

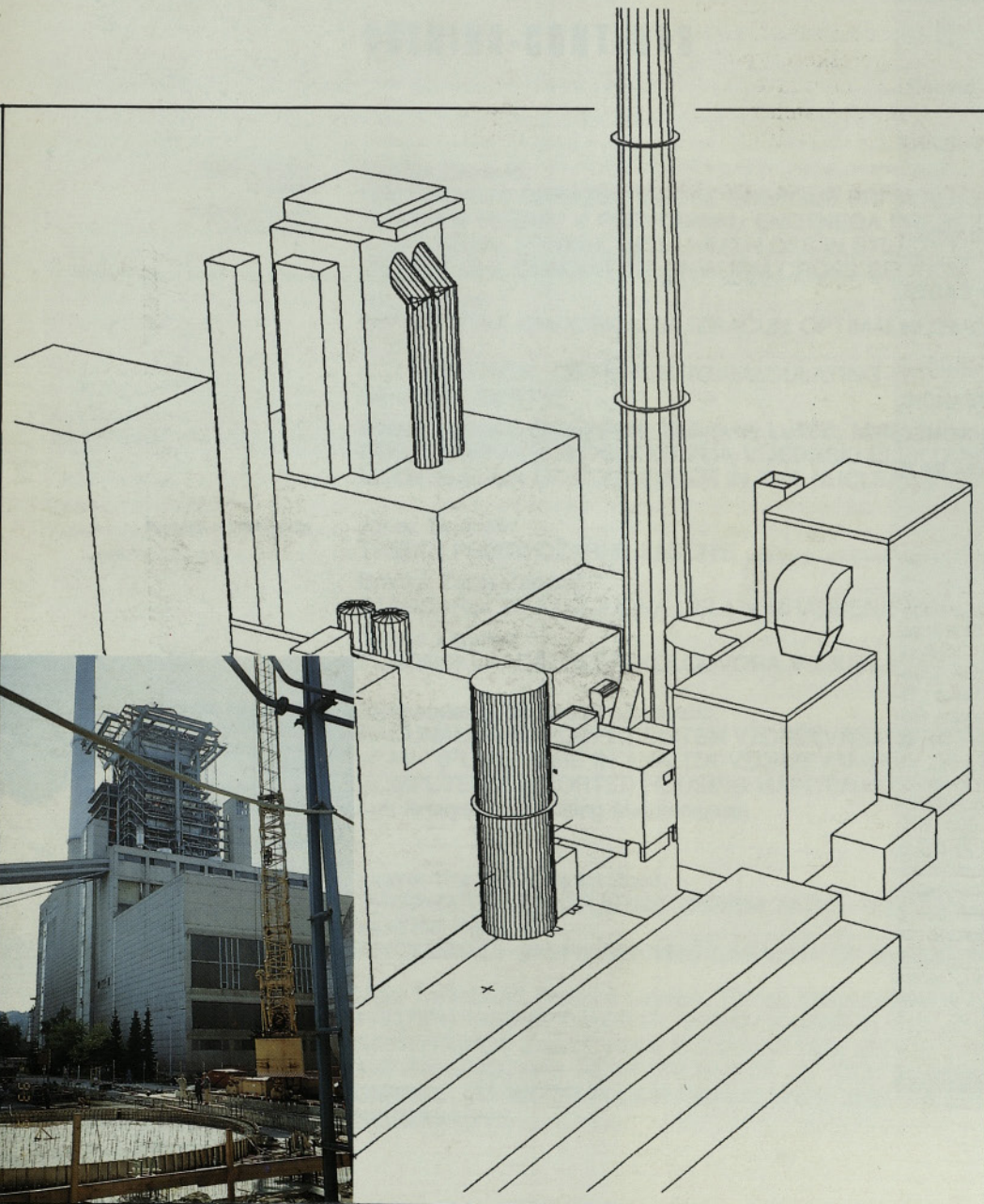
UDK-UDC 05:625
ISSN 0017-2774

LJUBLJANA,
JUNIJ-JULIJ, 1993

LETNIK XXXXII
STR.: 124-160

GRADBENI VESTNIK

6-7



IBE

ELEKTROPROJEKT LJUBLJANA
TERMoeLEKTRARNA ŠOŠTANJ
GRADNJA NAPRAVE ZA
ODŽVEPLJEVANJE DIMNIH PLINOV
BLOKA 4,
SVETOVANJE IN PROJEKTIRANJE

Glavni in odgovorni urednik:

Franc **ČAČOVIČ**

Lektor:

Alenka **RAIČ**

Tehnični urednik:

Dane **TUDJINA**

Uredniški odbor:

Sergej **BUBNOV**, Vladimir **ČADEŽ**,
Vojteh **VLODYGA**, Stane **PAVLIN**,
Gorazd **HUMAR**, Ivan **JECELJ**,
Jože **BOŠTJANČIČ**,
Andrej **KOMEL**,
Jože **ŠČAVNIČAR**, dr. Miran **SAJE**

Revija izdaja Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon: 221-587. Žiro račun pri SDK Ljubljana 50101-678-47602. Tiska Tiskarna Tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Naročnina za člane društev znaša 1260 SIT. Za študente in upokojenca velja polovična cena. Naročnina za gospodarske naročnike znaša 12.600 SIT, za inozemske naročnike 100 US \$. Revija izhaja ob finančni pomoči Ministrstva za znanost in tehnologijo, Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana, Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani in Centra za graditeljstvo. V naročnini je všteti prometni davek.

GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
ŠT. 6-7 • LETNIK 42 • 1993 • ISSN 0017-2774

VSEBINA-CONTENTS

<p>Članki, študije, razprave Articles studies, proceedings</p>	<p>Vasilije Djurovič: UNIVERZALNI OBRAZEC IZGUBE ENERGIJE PRI STALNEM TOKU IN TURBULENTNEM REŽIMU V PREVODNIKU ENOTNEGA PREREZA 124 A UNIVERSAL FORMULA FOR HEAD LOSS IN STEADY FLOW AT TURBULENT REGIME IN A CONDUIT OF UNIFORM CROSS SECTION</p>
<p>Bojan Grum: TEORETIČNA IZHODIŠČA ZA IZRAČUN OPTIMALNEGA ŠTEVILA PRIVEZOV V LUKI 130 A THEORETICAL APPROACH TO CALCULATING THE OPTIMUM NUMBER OF SEAPORT BERTHS</p>	
<p>Jelena Vojvodič-Gvardjančič, Dubrovko Lušičič, Matija Tuma: POSODOBITEV KONDENZATORJA V JEDRSKI ELEKTRARNI KRŠKO 134 MODIFICATION OF CONDENSER IN THE NUCLEAR POWER PLANT KRŠKO</p>	
<p>Poročila - Informacije</p> <p>Janez Godnov: TRENDI PROTIPOŽARNE ZAŠČITE 140</p>	
<p>Branka Zatlter-Zupanič: STANDARDI ZA ZAKLJUČNA DELA V GRADBENIŠTVU 145</p> <p>Svetko Lapajne: PERONSKI NADSTREŠKI KOLODVORA V LJUBLJANI 147</p>	
<p>Poročila Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani Proceedings of the Department of Civil Engineering University, Ljubljana</p>	<p>Aleksander Srdič, Dušan Zupančič: RAČUNALNIŠKO PODPRT SISTEM VZDRŽEVANJA STANOVANJSKIH ZGRADB »PAV« (PLANIRANJE IN ANALIZA VZDRŽEVANJA) 149 COMPUTER SUPPORTED HOUSING MAINTENANCE SYSTEM "PAV" (Planning and Analyse of Housing Maintenance)</p>
<p>Novosti - Gradbeništvo Tehniška fakulteta Univerza v Mariboru Civil Engineering News University in Maribor</p>	<p>Ludvik Trauner, Zdenko Zorič: VREDNOTENJE DOPUSTNE OBREMENITVE TEMELJNIH TAL NA VERJETNOSTNI OSNOVI 157 PROBABILITY BASED BEARING CAPACITY OF BASEMENT GROUND</p>
<p>Informacije Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana Institute for testing and research in materials and structures Ljubljana</p>	<p>Miha Tomaževič, Marjana Lutman, Tomaž Velechovsky: PROTIPOTRESNA OJAČITEV STARIH KAMNITIH HIŠ: JE ZAMENJAVA LESENIH STROPOV Z MASIVNIMI PLOŠČAMI RES VEDNO POTREBNA? 161 ANTIEARTHQUAKE REINFORCEMENT OF OLD STONE HOUSES: IS THE CHANGE OF WOOD FLOOR BEAMS WITH THE MASSIVE SLAB ALWAYS NECESSARY?</p>

UNIVERZALNI OBRAZEC IZGUBE ENERGIJE PRI STALNEM TOKU IN TURBULENTNEM REŽIMU V PREVODNIKU ENOTNEGA PREREZA

UDK 523.5:626

VASILJE DJUROVIČ

POVZETEK

Delitev hidravličnih preračunov glede na sistem (zaprt, odprt), ki ima svoje zgodovinsko ozadje, implicira znanstveno nekorektnost. Vsi dosedaj v literaturi podani univerzalni obrazci za izračun izgub v turbulentnem režimu in stalnem toku vzdolž prevodnika enotnega prereza so ostali nedodelani, ali pa jih strokovna javnost zaradi inertnosti ni sprejela.

Ta razprava ni samo poskus, temveč prijem, ki omogoča izpeljavo univezalnega obrazca, v katerem hidravlična karakteristika (N) opredeljuje sistem (pod tlakom, s prosto gladino, kombinacija obeh) ali podsistem (tipi prevodnikov). Tak pristop je neposredno »kompatibilen« s problematiko prodonosnosti, ki pa se obravnava po novejših metodah.

A UNIVERSAL FORMULA FOR HEAD LOSS IN STEADY FLOW AT TURBULENT REGIME IN A CONDUIT OF UNIFORM CROSS SECTION

SUMMARY

The distinction of hydraulic computations with regard to the nature of a system (closed or open) has its historical background yet implicates a scientific incorrectness. All so far in literature published universal formulas for computation of head loss in turbulent flow through conduits of uniform cross section have remained unternminated or because of inertia disregarded by the professional community.

This treatise is not merely an attempt but an approach that makes possible the derivation of a universal formula in which a *hydraulic characteristic* (N) defines the system (under pressure, with a free surface or a combination of both) or a subsystem (conduit types). Such an approach is also directly "compatible" with the problematics of sediment transport which, however, are at present being treated by more up-to-date methods.

The nature of this treatise demands also a denomination of the involved quantities somewhat differing from the customary one as well as the introduction of some new ones as there are the *conductivity coefficient* (λ^*) which is dimensionless and the *smoothness grade* (Δ) which is of reciprocal linear dimension.

UVOD

Univerzalni obrazec je izpeljan za primer prevodnika enotnega, splošnega in nedefiniranega prereza.

Narava te razprave zahteva tudi nekoliko drugačno poimenovanje posameznih veličin glede na običajno ter vpeljavo še nekaterih novih, kot sta *koefficient prevodnosti* (λ^*), ki je brez dimenzije, in *mera gladkosti* (Δ), ki ima recipročno linearno dimenzijo.

Avtor:
Vasilje Djurovič, višji raziskovalni sodelavec
Vodogradbeni laboratorij, Vodnogospodarski inštitut
Hajdrihova 28, 61111 Ljubljana, Slovenija

Spodaj so navedene uporabljene oznake in njihov pomen:

- B – funkcija hrapavosti,
- B₀ – parameter hrapavosti,
- C – Chezyjev »koeficient« upora,
- d – mera hrapavosti,
- D – premer krožnega profila,
- δ – debelina laminarnega sloja,
- Δ – mera gladkosti,
- g – gravitacijski pospešek,
- h – razlika piezometričnih višin,
- i – padec piezometrične črte,
- K – Karmanova konstanta,
- l – linearni parameter v sistemu,
- L – dolžina obravnavanega odseka prevodnika,
- λ* – koeficient prevodnosti,
- n – Manningov »koeficient« hrapavosti,
- N – hidravlična karakteristika,
- ν – kinematična viskoznost,
- R – hidravlična globina,
- R – Reynoldsovo število,
- u – srednja točkovna hitrost,
- v – srednja profilna hitrost,
- v* – trenjska hitrost.

TEORETIČNA ANALIZA

V poenostavljenem hidravličnem sistemu (prevodnik) obravnavamo predvsem naslednje dinamične in geometrijske parametre:

- srednja profilna hitrost (v),
- trenjska hitrost (v*) = (gRi)^{1/2},
- hidravlična globina (R),
- absolutna višina hrap na steni prevodnika (d),
- debelina laminarnega sloja ob steni prevodnika (δ).

Ker so vsi navedeni parametri razen δ direktno merljivi, bomo slednjega med izvajanji implicirali.

Glede na interakcije inercialnih in viskoznih sil z dinamičnimi (u) in geometrijskimi (l) parametri se lahko postavijo naslednje oblike Reynoldsovih števil, R = ul/v, pri čemer je u = v, v* in l = R, d, δ:

$$\left. \begin{aligned} (a) R_R &= v R/v, \\ (b) R_{R^*} &= v^* R/v, \\ (c) R_d &= v d/v, \\ (d) R_{d^*} &= v^* d/v, \\ (e) R_\delta &= v \delta/v, \\ (f) R_{\delta^*} &= v^* \delta/v. \end{aligned} \right\} (1)$$

Iz zgornjega sistema enačb definirajo razmerja

$$(a)/(b) = (c)/(d) = (e)/(f) = v/v^* = \lambda^* \quad (2)$$

koeficient prevodnosti.

Ker iz enačbe (2) sledi, da je

$$\lambda^* = v/(gRi)^{1/2}, \quad (3)$$

se obrazec za izgubo energije (tlaka) vzdolž prevodnika enotnega prereza glasi:

$$i = v^2/\lambda^{*2}gR, \quad i = h/L$$

$$h = Lv^2/\lambda^{*2}gR. \quad (4)$$

Glede na fizikalni pomen Karmanove konstante podajamo tezo, da je,

$$K = \ln f(u/v^*)/(u/v^*),$$

pri čemer je v našem primeru smotrno za u izbrati v:

$$K = \ln f(\lambda^*)/\lambda^*. \quad (5)$$

Vsekakor je f(λ*) odvisna od že naštetih dinamičnih in geometrijskih parametrov v, v*, R, d, δ:

$$f(\lambda^*) = f(\lambda^*) R_R \cdot R_d \cdot R_\delta / R_{R^*} \cdot R_{d^*} \cdot R_{\delta^*}$$

$$= N R_R \cdot R_\delta / R_{d^*}. \quad (6)$$

Univerzalni obrazec koeficienta prevodnosti dobi splošno obliko:

$$\lambda^* = (1/K) \ln f(\lambda^*)$$

$$= (1/K) \ln (N R_R \cdot R_\delta / R_{d^*}). \quad (7)$$

Vrednost Karmanove konstante povzememo iz (1), vrednost R_δ, ki jo tudi obravnavamo kot konstanto, pa iz (2):

$$K = 0.406, \quad (1/K = 2.46) ; \quad R_\delta = 11.6.$$

Ker je tudi R_R/R_d = R/d dobi enačba (7) sedaj primernejšo obliko:

$$\lambda^* = 2.46 \ln (N 11.6 R/d). \quad (8)$$

ANALIZA EKSPERIMENTALNIH PODATKOV

Razčlenitev obrazca (8) omogoča obdelavo eksperimentalnih podatkov:

$$\lambda^*/2.46 = \ln (N 11.6) + \ln (R/d),$$

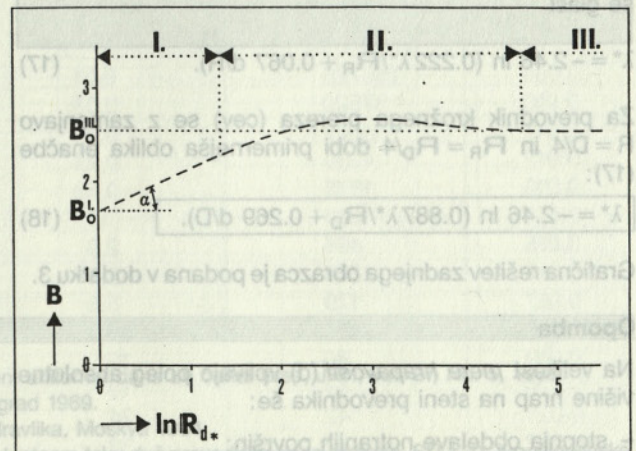
$$\ln (N 11.6) = \lambda^*/2.46 - \ln (R/d) = B \quad (9)$$

Ti podatki, naneseni kot B = f(lnR_d), ponazorijo celoten pojav v turbulentnem režimu (slika 1).

