar naj bi torej pomenilo, da veljajo za te fizikalne vrednote matematična pravila vektorskega računa. Podobno velja seveda za sorodne količine, torej za zunanjo zvezno obremenitev konstrukcij itd. Da pa je to težka in nevarna zmeta, naj pokaže naslednja razčlenitev primera, ki je podana toliko podrobneje, kolikor bolj je ta napaka marsikomu poleg avtorjev in recenzentov takih učbenikov prikrita ali sploh neznana.

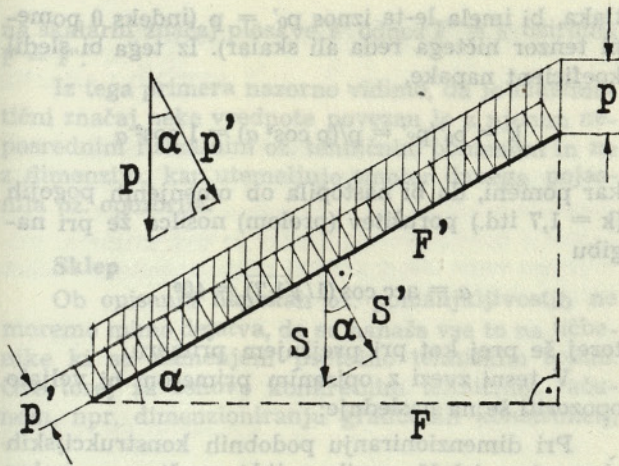
Skica nam kaže v prerezu poševno ploskev  $F'$  (npr. pravokotnik), na katero deluje poševno pod vpadnim kotom  $\alpha$  (npr. v smeri zemeljske privlačnosti) zunanja enakomerna obtežba oz. normalni tlak (pritisk)  $p\text{ N/m}^2$  (npr. plast snega ali podobno). Določiti je treba projekcijo obtežbe  $p'$ , ki deluje na ploskev  $F'$  pravokotno, npr. za potrebe statičnega izračuna konstrukcijskega elementa. Pri tem velja v skici načelo, da so označene vodoravne in navpične količine brez črtic ( $F$ ,  $S$  itd.), poševne pa s črticami ( $F'$ ,  $S'$  itd.).

Iskano projekcijo  $p'$  določimo na 2 načina, kot sledi.

Če upoštevamo tlak oz. obtežbo  $p$  kot vektor, za kar smatrajo to fizikalno količino avtorji omenjenih učbenikov, ter ga projiciramo po pravilih za vektorje na smer, ki je na ploskev  $F'$  pravokotna, dobimo

$$p_1' = p \cos \alpha \quad (p' \text{ označeno s } p_1')$$

Če pa izrazimo na drugi način iz definicije tlaka  $p = S/F$  (tlak = sila/ploskev, na silo normalna) pripadajoče sile, torej  $S = pF$  oz.  $S' = p'F'$ , ter izhajamo iz njih, dobimo  $p' = S'/F'$ ,  $S' = S \cos \alpha$ ,  $F' = F/\cos \alpha$  in tako iskano projekcijo tlaka



Skica 1

$p' = (S \cos \alpha) / (F/\cos \alpha = (S/F) \cos^2 \alpha$  ter končno isto količino po drugem načinu

$$p_2' = p \cos^2 \alpha \quad (p' \text{ označeno s } p_2')$$

Kot vidimo, se rezultata prvega in drugega načina projekcije tlaka  $p$  ne ujemata ( $p_1' \neq p_2'$ ), čeprav gre za isto projekcijo, torej za en sam pravičen rezultat. Kateri od obeh rezultatov je torej pravičen in kateri oz. zakaj je napačen?

Očitno je, da smo projicirali pri drugem načinu posebej silo ( $S, S'$ ), torej nesporni vektor, ter posebej ploskev ( $F, F'$ ), katere projekcija v danem primeru nikakor ni sporna. Zato pri tem računu ni napake oz. je pravičen drugi rezultat  $p_2' = p \cos^2 \alpha$ . To pa je tudi izraz, ki ga je uporabljal za poševne tlake oz. njih projekcije že Newton.

Iz tega torej sledi, da je napačen prvi rezultat ( $p_1' = p \cos \alpha$ ). Napako smo napravili s tem, da smo upoštevali tlak kot vektor. Ob tem smo namreč prezrli, da sta pri tlaku (in podobnih količinah) sila ter pripadajoča ploskev vezani z medsebojnim kotom, v splošnem poljubnim, v danem primeru oz. kolikor to ni posebej poudarjeno, pa s pravim oz.  $90^\circ$  (tehnični predpisi itd.). Tako je poleg vektorja sile tudi pripadajoča ploskev, ki ima v prostoru določeno lego, sama po sebi vektor, ki je usmerjen nanjo pravokotno, podobno kot npr. pri vrtilnem momentu sile. Zato tlak ni vektor, ampak naslednja višja matematična stopnja fizikalnih vrednot, to je tenzor, za katerega seveda vektorska projekcija na splošno ne velja, ker v tem primeru ne projiciramo le sile, temveč tudi pripadajočo ploskev oz. njen vektor. To pa se ujema tudi z osnovnim pravilom tenzorskega računa, da je produkt tenzorja in vektorja zopet vektor oz. konkretno v danem primeru  $pF = S$ .

Vendar je pri tem povsem nerazumljivo, kako se more taka težka in bistvena zmeta ne le pojaviti, ampak celo tako zakoreniniti v učbenikih, in to ne le v srednješolskih, temveč tudi visokošolskih. Saj

vendar lahko beremo o fizikalnih vrednotah z matematičnim značajem tenzorjev, konkretno o napetosti oz. tlaku, med drugim v knjigah »I. Supek: Teorijska fizika i struktura materije I, 4. izdaja, Zagreb 1974« na str. 542–543, »V. Vučić, D. Ivanović: Fizika I, 16. izdaja, Beograd 1979« na str. 163, kar velja tudi za predhodne izdaje, v dobrih leksikonih pod geslom »tenzor« ter še drugod. Z namenom, da bi opozoril na take napake oz. zmete pa sem priobčil v Gradbenem vestniku l. 1964 poseben članek o tej tvarini.

Kakšne kritične in domala nevarne posledice pa ima lahko obravnavana matematično-fizikalna zmeta v tehničnih računih, konkretno v gradbeni statiki, vidimo še posebno prepričljivo iz naslednjega primera.

Smatrajmo ploskev  $F'$  s skice za prostoležec nosilec na dveh (krajnih) podporah in nadomestimo oznako  $F'$  s poševno razpetino  $l'$  ter oznako  $F$  z vodoravno razpetino  $l$ ! S temi podatki poleg obtežbe  $p$  oz.  $p'$  izračunajmo za dani nosilec maksimalni upogibni moment kot osnovo za dimenzioniranje ali preizkušanje takega konstrukcijskega elementa!

Ce upoštevamo za ta namen širino ploskve oz. nosilca (pravokotno oz. prečno na razpetino  $l'$ ) v iznosu enote, npr. 1 m, je tudi površinska obtežba  $p$  reducirana na enoto dolžine nosilca, npr.  $N/m$ . Iz te neposredne oz. navpične obtežbe  $p$  ( $N/m$ ) in pripadajoče, to je nanjo pravokotne oz. vodoravne razpetine  $l$ , sledi omenjeni upogibni moment v obliki

$$M_{\max} = 0,125 p l^2$$

Ce pa upoštevamo prejšnja dva načina oz. rezultata projekcije obtežbe  $p'$ , ki deluje na nosilec pravokotno, sledi upogibni moment po prvem načinu v obliki

$$M_{1\max} = 0,125 p_1' l'^2 = 0,125 p l^2/\cos \alpha$$

medtem ko dobimo po drugem načinu

$$M_{2\max} = 0,125 p_2' l'^2 = 0,125 p l^2$$

Vidimo torej, da se ujema z rezultatom računa, ki je nesporno pravičen, ker nismo računali s projiciranimi obtežbami, drugi rezultat z upoštevanjem projekcije obtežbe  $p'$ . To pa je ponovno znamenje, da prvi prej izvedeni način projekcije obtežbe ni pravičen oz. da taka obtežba, to je tlak, ni vektor, za kar smo ga pri prvi projekciji napačno upoštevali.

Označimo si sedaj razmerje med napačnim (vektorskim) in pravičnim (tenzorskim) rezultatom projekcij omenjene obtežbe oz. tlaka s koeficientom  $k$  in izpeljanim izrazom, torej

$$k = p_1'/p_2' = M_{1\max}/M_{2\max} = 1/\cos \alpha$$

Ce upoštevamo pri tem izrazu različne kote  $\alpha$ , dobimo naslednjo pregledno tabelo, ki nam pokaže

kako narašča napaka, ki je posledica nepravilne, to je vektorske projekcije obtežbe nosilca  $p_1'$ .

$$\alpha = 0^\circ \quad 30^\circ \quad 60^\circ \quad 70^\circ \quad 80^\circ \quad 85^\circ \quad 89^\circ \quad 90^\circ$$

$$k = 1,00 \quad 1,16 \quad 2,00 \quad 2,92 \quad 5,76 \quad 11,5 \quad 57,3 \quad \infty$$

K temu bi veljalo še pripomniti, da sta pri kotu  $\alpha = 90^\circ$  rezultata napačne in pravilne projekcije obtežbe  $p$  sicer formalno enaka ( $p_1' = p_2' = \phi$ ), vendar zavzame matematična limita nedoločene kvocienta  $\phi/\phi$  iznos  $k = \infty$  (neskončno).

Ker je torej napačno določena obtežba  $p_1'$  po vsem razponu kotov  $0^\circ < \alpha < 90^\circ$  večja od pravilne  $p_2'$  pomeni dimenzioniranje na osnovi napačne obtežbe predimenzioniranje oz. zmanjšanje ekonomičnosti konstrukcije. Če pa z napačno določeno obtežbo obremenimo nosilec, ki je dimenzioniran na osnovi pravilne, to je obtežbe  $p$  ali  $p_2'$ , predstavlja to zmanjšanje varnosti oz. pri mejnem stanju celo porušitev nosilca oz. konstrukcijskega elementa.

Dalje sledi po znanih načelih tehnične mehanike, da je podani koeficient  $k$  enak koeficientu varnosti konstrukcije oz. materiala, to je razmerju med porušno notranjo upogibno napetostjo  $\sigma_p$  in dopustno napetostjo  $\sigma_d$ , pod pogojem, da je element dimenzioniran z nastopajočo napetostjo  $\sigma_n$ , ki je enaka dopustni ( $\sigma_n = \sigma_d$ ), kar je iz ekonomskih razlogov nujni pogoj. Iz tega sledi nagib nosilca, pri katerem nastopi ob danih pogojih porušitev, v obliki

$$\alpha = \arccos(1/k)$$

kar pomeni, da bi se tak element porušil (prelomil), če bi bil iz materiala, ki ima upogibni varnostni koeficient npr.  $k = 1,7$  (jeklo), že pri kotu  $\alpha = 54^\circ$ , kolikor bi ga obremenili z omenjeno napačno izračunano (vektorsko) obtežbo. Podobno lahko določimo na osnovi tega izraza še za druge materialne oz. varnostne koeficiente.

Prav tako nesmiselna je trditev nekaterih avtorjev, da tlak ni usmerjena količina, ter obenem, da učinkuje v vseh smereh, kar naj bi bilo še posebno očitno pri tekočinah in plinih. Zato ga opredeljujejo kot skalar.