Krivulja B = f(lnR_d) se po možnosti razdeli na odseke, ki vsak zase pomeni posebno hidravlično območje. Premočrtni deli se geometrijsko obravnavajo kot premice:

$$B = B_0 + \tan \alpha \ln R_{d^*}, \quad \tan \alpha = a$$

$$B = B_0 + \ln R_{d^*}^a. \quad (10)$$



Slika 1. Grafični pomen funkcije hrapavosti

Prav tako iz (9) in (10) grafično definiramo *hidravlično karakteristiko* (N):

$$\begin{aligned} e^B &= N \cdot 11.6, \\ N &= e^B / 11.6 \\ &= e^{B_0 + \ln R d^a} / 11.6 \\ &= e^{B_0} R d^{a} / 11.6. \end{aligned} \quad (11)$$

Z zamenjavo N v univerzalni obrazec koeficienta prevodnosti (7) dobimo še njegovo *implicitno obliko*:

$$\begin{aligned} \lambda^* &= 2.46 \ln (e^{B_0} R_d^{a-1} R_R), \quad R_R = R_R / \lambda^* \\ &\quad R_d = R_d / \lambda^* \\ \lambda^* &= 2.46 \ln (e^{B_0} R_d^{a-1} R_R / \lambda^a). \end{aligned} \quad (12)$$

PREVODNIK KROŽNEGA PREREZA (CEV), KI JE POD TLAKOM

Uniformna hrapavost po Nikuradzeu [3] pozna tri hidravlično-hrapavostna območja (slika 1): gladko (I.), prehodno (II.) in hrapavo (III.).

V območju I. je $B_0 = 1.506$ in $a = 1$, oz.

$$\lambda^* = 2.46 \ln (4.51 R_R / \lambda^*); \quad (13)$$

v območju III. pa je $B_0 = 2.699$ in $a = 0$, oz.

$$\lambda^* = 2.46 \ln (14.86 R/d). \quad (14)$$

Mehanična združitev argumentov enačb za območji I. in III. zadosti njihovim robnim pogojem ter omogoči izračun v območju II., ki je matematično dokaj nedefinirano. Prav tako je tak obrazec primeren za izračun pri neuniformni hrapavosti, pri tem pa je treba zgornjim enačbam dati obliko, ki upošteva matematično transformacijo $\log x = -\log (1/x)$:

$$\text{območje I., } \lambda^* = -2.46 \ln (0.222 \lambda^* / R_R); \quad (15)$$

$$\text{območje III., } \lambda^* = -2.46 \ln (0.067 d/R). \quad (16)$$

Končna enačba za vsa hidravlično-hrapavostna območja se glasi

$$\lambda^* = -2.46 \ln (0.222 \lambda^* / R_R + 0.067 d/R). \quad (17)$$

Za prevodnik krožnega prereza (cev) se z zamenjavo $R = D/4$ in $R_R = R_D/4$ dobi primernejša oblika enačbe (17):

$$\lambda^* = -2.46 \ln (0.887 \lambda^* / R_D + 0.269 d/D). \quad (18)$$

Grafična rešitev zadnjega obrazca je podana v dodatku 3.

Opomba

Na velikost *mere hrapavosti* (d) vplivajo poleg absolutne višine hrap na steni prevodnika še:

- stopnja obdelave notranjih površin;
- način in kakovost spojev cevni elementov;

- čas eksploatacije;
- ukrivljenost prevodnika;
- kakovost vode oziroma posledice, ki jih le-ta pušča na notranje površine.

V dodatku 1. so podane okvirne vrednosti za nekatere tipe prevodnikov in materiale.

PREVODNIK S PROSTO GLADINO

Z uvedbo pojma *mera gladkosti* (Δ) v enačbo (8) dobimo novo obliko te enačbe, po kateri lahko neposredno obdelujemo terenske in eksperimentalne podatke:

$$\begin{aligned} \lambda^* &= 2.46 \ln (N \cdot 11.6 R/d), \quad N/d = \Delta; \\ \lambda^* &= 2.46 \ln (\Delta \cdot 11.6 R) \end{aligned} \quad (19)$$

Pri podanih vrednostih v, R in i se lahko izrazi *mera gladkosti* (Δ):

$$\ln \Delta = \lambda^* / 2.46 - \ln (11.6 R). \quad (20)$$

Z izračunom Δ in pravilno ocenitvijo d, ki ima jasno linearno dimenzijo, v svoji zasnovi pa pomeni absolutno višino hrap v prevodniku, se ovrednoti *hidravlična karakteristika* (N) za vsako hidravlično območje, sistem ali tip prevodnika.

Opomba

Na velikost N vplivajo:

- velikost in oblika prevodnika;
- objekti (ovire) v prevodniku;
- potek trase (meandriranje);
- prodni otoki in tolmeni;
- zaprojenje in zablatenje;
- sezonska sprememba zaraščenosti;
- vegetacija.

Glede na stanje dna in brežin podajamo nekatere okvirne vrednosti za d:

- očiščen prevodnik (d = 240 mm),
- dobro vzdrževan in zaraščen s travo (d = 480 mm),
- letno vzdrževan (d = 900 mm),
- po nekaj letih eksploatacije (d = 1140 mm),
- zelo poraščen (d = 3200 mm).

V kanalih s čistimi brežinami, z veliko mero natančnosti za *mero hrapavosti*, lahko vzamemo srednji premer največjega prodnega zrna ali pa največjo dimenzijo srednjega prodnega zrna.

ODNOS MED »KOEFIČIENTOM« HRAPAVOSTI (n) IN MERO GLADKOSTI (Δ) V HIDRAVLIČNO HRPAVEM OBMOČJU

Ker v hidravlično hrpavem območju (III.) $N = \text{const.}$ določanje (ocenitev) vrednosti d ni potrebno, zadostuje izražanje hrpavosti prevodnika z mero gladkosti (Δ).

Na splošno je za to območje v stroki privzeto, da je $v = C (Ri)^{1/2}$ in $C = R^y/n$, kjer je $y = f(n, R)$ ali pa $y = \text{const.}$ (odvisno od avtorja). Iz že znane enačbe $v = \lambda^*(gRi)^{1/2}$ sledi, da je $\lambda^* = C/g^{1/2}$, oz.

$$(\lambda^*) = R^y/ng^{1/2} = 2.46 \ln(\Delta \cdot 11.6 R),$$

$$R^y/ng^{1/2} \cdot 2.46 = \ln \Delta + \ln(11.6 R),$$

$$\ln \Delta = R^y/ng^{1/2} \cdot 2.46 - \ln(11.6 R), \quad \Delta = f(n, g, R). \quad (21)$$

Ker zadnja enačba velja za vse vrednosti R , velja tudi za $R = 1$. S tako supozicijo odpravimo vpliv eksponenta y in omogočimo direktno uporabo obstoječih tabel iz literature, ki se nanašajo na n (dodatek 2):

$$\ln \Delta = 1/ng^{1/2} \cdot 2.46 - 2.451, \quad \Delta = f(n, g). \quad (22)$$

Opomba

Noben opis za n ni tako dober, da bi se po njem lahko zanesljivo ocenile razmere za naravo. Ker je *mera hrpavosti* (d) dimenzijsko jasna, omogoča bolj realno (»otipljivo«) oceno stanja hrpavosti prevodnika. S tabelami za Δ , ki niso pogojene z $R = 1$, strokovna literatura ne razpolaga. Zato bo bodoče delo zahtevalo permanentno zbiranje in obdelavo terenskih in eksperimentalnih podatkov na tukaj podanih osnovah.

Ker obstajajo vse strokovne indikacije, da je za območje III. pogosto $N \cong 1$, lahko z veliko zanesljivostjo postavimo še izraz $d = 1/\Delta$.

SKLEPI

1. Obrazec za izgubo energije (tlaka) vzdolž prevodnika enotnega prereza se glasi:

$$h = Lv^2/\lambda^*gR. \quad (4)$$

2. Vrednost koeficienta prevodnosti (λ^*) za vsa hidravlično-hrpavostna območja in za vse hidravlične sisteme ima splošno obliko:

$$\lambda^* = 2.46 \ln(N \cdot 11.6 R/d), \quad (8)$$

pri čemer je *hidravlična karakteristika* $N = e^B/11.6$.

3. Za določeno hidravlično območje ali sistem je *funkcija hrpavosti* $B = f(\ln R_d)$, njena absolutna vrednost pa je določena z enačbo

$$B = \lambda^*/2.46 - \ln(R/d), \quad \text{kjer je} \quad (9)$$

$$\lambda^* = v/(gRi)^{1/2}. \quad (3)$$

4. Zelo pogost primer v hidrotehnični praksi, posebej pri sistemih s prosto gladino, je tisti, ko je $B = \text{const.}$, oz. $N = \text{const.}$ (hidravlično-hrpavo območje). Glede na to, da se v prevodniku tudi *mera hrpavosti* obravnava kot konstanta, dobi z zamenjavo $N/d = \Delta$ obrazec za *koeficient prevodnosti* še primernejšo obliko:

$$\lambda^* = 2.46 \ln(\Delta \cdot 11.6 R), \quad (19)$$

kjer *mera gladkosti* (Δ) ima recipročno linearno dimenzijo.

Dodatki: glej strani 128 in 129.

LITERATURA

1. Cardoso, Graf, Gust: Ecoulement uniforme dans un canal lisse, JRH, vol. 27, No. 5, 1989.
2. Raus: Tehnička hidraulika, Beograd 1969.
3. Agroskin, Dmitriev, Pikalov: Gidravlika, Moskva 1964.
4. Djurovič: Gubici energije u turbulentnom toku duž prevodnika istog prereza, SITJ, 11. jugoslovensko svetovanje, Cetinje 1990.

DODATEK 1.

Prevodnik	d (mm)
Cevi: steklene	0.008
celuloidne	0.01
medeninaste	0.01–2.3
lesene	0.03–0.9
litoželezne	0.03–2.3
pocinkane	0.6–6.3
zakovičene	0.2–9.1
betonske	0.03–4.0
Tuneli: betonirani	0.03–4
grob cementirani	20–70
grob minirani	130–320
Leseni žlebovi:	0.03–9.6
Polkrožni jekleni žlebovi:	0.1–164
Betonski kanali:	0.03–70
Zidani kanali: opečni	0.1–6.3
kamniti	0.6–300
Kanali v skali:	70–1900
Kanali v zemlji:	6–1100
Naravni vodotoki: »regularno« korito reke,	70–1140
»neregulirano« korito	
reke in hudourniki	680–5700

DODATEK 2.

$$\ln \Delta = 1/nq^{1/2} 2.46 - 2.451, (g = 9.805); d = 1/\Delta$$

n	$\Delta(1/m)$	d (mm)
0.009	158779	0,01
0.010	37520	0,03
0.011	11527	0,09
0.012	4310	0,23
0.013	1875	0,53
0.014	919	1,1
0.015	495	2,0
0.016	288	3,5
0.017	179	5,6
0.018	117	8,5
0.019	80	12
0.020	57	18
0.021	42	24
0.022	32	32
0.023	24	41

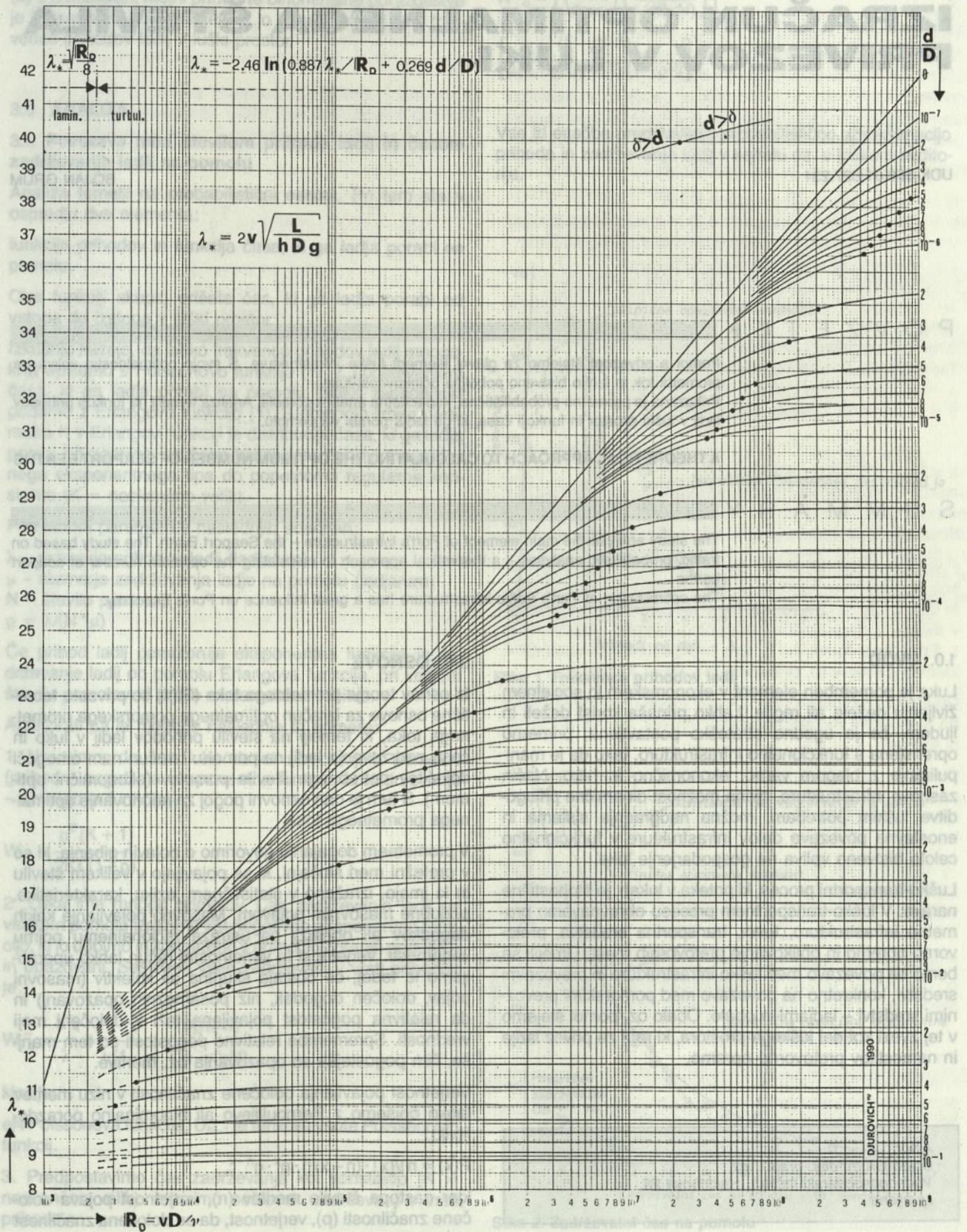
n	$\Delta(1/m)$	d (mm)
0.024	19	52
0.025	16	64
0.026	13	79
0.027	11	95
0.028	8.9	112
0.029	7.6	132
0.030	6.5	153
0.031	5.7	176
0.032	5.0	201
0.033	4.4	227
0.034	3.9	255
0.035	3.5	284
0.036	3.2	315
0.037	2.9	347
0.038	2.6	381
0.039	2.4	416
0.040	2.2	452
0.041	2.0	489
0.042	1.9	527
0.043	1.8	566
0.044	1.6	607
0.045	1.5	648
0.050	1.2	864
0.055	0.91	1094
0.060	0.75	1332
0.065	0.64	1574
0.070	0.55	1815
0.075	0.49	2054
0.080	0.44	2289
0.085	0.40	2518
0.090	0.36	2741
0.095	0.34	2957
0.100	0.32	3166
0.110	0.28	3563
0.120	0.25	3930
0.130	0.23	4273
0.140	0.22	4589
0.150	0.20	4881
0.160	0.19	5153
0.170	0.18	5405

Opomba:

$$g = 9.780 + 0.0005778\varphi - 0.0000031Z;$$

φ – geografska širina v ($^{\circ}$),
 Z – nadmorska višina v (m)

DODATEK 3:



TEORETIČNA IZHODIŠČA ZA IZRAČUN OPTIMALNEGA ŠTEVILA PRIVEZOV V LUKI

UDK 656.61:627.231

BOJAN GRUM

POVZETEK

Pomol s privezom štejemo za glavni element luške infrastrukture. S svojo optimalnostjo vpliva na prometni tok in lahko bistveno poboljša učinkovitost luke. Prikazana je prometno-probabilistična, kapacitetna analiza pomola. Analiza temelji na funkciji prihodov ladij v luški prostor in funkciji časa, ki ga ladja porabi na pomolu.