Vendar so ob tem prezrli, da velja za definicijo tlaka ne glede na to, ali gre za toge ali netoge kontinue oz. materiale ter za tlak v ploskvi ali točki, izraz  $p = S/F$  ( $S$  — sila,  $F$  — pravokotna ploskev) oz. splošno  $P = dS/dF$  in da je enota za tlak v vseh primerih Pa (paskal), pri čemer velja  $\text{Pa} = \text{N/m}^2$ . Zato ne moremo govoriti o nekakšni neposredni smeri tlaka, ampak le posebej o smeri sile ( $S$ ,  $N$ ) ter posebej o smeri ploskve ( $F$ ,  $\text{m}^2$ ), ki je vezana na silo, kot že pojasnjeno, z določenim, to je s pravim kotom. Tako je tlak tudi v vsaki točki tekočine ali poljubnega elastičnega kontinua le tenzor, nikakor pa vektor ali skalar (glej npr. omenjeno literaturo »I. Supek: Teorijska fizika I, Zagreb 1974« na str. 508!).

Če bi torej določili obravnavano projekcijo po dani skici pod predpostavko skalarnega značaja

tlaka, bi imela le-ta iznos  $p_0' = p$  (indeks 0 pomeni tenzor ničtega reda ali skalar). Iz tega bi sledil koeficient napake,

$$k = p_0'/p_2' = p/(p \cos^2 \alpha) = 1/\cos^2 \alpha$$

kar pomeni, da bi nastopila ob omenjenih pogojih ( $k = 1,7$  itd.) porušitev (prelom) nosilca že pri nagibu

$$\alpha = \arccos(1/\sqrt{1,7}) = 40^\circ$$

torej še prej kot pri prejšnjem primeru.

V tesni zvezi z opisanim primerom bi veljalo opozoriti še na naslednje:

Pri dimenzioniranju podobnih konstrukcijskih elementov (plošč, nosilcev itd.) upoštevamo poleg koristne, to je zunanje obtežbe oz. tlaka, še lastno težo elementa, to je v danem primeru silo ploščinske ali dolžinske mase. Ker pa ima ta vrednota enako dimenzijo kot tlak, npr.  $\text{N/m}^2$  ali  $\text{N/m}$ , lahko to nekoga zavede v zvezi s prej opisanim primerom k njeni tenzorski projekciji in še posebno k taki projekciji vsote obeh obtežb. Prav v tem smislu pa zopet pogrešamo v raznih fizikalnih in tehničnih učbenikih poudarkov matematičnega značaja posameznih vrednot po neposrednih značilnostih, torej ne glede na dimenzije.

V danem primeru gre za lastno težo elementa, ki je po značaju in dimenziji morda podobna tenzorskim količinam. Vendar temu ni tako. Pri tej obtežbi namreč sila in ploškev, na katero se sila nanaša, nista v nikakršni medsebojni kotni zvezi, ker je plošča vedno enako težka (ista sila mase), ne glede na njeno lego v prostoru oz. glede na silo, katere smer je dana z zemeljsko gravitacijo. Tako tukaj ploskev  $F'$  po dani skici ni vektor kot v prejšnjem primeru, ampak skalar (bistvena je velikost, ne pa tudi smer). Njena lastna teža torej ni tenzor, ampak vektor sile gravitacije. Zato velja zanjo pravilo projiciranja, kot je podano po omenjeni skici v prvem primeru, torej  $p' = p \cos \alpha$ .

Iz tega sledi tudi opozorilo, da na poševno smer ne smemo oz. ne moremo projicirati vsote koristne in lastne teže danega elementa, ampak je treba projicirati posebej uporabno obtežbo (tenzorsko) in posebej lastno težo (vektorsko), nakar seveda lahko ti projicirani obtežbi seštejemo.

Če bi torej pomenila oznaka  $p$  iz skice oz. prejšnjega primera lastno ploščinsko težo plošče, smo napravili napako v računih, s tem da smo določili silo po izrazu  $S = p F$ . Ker se namreč nanaša dana teža  $p$  na samo ploskev  $F'$  in ne na njen tlolis oz. projekcijo  $F$  (kot pri zunanji obtežbi oz. tlaku), velja torej  $S = p F' = p F/\cos \alpha$ , nakar sledi tudi po drugem načinu projekcije oz. računa pravilen rezultat  $p' = p \cos \alpha$ , torej navadna vektorska projekcija kot pri prvem načinu.

Prav tako pa bi dobili pri drugem načinu te projekcije pravilen rezultat, če bi upoštevali glede

na skalarni značaj ploskve  $F'$  odnos  $F' = F$  oziroma  $F = F'$ .

Iz tega primera nazorno vidimo, da je matematični značaj neke vrednote povezan le z njenim neposrednim fizikalnim oz. tehničnim pomenom in ne z dimenzijo, kar utemeljuje smoter danega pojasnila oz. opozorila.

### Sklep

Ob opisanih napakah oz. pomanjkljivostih ne moremo mimo dejstva, da se nanaša vse to na učbenike ki so namenjeni pretežno tehničnim šolam. Gre torej za osnove konkretnim tehničnim računom, npr. dimenzioniranju gradbenih konstrukcij,

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA 1983

Št.: 4-5, str.: 77-81

Branko Ozvald

### ZAKORENINJENE NAPAKE V NEKATERIH NAŠIH FIZIKALNIH IN TEHNIČNIH UČBENIKIH

V članku razčlenjuje avtor tri značilne zakoreninjene napake v nekaterih učbenikih fizike in tehnične mehanike:

1. Nesmiselne enačbe za primerjavo temperatur kot  $0^\circ\text{C} = 273\text{K}$ ,  $100^\circ\text{C} = 373\text{K}$  itd., je treba nadomestiti z matematično pravilnimi  $T_{0\text{C}} = T_{273\text{K}}$ ,  $T_{100\text{C}} = T_{373\text{K}}$  itd.

2. Pomanjkljivo razvrščanje matematičnih stopenj fizikalnih oz. tehničnih vrednot »skalar, vektor« je treba izpopolniti še s tretjo stopnjo, to je s »tenzorjem«, ter z ustreznimi pojasnili oz. primeri (tlak, vztrajnostni moment, elektromagnetno polje itd.).

3. Težko matematično-fizikalno zmoto in nevarno trditve avtorjev, da je tlak oz. mehanska napetost v materialih vektor ali skalar, je treba nadomestiti s pravilno opredelitvijo, npr. tlak, napetost, zvezna obtežba in sorodne vrednote so tenzorske količine, za katere vektorski in skalarni račun (npr. projiciranje na poševne smeri) ne velja. Opozorilo velja še lastni teži konstrukcij, ki ima z zunanjo obtežbo enako dimenzijo ( $\text{N/m}^2$ ,  $\text{N/m}$ ), vendar ni tenzor, ampak vektor.

Prav tako opozarja avtor z računsko analizo na kritične posledice druge oz. tretje napake pri statičnih računih oz. varnosti konstrukcij. Pri tem se sklicuje med drugim tudi na svoja opozorila pred takimi zmotami v Gradbenem vestniku 1. 1964.

kjer so numerični rezultati bistveni za ekonomičnost ter še bolj za njihovo varnost pred porušitvijo. Iz tega sledi, da je treba ne le v interesu strokovne resnice, ampak zlasti v interesu tehnične varnosti opisane napake ter pomanjkljivosti v takih učbenikih kar najhitreje popraviti oz. izpopolniti, kar je še posebno važno prav sedaj, ko izhajajo novi učbeniki za usmerjeno izobraževanje.

Tega naj bi se lotili z vso resnostjo prizadeti avtorji in recenzenti ter drugi, ki so bolj ali manj neposredno udeleženi pri izdajanju in potrjevanju strokovne literature. Ta poziv pa velja še posebno predavateljem matematike, fizike in mehanike na naših tehniških šolah!

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA 1983

No.: 4-5, p. p. 77-81

Branko Ozvald

### INVETERATED ERRORS IN SOME OF OUR TEXT-BOOKS OF PHYSICS AND TECHNICAL MECHANICS

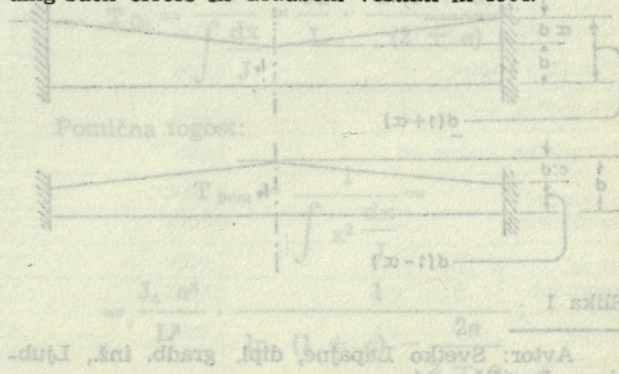
The report deals with three inveterated errors in some text-books of physics and technical mechanics:

1. The senseless equations for the comparison of temperatures as  $0^\circ\text{C} = 273\text{K}$ ,  $100^\circ\text{C} = 373\text{K}$ , etc., should be replaced by mathematically regular ones, i. e.  $T_{0\text{C}} = T_{273\text{K}}$ ,  $T_{100\text{C}} = T_{373\text{K}}$ , etc.

2. The deficient order of the mathematic degrees of physical or rather technical values as »the scalar, the vector«, should be completed by the third degree, i. e. »the tensor« and by the appropriate explanations and examples (stress, moment of inertia, electromagnetic field, etc.)

3. Hard mathematical mistake and dangerous statement of the authors that the stress or rather mechanic tension in materials is a vector of a scalar, should be replaced by the exact word. The stress-strain, loading and similar values are tensor quantities and the vector and scalar calculation (i. e. the projection on inclined directions is not valuable. The warning must be considered also for the dead weight of structures, which has the same dimension as the outer load ( $\text{N/m}^2$ ,  $\text{N/m}$ ), but is not a tensor, it is a vector.

The author calls attention, by the arithmetic analysis, on the critical results of the second or rather the third error in static calculations and safety of structures. The author reminds of his warnings regarding such errors in Gradbeni vestnik in 1964.



## Vpliv sprejemljive višine na togosti in upetostne momente nosilnih elementov

SVETKO LAPAJNE

Avtor članka je v letu 1949 objavil knjigo »Krosova metoda« v založbi izdajateljskega podjetja ministrstva za gradnje FNRJ v Beogradu. V knjigi je prikazan poenostavljen ameriški računski postopek, hkrati z nazornimi vpogledi v mehansko obnašanje skeletnih in kontinuirnih sistemov pod obtežbami. Za tedanjo dobo je ta objava — po mnenju uglednega konstruktorja mostov — predstavljala revolucijo v tedanji praksi statičnega računanja konstrukcij, ter žela temu primeren uspeh in tudi zavračanja. V teku let je isti avtor objavil kot dopolnila tej knjigi nekaj člankov v Gradbenem vestniku. To so:

Csonkova metoda za računanje skeletov s horizontalnimi obremenitvami. G. V. 1963, št. 1, 8—11.