A THEORETICAL APPROACH TO CALCULATING THE OPTIMUM NUMBER OF SEAPORT BERTHS

SUMMARY

The study analyse the main element of Port's infrastructure – the Seaport Berth. The study based on traffic, probabilistic analyses – a theoretical approach to calculating the optimum number of seaport berths.

The optimization of Port's traffic infrastructure has a great influence on Port's Economy.

1.0. UVOD

Luka je pomemben element v ekonomskem in socialnem življenju dežele ali regije. Lahko prinaša korist deželi in ljudem, če je ugodno strateško postavljena, primerno opremljena s funkcionalno infrastrukturo, tako da je manipuliranje z blagom varno, ekonomično in hitro. Način zasnovne infrastrukture, njena možnost dinamične prilagoditve luškim potrebam, možna nadgradnja sistema in enostavna povezava delov infrastrukture v funkcionalno celoto bistveno vpliva na gospodarjenje luke.

Luško-transportni proces, ki poteka v lukah, je stohastične narave. V luško-transportnem procesu obravnavamo prometno infrastrukturo, tovor, transportna sredstva, pretovorno opremo in oblikovanje pretovornih mest. Omejili se bomo na povezavo med luško infrastrukturo in prevoznimi sredstvi, konkretno na povezavo med pomorskimi prevoznimi sredstvi – ladjami in obalo. Obalo oz. pomol štejemo v tej zvezi kot del luškega prostora, ki rabi za privez ladje in namestitev pretovorne opreme.

2.0. OSNOVE

Iz osnov teorije prometnega toka (3)(4) so privzete teoretične osnove za izračun optimalnega pomorskega prometnega toka, ki temelji na številu prihodov ladij v luko in času zadrževanja ladij na pomolu. Izračun nam omogoči določitev potrebnega števila pomolov (ekonomični optimum). S tem je dan osnovni pogoj za načrtovanje optimalnega prometnega toka.

V prometnem dogajanju govorimo o pojavih gibanja, ki so v pretežni meri slučajni, ki se pojavljajo v velikem številu in ki imajo, izraženo v statističnem jeziku, karakteristike, podobne masovnim pojavom. Masovno pojavljanje kakih dogodkov ali obeležij pa ustreza racionalnemu pojmu verjetnosti. Verjetnost in verjetnostni račun lahko uporabljamo le tedaj, če obstaja skupina ali kolektiv (masovni pojav, določen dogodek, niz posameznih opazovanj) in da relativna pogostost pojavljana teži k določeni meji vrednosti. Spremembe relativne pogostosti so tem manjše, čim pogostejša so opazovanja oz. meritve.

Verjetnost pojavljanja določene značilnosti v nizu meritev lahko opišemo z Bernoullijevo ali binominalno porazdelitvijo:

$$P(x) = n! / (x! \cdot (n-x)!) \cdot p^x \cdot q^{n-x},$$

kjer nastopa število meritev (n), verjetnost pojava določene značilnosti (p), verjetnost, da se določena značilnost

Avtor:
Bojan Grum, dipl. gradb. inž.,
Vodnogospodarski inštitut, Hajdrihova 28,
Ljubljana

ne bo pojavila ($q = 1 - p$) in število določene značilnosti (x) v n meritvah. Mejni primer te binominalne porazdelitve je Poissonova porazdelitev, ki jo uporabimo za opis frekvence prihodov ladij v luški prostor.

3.0. ANALIZA

3.1. Povezava med številom prihoda ladij in časom zadrževanja ladij na pomolu

Analiza temelji na probablistični osnovi. Pri tem sta v ospredju dva elementa:

funkcija prihodov in funkcija časa, ki ga ladja porabi na pomolu.

Obe funkciji skupaj orišeta čas, ki ga ladja porabi od vstopa do izstopa v luški prostor.

Izkušnje kažejo, da lahko frekvenco prihodov ladij mnogokrat opišemo s Poissonovo funkcijo (1). Z upoštevanjem časa, ki ga ladja porabi na pomolu, lahko zasedenost podamo z Erlangovo funkcijo (1). S pomočjo izbire parametra K v Erlangovi funkciji je distribucija časa, ki ga ladja porabi na pomolu, izražena kakor spremenljivka negativnega eksponentnega tipa do popolnoma regularne konstante ($K =$ neskončno velik).

Pomembni parametri v naslednjih enačbah:

- λ – razmerje prihodov ladij (ladja/ura)
- μ – razmerje zadrževanja ladje na pomolu (ladja/ura)
- N – število pomolov
- $\rho = \lambda / (N * \mu)$

Če prihod ladij ponazoruje eksponentna funkcija in zadrževanje ladij ob pomolu Erlangova funkcija, pri večjem številu pomolov ni prave matematične rešitve.

Analizirati pa je mogoče naslednje tri primere:

1. Vzemimo, da ima luka deset samostojnih pomolov (prihod – negativna eksponentna funkcija in zadrževanja – Erlangova funkcija).

$$W_q = \frac{\rho^2 (K + 1)}{2K\lambda (1 - \rho)}$$

2. Luka ima mnogo pomolov. Čas zadrževanja ladij na vsakem pomolu izrazimo kot negativno eksponentno funkcijo, ki jo dobimo in korigiramo s pomočjo zbranih podatkov in opazovanj. Seštevek vseh zadrževanj v vrsti prihodov je:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{\rho}{\lambda (1 - \rho)} \frac{e_N(\rho N)}{D_{N-1}(\rho N)}$$

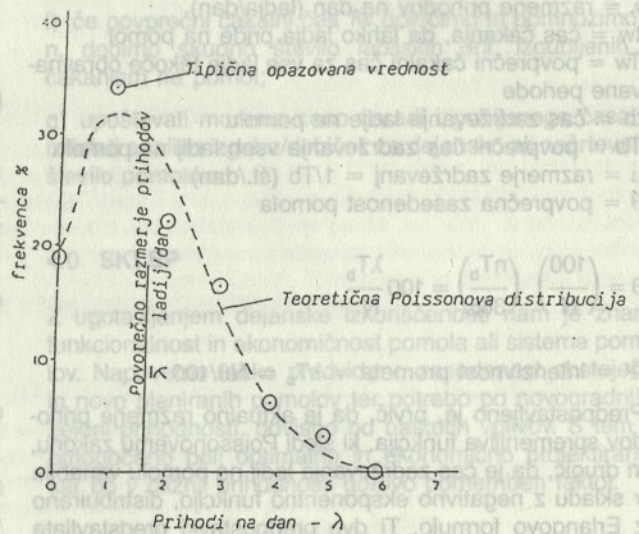
kjer je,

e_N Poissonova funkcija, D_{N-1} je funkcija vsote Poissonovih funkcij.

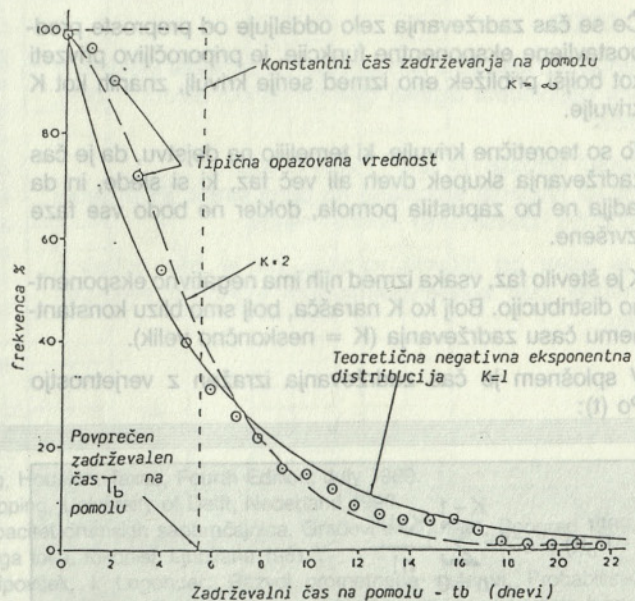
3. Predpostavimo čas zadrževanja kot konstanto ($K =$ neskončno velik). Izrazimo seštevek zadrževanj v vrsti prihodov:

$$W_q = \left[\frac{\rho N}{1 - \rho} \frac{e(1 - \rho)^N}{\sqrt{2\pi N}} \right] \cdot \frac{(1 - \rho^{N-1})}{\mu(1 - \rho)(N + 1)(1 - \rho^N)}$$

Vse tri enačbe predstavljajo probablistično aproksimacijo prihoda in zadrževanja ladij v kanalu oz. v luškem avditoriju.



Slika 1. Frekvence prihodov ladij



Slika 2. Zadrževalni čas na pomolu

3.2. Napovedovanje časa zadrževanja ladje v luki

Če izvzamemo potniške ladje in trajekte, je prihod ladij v luke spremenljivka. Ko prispejo, obstaja možnost, da lahko direktno priplujejo na pomol, oz. morajo počakati, da se pomol izprazni. Čas zadrževanja je odvisen tudi od vrste blaga, ki ga ladja prevažata, in od časa, potrebnega za razkladanje/nakladanje. Čas zadrževanja torej pogojujeta dve variabilni funkciji.

Simboli, ki bodo nastopali v enačbah:

- N = število učinkovitih pomolov v luki
- n = skupno število prihodov ladij v obravnavani periodi.
- V navedeh enačbah je privzeta perioda 365 dni.
- λ = razmerje prihodov na dan (ladja/dan)
- tw = čas čakanja, da lahko ladja pride na pomol
- T_w = povprečni čakalni čas za vse ladje tekoče obravnavane periode
- tb = čas zadrževanja ladje na pomolu
- T_b = povprečni čas zadrževanja vseh ladij na pomolu
- μ = razmerje zadrževanj = $1/T_b$ (št./dan)
- θ = povprečna zasedenost pomola

$$\theta = \left(\frac{100}{N}\right) \left(\frac{nT_b}{365}\right) = 100 \frac{\lambda T_b}{N}$$

$$\Psi = \text{intenzivnost prometa} = \lambda T_b = N\theta/100$$

Predpostavljeno je, prvič, da je aktualno razmerje prihodov spremenljiva funkcija, ki sledi Poissonovemu zakonu, in drugič, da je čas zadrževanja ladij na pomolu variabila in skladu z negativno eksponentno funkcijo, distribuirano z Erlangovo formulo. Ti dve predpostavki predstavljata idealno distribucijo, prikazano na sliki 1 in sliki 2.

Dejanska distribucija niha v obliki glede na predpostavljeno, vendar se moramo zavedati dejstva, da popolni sklop ni mogoč.

Če se čas zadrževanja zelo oddaljuje od preproste predpostavljene eksponentne funkcije, je priporočljivo privzeti kot boljši približek eno izmed serije krivulj, znanih kot K krivulje.

To so teoretične krivulje, ki temeljijo na dejstvu, da je čas zadrževanja skupek dveh ali več faz, ki si sledijo, in da ladja ne bo zapustila pomola, dokler ne bodo vse faze izvršene.

K je število faz, vsaka izmed njih ima negativno eksponentno distribucijo. Bolj ko K narašča, bolj smo blizu konstantnemu času zadrževanja (K = neskončno velik).

V splošnem je čas zadrževanja izražen z verjetnostjo $P_o(t)$:

$$P_o(t) = e^{-K\mu t} \sum_{n=0}^{K-1} \frac{(K\mu t)^n}{n!}$$

Ko je K = 1, sledi:

$$P_o(t) = e^{-\mu t}$$

Ko je K = 2, sledi:

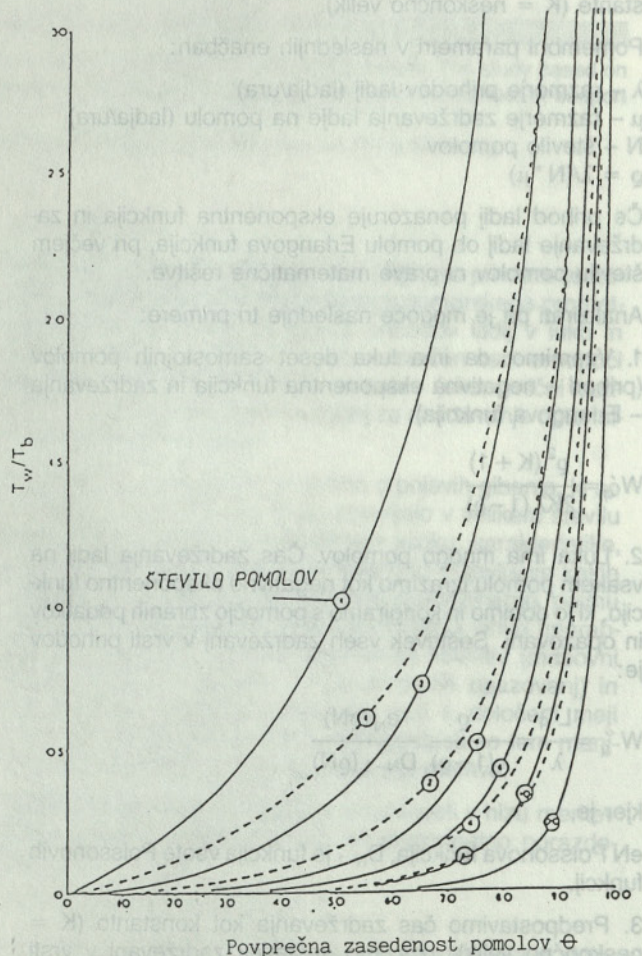
$$P_o(t) = e^{-2\mu t} (1 + 2\mu t)$$

V nadaljnji analizi privzamemo primer K = 1. S tem dobimo konzervativnejši (višji) čas zadrževanja, vendar pa lahko enostavno zapišemo Erlangovo enačbo:

$$\frac{T_w}{T_b} = \frac{\Psi^N}{N \left(1 - \frac{\Psi}{N}\right) \Psi^N + N \cdot N! \left(1 - \frac{\Psi}{N}\right)^2}$$

$$\frac{\Psi^N}{\left(1 + \frac{\Psi}{1} + \frac{\Psi^2}{2} + \frac{\Psi^3}{3} \dots \frac{\Psi^{N-1}}{(N-1)!}\right)}$$

Na sliki 3 so prikazani grafi, ki kažejo razmerje med T_w/T_b in θ za različno število pomolov N (od 1 do 20). Črtkane krivulje na grafu prikazujejo primer, ko je privzet parameter K = neskončno veliko število – konstanten čas zadrževanja ladje na pomolu.



Slika 3. Zasedenost pomolov v odvisnosti od razmerja T_w/T_b

Ta primer je lahko realen le pri idealnih ladjah, ki tovorijo identičen tovor, nakladajo/razkladajo z identično opremo.

Uporabljen je lahko pri naftnih tankerjih, pri generalnih tovorih pa je boljša aproksimacija pri $K = 1$.

3.3. Procedura uporabe krivulj za napoved časa, ki ga ladja porabi v luki

1. Analiza na podlagi prihodov ladij, ki da naslednje podatke (1) (2):

- število prihodov ladij vsako leto, n
- povprečna tonaža tovora na ladjo
- povprečni čas zadrževanja T_b
- povprečno razmerje prihodov λ
- efektivno število pomolov, dostopnih za promet (izvzeti pomoli rezervirani za popravilo ladij)

2. Ugotavljanje razmerja pretovorjenega blaga za vsak pomol. Povprečno razmerje rabi za določanje časa za drževanja ladje pri iztovarjanju/natovarjanju. Ta podatek je koristen za določanje skupnega časa za zadrževanje.

3. Za predvideni bodoči promet in število pomolov je mogoče predvideti čas zadrževanja.

Postopek je naslednji:

- Določimo tonažo tovora, ki bo pretovorjen, in efektivno število pomolov N ;
- ugotovimo, ali je povprečna vrsta blaga – tovora, ki ga

ladja tovari, podobna in determiniramo število ladij n , ki bodo prispele v luko;

c) če povprečna vsota pretovorjenega blaga iz vsake ladje ni spremenjena in ne pričakujemo vpliva nobenih novih faktorjev v smislu drugačnega blaga, metod pri ravnanju z blagom, potem bo povprečen čas na pomol verjetno enak. Vsaka sprememba pa vpliva na povprečni čas zadrževanja T_b in mora biti vračunana;

d) iz zgornjih faktorjev izračunamo nov povprečni faktor zasedenosti pomola θ ;

e) valuto T_w/T_b lahko odčitamo iz grafa na sliki 3 za dejansko ali načrtovano število pomolov;

f) če povprečni čakalni čas T_w določimo in pomnožimo z n , dobimo skupno število ladijskih dni, izgubljenih s čakanjem na pomol;

g) upoštevati moramo ceno zaradi izgubljenega časa in izdelati analizo izguba/dobiček za dejansko ali načrtovano število pomolov.

4.0. SKLEP

Z ugotavljanjem dejanske izkoriščenosti nam je znana funkcionalnost in ekonomičnost pomola ali sistema pomolov. Napovemo lahko predvideno zasedenost obstoječih in novo planiranih pomolov ter potrebo po novogradnji v želeni prihodnosti, odvisno od naštetih vplivov. S tem je omogočeno bolj optimalno in ekonomično projektiranje, kar bo v bližnji prihodnosti gotovo pomemben faktor.

LITERATURA

- Per Bruun: Port Engineering, Houston, Texas, Fourth Edition, July 1989.
- C. Bert Kruk: Merchant Shipping, University of Delft, Nederland 1990.
- L. Kuzović, D. Topolnik: Kapacitet drumskih saobračajnica, Građevinska knjiga, Beograd 1989.
- V. Zemljčič: Teorija prometnega toka, rokopisi, Ljubljana 1981.
- B. Grum, V. Kobav, S. Lipovšek, I. Logonder: Razvoj prometnega sistema, Probabilistično načrtovanje luške infrastrukture ter pomen luške infrastrukture za ekonomično delovanje luke kot celote, Raziskovalna naloga 07-2689-211-90, VGI-OPI.

POSODOBITEV KONDENZATORJA V JEDRSKI ELEKTRARNI KRŠKO

UDK 621.57.04:621.039.5

JELENA VOJVODIČ-GVARDJANČIČ, DUBRAVKO LUŠIČIČ, MATIJA TUMA

POVZETEK

Opisana je posodobitev kondenzatorja v jedrski elektrarni Krško, ki zagotavlja učinkovitejšo kondenzacijo pare, popolnejše odsesovanje inertnih plinov in s tem boljši prenos toplote iz pare na hladilno vodo. Prikazana je kontrola izdelave in montaže posodobitve konstrukcije kondenzatorja in na novo vgrajenih kondenzatorskih cevi iz nerjavnega jekla. Zbrani so tudi nekateri tehnični in termodinamični podatki o kondenzatorju.

MODIFICATION OF CONDENSER IN THE NUCLEAR POWER PLANT KRŠKO

SUMMARY

Modification of the Nuclear Power Plant Krško condenser is presented. It assures more efficient condensation of steam more thorough extraction of inert gases and therefore a better conduction of heat from the steam to cooling water. Control of manufacturing and erection of condenser modification and newly installed condenser pipes from the stainless steel. Also some technical and thermodynamical data of condenser are cited.

1.0. UVOD

V zadnjih 20 letih so iz kondenzatorjev za velike elektrarne skoraj popolnoma izginile cevi na osnovi bakrovih zlitin, in sicer:

- zaradi korozije na strani hladilne vode in
- zaradi tvorjenja amoniaka na parni strani, še posebej v področju odsesovanja inertnih plinov.

To je eden od glavnih vzrokov, da je bilo potrebno zamenjati cevi kondenzatorja tudi v jedrski elektrarni Krško.

Dosedanji kondenzator je projektiralo in dobavilo ameriško podjetje Westinghouse skupaj s parno turbino, jedrskim reaktorjem in drugimi deli postroja. Konstrukcijo novega kondenzatorja je investitor zaupal francoskemu podjetju »Delas«. Nova konstrukcija se od stare precej razlikuje in je napravljena po sodobnih načelih. Ni bila pa posodobljena samo konstrukcija kondenzatorja, istočasno je bil zamenjan tudi material za kondenzatorske cevi: namesto cevi iz bakrene zlitine so v novem kondenzatorju vgrajene cevi iz nerjavnega jekla. Pri posodobitvi so ostale v glavnem nespremenjene vodne komore in plašč kondenzatorja, popolnoma nova pa je razporeditev snopov cevi, material za cevi ter vse notranje opore in povezave.

2.0. IMENSKI PODATKI KONDENZATORJA

Tok hladilne vode:	25.000 kg/s
Temperatura hladilne vode:	17 °C
Tok pare iz turbine:	539,44 kg/s
Temperatura pare:	33,3 °C
Podtlak (vakuum) v kondenzatorju:	0,0512 bar
Kondenzacijska toplota pare:	2230 kJ/kg
Dolžina cevi:	19,623 m

Avtorji:
 mag. Jelena Vojvodič-Gvardjančič, dipl. inž. Inštitut za
 metalne konstrukcije, Ljubljana
 Dubravko Lušičič, dipl. inž., Nuklearna elektrarna Krško
 izr. prof. dr. Matija Tuma, Fakulteta za strojništvo, Ljubljana

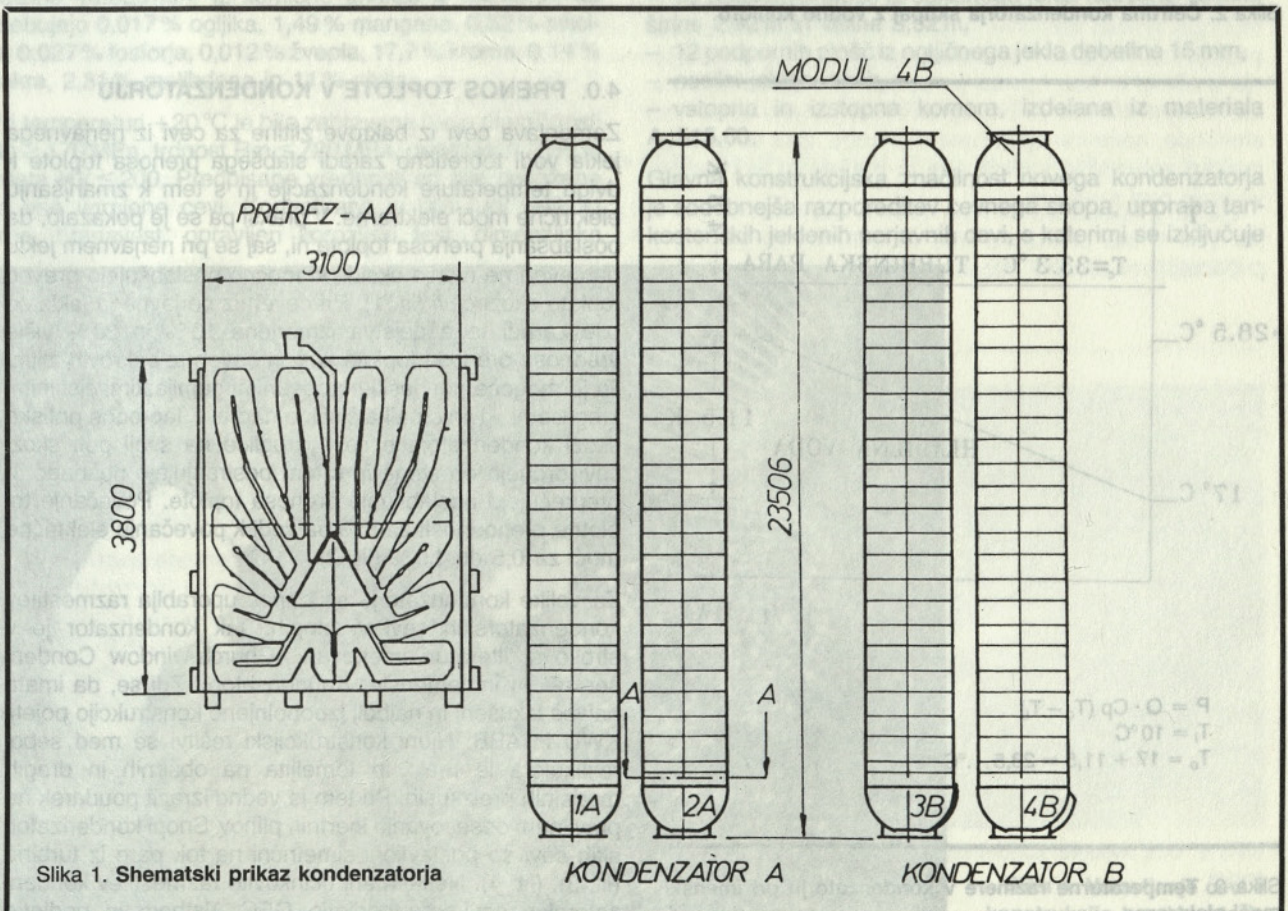
Kondenzator:	Westinghouse	Delas
Površina cevi kondenzatorja:	48.932 m ²	49.712 m ²
Število cevi:	35.696	33.600
Zunanji premer cevi:	22,2 mm	24,0 mm
Debelina cevi:	0,71 mm	0,60 mm
Debelina ojačenih cevi:	0,89 mm (2%)	0,80 mm (5%)
Material za cevi:	90/10 Cu/Ni	ASTM A 249 TP 316 L
Material za ojačene cevi:	SS 304	ASTM A 249 TP 316 L

mogoče izkoristiti približno tretjino dovedene toplote iz reaktorja, dve tretjini toplote pa odteka v okolico. Daleč največji del te toplote odteka v okolico skozi kondenzator. Jedska elektrarna Krško ima električno moč na sponkah generatorja 664 MW, pri tem pa je njen toplotni tok skozi kondenzator v okolico – v vodo reke Save – približno 1202 MW.

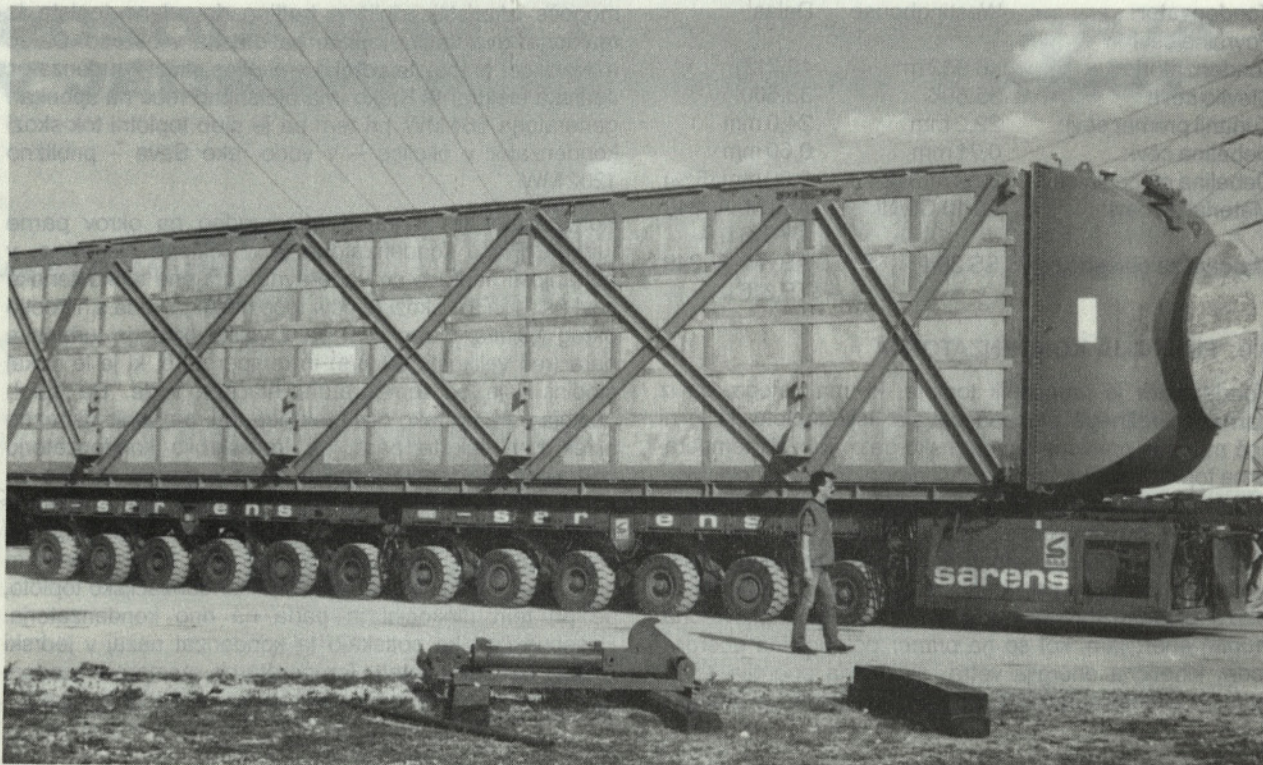
Kondenzator je prigraven neposredno na okrov parne turbine. Plašč kondenzatorja je iz jeklene pločevine, v notranjosti naprave so vodoravno vgrajene tankostenske cevi (sl. 1 in 2). Skozi te cevi teče hladilna voda s hitrostjo okrog 1,9 m/s, okrog cevi pa z veliko hitrostjo turbinska para (red velikosti: 80 m/s) in temperaturo, ki je le nekaj stopinj višja od temperature hladilne vode. Da sploh obstoja para pri tako nizki temperaturi, mora biti ustrezno nizek tudi tlak te pare, za kar skrbijo kondenzatorju prigravene ejektorske črpalke. Te vakuumske črpalke pri zagonu postroja izsesajo zrak iz parnega dela kondenzatorja in ustvarijo podtlak (=vakuum). Para iz turbine kondenzira pri konstantni temperaturi in konstantnem podtlaku: hladilni vodi odda svojo kondenzacijsko toploto, se pri tem utekočini in pada na dno kondenzatorja. Posebne črpalke potiskajo ta kondenzat nazaj v jedrski reaktor (ali parni kotel). Temperaturne razmere v kondenzatorju pri imenski močni elektrarne so razvidne iz slike 3.

3.0. FUNKCIJA KONDENZATORJA

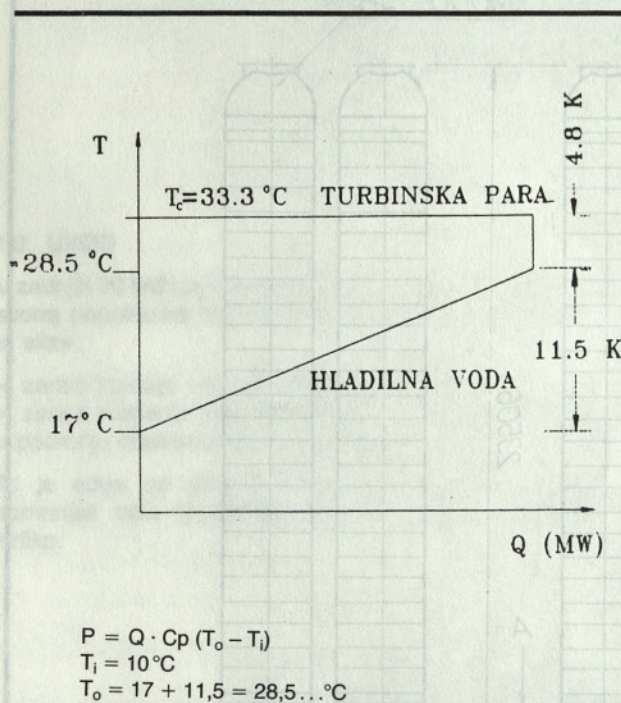
Kondenzator je prenosnik toplote, ki ima nalogo, da iz parnega krožnega procesa odvaja tisto toploto, ki je ni več mogoče pretvoriti v mehansko delo. Ta nizkotemperaturna toplota odteka v okolico, v primeru jedrske elektrarne Krško v hladilno vodo, ki je v kondenzator napeljana iz reke Save po posebnem kanalu. Vse toplote, ki je iz jedrskega reaktorja (ali iz parnega kotla) dovedena v parni proces, ni mogoče pretvoriti v koristno delo; termodinamično gledano toplota namreč ni povsem enakovredna drugim energijam, kot so na primer potencialna energija vode, kinetična energija vetra, električna energija itd. V jedrskih elektrarnah je za proizvodnjo električne energije



Slika 1. Shematski prikaz kondenzatorja



Slika 2. Četrtnina kondenzatorja skupaj z vodno komoro



Slika 3. Temperaturne razmere v kondenzatorju pri imenski moči elektrarne

4.0. PRENOS TOPLOTE V KONDENZATORJU

Zamenjava cevi iz bakrove zlitine za cevi iz nerjavnega jekla vodi teoretično zaradi slabšega prenosa toplote k dvigu temperature kondenzacije in s tem k zmanjšanju električne moči elektrarne. V praksi pa se je pokazalo, da poslabšanja prenosa toplote ni, saj se pri nerjavem jeklu na ceveh ne tvorijo oksidi, ki močno poslabšujejo prevod toplote skozi cevi (lit. 1). Pri ceveh iz nerjavnega jekla so bile zaradi tega dejstva izmerjene 10% in 20% višje vrednosti prenosa toplote kot pri ceveh iz bakrovih zlitin. To je mogoče pospešiti s posebnimi gumijastimi čistilnimi kroglicami, ki jih črpalka čistilne naprave Taprogge potiska skozi kondenzatorske cevi: kroglice na svoji poti skozi cevi drgnejo ob stene in s tem odstranjujejo nesnago in preprečujejo poslabšanje prenosa toplote. Povečanje toplotne prehodnosti za 8% pa vodi k povečanju električne moči za 0,5 do 1,0% (lit. 2).