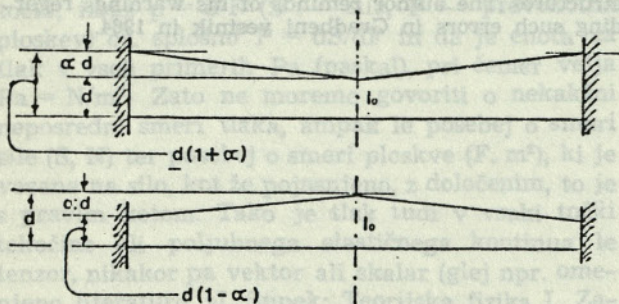
Nekaj prijemov iz prakse statika-konstrukterja. G. V. 1965, št. 6/7, 132—136. Članek prikazuje izračun togostnih karakteristik nepravilnih stebrov s pomočjo elastičnega težišča.

Izračun vplivnic za upogibne momente z »reducirani« togostmi. G. V. 1969, št. 6, 159—161.

Navedenim člankom dodaja avtor še ta članek, ki obravnava izračun faktorjev za plošče in nosilce, katerih debelina oziroma višina se linearno viša ali niža proti ležiščem. Ta primer je namreč precej pogost zaradi odtoka vode: če je odtok predviden na obeh robovih plošče, potem se bo debelina proti robovom nižala, če pa so otoki v sredini plošče, potem bo debelina proti ležiščem naraščala. Prirastek debeline bo pri konstantnem padcu linearen. Neredko pa zahteva enostranski padec strešine nosilce ali plošče, katerih debelina linearno raste od enega ležišča proti drugemu. Ta primer je v članku tudi obdelan, zahteval pa je znatno obsežnejši trud, ker je nesimetričen.

### I. Simetrični naklon nosilnih elementov

Simetrija konstrukcije in obtežbe zelo olajšuje delo statika. Avtor je preračunal togosti takega elementa, pri čemer je vzel kot osnovo prerez v simetriali. Faktorje povečanja teh togosti ali njihove



Slika 1

Avtor: Svetko Lapajne, dipl. gradb. inž., Ljubljana, Bogišičeva 1

ga zmanjšanja je nanesel v odvisnosti od povečanja višine na ležiščih proti višini v simetriali, označenim s faktorjem  $\alpha$ . Podobno je preračunal tudi faktorje upetostnih momentov za dva primera: primer ene same sile v sredini polja in primer enakomerne obtežbe po celotnem nosilcu.

Rezultati matematičnih izvajanj so naslednji:

$$\text{Togosti: } \frac{E J_0}{a} = \frac{2 E J_0}{L} \times \text{faktor po formuli:}$$

$$\left( a = \frac{L}{2} \right)$$

$$\text{Simetrična togost: } T_{\text{sim}} = \frac{2(1 + \alpha)^2}{2 + \alpha},$$

Antimetrična togost:

$$T_{\text{ant}} = \frac{\alpha^3}{\ln(1 + \alpha) - \frac{2\alpha + 3\alpha^2}{2(1 + \alpha)^2}}$$

Normalna togost se izračuna kot aritmetična sredina med simetrično in antimetrično togostjo. Prenosni moment se izračuna kot polovična razlika med simetrično in antimetrično togostjo (kar izpade negativno v smislu predznakov upogibnih momentov). Prenosni koeficient je razmerje prenosnega momenta proti normalni togosti.

Avtor si je za nekaj karakterističnih vrednosti izračunal navedene togosti ter izračunal faktorje povečanja, pri redukciji pa faktorje zmanjšanja togosti v primerjavi z normalnimi togostmi, ki znašajo:

$$\frac{2 E J}{L} \text{ za simetrično togost,}$$

$$\frac{6 E J}{L} \text{ za antimetrično in}$$

$$\frac{4 E J}{L} \text{ za normalno togost.}$$

Ti faktorji so navedeni v tabeli ter prikazani v diagramih.

Poleg faktorjev za togosti so za vsakega statika pomembni tudi faktorji povečanja momentov polne upetosti pri dani obtežbi. Avtor je zanj dobil naslednje matematične izraze:

Za eno silo v sredini polja:

$$-M = P \frac{L}{8} \frac{2(1 + \alpha)}{2 + \alpha},$$

Za enakomerno obtežbo po celi dolžini:



$$-M = p \frac{L^2}{8} \left[ 1 - \frac{1}{\alpha^2} + \frac{2(1+\alpha)^2}{\alpha^2(2+\alpha)} \left( \frac{2}{1+\alpha} - \frac{\ln(1+\alpha)}{\alpha} \right) \right];$$

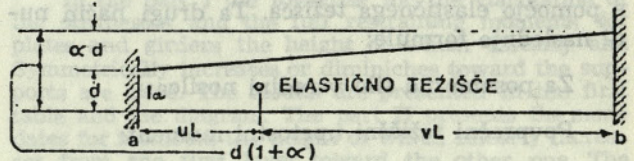
Tabela faktorjev povečanja

za $\alpha =$	-0,50	-0,25	0	+0,25	+0,50	+1,00	
Togosti	simetrične	0,3333	0,6429	1,0000	1,3889	1,8000	2,6667
	antisimetrične	0,2157	0,5260	1,0000	1,6800	2,5100	4,8947
	normalne	0,2450	0,5552	1,0000	1,6075	2,3325	4,3350
Prenosni koeficient	-0,320	-0,421	-0,500	-0,568	-0,614	-0,693	
-M palice vpetosti	koncen. p $\frac{L}{8}$ v sredi	0,6667	0,8572	1,0000	1,1111	1,2000	1,3333
	enakom. p $\frac{L^2}{12}$	0,7272	0,8897	1,0000	1,0800	1,1420	1,2276

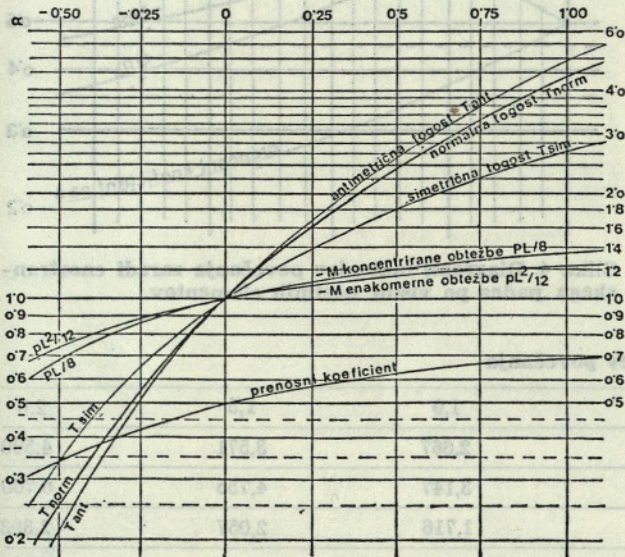
Iste formule veljajo tako za odebelitev plošče proti ležecema kakor tudi za stanjšanje. Za primer padca na ven pri stanjšanju plošče je treba vstaviti za  $\alpha$  negativno vrednost.

Iz rezultatov se vidi, da je vpliv spremembe debeline plošče ali nosilca znaten, ter bi ga praviloma ne smeli zanemariti. Pri praktičnem dimenzioniranju pa bodo razlike manjše: pri tanjši plošči bomo izračunali seveda manjši upetostni moment, pri dimenzioniranju pa bomo zaradi manjše statične višine dobili močnejše armature. Tako pri končnem dimenzioniranju armaturnih vložkov ne bo tako velikih razlik, kot jih izkazujejo razlike v upogibnih momentih.

a in v b. Eliminaciji neznank se lahko izognemo s postopkom tako imenovanega »elastičnega težišča« to je ležišča elastičnih »uteži«  $\Delta x/EJ$ . Avtor je vse zaželenne vrednosti preračunal po obeh načinih ter si s skladnostjo obeh številčnih rezultatov zjamčil njihovo pravilnost. V članku so navedene le rešitve po načinu elastičnega težišča. (Elastični modul E je iz formul za togosti izpuščen zaradi poenostavljenja.)



Slika 3.



Slika 2. Diagrami faktorjev povečanja pri simetrično izpreminjajoči se višini elementov

II. Nosilni elementi z enostranskim padcem

Klasična rešitev postavlja za izračun togosti kot tudi za izračun upetostnih momentov 2 enačbi z dvema elastičnima pogojema nezasučnih ležišč v

Za enostransko linearno višajoči se nosilni element se dobijo naslednji izrazi:

Položaj elastičnega težišča:

$$u = \frac{1}{2 + \alpha}; \quad v = \frac{1 + \alpha}{2 + \alpha};$$

Csonkova togost:

$$T_{Cs} = \frac{1}{\int \frac{dx}{J}} = \frac{J_a}{L} \cdot \frac{2(1+\alpha)^2}{(2+\alpha)};$$

Pomična togost:

$$T_{pom} = \frac{1}{\int x^2 \frac{dx}{J}} = \frac{J_a \alpha^3}{L^3} \cdot \frac{1}{\ln(1+\alpha) - \frac{2\alpha}{2+\alpha}};$$

Pri tem je  $x$  merjen od težišča elastičnih uteži. Csonkova togost predstavlja povprečni upetostni moment v elastičnem težišču. Pomična togost predstavlja pri enotnem pomiku prečno silo v nosilcu s prijemališčem v elastičnem težišču. Ta povzroča diferencialne upetostne momente na ležiščih v iznosu:  $\Delta M_a = T_{pom} \cdot u \cdot L$ ; v ležišču a in  $\Delta M_b = T_{pom} \cdot v \cdot L$ ; v ležišču b. Isti številčni izraz pomične togosti ustreza tudi vsoti obeh diferencialnih momentov v obeh ležiščih pri pogoju, da je pomični kot  $\Psi = 1$ , pri čemer pa je treba v imenovalcu formule izraz  $L^3$  zamenjati z  $L$  (prve potence).

Normalno togost računamo potem takole:

V ležišču a:  $T_a = T_{Cs} + T_{pom} \cdot u^2 \cdot L^2$ ;

V ležišču b:  $T_b = T_{Cs} + T_{pom} \cdot v^2 \cdot L^2$ ;

Prenosni moment obeh strani je enak in znaša:

$M_{prenosni} = T_{Cs} - T_{pom} \cdot u \cdot v \cdot L^2$ ; Ker je drugi člen večji od prvega, bo prenosni moment v smislu upogibnega momenta vedno negativen. Prenosni koeficienti se izračunajo iz razmerja med prenosnim momentom in normalno togostjo v ležišču a oziroma v ležišču b.