Za velike kondenzatorje se danes uporablja razmestitev kondenzatorskih cevi v snopih. Tak kondenzator je v strokovni literaturi imenovan »Church-window Condenser« ali »Kirchenfenster Kondensator«. Zdi se, da imata največ izkušenj in najbolj izpopolnjeno konstrukcijo podjetji KWU in ABB. Njuni konstrukcijski rešitvi se med seboj razlikujeta le malo in temeljita na obširnih in dragih modelnih preizkusih. Pri tem je vedno izrazit poudarek na pravilnem odsesovanju inertnih plinov. Snopi kondenzatorskih cevi so postavljeni simetrični na tok pare iz turbine (lit. 3), (lit. 4). Nekaj manj učinkovito razmestitev kondenzatorskih cevi ima podjetje GEC Alstom in podjetje

Delas, ki je razmestitev očitno povzelo po GEC Alsthom. Ta konstrukcija je bila dobljena na podlagi teoretičnih rešitev in manj na podlagi meritev; odsesovanje plinov ni posebej poudarjeno (lit. 5). Za tako razmestitev kondenzatorskih cevi se je odločila tudi jedrska elektrarna Krško.

5.0. POSODOBITEV KONDENZATORJA

Posodobitev kondenzatorja v jedrski elektrarni Krško je bila izvedena v času rednega remonta jedrske elektrarne poleti 1992.

5.1. Kontrola izdelave snopov kondenzatorja

Projektno dokumentacijo je izdelal koncern GEC ALSTHOM-DELAS iz Pariza, module kondenzatorja je izdelal GESLOT, Phalempin. Moduli cevnih snopov so sestavljeni iz cevi, ki jih je izdelalo podjetje VALINOX VENAREY-LES Laumes iz Francije.

Proces proizvodnje in kontrolo nerjavnih cevi so spremljali sodelavci službe za zagotovitev kakovosti in tehničnega sektorja jedrske elektrarne Krško.

Po predloženem načrtu kontrole so bile cevi preizkušene tako glede mehanskih karakteristik kot tudi kemične sestave. Cevi so kakovosti ASTM A 249 Grade TP 316 L, dolžine 19.623 mm. Iz kemične analize je razvidno, da vsebujejo 0,017 % ogljika, 1,49 % mangana, 0,52 % silicija, 0,027 % fosforja, 0,012 % žvepla, 17,7 % kroma, 0,14 % bakra, 2,31 % molibdena in 11 % niklja.

Pri temperaturi +20 °C je bila zahtevana meja plastičnosti $R_p \geq 170$ MPa, trdnost $R_m \leq 720$ MPa, raztezek $A \geq 35$ in trdota $HV \leq 200$. Predpisane vrednosti so bile dosežene za vse vgrajene cevi. Kontrolirana je bila tudi velikost zrna, hrapavost, opravljen korozijski test, dimenzijske

kontrole, kontrola toplotne obdelave, opravljen je bil tudi tlačni preizkus cevi. Iz poročila o toplotni obdelavi cevi je razvidno, da je bilo uporabljeno temperaturno območje (gašenje) $1040^\circ\text{C} \leq T \leq 1150^\circ\text{C}$ in hitrost ohlajanja 9,6 do 10,5 m/min. Cevi so bile preizkušene s tlakom 10,34 bar, hrapavost cevi je znašala 0,77 μm , velikost zrna pa je bila od 7–8. Dimenzijska kontrola cevi je obsegala merjenje premera in debeline cevi na večjih mestih. Od metod brez porušitve je bila opravljena metoda z vrtničastimi tokovi (eddy current test).

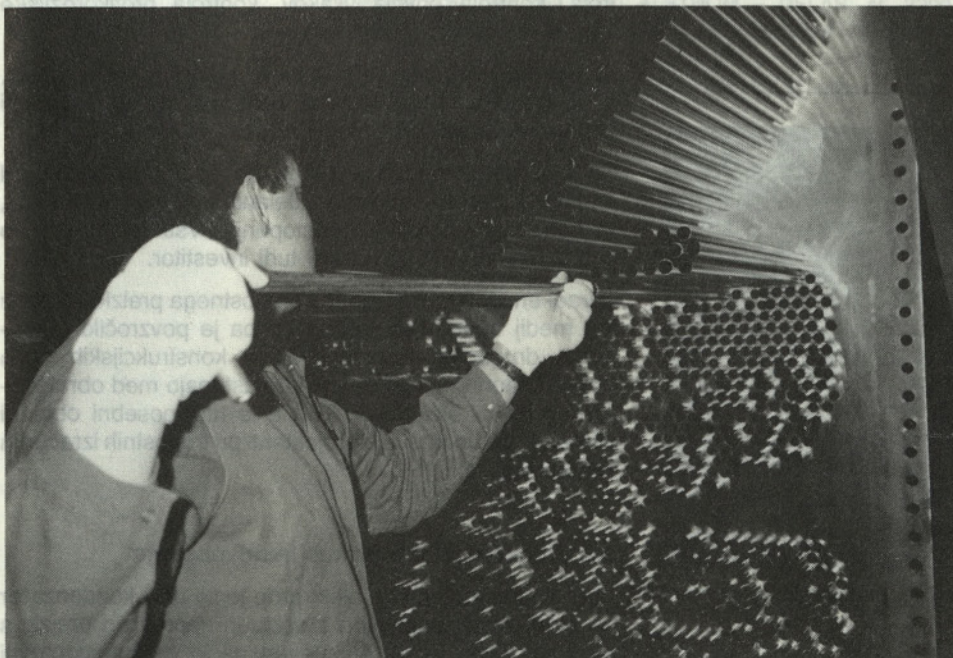
Spremljanje izdelave modulov in kontrolo izdelave snopov kondenzatorja so izvajali sodelavci službe za zagotavljanje kakovosti Nuklearne elektrarne Krško in službe tehničnega sektorja jedrske elektrarne Krško.

Kondenzator je samostojna nosilna konstrukcija, sestavljena iz dveh plaščev, od katerih vsebuje vsak po dva cevna snopa. Kot je razvidno iz slike 1, kondenzator sestavljajo 4 moduli.

Glavni sestavni deli kondenzatorja so naslednji:

- cevni snopi sestavljeni iz 8400 cevi kakovosti ASTM A 249, TP 316 L dolžine 19.632 mm in zunanjšega premera 24 mm ter debeline 0,6 (0,8 mm – na zgornjem robu snopov),
- dve jekleni cevni steni kakovosti ASTM A 240, 304, debeline 35 mm, velikosti 3,1 × 3,8 m,
- 13 podpornih plošč iz ogljičnega jekla debeline 13 mm, širine 2,92 m in višine 3,62 m,
- 12 podpornih plošč iz ogljičnega jekla debeline 15 mm,
- nosilni jekleni okvir,
- vstopna in izstopna komora, izdelana iz materiala A 515,60.

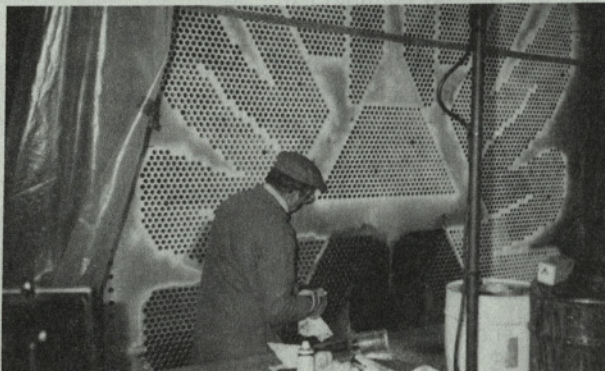
Glavna konstrukcijska značilnost novega kondenzatorja je sodobnejša razporeditev cevne snopa, uporaba tanekostenskih jeklenih nerjavnih cevi, s katerimi se izključuje



Slika 4. Vstavljanje cevi v konstrukcijo kondenzatorja

vpliv bakra na onesnaževanje uparjalnikov; nevarnost vibracij pa se omejuje z zadostnim številom vmesnih podpornih plošč. Tudi varjenje cevi v cevno steno je ena od konstrukcijskih značilnosti, s tem je zagotovljena tesnost med vodno komoro in parno stranjo.

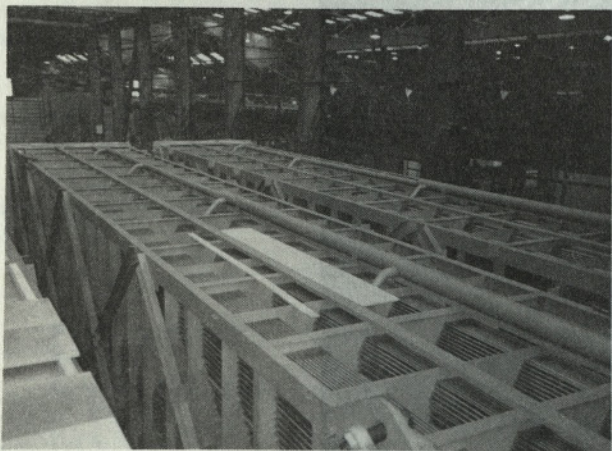
Na sliki 4 je prikazano vstavljanje cevi v konstrukcijo kondenzatorja, cevna stena kondenzatorja s strani vodne komore pa je prikazana na sliki 5.



Slika 5. Pogled na cevno steno kondenzatorja s strani vodne komore

Sodelavci jedrske elektrarne Krško so spremljali varjenje modulov cevnih snopov in vodnih komor in preverjali vso pripadajočo dokumentacijo o kakovosti za postopke varjenja (sočelni in kotni zvari) in varilce ter varilne aparate. Za dodatni material so bile uporabljene jeklene oplasčene elektrode, nerjavne oplasčene elektrode, žica za polavtomatsko varjenje in varilna žica in prašek za avtomatsko varjenje pod praškom.

Na sliki 6 sta prikazana dva modula kondenzatorja s pripadajočimi cevniimi snopi.



Slika 6. Dva modula kondenzatorja s pripadajočimi cevniimi snopi

5.2. Kontrola montaže kondenzatorja

Strokovnjaki podjetja Delas so skupaj s podjetjem Đuro Đaković, Slavonski Brod in Kovinarsko Krško odstranili obstoječe module kondenzatorja, večino veznih delov kondenzatorja, pripravili vse za montažo novih cevi, skratka, konstrukcijo kondenzatorja temeljito spremenili in posodobili.

Kontrolo montaže je izvajala služba za zagotavljanje kakovosti jedrske elektrarne Krško, služba kontrole kvalitete jedrske elektrarne Krško in Inštitut za metalne konstrukcije. Glavna naloga kontrole je bila pregled in priprava konstrukcije za montažo novih štirih modulov, ki so bili pripeljani neposredno na mesto vgradnje.

Predložen je bil podroben plan montaže in kontrol, ki ga je izdelal Đuro Đaković, Slavonski Brod in odobrilo podjetje Delas, Pariz in jedrska elektrarna Krško. Inštitut za metalne konstrukcije je spremljal naslednja dela:

- montažo vhodnih vodnih komor na novi modul po tehnološkem načrtu ILM2,
- rezanje odprtine v ohišju – izhodna stran po tehnološkem načrtu ILM3,
- montažo ojačitve plašča kondenzatorja po tehnološkem načrtu ILM4,
- rezanje cevi $\varnothing 1800$ po tehnološkem načrtu ILM5,
- demontažo izhodnega cevovoda po načrtu ILM6,
- demontažo izhodne vodne komore po tehnološkem načrtu ILM7,
- montažo pločevin na sprednji in zadnji strani (načrt ILM8),
- montažo kolena $\varnothing 1800$ (načrt ILM9).

Naloga kontrole je bila uporaba predvidenih tehnologij varjenja, kakovost izvajanja, vizualni pregled konstrukcije, neporušne preiskave zvarov (penetrantski in ultrazvočni pregled, radiografska kontrola zvarov), geometrijska kontrola, kontrola pritvija vijakov, kontrola protikorozijske zaščite in tesnostnega preizkusa.

Za vsa odgovornejša dela so bili izdelani delovni postopki, ki jih je odobrila tudi jedrska elektrarna Krško. Postopki varjenja in varilci so bili atestirani po predpisih ASME IX.

Za vsa dela, katerih rezultati so odstopali bodisi od projektnih zahtev bodisi od izdelanih delovnih postopkov, so bila izdana poročila o odstopanjih. Vsa odstopanja so bila sanirana in jih je odobril tudi investitor.

Zaradi enostavnejše izvedbe tesnostnega preizkusa se je kot medij uporabljala voda, kar pa je povzročilo popolnoma drugačne obremenitve na konstrukcijskih delih kondenzatorja, kot pa dejansko nastopajo med obratovanjem jedrske elektrarne. To pa je tudi posebni obtežni primer, ki ga upoštevajo projektanti pri trdnostnih izračunih kondenzatorja.

5.3. Funkcionalni preizkus kondenzatorja

Pred zagonom jedrske elektrarne je bil novi kondenzator na parni strani napolnjen z vodo in napravljen preizkus tesnosti. Tako je na enostaven način možno ugotoviti

morebitne netesnosti kondenzatorja glede na okolico. Preizkus tesnosti in termodinamične meritve je izvedla delovna organizacija EKONERG. Kontrolo funkcionalnega preizkusa in termodinamičnih meritev je izvajala Fakulteta za strojništvo iz Ljubljane.

V rednem obratovanju na parni strani seveda ni vode, ampak para s podtlakom 0,512 bar. V kolikor bi bil kondenzator netesen, bi namreč prodiral zrak iz okolice v kondenzator in povzročil stalno zmanjševanje podtlaka. Zmanjševanje podtlaka v kondenzatorju pa povzroči dvig temperature pare in s tem poslabšanje izkoristka elektrarne zaradi manjše mogoče ekspanzije pare.

Potem ko je bil končan redni remont in je začela jedrska elektrarna redno obratovati, so bile opravljene tudi termo-

dinamične meritve novega kondenzatorja. Meritve so pokazale, da je bila posodobitev kondenzatorja upravičena tudi s termodinamičnega vidika in da je mogoče pričakovati povečanje električne moči elektrarne.

6.0. Sklep

Vsa načrtovana dela so bila opravljena in kontrolirana skladno z ustreznimi postopki in veljavno regulativo, pregledana in potrjena je bila tudi delavniška in montažna dokumentacija.

S tem so torej izpolnjeni vsi pogoji za obratovanje kondenzatorja, s funkcionalnim testom pa so dokazane tudi boljše termodinamične lastnosti obravnavanega objekta.

LITERATURA

1. Schleithoff, K., F. Schmitz: Kondensatorrohre aus nichtrostenden Stählen und Titan, VGB Kraftwerkstechnik 69 (1989), št. 1, str. 7 do 15.
2. Multer, I.: Verbesserung des Wärmedurchganges an Titan-berohren Kondensatoren durch Einsatz von Granulatkugeln, VGB Kraftwerkstechnik 65 (1985), št. 12, str. 1133 do 1136.
3. Granser, D., H.-G. Hosenfeld, O.-A von Schwendner: Strömungsuntersuchungen zur Entwicklung grosser Dampfturbinenkondensatoren, Brennstoff-Warme-Kraft 37 (1985), št. 10, str. 397 do 406.
4. Gross, R., K. Pergande: Umrüstmassnahmen an Turbine-Kondensatoren, KWU-Service Report 1985, št. 2, str. 12 do 18.
5. Paren, J., C. Poulenc: Design of Power Station Condensers, GEC Althom Technical Review 1991, št. 6, str. 19 do 38.
6. Vuković, V.: Nuklearna elektrarna Krško, Energija (28) 1979, št. 3/4, str. 85 do 96 in št. 7/8, str. 139 do 146.
7. Vojvodič-Gvardjančič J.: Kontrola montaže pri zamenjavi cevnih snopov kondenzatorjev z oznako 3200-1A, 2A, 3B, 4B v Nuklearni elektrarni Krško (poročilo IMK, št. 20551/1).
8. Projektna dokumentacija GEC ALSTHOM – DELAS, št. 3200-1A, 2A, 3B, 4B in GESLOT PHALEMPIN – 1171-39622, 1172-39622, 1173-39622, 1174-39622.

TRENDI PROTIPOŽARNE ZAŠČITE

UDK 614.841

JANEZ GODNOV

ODVOD DIMA IN TOPLOTE (ODT)

Odvod dima in toplote je v primerjavi z drugimi protipožarno-zaščitnimi ukrepi relativno mlad. Borba s požari je že zelo stara. Poznavalci pravijo, da 6000 let. Gradbeni protipožarni ukrepi segajo nekaj sto let nazaj, prve avtomatske gasilne naprave so stare okrog 250 let. O odvodu dima in toplote pri požaru se v razvitem svetu resneje razpravlja šele zadnjih trideset let, pri nas pa dobrih deset let.

Potreba po odvodu dima in toplote se je pokazala skupaj s spremembo tehnologije in načina gradnje velikih industrijskih kompleksov. Nekaj so k temu prispevale spremembe pri požarnih rizikih, ki so se z novimi tehnologijami pojavile. Vse večja raba velikih proizvodnih in drugih prostorov je zahtevala drugačne protipožarne ukrepe. Katastrofalni požari velikih avtomobilskih tovarn v 50. letih so pokazali, da se požar hitreje širi, če dim in toplota ostajata v objektu, ker pri tem segrevata okolico in jo zažigata. Tako se požar hitreje širi. Na teh spoznanjih je nastala ideja o odvodu dima in toplote ali ODT, kot naj bi bila naša kratica za ta pojem (znana nemška kratica je RWA – Rauch und Wärmeabzug). S pojmom »odvod dima in toplote« razumemo nadzorovano, predvideno – krmiljeno – odvajanje v požaru nastajajočih produktov gorenja, dima, toksičnih (strupenih) plinov in toplote.

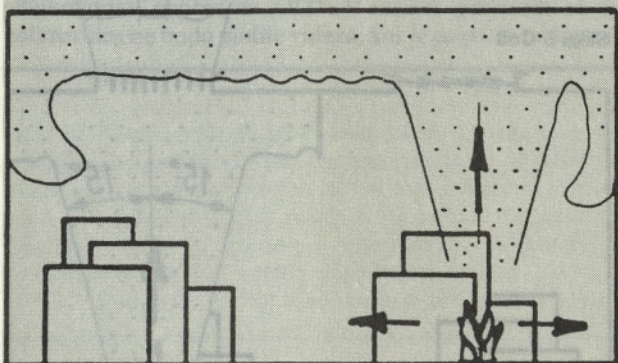
Kot je razvidno iz diagrama 1, se dim razvija intenzivneje v prvi fazi požara, medtem ko toplota oziroma temperatura narašča hitreje v drugi fazi požara.

Odvod dima je lahko naraven, če so v krovu zgradbe primerne odprtine, imenovane požarni prezračevalniki, skozi katere lahko odvajamo dim. Da bi sistem deloval, so potrebne tudi odprtine za dovod svežega zraka. Te so običajno v stenah zgradb. Tudi te odprtine naj bi bile take, da bi jih bilo lahko odpirati na daljavo, vendar v praksi za ta namen uporabljamo okna in vrata, da zmanjšamo stroške naprav. Potrebno je le poskrbeti, da jih je mogoče hitro in zagotovo odpreti. Tako je pri enonadstropnih objektih ali objektih, kjer je strop istočasno streha.

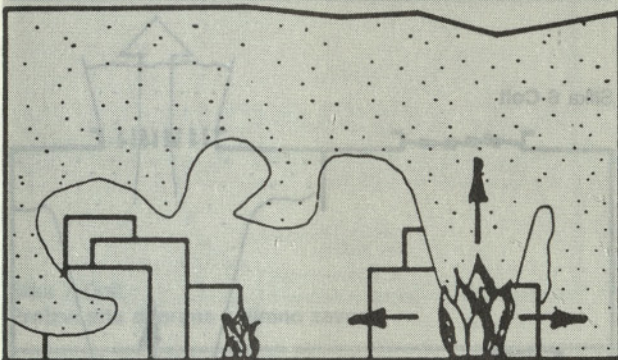
Kjer ni tako, je potrebno dim odvajati prisilno, s posebej zato prirejenimi toplotno-odpornimi ventilatorji. Prisilni sistem odvoda se uporablja povsod tam, kjer naravni ni mogoč, torej pri večnadstropnih zgradbah, kletnih etažah idr.

Naravni odvod ima številne prednosti, deluje z energijo požara in je zato cenejši, je učinkovitejši in do neke mere samoregulativen. Njegova uporaba pa je omejena na prejšnje omenjeno.

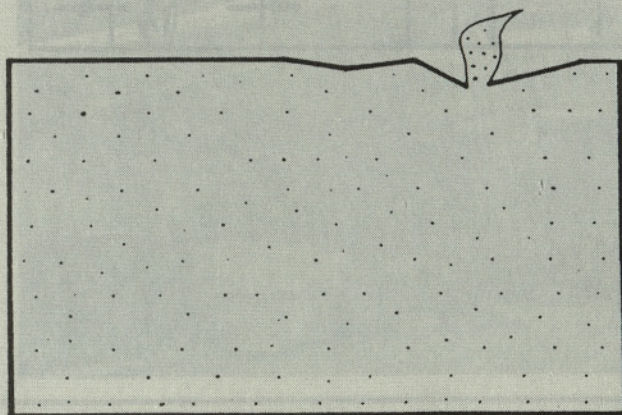
Za primerjavo si oglejmo stanje pri požaru v zaprtem prostoru – najprej brez ODT: Prostor, ki ga je zajel požar, se hitro zadimi. Vroči dimni plini bruhajo pod strop, se pod stropom razširjajo po prostoru, na hladnih stenah ohladijo in spuščajo k tlom (sl. 1), dokler povsem ne zapolnijo prostora. V požaru razvijajoča se toplota segreva okoliške predmete in zgradbo (sl. 2); ko jih segreje čez mero, se vžgo zaradi samovžiga. To so tako imenovani sekundarni požari, ki hitrost napredovanja požara zelo povečajo. Dim in toksični (strupeni) plini napolnijo prostor v kratkem času, tako da je evakuacija eventualno v prostoru zatečenih ljudi otežena (sl. 3). Preden prispejo gasilci, ki so sicer hitri, je prostor že povsem zadimljen, gorišče je v dimu in gasiti je možno le na slepo. Največkrat je to mimo gorišča, skratka, po celem prostoru. Škoda je tako večja, vendar, če gorišče ni vidno, drugače ne gre. Vodne škode pri požarih so znatne, vendar brez odvoda dima neizbežne.



Slika 1 Colt



Slika 2 Colt



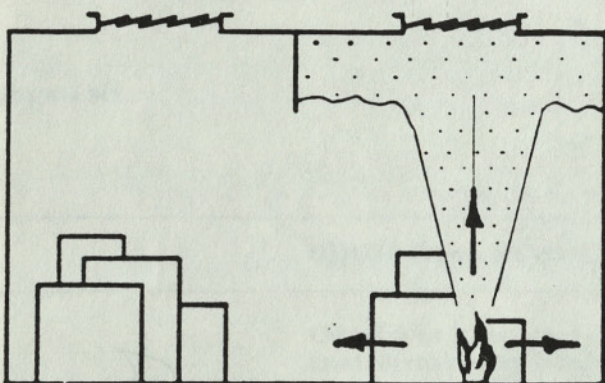
Slika 3 Colt

Kako je, če uporabimo ODT? S pravočasnim in nemotenim odvajanjem dima skozi pravočasno odprte prezračevalnike v krovu (ali ventilatorje za ODT) na prosto (sl. 4) in dovodu zraka skozi dovodne odprtine za sveži zrak se ustvari brezdimno polje v spodnjem delu zgradbe (sl. 5). To brezdimno polje omogoča eventualno evakuacijo ljudi, predvsem pa uspešno gasilsko intervencijo (sl. 6). Zaradi dotekajočega svežega-hladnega zraka se okolica gorišča hladi in požar počasneje napreduje. Ustvarjeni so dobri pogoji za učinkovito gasilsko intervencijo, ker je gorišče vidno.

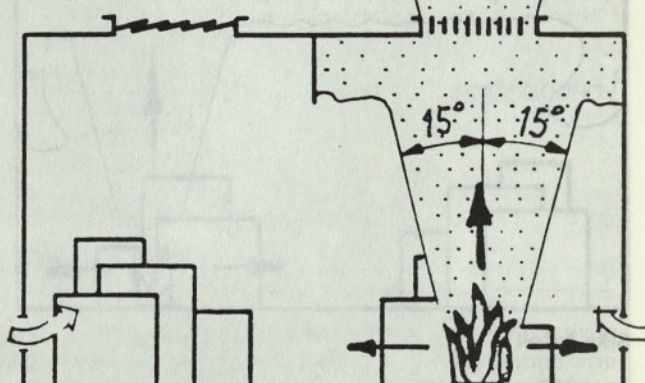
Gasilska intervencija mora biti hitra, sicer se požar nemoteno razvija dalje. Nastaja namreč vse več toplote, ki se sicer odvaja na prosto, vendar so kapacitete naprav za odvod toplote iz gospodarnih vzrokov omejene. Poleg tega velja vedeti, da te naprave niso pogasile še nobenega požara, pripravile pa so nešteto odličnih pogojev za učinkovito gasilsko intervencijo. Škode so tako lahko minimalne.

Razhajanja strokovnjakov pri argumentaciji za in proti odvodu dima in toplote so se v zadnjem desetletju povsem razblinila. Številni sicer dragi preizkusi, tako v naravni velikosti kot z modeli, so dali izredne rezultate. Največja nesoglasja strokovnjakov so bila glede souporabe stabilne gasilne naprave, znane pod imenom »ŠPRINKLER« (samodejno vodno gašenje) in ODT. Odvod dima naj bi pri nekaterih izvedenih napravah povzročal motnje pri vklopu šprinklerja. Niso bili redki, ki so jih odklanjali, tudi iz povsem neargumentiranih razlogov. Še v doslej veljavnih standardih za postavitve teh naprav je določilo, da se morajo ODT naprave vklopiti z zakasnitvijo šprinklerja. No, danes je to dognano. Pravilne

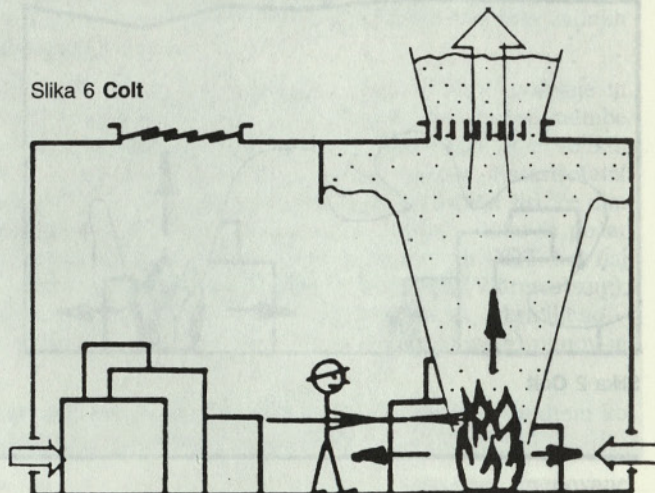
Slika 4 Colt



Slika 5 Colt



Slika 6 Colt



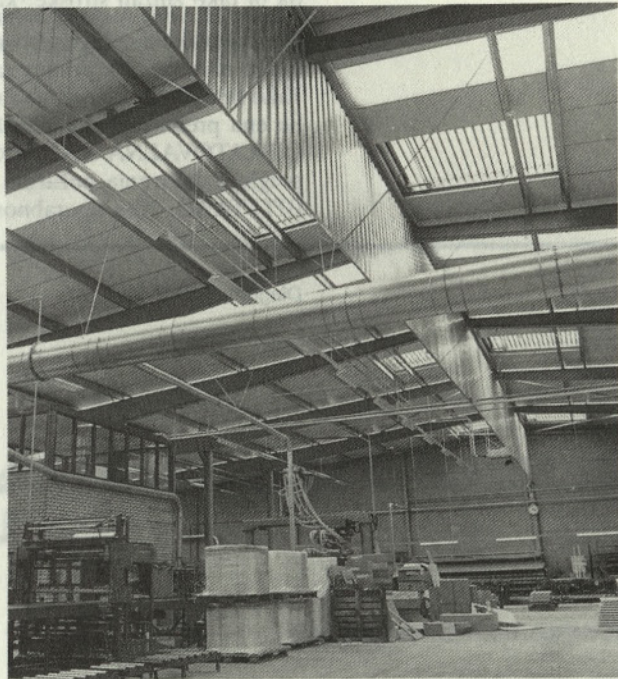
namestitve in izbira vrste gasilnih šob šprinklerja ter njih prave lokacije in ustrezni prezačevalniki za ODT lahko učinkovito sodelujejo pri sočasnem aktiviranju. Da bi se to v praksi uporabilo, morajo biti naprave izvedbeno brezhibne in strokovno postavljene. Poenostavitve so v izvedbi res cenejše, v eventualnem požaru pa ne morejo odigrati vloge, ki jim je namenjena. Izkušnje v praksi s temi napravami pri nas so prav zaradi tega tako slabe. To delo bi morali opraviti zato strokovno usposobljeni ljudje. Tudi sicer je zasnova protipožarnih ukrepov zahtevna naloga. Temu primerno so prirejani standardi za dimenzioniranje, ki so za splošne rešitve zaradi možnih poddimenzioniranj bolj ohlapni. Strokovno opredeljene individualne rešitve z individualnimi izračuni so zanesljivo dobre in tudi v izvedbi najcenejše.

Aktiviranje ODT – njih odpiranje – je največkrat izvedeno s termomaksimalnimi členi. To so naprave, ki pri dosegu določene temperature v področju prezačevalnika vklopijo odpiralni mehanizem. Rekli smo, da se temperatura razvija bistveno počasneje od dima in lahko se zgodi, da je prostor skoraj zadimljen, preden se področje prezačevalnika, kjer je termomaksimalni člen, toliko ogreje, da le-ta reagira. To se zgodi pri tako imenovanih hladnih požarih, z mnogo dima in malo oziroma počasi naraščajočo toploto. V takih primerih se prezačevalniki aktivirajo z dimnimi javljavci oziroma se vklopijo s signalom iz požarno-javljalne postaje. Možen je tudi ročen (daljinski) vklop. Pri tem so prezačevalniki enega dimnega sektorja vezani na eno vklopno napravo. Dimni sektorji so strešni oddelki – v velikih prostorih – ločeni z dimnimi zavesami za intenziviranje delovanja ODT.