Upetostne momente za dva obtežbena primera: eno samo silo v sredini polja in enakomerno obtežbo po celi dolžini je avtor prav tako preračunal na oba načina: s sistemom reševanja obeh enačb in s pomočjo elastičnega težišča. Ta drugi način nudi naslednje formule:

Za posamezno silo vsredini nosilca:

Povprečni težiščni upetostni moment:

$$M_t = \frac{PL}{2} \cdot \frac{1 + a}{(2 + a)^2}$$

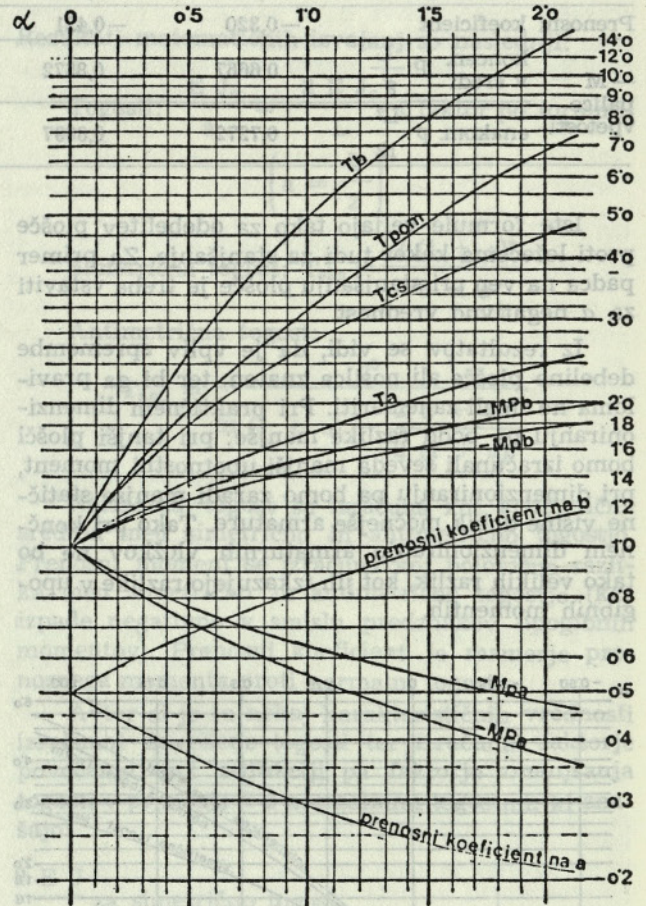
Vsota diferencialnih momentov obeh ležišč:

$$M_{\Delta} = \frac{PL}{2} \cdot \frac{\ln \frac{(2 + a)^2}{4(1 + a)} - \frac{a^2}{(2 + a)^3}}{a^3 \left[ \ln(1 + a) - \frac{2a}{2 + a} \right]}$$

Za enakomerno obtežbo po vsej dolžini:

Povprečni upetostni moment:

$$M_t = \frac{pL^2}{2a^3} \cdot \frac{\ln(1 + a) + \frac{a(2 + a)}{2(1 + a)}}{2 + a};$$



Slika 4. Diagrami faktorjev povečanja zaradi enostranskega padca po višini nosilnih elementov

Tabela faktorjev povečanja

$\alpha$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	
Csonkova togost	1,000	1,800	2,667	3,571	4,500	
Pomična togost	1,000	1,906	3,147	4,755	6,760	
Normalna togost va	1,000	1,365	1,716	2,057	2,393	
Normalna togost vb	1,000	2,509	4,862	8,171	12,534	
Prenosni koeficient → b	0,5000	0,6758	0,8342	0,9811	1,1192	
Prenosni koeficient → a	0,5000	0,3677	0,2943	0,2470	0,2137	
Upet. moment $P \frac{L}{8}$	va	1,0000	0,7176	0,5532	0,4440	0,3679
	vb	1,0000	1,3230	1,5603	1,7471	1,8964
Upet. moment $P \frac{L^2}{12}$	va	1,0000	0,7692	0,6342	0,5400	0,4698
	vb	1,0000	1,2546	1,4604	1,6218	1,7586

Vsota diferenčnih momentov od obeh ležišč:

$$M_d = \frac{p L^2}{2} \frac{\left[ 3 + a + \frac{a}{2 + a} \right] \ln(1 + a) - 3a}{a^3 \left[ \ln(1 + a) - \frac{2a}{2 + a} \right]}$$

Oba upetostna momenta  $M_a$  in  $M_b$  se dobita z izrazoma:

$$M_a = M_t + M_d \cdot u; \text{ (prištevek negativen) in}$$

$$M_b = M_t + M_d \cdot v; \text{ (prištevek pozitiven)}$$

Navedene formule je avtor članka izpeljal sam na podlagi klasičnih zakonitosti elastičnosti v gradbeni mehaniki. Ustrezna nadomestitev izrazov

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA 1983

St. 4-5, str.: 82-85

Svetko Lapajne

### VPLIV IZPREMENLJIVE VISINE NA TOGOSTI IN UPETOSTNE MOMENTE NOSILNIH ELEMENTOV

V prvem delu so navedene formule za izračun togosti in momentov polne upetosti za plošče in nosilce, katerih višina se premočno in simetrično veča ali manjša od sredine proti ležiščema. Rezultati so prikazani v prvi tabeli in diagramih. Drugi del nudi iste podatke za elemente, katerih višina premočno narasča od prvega ležišča proti drugemu. Rezultati so dani v formulah, v drugi tabeli in tudi v diagramih.

mu je omogočala pristop do rezultatov z elementarnimi integracijskimi postopki. Razume se, da imajo podobne podatke preračunane v različnih deželah sveta in v tem primeru ne gre za nobeno novost. Za dva primera, ki se po številčnih in oblikovnih podatkih ujemata s podatki spodaj navedene literature pod (2) in (3), je avtor ugotovil tudi popolno ujemanje količin v rezultatu.

#### Literatura

1. Lapajne: Krosova metoda. Izd. preduzeče Ministarstva gradjevina FNRJ Beograd, 1949.
2. F. Schleicher: Taschenbuch für Bauingenieure. Springer Verlag Berlin 1943.
3. Handbook of Frame Constants. Portland Cement Association Chicago Illinois ca 1950.

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA 1983

No.: 4-5, p. p.: 82-85

Svetko Lapajne

### INFLUENCE OF THE VARIABILITY OF THE HEIGHT ON STIFFNESSES AND THE RESTRAINING MOMENTS OF BEARING MEMBERS

In the part I the formulas for the calculation of the stiffnesses and the full restraining moments for plates and girders the height of which linearly and Symmetrically increases or diminishes toward the supports are cited. The results are presented in the first table and the diagram. The part II presents the same dates for members the height of which linearly increases from the first layer toward the other one. The results are done in formulas, in the second table and the diagrams as well.

Novo preizkušnje je izpolnila vsa prika-  
 zana. V prvem delu so navedene formule za izračun  
 togosti in momentov polne upetosti za plošče in nosilce,  
 katerih višina se premočno in simetrično veča ali  
 manjša od sredine proti ležiščema. Rezultati so pri-  
 kazani v prvi tabeli in diagramih. Drugi del nudi iste  
 podatke za elemente, katerih višina premočno  
 narasča od prvega ležišča proti drugemu. Rezultati  
 so dani v formulah, v drugi tabeli in tudi v diagramih.

Kaj si misliti v zvezi s tem? ...  
 V prvem delu so navedene formule za izračun  
 togosti in momentov polne upetosti za plošče in nosilce,  
 katerih višina se premočno in simetrično veča ali  
 manjša od sredine proti ležiščema. Rezultati so pri-  
 kazani v prvi tabeli in diagramih. Drugi del nudi iste  
 podatke za elemente, katerih višina premočno  
 narasča od prvega ležišča proti drugemu. Rezultati  
 so dani v formulah, v drugi tabeli in tudi v diagramih.

## IZ NAŠIH KOLEKTIVOV

### SGP STAVBENIK, KOPER

#### Industrijska gradnja

Za gradnjo industrijskih objektov so v koprskem Stavbeniku osvojili sistem dvokapne armiranobetonske hale. Hale so vsestransko uporabne, od odprtih pokritih deponij, dvorišč, skladišč, garažiranja pa do zaprtih hal za vse vrste tehnoloških procesov v industriji, kmetijstvu, prometu, za sejmišča in hangarje ter za športne in kulturne objekte.

Proizvodnja vseh prefabriciranih elementov je tovarniška, s sodobno tehnologijo vgrajevanja betona in armature. Odliti so v jeklenih kalupih, tako dobljena površina je gladka in ne zahteva finalnih obdelav. Modul prečnega razpona je od 15 do 20 m, vzdolžnega pa od 6 do 12 m. Polnostenski nosilec z okroglimi odprtinami je iz enega dela, z nakloni, pri katerih je prostor strešne konstrukcije minimalen, a še omogoča pokrivanje hale s salonitom. Kritino in izolacijo lahko izbiramo. V vsakem primeru lahko zagotovimo dobro naravno osvetlitev. Zapiranje objekta teče vzporedno z montažo ostale konstrukcije s tipiziranimi elementi, z več kombinacijami različnih okenskih odprtín.

Gradnja teh montažnih hal nudi enostavne in čiste konstrukcije, hitro in suho montažo ter širok izbor razponov in višin. Na ta način je mogoče zadostiti najrazličnejšim potrebam in željam investitorjev.

#### V Ankaranu gradijo cerkev

Delavci obale so prejšnji mesec pričeli graditi cerkev svete Brigite v Ankaranu. Iz načrta je razvidno, da ne gre le za cerkev, saj ta predstavlja samo del arhitektonsko zanimivega objekta s stanovanjskimi in drugimi prostori za potrebe vernikov na tem področju. Preden so mogli zastaviti delo, je bilo treba zgraditi 200 metrov ceste, voda pa žal do tod še ne pride in jo morajo dovažati s cisternami. Dela potekajo sicer brez večjih težav, končana pa bodo do konca tega leta.

#### Kdaj stanovanja v Zusteri III?

Po letu in pol od začetka gradnje stanovanjskega naselja Zusteria III ugotavljajo, da gradnja ni potekala tako kot bi morala. Samoupravna stanovanjska skupnost občine Koper, ki je investitor naselja, je v želji po humanem in zglednem naselju pozabila na svojo osnovno vlogo; zgraditi primerna stanovanja po še dostopni ceni. Investitor je vložil že znatna finančna sredstva, vendar sta oba izvajalca naselja, tako SGP Stavbenik Koper, kot SGP Gorica dobila majhen del tega, investitor pa kljub dolgemu času za priprave nima niti najosnovnejše projektné dokumentacije.

Zaradi navedenega ni končano še nobeno stanovanje. Trenutno izvajajo dela v zelo skromnem obsegu, kar zagotovo ni racionalno. Investitor za dokončanje trenutno niti nima sredstev, saj izvajalcem po več kot 6 mesecih odkar so zgradili del parkirne hiše, da bi tako preprečili nadaljnje drsenje pobočja, še ni poravnal obveznosti. Pogodbene obveznosti izvajalcev pa zaenkrat prenehajo ob končani III. fazi izgradnje objektov.

#### Kontejnrske delavnice

V TOZD Avtostrojni park so maja lani začeli z vzdrževanjem in popravili kontejnerjev. S tem naj bi ob zmanjševanju gradbenih investicij nadomestili izpadli del dohodka, ki ga sicer prinaša gradbena mehanizacija.

Z dosedanjim kvalitetnim delom, ažurnostjo ter sprejemljivo ceno za opravila, so si pridobili zaupanje

naročnikov-ladjarjev ter z njimi sklenili dolgoročne pogodbe. Pogovori pa potekajo tudi z naročniki iz tujine, njihova realizacija pa bi pomenila znaten devizni priliv. Vendar so kapacitete obstoječe delavnice za popravila kontejnerjev, že na trenutno skenjene pogodbe premajhne in zahtevajo razširitev. V tem smislu so že določili program razvoja kontejnerske dejavnosti in z njegovo izvedbo bi se njihova popravilnica v Izoli uvrstila med najpomembnejše v Jugoslaviji. Že v letošnjem letu bodo skušali urediti površine za skladiščenje kontejnerjev tujih naročnikov, kar je tudi pogoj za opravljanje popravil. Za ureditev 5000 m<sup>2</sup> obsegajočega depoja za skladiščenje bo potrebnih 2.500.000 dinarjev. Na drugi strani pa bodo ta vlaganja zagotovila devizno realizacijo v višini 5.600.000 dinarjev letno za nejemnine in skladiščenje kontejnerjev ter za njihova popravila.