Dimne zavese se pogosto obravnavajo kot nebodijihotreba. Čeprav so premnogokrat vzete kot nepotrebni strošek, imajo zelo pomembno nalogo in v veliki meri prispevajo k učinkovitosti naprav za ODT. V velikih prostorih so nepogrešljive. Z malo domišljije načrtovalca ne bodo motile videza, kar je pogosto razlog za opustitev namestitve (sl. 7).



Slika 7 Colt
Proizvodna dvorana z dimno zaveso

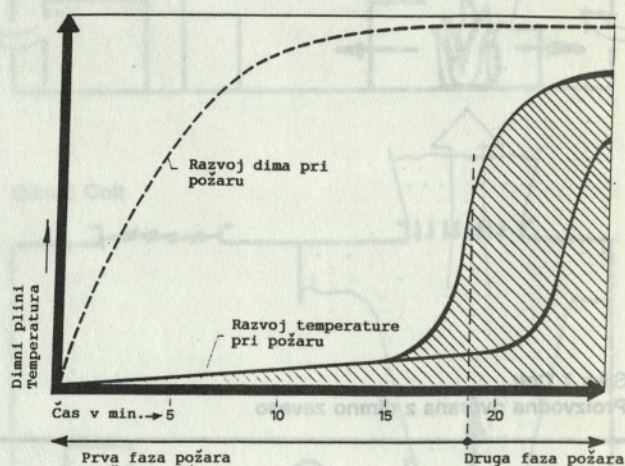


Slika 8 Colt
Pasaža nakupovalnega centra

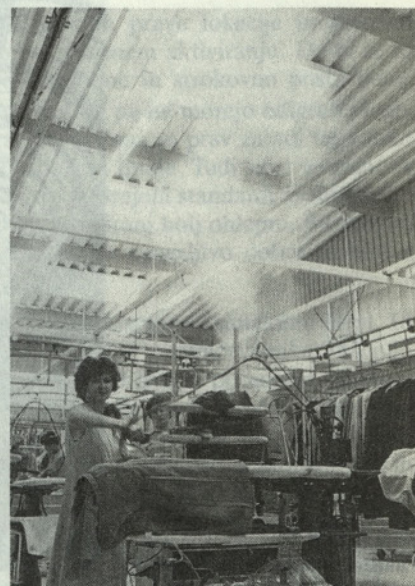
Prezračevalniki so naprave v krovu, ki zapirajo odprtine, namenjene odvodu dima in toplote. Višje ko so postavljene zahteve po toplotni in zvočni odpornosti ter svetlobni prepustnosti za zgradbe, večje so za prezračevalnike v njem. Vsem tem in še požarnim zahtevam morajo zadostiti sodobni prezračevalniki, pri čemer morajo biti še poceni! Za dovod zraka v stenah uporabljamo običajno obstoječe odprtine, ki rabijo za druge namene, da bi tako znižali stroške, kar ni vedno najsmotnejša rešitev.

Prezračevalniki v krovu so relativno velike odprtine, zato jih je mogoče uporabiti še za druge namene. Na primer za vsakodnevno prezračevanje in naravno razsvetlitev objekta. Tako se njihova racionalna raba poveča in stroški tako potrebne požarne zaščite zmanjšajo. Še ena prednost večnamenske uporabe teh naprav je za požar zelo pomembna, in sicer **OBRATOVALNA VARNOST** – zanesljivo obratovanje v primeru potrebe! Občasni pregledi delovanja požarnih naprav so često le formalnost, čeprav **TO NE BI SMELO BITI TAKO**. Njih uporabnost je tako večkrat preizkušana in zato bolj zanesljiva.

Diagram 1 Colt



Slika 9 in 10 Colt
Skladišče in proizvodnja, naravno osvetljena in prezračevalna ter požarno varovana z ODT



Uporabnost teh naprav je večstranska. Najdemo jih v raznih vrstah gospodarskih objektov, zaprtih športnih objektov, dvoranah za razne namene itd. Danes si ni mogoče zamisliti večjega prostora, kjer se zbira veliko ljudi, npr. nakupovalnega centra ali velikega skladiščnega ali proizvodnega objekta, ki ne bi bil opremljen s temi napravami (sl. 8 do 10). Riziko izgube trga in s tem podjetja ter delovnih mest zaposlenih v primeru večjega požara je postal prevelik. Cena tega požarnega ukrepa je v primerjavi z drugimi, sicer prav tako učinkovitimi stabilnimi gasilnimi napravami, primerno konkurenčna. Z njihovo souporabo pa se stopnja požarne zaščite za nekajkrat poveča. Naprave so okolju prijazne in z večnamensko uporabo zelo gospodarne.

STANDARDI ZA ZAKLJUČNA DELA V GRADBENIŠTVU

UDK 006:69

Mag. BRANKA ZATLER-ZUPANČIČ

Zaključna dela v gradbeništvu so nekakšna »obleka« za vsako gradnjo. Kako naj bi bila izvedena, je opisano tudi v standardih. V Sloveniji veljajo še vedno jugoslovanski standardi (preglednica 1).

Preglednica 1. Seznam v Sloveniji še veljavnih jugoslovanskih standardov (3) (kratica JUS) za ZAKLJUČNA DELA V GRADBENIŠTVU

Podloge za tlake	Keramičarska dela	Pleskarska, slikarska in fasaderska dela	Pluta	Keramične ploščice
U.F2.019 : 1988	U.F2.011* : 1977	U.F2.010* : 1978	D.Z0.039 : 1990	B.D1.300 : 1983
U.F2.020 : 1988	U.F2.018 : 1982	U.F2.012* : 1978	Plastika za tla	B.D1.301 : 1983
U.F2.023 : 1988	Plastičarska dela	U.F2.013* : 1978	G.E5.020 : 1972	B.D1.305 : 1983
U.F2.033 : 1982	U.F2.034 : 1982	U.F2.014* : 1978	G.E5.021 : 1973	B.D1.306 : 1983
Teracerska in kamnoseška dela	U.F3.060 : 1966	Parket in les	Barve, laki, pigmenti	B.D1.321 : 1963
U.F3.050* : 1978	Parketarska dela in leseni podi	D.D0.030 : 1990	H.C8.032 : 1972	B.D1.322 : 1981
U.F3.052* : 1978	U.F2.016 : 1989	D.D5.020 : 1980	H.C0.002 : 1967	B.D1.331 : 1986
U.F7.010 : 1966	U.F2.017* : 1978	D.D5.021 : 1980	H.C1.001 : 1966	B.D1.332 : 1986
Kamen	U.F2.026* : 1989	D.D5.030 : 1990	H.C1.002 : 1968	B.D1.334 : 1983
B.B3.200* : 1980		D.D5.031 : 1990	H.C5.020 : 1971	B.D1.335 : 1983
B.B3.250 : 1984		D.D5.032 : 1990	H.C7.050 : 1966	
		D.D5.044 : 1980		

In kakšno delo nas čaka pri urejanju standardizacije tega področja? Poglejmo si primer:

Za betonske polizdelke velja v Sloveniji 24 jugoslovanskih standardov. Mednarodni standardi (ISO) za to področje niso izdelani. Pri evropski organizaciji za standardizacijo (CEN) pa delujeta tehnični odbor za betonske polizdelke (CEN TC 229) in tehnični odbor za tlakovce in robnike (CEN TC 178). Oba tehnična odbora sta začela z delom v letu 1989 in evropskih standardov še nista pripravila. Iz poročila CEN za leto 1992 pa lahko razberemo, da je v delu 33 standardov, ki bodo postopoma dokončani do leta 1996.

CEN TC 178 obravnava tudi tlakovce in robnike iz kamna, medtem ko se je priprave standardov za kamen, kot gradbeni material, lotil CEN TC 246 – ustanovljen je bil leta 1990. Prve izdelke tega tehničnega odbora lahko pričakujemo šele letos.

Torej imamo še dovolj časa za prevzemanje evropskih standardov.

Viri:

1. Iso Technical Programme 1992
2. Cen Technical Programme 1992
3. JUS katalog 1991 – Standardi i propisi saveznog zavoda za standardizaciju.

STANDARDI ZA ZAKLJUČNA DELA V GRADBENIŠTVU

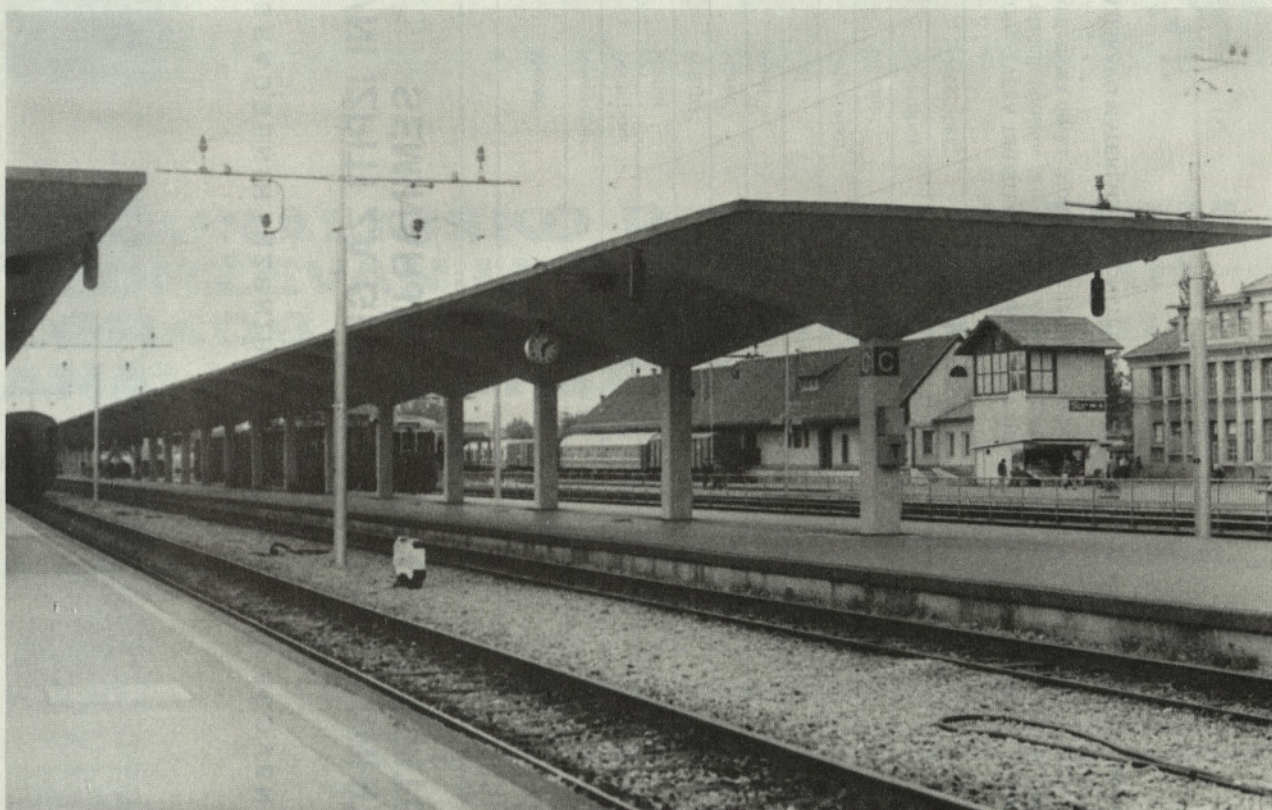
UDK 600.89

Mag. BRANKA ZATLER-ZUPANIČ

Preglednica 1. Seznam v Sloveniji še vajeznih jugoslovanskih standardov (33) gradbeništva
ZAKLJUČNA DELA V GRADBENIŠTVU

Številni oznaka	Ime standarda	Leto izdaje	Področje za delo
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33

PERONSKI NADSTREŠKI KOLODVORA V LJUBLJANI



Slika predstavlja konoidne ojačenobetonske peronske strehe ljubljanskega kolodvora. To je zgled vzorne rešitve, ki ustreza vsem pogojem gradbene umetnosti: odlično služi namenu, gospodarna v mali porabi betona in jekla, opaženje je enostavno iz samih ravnih letov. Isti element se ponavlja mnogokrat, kar še bistveno povečuje gospodarnost. Estetika je neoporečna! Zasnovo teh lupin je iz inozemskih izvedb k nam presadil prof. dr. inž. Srđan Turk. Štipendistu direkcije železnic v Ljubljani, inž. Janezu Urbaniji, je dal to nalogo za diplomsko delo v letu 1961. Ta je tudi pripravil detajlne in izvršilne načrte za te lupine. Med služenjem vojaškega roka je delo po uradni poti prešlo na sedaj pokojnega inž. Zvonimirja Stepišnika, njemu pa je tovariško priskočil z nasveti na pomoč naš znani, tudi že pokojni inž. Dane Smrekar. S to beležko podpisani dopolnjuje nekrolog za inž. Danetom Smrekarjem, objavljenem v Gradbenem Vestniku 1992/9-10, v katerem pravo avtorstvo objekta ni omenjeno.

Svetko Lapajne



ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE LJUBLJANA, ERJAVČEVA ULICA 15

STROKOVNI IZPITI ZA GRADBENIŠTVO IN ARHITEKTURO TER PRIPRAVLJALNI SEMINARJI ZA STROKOVNE IZPITE V LETU 1994

Rok	Leto	Mesec	A.		B.	
			SEMINAR		IZPIT	
VIII.	1993	November	22.–26. november	pisni 20. november	ustni 6.–10. december	
IX.	93	December	13.–17. december	18. december	10.–14. januar 1994	
I.	1994	Januar	17.–21. januar	22. januar	7.–11. februar	
II.	94	Februar	14.–18. februar	19. februar	7.–11. marec	
III.	94	Marec	14.–18. marec	26. marec	11.–15. april	
IV.	94	April	18.–22. april	23. april	9.–13. maj	
V.	94	Maj	16.–20. maj	21. maj	6.–10. junij	
VI.	94	September	19.–23. september	15. oktober	2.–4. november	
VII.	94	Oktober	17.–21. oktober	19. november	4.–8. december	
VIII.	94	November	21.–25. november			
IX.	94	December	12.–16. december			

A. Pripravljalni seminar organizira **ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE**, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon: 061/221-587. Prijavo v obliki dopisa, skupaj z dokazilom o plačilu, pošlje plačnik stroškov seminarja. Cena seminarja v mesecih novembru in decembru 1993 znaša 350 DEM, plačljivo v SIT po srednjem tečaju Banke Slovenije na dan plačila, z doplačilom 5% prometnega davka. Morebitna sprememba cene bo naknadno objavljena.

B. Izpit organizira **ZAVOD ZA RAZISKAVO MATERIALA IN KONSTRUKCIJ LJUBLJANA**, Dimičeva 12, Ljubljana. Informacije dobite pri Inž. Grošlju prek telefona št. 061/342-671, od 10. do 12. ure.



RAČUNALNIŠKO PODPRT SISTEM VZDRŽEVANJA STANOVANJSKIH ZGRADB »PAV« (PLANIRANJE in ANALIZA VZDRŽEVANJA)

UDK 69.05:519:68

ALEKSANDAR SRDIČ, DUŠAN ZUPANČIČ

POVZETEK

Vzdrževanje stanovanjskih objektov pridobiva pri nas vedno večjo pomembnost kot novo področje gradbene dejavnosti. Računalniški paket »PAV« predstavlja podporo informacijskemu sistemu vzdrževanja.

COMPUTER SUPPORTED HOUSING MAINTENANCE SYSTEM »PAV« (Planning and Analyse of Housing Maintenance)

SUMMARY

Significance of housing maintenance is dail increasing as a new part in construction. The computer application package »PAV« is a support for information system in housing maintenance.

1.0. NAMEN IN KONCEPT SISTEMA:

1.1. Namen sistema »PAV«

Vzdrževanje stanovajskih objektov zahteva poleg strokovnega znanja tudi kompleksen proces obdelave podatkov (zbiranje, sortiranje in njihovo procesiranje). Trenutno informacijsko stanje v vzdrževalnih podjetjih je na zelo nizki stopnji, čemur botruje predvsem pomanjkljiva baza podatkov in tudi nizka stopnja obdelave podatkov s

pomočjo računalnika (v najboljšem primeru vodenje financ). Za resnejši pristop do upravljanja vzdrževanja je poleg lastnih izkušenj upravljalca potrebna tudi močna podpora informacijskega sistema (hitrejši in preglednejši pristop do podatkov).