#### Združujejo se

Obnova stanovanj v sestavi delovne organizacije

V Kopru potekajo priprave za pripojitev TOZD Center malega gospodarstva Koper k SGP Stavbenik Koper. Pri tem je treba poudariti, da s to združitvijo ne gre izpostavljati samo prednosti, ki jih bosta oba kolektiva s tem pridobila, temveč da od njih družba, predvsem združeno delo pričakuje, da bodo znali racionalno in uspešno razreševati zahtevno problematiko vzdrževanja in obnove obstoječega stanovanjskega fonda in nasploh v usmerjeni stanovanjski gradnji.

Vir: GLASILO št. 1 in št. 2/83

### SGP KONSTRUKTOR, MARIBOR

#### Osnovna šola Tabor II pod streho

Čeprav so z gradnjo začeli v zimskem času, je bila OS Tabor II v predvidenem roku pod streho. Izjemno blaga zima je delavcem omogočila, da so delali skoraj nemoteno. Sedaj na objektu poleg delavcev SGP Konstruktor izvajajo dela vsi kooperanti. Sestavni deli šole so še telovadnica (17 × 29 m) in zaklonišče za 400 oseb. Če ne bo prišlo do nepredvidenih zapletov, bodo vsi objekti oddani investitorju v pogodbenem roku.

#### Proizvodna hala Planika v Kranju

V TOZD Gradbeništvo Maribor so skupaj s TOZD Gradivo začeli z izdelavo elementov za strešno konstrukcijo triladijske proizvodne hale Planika. Uporabljen je njihov program R2 razpona 20 metrov. Tlorisna površina je 5000 m<sup>2</sup>. Za ta objekt izdelujejo tudi montažno fasado iz ponvic površine 2000 m<sup>2</sup>. Vse elemente bodo na gradbišče pripeljali z vlakom. Glavni izvajalec je GIP Gradis.

#### Nov stanovanjski blok je pod streho

Za TAM v Mariboru gradi Konstruktor v naselju ob Panonski ulici nov stanovanjski blok. Zahvaljujoč lepi jeseni in dokaj kratki zimi, dela nekoliko prehitvejajo sprejeti plan. Tako je objekt že dobil streho in v notranjosti izvajajo kooperanti obrtniška dela. Predvideni rok za izgradnjo objekta je 15. avgust t. l. torej je pričakovati, da bodo stanovalci dobili ključe v septembru letos.

#### Nova betonarna je izpolnila vsa pričakovanja

Ze ime AMAN pove, da gre za izbrano preizkušeno betonarno, ki je elektronsko vodena. Teoretična

zmogljivost je 120 m<sup>3</sup> betona na uro, praktično pa dela 80 m<sup>3</sup>. Pri polni zmogljivosti bi rabili 20 avbomešalcev za prevoz betona do gradbišč.

V sklopu betonarne dela tudi Konstruktorjev laboratorij, v sodelovanju z ZRMK.

Za dokončanje betonarne je bilo treba izvesti še druga dela, ki niso namenjena le betonarni. Z dokončanjem infrastrukture je dana zelena luč vsem ostalim, ki se bodo sčasoma preselili na to lokacijo. V ta namen so zgradili kakih 20000 m<sup>2</sup> asfaltnih poti in kanalizacijo. S postavitvijo transformatorske postaje električnega omrežja, napeljavo vodovoda in telefonske zveze itd. so dane vse možnosti za nadaljnji razvoj industrijske cone, ki bo služila tudi drugim, ki bodo v prihodnje na tej lokaciji začeli graditi.

Vir: GLASILO KONSTRUKTORJA št. 4/83

## SGP PRIMORJE AJDOVŠČINA

### Za VOZILA kmalu novi proizvodni prostori

Prostore bivšega šempetrskega tozda Čimos je dobila tovarna prikolic VOZILA Gorica iz Šempetra. Seveda jih je bilo potrebno temeljito prilagoditi novemu proizvodnemu procesu. Vsa dela so bila zaupana SGP Primorje. Gradbene načrte je izdelal Projekt Nova Gorica, za strojne inštalacije Inženiring Kranj, za elektroinštalacije pa Elektro Gorica.

Z deli so začeli v lanskem juniju. Nastale so težave, saj so dela izvajali istočasno s projekti. Gradnjo so zlasti zavirali temelji strojev, ker je bilo potrebno prilagajanje po strojnih načrtih tujih proizvajalcev. Težave so imeli tudi z akustično oblogo stropa z 2,5 cm debelim heraklitom, za kar so morali narediti več kot 50.000 m<sup>2</sup> odra. Pregradne stene izdelane med redno proizvodnjo so iz ISO-SPAN blokov debeline 24 cm. Vzhodno fasado iz saloničnih plošč so zamenjali z njihovimi betonskimi fasadnimi elementi. V nedokončani hali 24 × 135 m so izdelali vse temelje za stroje in naredili masterplate tlak deb. 15 cm na sloj asfaltbetona deb. 10 cm. Vgradili so tudi pet talnih transporterjev dolgih 72 m. Sedaj izvajajo dela na zunanji ureditvi, medtem ko so bila dela na preureditvi kotlarne, kompresorske postaje in rezervoarja za gorivo končana ob koncu lanskega leta. Takrat so končali tudi obrat platišč.

Investicija vredna 75.586.851. — dinarjev bo dala Vozilom nove prostore za proizvodnjo platišč, prikolic in cistern za tuji in za domači trg.

### Vzporedni cevovod Valeta—San Simon

Za investitorja Rižanski vodovod gradi SGP Primorje vzporedni cevovod Valeta—San Simon v dolžini 4330 metrov. Izgradnja tega cevovoda je zelo pomembna za vodno oskrbo Izole in predvsem Kopra, ki že nekaj let občuti pomanjkanje. Dosedanji sistem oskrbe iz zajetja pri izviru Rižane pod Črnim kalom po cevovodu  $\varnothing$  350 iz leta 1935 že dalj časa ni zadoščal. Zato je bil pred 15 leti zgrajen nov cevovod iz smeri Istre — znani istrski vodovod iz Gradol — dolina Mirne preko Sečoveljske doline do Valeta — Portoroža. S tem je bila rešena vodna oskrba Portoroža in Pirana.

Trasa novega vzporednega cevovoda pričinja v Portorožu, nato gre po starem železniškem predoru v smeri Strunjana, po levi strani magistralne ceste Koper—Izola—Pulj, nato po vodovodnem tunelu Loreto pod Belvederjem, preide na obalno stran in konča pri San Simonu. Na trasi je 14 večjih in manjših objektov. Cevovod je iz jeklenih spiralnih cevi  $\varnothing$  622/9 dolgih 12 m, ki zahtevajo posebno tehnologijo polaganja na odprtih trasah kot v predorih.

Dela I. faze naj bi končali do novembra 1983, narkar bi nadaljevali z deli na II. fazi, ki bo potekala od

San Simona do Pivala (do križišča Ruda) v dolžini 2800 m, z razdelilnim omrežjem, zbiralniki in jaški. Vrednost del I. faze znaša ca 65 milijonov din, II. faze pa preko 80 milijonov din (vključno s cevmi). Dela II. faze bodo predvidoma opravljena od oktobra 1983 do konca maja 1984.

### Primorje na radgonskem sejmu gradbeništva

Na letošnjem sejmu gradbeništva in gradbenih materialov v Gornji Radgoni je tudi SGP Primorje predstavilo vso dejavnost, poseben poudarek pa je bil dan montažni gradnji iz njihovih prefabriciranih elementov. Prikazali so maketo iz njihovega novorazvitega kmetijskega programa in napovedali uvedbo proizvodnje betonskih drogrov za elektrogospodarstvo.

V okviru sejma organizirana strokovna posvetovanja so bila po mnenju udeležencev koristen prispevek za nadaljnjo usmeritev v gradbeništvo. Posebno velja to za posvetovanje »Problematika in izkušnje pri izvajanju investicijskih del v tujini«, v organizaciji Gradbenega centra Slovenije in Poslovne skupnosti Rudis. Poleg omenjenega so bila še posvetovanja: O melioracijah (prvi dan sejma), »Normativi in standardi za projektiranje, graditev, komunalno opremljanje in vzdrževanje objektov« pa v natslednjih dveh dnevih.

Na sejmu so bili prikazani zanimivi dosežki gradbeništva in industrije gradbenih materialov ter spremljajočih dejavnosti. Posebna pozornost je veljala energetiki s predstavitvijo solarnih sistemov ter drugih neklasičnih virov za izkoriščanje energije. V Gornji Radgoni so se praktično predstavile vse slovenske gradbene organizacije. Sorazmerno manjše je bilo število razstavljalcev in udeležencev iz drugih republik in iz inozemstva. Razlog za to je med drugimi tudi v neusklajenem sejemskem terminu, saj se je skoraj istočasno zvrstilo več pomembnih gradbeniških in splošnih predstavitev v Evropi in v domovini. Vendar menijo v SGP Primorje, da je toliko bolj prav in koristno, da so predstavili tudi njihovo delovno organizacijo in njihove storitve. Taki in podobni sejmji so mesto za srečanje izvajalcev in investitorjev in pomenijo široko možnost za vključevanje v poslovno dejavnost.

Vir: PRIMORJE št. 2/83

## GIP VEGRAD, TITOVO VELËNJE

### Z gradbišča v Bihaču

V bosanskem mestecu Bihaču je lani decembra GIP Vegrad začelo graditi tovarno hladilnikov Bihač za TGO Gorenje iz Titovega Velenja. Že takoj so se srečali s težavami: zaradi oddaljenosti tega gradbišča ter zaradi slabe nosilnosti tal, saj bodo stali vsi nosilni deli objektov na pilotih. Na gradbišču, ki obsega okoli 50000 m<sup>2</sup>, so postavili lastno betonarno, ki pa se je v mehkem terenu ugreznila in jo bodo morali prestaviti. Prav zato so bili odvisni od dokaj nestalnih dobav betona tamkajšnje DO Izgradnja, ki bo gradila vse spremljajoče objekte te nove industrije. Industrijska hala, v katero bo Gorenje preneslo proizvodno hladilnikov, bo velika 20.000 m<sup>2</sup>. Po montaži jeklene konstrukcije bodo začeli z montažo fasadnih elementov Vemont, sočasno pa bodo izvedli krovsko kleparska dela. Predelni zidovi bodo pozidani s porolomit in z betonskimi zidaki. Pričeli so tudi že z izgradnjo temeljev za aneks. Tako nameravajo po opravljeni zunanji ureditvi in izvršeni kanalizaciji 31. 10. 1983 objekte predati investitorju.

### Do konca marca letos pridobljena dela

Nadomestna gradnja hleva Ravne	25.770.000 din
RDK — rezervoarji	14.950.000 din

Aneks za TGO Bihac	67,861.617 din
Dozidava šole Šmartno ob Dreti	7,093.285 din
Jamske gradnje REK	18,000.000 din
Aneks — sindikalna dvorana	8,634.950 din
Ostala manjša dela	9,996.847 din
Skupaj	152,306,752 din

**Situacija na zunanjem trgu**

— V Egiptu je v opciji ponudba za hotel X Sheraton. Investitor še ni izbral izvajalca. Zadeva se dolgo vleče.

— Z IMOS so se skušali vključiti v izgradnjo ameriške ambasade v Kairu.

— Obračun za hotel Marriott v Kairu je zaključen, plačan pa še ni v celoti.

— Z Japonci pripravljajo, poslovna skupnost Rudis in članice, ponudbe za veliko valjarno v Egiptu. Nosilec ponudbe je SCT.

— Za Alžir pripravljajo članice Rudisa ponudbo za izgradnjo univerzitetnega centra. Nosilec ponudbe: SCT — Gradis.

— Na projektu SA'AD 21 so bila gradbena dela v marcu na višku. Obrtniška dela bo treba dokončati v zelo kratkem roku. Težave so s kooperanti in z materiali.

— V NDR na gradbišču EKO je projekt v najtežji fazi.

— Pri izgradnji hotela v Dresdenu je zaposlenih okrog 50 delavcev.

— V ZRN so pričeli z izgradnjo novega stanovanjskega bloka za naročnika Strudt. So velike težave, ker ne izdajajo bivalnih dovoljenj.

— V NDR je z belgijsko firmo podpisana pogodba za groba gradbena dela s petmesečnim dovršitvenim rokom. Tja je odpotovalo 150 delavcev.

— Za Egipt je pripravljen program za pridobitev del, katerega bodo v Vegradu izvršili sami.

**Ponudbe na domačem trgu**

Od 1. 1. do 25. 3. 1983 je bilo izdelanih v GIP Vegrad 115 ponudb v skupni vrednosti 3.994.098.037 dinarjev. V tej vrednosti je ponudb za klasična dela v višini 2.037.405.696 din, Vemont konstrukcije za 676.259.758 din, Valak konstrukcije za 95.580.000 din, celična gradnja za 77.817.166 din, obrtniška dela za 775.719.569 din ter inštalacije v vrednosti 331.315.848 dinarjev.

Vir: GLASILO št. 4/83

Proizvodnja sloni pretežno na domačih surovinah, izdelki pa so izredno lahki, obstojni, negorljivi in lahko vgradljivi. Ker ni bilo druge možnosti, so se odločili za nakup sodobne švedske tehnologije firme Jungers. Ze letos nameravajo izvoziti skoraj 35 % proizvodnje, v naslednjih letih pa naj bi se izvoz povečal na 4.000.000 dolarjev, saj kvaliteta izdelkov presega pričakovanja.

Inženiring priprav in realizacijo je vodil Krkin team strokovnjakov v sodelovanju s tujim partnerjem in Smeltom. Pri izgradnji so od domačih delovnih organizacij sodelovali:

SGP Ponir — gradbena dela

Instalacija Ljubljana — strojne instalacije

IMP — elektroinstalacije in plinska postaja

SKP Ajdovščina — montaža opreme

Kovnotehna — uvoz opreme

Vrednost naložbe je 1.179.300.000 dinarjev, od tega delež sovlagateljev 38 %, tuji krediti 33 % in domači krediti 29 %. Letna kapaciteta je 7.800 ton. Ob koncu letošnjega leta bodo v obratu zaposleni 203 delavci, ki bodo delali v neprekinjenem izmenskem procesu.

Ob predpostavki, da bi 100 % proizvodnje vgradili v domače objekte, bi letni prihranek znašal 279.000.000 Kcal/leto, kar znaša blizu 32.440 ton surove nafte, oz. blizu 9.080.000 dolarjev na leto. Ob upoštevanju učinka skozi vso življenjsko dobo izolacije, bi enoletna proizvodnja in vgradnja doma v 33 letih prihranila blizu 1.070.000 ton surove nafte, oziroma blizu 300.000.000 dolarjev, izvožene količine pa dajo le enkratni efekt.

In še nekaj primerjalnih podatkov.

Potrebna energija za ogrevanje 1 m<sup>3</sup> stanovanja znaša na Švedskem 17 Kcal/h, v ZR Nemčiji 20 Kcal/h in v Jugoslaviji 70—100 Kcal/h.

Zaostanek Jugoslavije v pogledu uporabe anorganskih izolacijskih materialov:

Države	Poraba v m <sup>3</sup>	Poraba na 100 preb. v m <sup>3</sup>
Skandinavske države	13,800.000	627
Francija	6,300.000	119
ZR Nemčija	6,640.000	107
Benelux	2,390.000	100
Velika Britanija	5,130.000	92
Jugoslavija	876.190	40

**Farma pitalih govedi v Globokem**

V Globokem so Pionirjevi delavci začeli graditi farmo pitalih govedi za DO Agrotehnika — Gruda iz Ljubljane. Projekt je izdelala DO Emonainženiring Ljubljana. Pogodbena vrednost del znaša 159.577.135 dinarjev. Rok za dokončanje vseh objektov je 15. 9. 1983.

Zmogljivost farme je 2400 pitancev. Locirana je ob cesti Cundrovec—Globoko, v bližini hlevov Agrarie. Agraria Brežice že razpolaga z blizu 170 ha kmetijskih zemljišč. Velikost zazidalnega kompleksa je 5 ha. Delo je obsežno, dovršitveni roki so kratki.

Vir: PIONIR št. 4/83

**Bogdan Melihar**

**SGP PIONIR, NOVO MESTO**

**O dograditvi tovarne steklene volne**

Skladno z razvojno usmeritvijo Krke, da aktivira bivšo tovarno ravnega stekla INIS v Novem mestu, je bila konec leta 1982 dograjena tovarna steklene volne, katere surovinska osnova je kremenčev pesek na področju Novega mesta. Skupno naložbo so realizirali: Krka 51,1 %, Termika Ljubljana 30 %, SGP Pionir 10 % in SGP Grosuplje 8,5 %. Naložba pomeni velik prispevek za zmanjšanje porabe energije. V februarju se je že pojavila na tržišču paleta novih izolacijskih materialov za toplotno in zvočno izolacijo pod skupnim imenom novoterm.

## Razvoj in raziskava tekočinskega filtra v tehnološkem procesu proizvodnje hidriranega apna

### 1. UVOD

V obdobju od 1973. do 1978. leta je ZRMK sodeloval pri projektiranju in realizaciji izgradnje tovarne za proizvodnjo hidriranega apna — v SR Srbiji.

V projektni nalogi je bila odločno postavljena zahteva, da na področju očuvanja čistega okolja upoštevamo vse predpise, ki regulirajo maksimalno dovoljene koncentracije škodljivih snovi v delovnih prostorih (MDK), in količin škodljivih snovi, ki jih še smemo spuščati v okolje (dovoljena emisija).

Cela vrsta onesnaževalcev je v obravnavani industriji, ki jih lahko obvladamo s suhimi, vrečastimi filtri. Problemi so razširjeni in če je pristop pri realizaciji resen, je tudi rezultat zadovoljiv.

Bistveno težje je stanje pri napravi za hidriranje žganega apna, kjer imamo opraviti z veliko količino onesnažene vodne pare, ki je ne smemo voditi skozi filtrirne vrečice, saj bi tu takoj prišlo do izločanja vode, nastanka apnene paste in do prenehanja filtracijske sposobnosti vrečic. Pomagamo si lahko le z mokrimi (tekočinskimi) čistilnimi napravami, ki pa morajo biti vključene v proizvodni proces brez prebitka vode, da bi se vsa izločena masa lahko vrnila v hidrator.

Tedaj in ob opisanem primeru, so se pričela naša razvojno-raziskovalna prizadevanja za rešitev ekološkega problema proizvodnje hidriranega apna.

### 2. IZHODIŠČE IN CILJ RAZISKAVE

V industriji proizvodnje hidriranega apna je eden večjih problemov izguba najfinejših delcev hidrata, ki se javlja kot emisija pri izhodu vodne pare (druga voda) iz hidratorja. To je naprava, kjer se mešata zdrobljeno žgano apno ( $\text{CaO}$ ) in voda, da dobimo kalcijev hidroksid  $\text{Ca(OH)}_2$ . Za izdelavo npr. 10 t/h hidrata porabimo — zelo grobo vzeto — 7,5 t/h žganega apna in 4,5 do 5 t/h vode, pri čemer odide skozi dimnik 2 do 2,5 t/h vodne pare, ki skupaj z zrakom odnaša veliko količino najfinejših delcev hidrata. Da bi »ulovili« čim več odhajajočih delcev, so se proizvajalci hidratorjev trudili napraviti čim učinkovitejše izločevalne naprave. Vgrajeni so bili razni izločevalci s prhami (tuši). Pri nas je v veljavi razširitev dimnika hidratorja, kjer se srečata — z naravnim vzgonom — dvigajoča se masa mešanice zraka, pare in spornih delcev hidrata ter vbrizgana voda v obliki fine prhe. Na ta način se izloči veliko delcev. Če bi imeli možnost neomejenega prhanja, bi bil uspeh zagotovljen. Ker nastalega apnenega mleka ne moremo spuščati v okolje, smemo vbrizgati le toliko vode, kolikor je proces zahteva (za 10 t/h hidrata največ 5 t/h vode), ker le tako količino lahko vodimo v hidrator.

Kot težavo je potrebno omeniti tudi povišano temperaturo (ca.  $95^\circ\text{C}$ ) in hitro nabiranje plasti na stene (zaradi rosenja in lepljenja delcev).

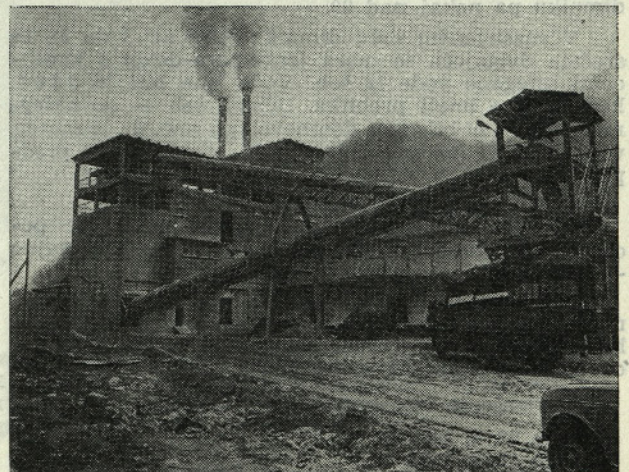
Ker je merjenje emisije zaradi prisotnosti pare otežkočeno — in zaradi indolence — naši proizvajalci ne vedo niti za količino, niti za stopnjo onesnaženosti izhajajoče zračno-parno-prašne mešanice. Ker pa je okolje daleč okoli belo, je jasno, da mora biti emisija velika, mnogo, mnogo večja od dovoljene ( $150\text{ mg/m}^3$ ).

Izhajajoč iz opisanega stanja in upoštevajoč realne možnosti, smo si postavili za cilj: razviti in raziskati industrijsko čistilno napravo, ki bo odločujoče zmanjševala emisijo hidratorja, če le mogoče pod — z zakonom — predpisano stopnjo. Pri tem ne bi smeli omejevati kapacitete hidratorja, ne bi smeli postaviti nerealnih vzdrževalnih zahtev, za obratovanje pa naj bi potrošili čim manj energije.

### 3. UGOTAVLJANJE OBSTOJEČEGA STANJA

3.1. Za razumevanje problematike in ocenitev rezultatov razvoja in raziskave je bilo potrebno ugotoviti dosedanje stanje, spoznati torej tehnične parametre delovanja obstoječega sistema za čiščenje naprave za hidriranje.

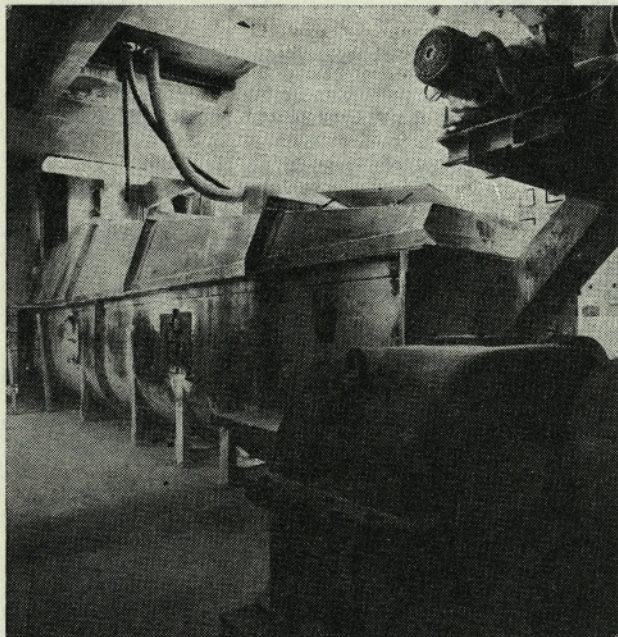
Z veliko hvaležnostjo smo sprejeli pripravljenost podjetja IGM Zagorje, da nudi svoje proizvodno okolje za izvajanje sprejete raziskovalne naloge. Med



Slika 1. Objekt hidrarne s kapaciteto ca.  $2 \times 12,6\text{ t/h}$   $\text{Ca(OH)}_2$

proizvodnimi objekti je tudi hidrarna, ki je prikazana na sliki 1 in je sestavljena iz dveh vzporednih vej, vsaka s kapaciteto 12,6 t/h hidriranega apna.

Na sliki dobro vidimo dimnika, ki puhata veliko količino vodne pare, obenem pa, žal, tudi veliko najfinejših delcev hidriranega apna, ki onesnažujejo okolje in se »izognejo« prodaji.



Slika 2. Hidirator, kapacitete ca. 12,6 t/h hidriranega apna

Na sliki 2 vidimo sam hidrator, z vsipom drobljenega, žganega apna (od zgoraj — desno). Na sredini je vidna cev povratnega apnenega mleka iz nove čistilne naprave, čisto zdaj pa opazimo del odvodne cevi, ki vodi v razširjeni del dimnika, ki je na zgornji etaži.

Če se spomnimo na razmerje sestavnih komponent pri proizvodnji 10 t/h hidriranega apna (točka 2), bomo za pridobivanje 12,6 t/h  $\text{Ca(OH)}_2$  morali vložiti v proces pribl. 9,45 t/h drobljenega, žganega apna ( $\text{CaO}$ ) in 6,3 t/h vode. Polovico vode se veže na proizvod, polovico (3,15 t/h) pa jo — skupaj s »pobeglimi« delci — izpuhti (eksotermni proces) v okolje. Seveda se proizvedena količina zmanjša za emisijo.

V hidratorju je mogoče izmeriti okoli 100° C, v dimniku pa nekaj nad 90.

V razširjenem delu dimnika (glej sl. 3 do 5), se srečata dvigajoča se masa (zrak-para-delci) s kapljicami brizgane vode iz šob. Vode sme biti le 6,3 t/h, ker nečemo imeti prebitka. Učinek šob — do našega merjenja — ni bil znan, domnevali pa smo, da je znaten, vendar še vedno preskromen, da bi zadovoljil predpise.

3.2. Merjenje emisije je opravila nevtralna pooblaščenca ustanova s posebno metodo, ker z običajno — zaradi pare — ni bilo mogoče meriti.

Izločanje delcev hidratorja smo imenovali primarno emisijo, izločanje mase izpuha dimnika (po prhanju) pa emisijo starega sistema za čiščenje (mesta odvzema so označena na sl. 3).

Merjenje je bilo opravljeno dvakrat:

1. in 22. 4. 1982 in
2. in 15. 9. 1982

Vsakokrat je bilo odvzetih po 5 vzorcev, povprečje pa predstavlja rezultat merjenja emisije.

Tabela 1. Rezultati merjenja emisije starega sistema za čiščenje:

Dan	22. 4. 82	15. 9. 82
Primarna emisija (hidrator)	90,5 g/m <sup>3</sup> n	163,6 g/m <sup>3</sup> n
Emisija starega sistema za čiščenje (na izhodu iz (dimnika))	16,2 g/m <sup>3</sup> n	ni bilo merjeno

Če si ogledamo rezultate primarne emisije, moramo ugotoviti, da je le-ta nadpovprečno velika v primerjavi z drugimi industrijskimi onesnaževalci. Kar pa je najbolj čudno in težko razložljivo, je velika količinska razlika obeh merjenj. Razliko smo si razlagali najraje s tem, da je proces izredno eruptiven in da so lastnosti vstopajočega žganega apna časovno spreminjajoče (način žganja).

Bolj kot primarna, nas zanima (sekundarna) emisija starega sistema za čiščenje, to je masa delcev, ki »uidejo« prhanju v razširjenem delu dimnika in jih le-ta izpuhne v okolje. Meritev je bila opravljena 22. 4. 82. Zadrževalna učinkovitost starega sistema je tako 82,1 %, uhaja pa 17,9 %, oz. 16,2 g/m<sup>3</sup> n. Ta emisija bi smela biti le 0,15 g/m<sup>3</sup> n.

Če upoštevamo, da skozi dimnik izpuhti okoli 8000 m<sup>3</sup> m/h mešanice zrak-para-delci, je količina, ki onesnažuje okolje: 129,6 kg/h, povprečno v enem letu pa 545 t/leto.

Z navedeno analizo stanja smo prvič dobili dokaz, kako velika je količina delcev, ki onesnažuje okolje, ter kako umestno in potrebno je bilo razviti čistilno napravo z večjo zadrževalno sposobnostjo.

#### 4. NOVA NAPRAVA ZA ČIŠČENJE

##### 4.1. Princip delovanja

Že v uvodu smo povedali, da nam pri čiščenju izpuha hidratorja lahko pomaga le tekočinski (mokri) čistilec.

Sistem s prhami, ki je v uporabi, je eden od predstavnikov takega načina. Da učinkovitost ni velika, smo se že prepričali. Izkoristiti bi bilo potrebno boljši mehanizem zadrževanja.

Poznan — in v ruski strokovni literaturi kar dobro obdelan — je tako imenovani penasti čistilec. Seveda so obdelana le nekatera področja izven okvira uporabnosti za naše potrebe. Ker pa je pena, ki se ustvari, daleč učinkovitejša od prhe, smo se odločili uporabiti princip filtriranja v peni.

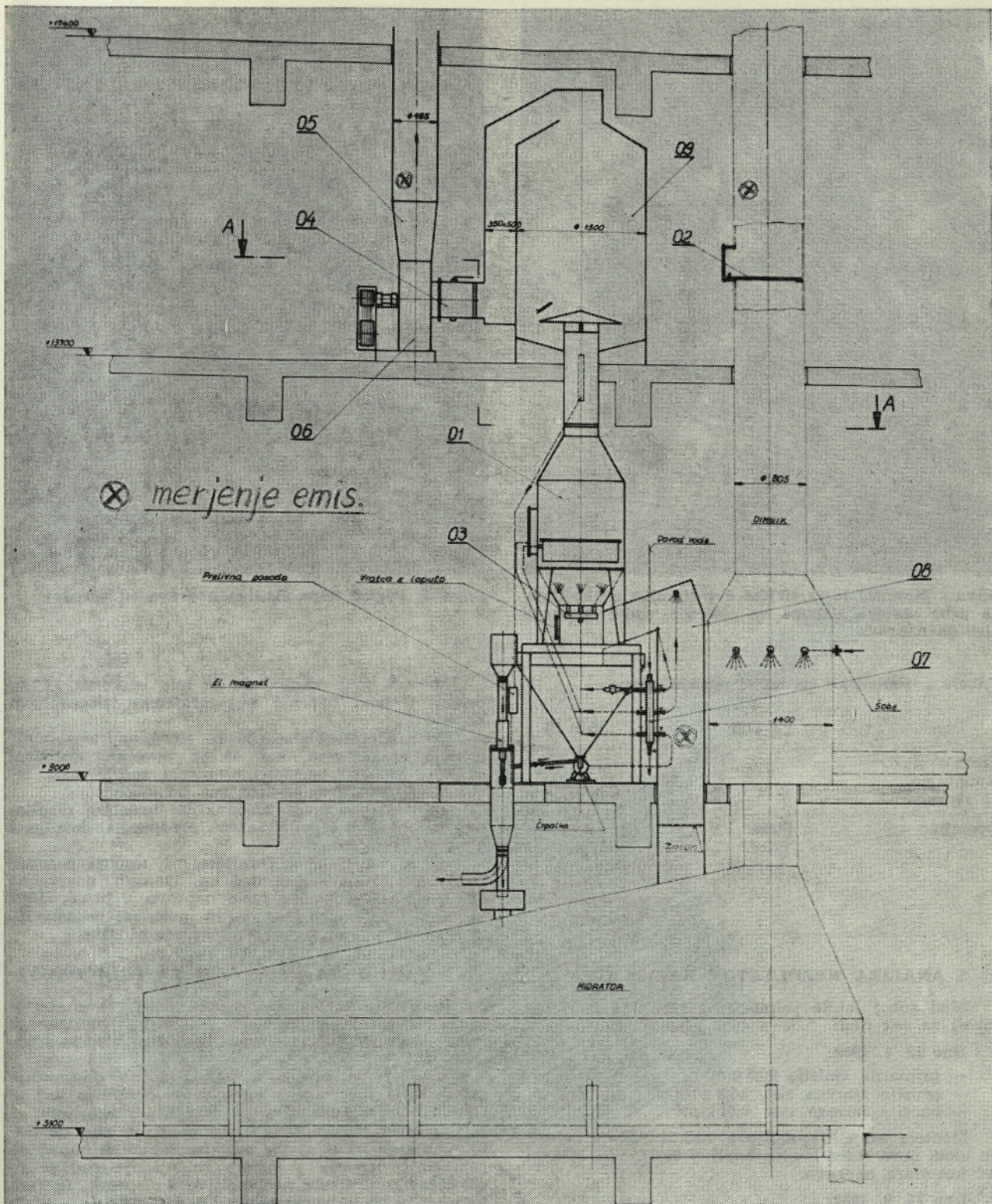
Če na perforirano ploščo nalijemo vodo, istočasno pa skozi odprtine vodimo navzgor zrak z dovolj veliko hitrostjo, bo voda — vsaj delno — ostala na »rešetku«. Nastala bo peni podobna tvorba, ki predstavlja tekočinski filter. Pena je seveda odvisna od veliko tehničnih parametrov, za njihove korelacije pa obstojajo zakonitosti, o katerih tu ne bi izgubljali časa. V peni se mali zračni mehurčki, skupaj s prašnimi delci, srečujejo s tekočino, ki jih — če je dovolj časa — obori, zrak pa, mnogo čistejši, nadaljuje pot.

##### 4.2. Izvedba in preizkusno obratovanje

Kakor cela stvar izgleda enostavna, nastopa — posebno v našem primeru — veliko problemov:

- lepljenje apnenih delcev,
- vpliv povišane temperature,
- strjevanje (vezanje) apna, če ni prisotna voda,
- usedanje oborjenih delavcev ipd.





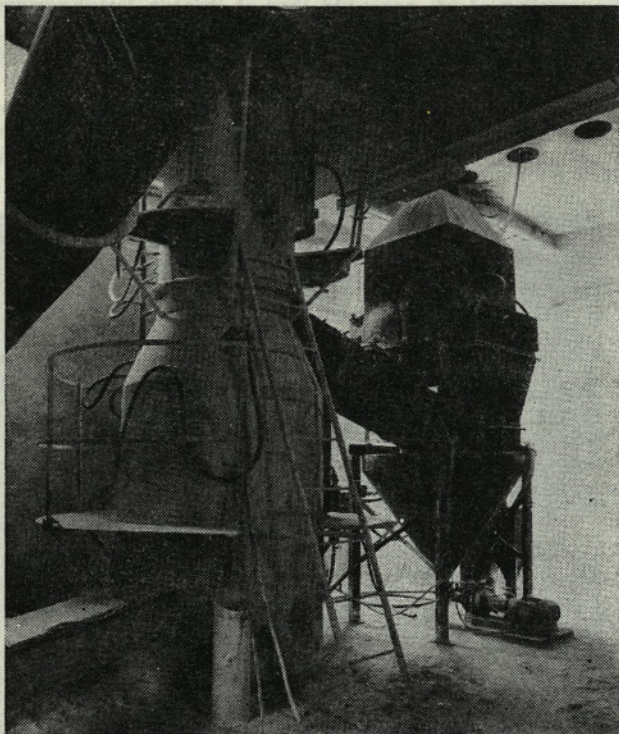
Slika 3. Prikazuje dispozicijo nove naprave v IGM Zagorje

Pri izvedbi penastega čistilca smo upoštevali vse naše dotedanje izkušnje in vendar nas je še marsikaj presenetilo. Zapirale so se odprtine v ploščah, mašili so se prehodni kanali, material se je nabiral na lopaticah ventilatorja in podobno. Te neprijetnosti so imele za posledico večjo potrebo po vzdrževanju, sicer pa je v normalnem stanju naprava dovoljevala tudi normalno obratovanje tehnološkega procesa. Bilo je celo mogoče povečati kapaciteto (npr. na 15 t/h).

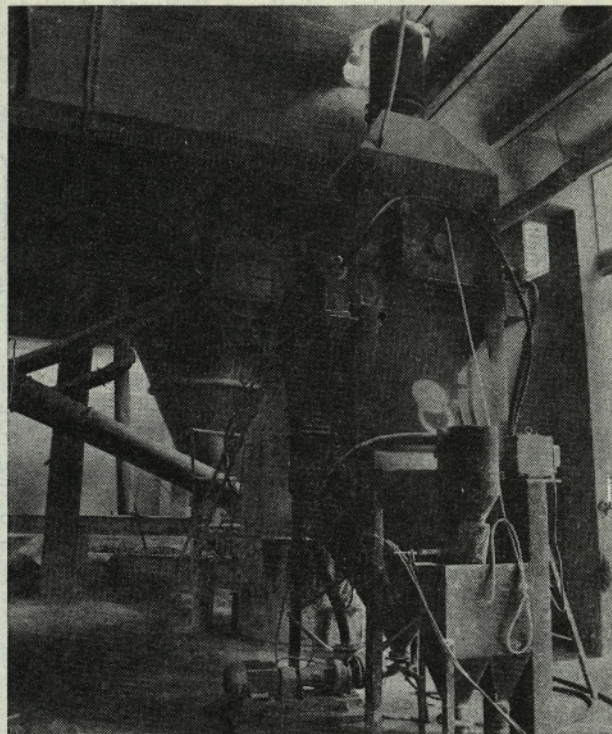
Predno smo se lotili merjenja emisije, smo želeli odpraviti navedene pomanjkljivosti. Prizadevanja v tej smeri so nam uspela v taki meri, da je bilo potrebno napravo čistiti samo še enkrat dnevno, mogoče pa bo razmere še izboljšati.

#### 4.3. Merjenje emisije nove čistilne naprave

Merjenje je bilo opravljeno na ista dneva kot primarna emisija in pod istimi pogoji.



Slika 4. Spredaj je razširjeni del dimnika z napeljavo za prhe starega sistema za čiščenje, zadaj pa nova čistilna naprava



Slika 5. Pogled nove čistilne naprave od spredaj

Tabela 2. Emisijske vrednosti nove naprave

Dan	22. 4. 82	15. 9. 82
Emisije na izpuhu nove naprave	0,61 g/m <sup>3</sup> n	0,41 g/m <sup>3</sup> n
Opomba	brez izloč. kapljic	z izloč. kapljic (med napravo in ventilatorjem)

## 5. ANALIZA REZULTATOV RAZISKAVE

Med seboj lahko primerjamo rezultate merjenja emisij na isti dan:

Dne 22. 4. 1982:

- primarna emisija 90,5 g/m<sup>3</sup> n,
- emisija starega sist. 16,2 g/m<sup>3</sup> n
- emisija novega sist. 0,61 g/m<sup>3</sup> n.

Medtem ko stara naprava zadrži 82,1 % delcev, jih ulovi nova (brez lovilca kapljic) 99,3 %, oz. 27-krat več kot stara naprava.

Dne 15. 9. 1982:

- primarna emisija 163,6 g/m<sup>3</sup> n,
- emisija novega sist. 0,41 g/m<sup>3</sup> n.

Meritev je pokazala, da je bilo izločenih 99,7 % delcev v novi napravi s prigradenim izločevalcem kapljic.

Če predpostavljamo, da bi stara naprava imela emisijo le 16,2 g/m<sup>3</sup> n, kar — ob povečani primarni emisiji — težko verjamemo, potem zadrži nova čistilna naprava vsaj 40-krat več od stare.

Zal je treba priznati, da kljub izrednim rezultatom izboljšanja, še ni dosežena predpisana, dovoljena meja 0,15 g/m<sup>3</sup> n.

Ko si ogledujemo rezultate, ne smemo pozabiti koliko materiala — namreč ca. 126 kg/h, povprečno 530 t/leto — vrnemo z novo napravo v proizvodnjo, kar tudi ekonomsko gledano, ni malo, saj predstavlja ta količina 1 % proizvodne kapacitete hidrata.

## 6. ZAKLJUČKI IN NAČRTI ZA PRIHODNOST

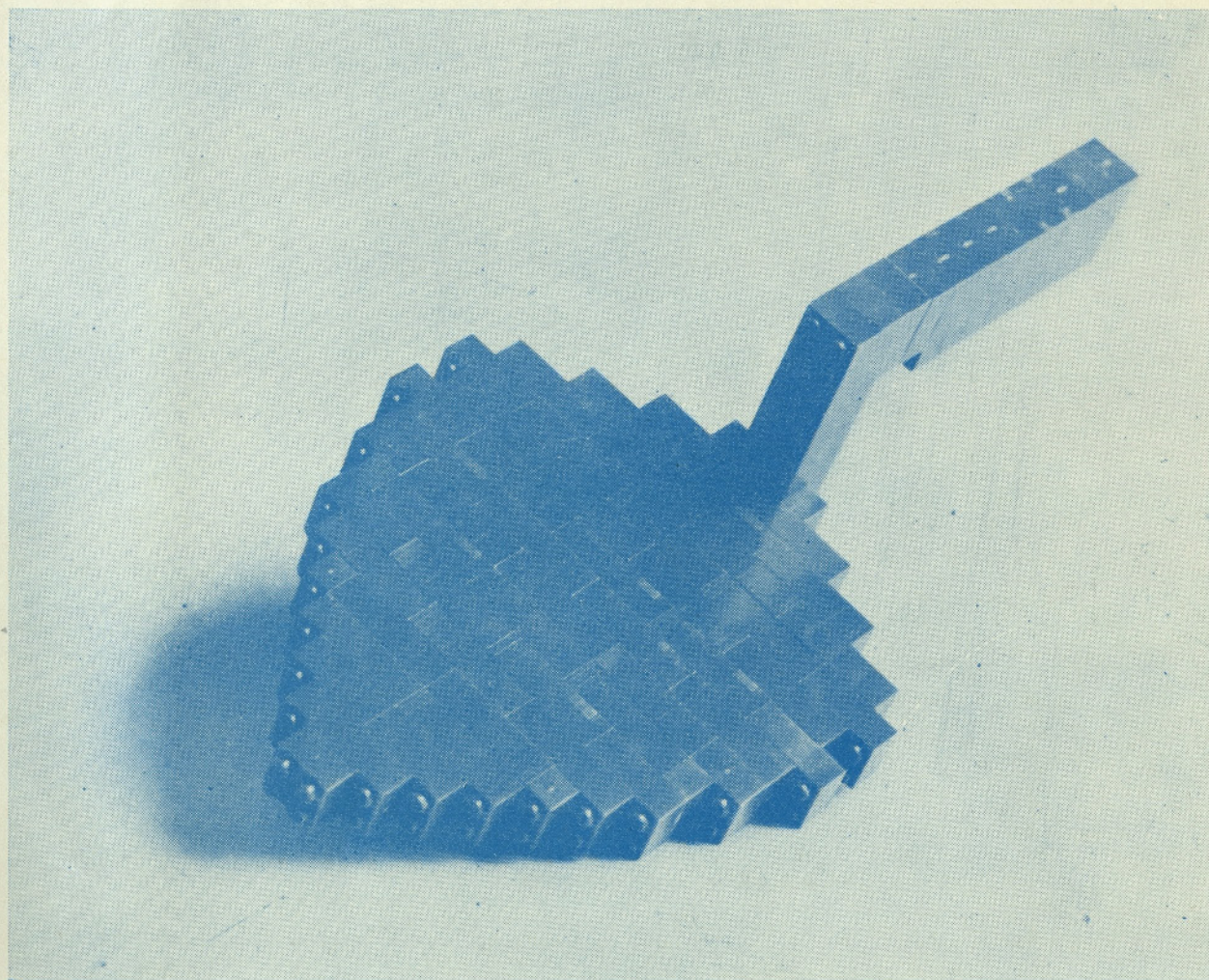
Rezultati razvoja in raziskav tekočinskega penastega čistilca za aplikacijo v proizvodnji hidriranega apna — so popolnoma opravičili vloženi trud in sredstva.

Meritve so pokazale, kako močno onesnažuje proizvodnja hidriranega apna svoje okolje in kaj ta izguba pomeni tudi iz ekonomskega zornega kota.

Večletno delovanje na tem področju nam je dalo znanja in izkušnje ter nas usposobilo za nadaljnje razvijanje naprave v smislu zmanjšanja emisije in povečane industrijske neobčutljivosti naprave. In tudi temu cilju bo posvečeno naše prizadevanje.

Andrej Gamberger, dipl. inž. str.

Azbest in cement,  
steklo in kamen -  
z eno besedo vse, kar je  
potrebno za gradnjo!



**Strom**

V/O »STROIMATERIALINTORG« (STROM)  
SSSR, 107113 Moskva, Sokoljničeski val, dom 50, korp. 2  
Telefon: 269-05-54, 269-05-55 Telex: 411887, 411889

SPLOŠNO GRADBENO PODJETJE

PIONIR



N O V O M E S T O

TOZD Keramika in zaključna dela  
KERAMIČNE PEČI — varna izvedba