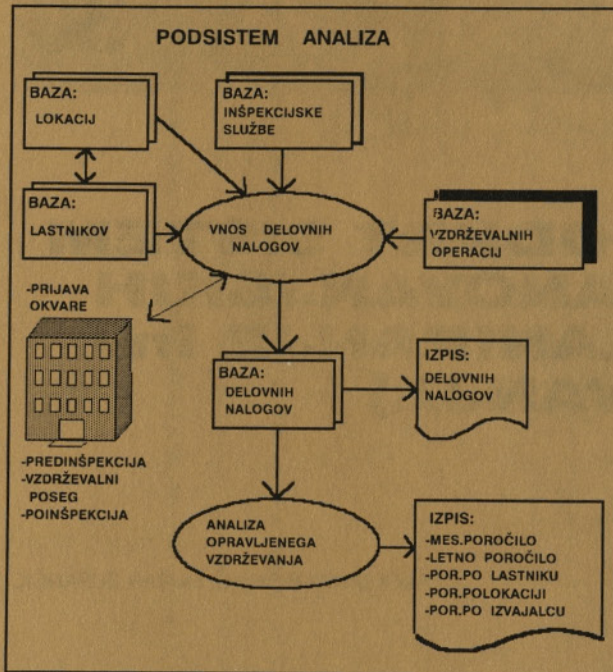
Namen sistema »PAV« je posodobiti in poenostaviti, kot tudi optimizirati vzdrževanje stanovanjskih objektov.

1.2. Koncept sistema »PAV«

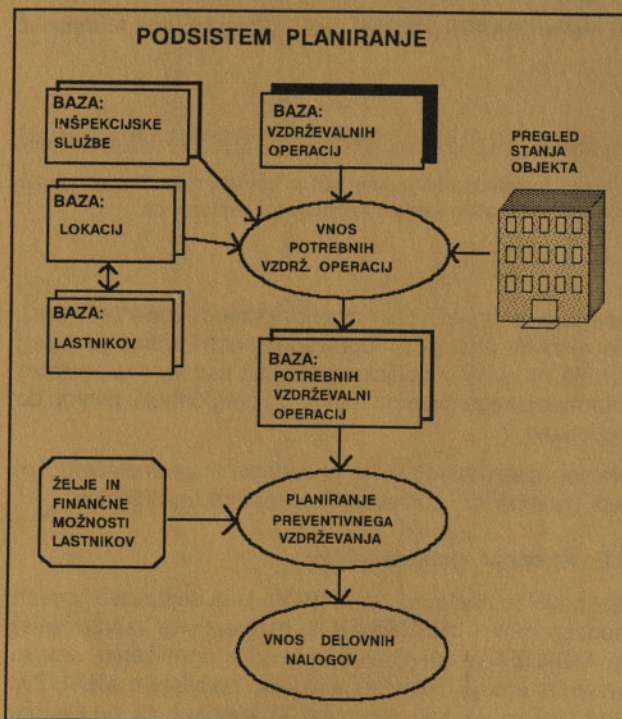
Kot pove že naslov sistema (PAV), je ta sestavljen iz dveh podsistemov – **PLANIRANJE** (preventivno vzdrževanje) in **ANALIZA** (evidentiranje in analiza opravljenih vzdrževalnih operacij). Trenutno je izdelan podsistem **ANALIZA**, podane pa so tudi smernice in koncept za podsistem **PLANIRANJE**.

Avtorji:
FAGG-KATEDRA ZA OPERATIVNO GRADBENIŠTVO
Aleksandar Srdič, dipl. inž. gradb.
mag. Dušan Zupančič, dipl. inž. gradb.

Koncept podsistemov – podatkovne baze, njihova medsebojna povezava ter tok podatkov, je prikazan na slikah 1.2.1 in 1.2.2.

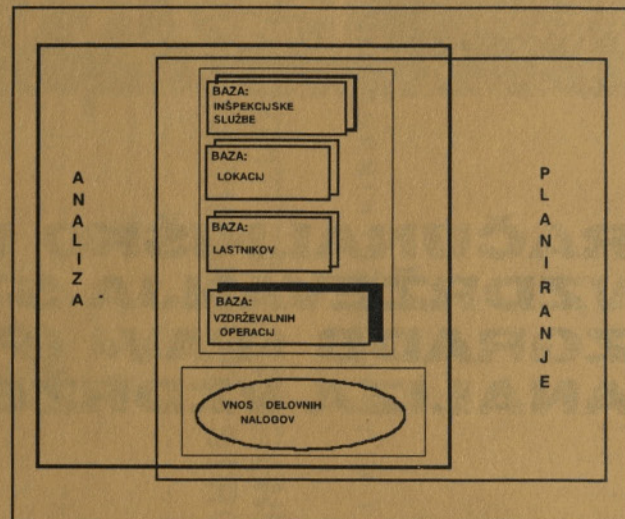


slika 1.2.1



slika 1.2.2

Oba podsistema sta medsebojno povezana preko skupnih baz ter enote za procesiranje podatkov »vnos delovnih nalog« (slika 1.2.3).



slika 1.2.3

2.0. PODATKOVNE BAZE RAČUNALNIŠKEGA PAKETA »PAV/A«

Računalniški paket »PAV/A« za podsistem analiza uporablja naslednje podatkovne baze:

- baza vzdrževalnih operacij
- baza lokacij
- baza lastnikov
- baza izvajalcev
- baza inšpekcijske službe
- baza delovnih nalogov

To so osnovne (stalne) baze, kot pomožna baza je predvidena še baza indeksov revalorizacije cen (v primeru nadaljnega razvoja paketa v povezavi s paketom KALK ta baza ni potrebna).

Dodana je še začasna baza delovnih nalogov za potrebe analize, ki ima funkcijo selekcije delovnih nalogov glede na vrsto analize.

2.1. Podatkovna baza vzdrževalnih operacij

Baza vzdrževalnih operacij vsebuje vse potrebne podatke (normativne in opisne) o vzdrževalnih operacijah. Izvedena je grupacija vzdrževalnih operacij glede na gradbene elemente in na vrsto ukrepa. Bazo sestavljajo trije deli – datoteke GEstrukt (struktura Gradbenih Elementov), TEstrukt (struktura Tehnoloških Elementov), VOstrukt (struktura vzdrževalnih operacij).

GRUPIRANJE VZDRŽEVALNIH OPERACIJ PO GRADBENIH ELEMENTIH

Grupiranje vzdrževalnih operacij je povzeto po konceptu

Pravilnika o minimalnih tehničnih in drugih normativih ter standardih za vzdrževanje stanovanj in stanovanjskih hiš ter poslovnih prostorov* in Tehničnih standardih stanovanjske zgradbe.**

Osnovna je delitev vzdrževalnih operacij po gradbenih elementih zgradbe (sestavlja datoteko GEstrukt):

I. KONSTRUKCIJA ZGRADBE:

- 01 TEMELJI IN KLET
- 02 ZIDOVI (zunanji in notranji)
- 03 STROPOVI IN BALKONI
- 04 STREŠNA KONSTRUKCIJA
- 05 STOPNIŠČE

II. ZAKLJUČNA DELA ZGRADBE

- 06 STREŠNA KRITINA
- 07 FASADA (nenosilni deli)
- 08 OKNA, VRATA, VGRAJENO POHIŠTVO
- 09 PREDELNE STENE
- 10 PODI
- 11 OBDELAVA ZIDOV IN STROPOV

III. INSTALACIJE ZGRADBE

- 12 VODOVOD IN KANALIZACIJA
- 13 ELEKTRIČNA INSTALACIJA
- 14 STRELOVODNA INSTALACIJA
- 15 OGREVANJE IN PREZRAČEVANJE
- 16 PLINSKA INSTALACIJA
- 17 PTT PRIKLJUČKI IN HIŠNE SIGNALNE NAPRAVE
- 18 TV ANTENE
- 19 DVIGALA
- 20 EVAKUACIJA SMETI
- 21 INSTALACIJA ZAKLONIŠČ

* Ul. SRS 29/83, Ljubljana 1983.

** Prof. dr. Edo Rodošek: Osnove za »Pravilnik o merilih ugotavljanja vrednosti stanovanj in stanovanjskih hiš.«

IV. OPREMLJANJE ZEMLJIŠČA

22 OPREMLJANJE ZEMLJIŠČA

Sledi delitev gradbenih elementov na tehnološke elemente (sestavlja datoteko TEstrukt). Kot primer je prikazana delitev gradbenega elementa **10 PODI**:

10 PODI:

- 10 001 Pod iz kamna, marmorja, mozaika, keramičnih ploščic, venecijanski pod
- 10 002 Deščični pod iz hrasta ali jesena, pritrjen ali lepljen na tlak ali estrih
- 10 003 Deščični pod iz bukovega lesa
- 10 004 Pod iz neglaziranih keramičnih ploščic, monolitni teraco, zglateni cementni estrih, opečni tlak

- 10 005 Ladijski pod (izoliran)
- 10 006 Ladijski pod (neizoliran)
- 10 007 Pod iz navadnih desk
- 10 008 Lamelni hrastov parket (mozaik parket)
- 10 009 Podi iz plastičnih mas (PVC, vinaz, novalit, teko-lit; varjeni, lepljeni na podlago)
- 10 010 Podi iz gume, topli pod . . .
- 10 011 Podi iz umetnih ali naravnih vlaken in mas
- 10 012 Obloga poda iz sintetičnih vlaken (sintelon, tuf-ting, velur, . . .)
- 10 013 Pod obložen z linolejem, tapisonom, itisonom
- 10 014 Asfaltni tlaki
- 10 015 Estrih-cementna prevleka na betonski podlagi, kot vezana obloga
- 10 016 Estrih-plavajoči pod
- 10 017 Zrnate podlage podov (perlit, glinopor . . .)

Vsakemu opisu tehnološkega elementa so dodani še naslednji normativni podatki:

n . . . povprečna doba trajanja elementa (v letih)

m . . . teoretično število menjav elementa v dobi 100 let
 $m = (100-n)/n$

f . . . faktor cene vzdrževanja v odstotku od revalorizirane gradbene cene elementa za celotno dobo ekonomskega trajanja objekta (100 let) za tekoče vzdrževanje.

Ti podatki se uporabljajo za določitev del, ki so potrebna za vzdrževanje v dobi trajanja stanovanjske zgradbe (100 let) po enačbi:

$$E = Cg \cdot m + Cg \cdot m \cdot f$$

E . . . stroški uporabe (eksploatacije) tehnološkega elementa, velika in mala popravila (tekoče vzdrževanje)
 Cg . . . revalorizirana cena tehnološkega elementa

S takšno delitvijo gradbenih elementov na tehnološke elemente dobimo razdelitev zgradbe na 269 tehnoloških elementov. Vsakemu tehnološkemu elementu lahko pripišemo določeno število vzdrževalnih operacij, katerih nadaljnja delitev po vrsti ukrepa je zajeta v datoteki VOstrukt.

GRUPIRANJE VZDRŽEVALNIH OPERACIJ PO UKREPIH:

Nadaljnja delitev vzdrževalnih operacij sestoji iz petih vrst ukrepov:

- A – Tekoče vzdrževanje
- B – Periodična kontrola
- C – Večja popravila in investicijske zamenjave
- D – Sanacije
- E – Rekonstrukcije

Vsaka vrsta ukrepov lahko vsebuje omejeno število vzdrževalnih operacij (100). Dokler se ne izdelata še normativna baza za vsako vzdrževalno operacijo posebej (možna je povezava s paketom KALK), nam rabi ta del baze le kot katalog vzdrževalnih del. Oblika kataloga vzdrževalnih del je prikazana na naslednjem primeru:

- 13.001. A01 – Čiščenje redno 1x tedensko z umivanjem
 A02 – Loščenje z dovoljenimi loščili
 A03 – Lepljenje odstopajočih ploščic s specialnimi lepili
 ----- identifikacijska koda vzdrževalne operacije
 ----- vrsta ukrepa (tekoče vzdrževanje)
 ----- koda tehnološkega elementa (pod iz kamna, marmorja, mozaika, keramičnih ploščic, venecijanski pod)
 ----- koda gradbenega elementa (PODI)

S takšnim sistemom delitve je možno vsakemu tehnološkemu elementu pripisati do 500 vzdrževalnih del, kar je še v mejah normalnega razčlenjevanja.

Del baze, ki razvršča vzdrževanje operacij po gradbenih elementih naj bi bil načeloma nespremenljiv, prav tako del za razdelitev na tehnološke elemente, saj sta povzeta po pravilniku. Fleksibilen ostaja katalog vzdrževalnih operacij, ki ga lahko oblikuje uporabnik sam ali skupina uporabnikov (več stanovanjsko vzdrževalnih podjetij) po skupnem dogovoru. Zaželen je čimbolj poenoten opis vzdrževalnih operacij zaradi analiz opravljenih del ter statističnih raziskav glede normalne dobe trajanja elementa »n« in faktorja tekočega vzdrževanja »f«.

2.2. Podatkovna baza lokacij:

Baza lokacij vsebuje tehnične kot tudi administrativne podatke o vseh lokacijah, ki jih pokriva uporabnik paketa (vzdrževalno podjetje) s svojo dejavnostjo. Med podatke administrativne narave spadajo naslednji podatki:

- lokacijski naslov (mesto, občina, regija)
- hišni naslov (ulica, hišna številka)
- številka stanovanja
- koda lastnika lokacije
- tip lastnine
- graditelj.

Med podatke tehnične narave spadajo naslednji podatki:

- leto izgradnje
- vrsta ogrevanja
- površina
- število sob – tip stanovanja
- opis posebnosti lokacije.

Podatki, zajeti v tej bazi, so potrebni za lociranje vzdrževalnih operacij, analizo opravljenih vzdrževalnih operacij in za posredovanje povratnih informacij konstrukterjem.

2.3. Podatkovna baza lastnikov

Baza lokacij vsebuje le administrativne podatke o lastnikih lokacij:

- lastnikov naziv
- lastnikov sedež
- število stanovanj v vzdrževanju.

Ti podatki se uporabljajo predvsem pri analizi opravljenih vzdrževalnih operacij, pregledu finančnega stanja (spremljanje plačila storitev) ter pri ažuriranju baze lastnikov.

2.4. Podatkovna baza izvajalcev:

Prav tako kot baza lastnikov ima tudi ta baza v glavnem administrativne podatke o izvajalcu vzdrževalnih del:

- naziv izvajalca
- sedež izvajalca
- številka žiro računa izvajalca.

Vsebuje še kratek opis izvajalčeve dejavnosti:

- opis dejavnosti.

Tudi ti podatki so namenjeni predvsem analizi opravljenih vzdrževalnih operacij, finančnemu toku, uporabni pa so pri lociranju »feedback« informacij izvajalca.

2.5. Podatkovna baza inšpekcijske službe:

Vsebuje administrativne podatke o inšpekcijski službi:

- ime in priimek
- položaj (hišnik...)

Podatki se uporabljajo pri ugotavljanju odgovornosti.

2.6. Podatkovna baza delovnih nalogov:

Njen namen je shranjevanje podatkov pri izdelavi delovnih nalogov in arhiviranje opravljenih vzdrževalnih operacij, kajti te so potrebne za vse nadaljnje obdelave – analiza, planiranje, »feedback« informiranje izvajalcev, finančno poslovanje,...

Sestoji iz dveh delov – datotek:

ADMINISTRATIVNI DEL (datoteka gdlnal):

- koda delovnega naloga
- datum vnosa del naloga
- koda lokacije
- koda izvajalca del
- koda inšpekcijske službe
- predinšpekcija
- poinšpekcija
- čas ukrepanja
- datum pristopa k lokaciji
- ura pristopa k lokaciji.

TEHNIČNI DEL (datoteka pdlnal):

- koda delovnega naloga (zaporedna številka)
- koda potrebne/opravljen vzdrževalne operacije
- eventualne opombe pri posameznih operacijah
- stroški opravljanja vzdrževalnih operacij.

Ta dva dela sta medsebojno povezana prek kode delovnega naloga.

2.7. Začasna podatkovna baza za analizo:

Njena funkcija je začasno arhiviranje izbranih podatkov iz baze delovnih nalogov za nadaljnjo analizo. Vsebuje del administrativnih podatkov:

- koda lokacije
- koda izvajalca
- datum vnosa delovnega naloga.

Iz tehničnega dela podatkov pa zajema naslednje podatke:

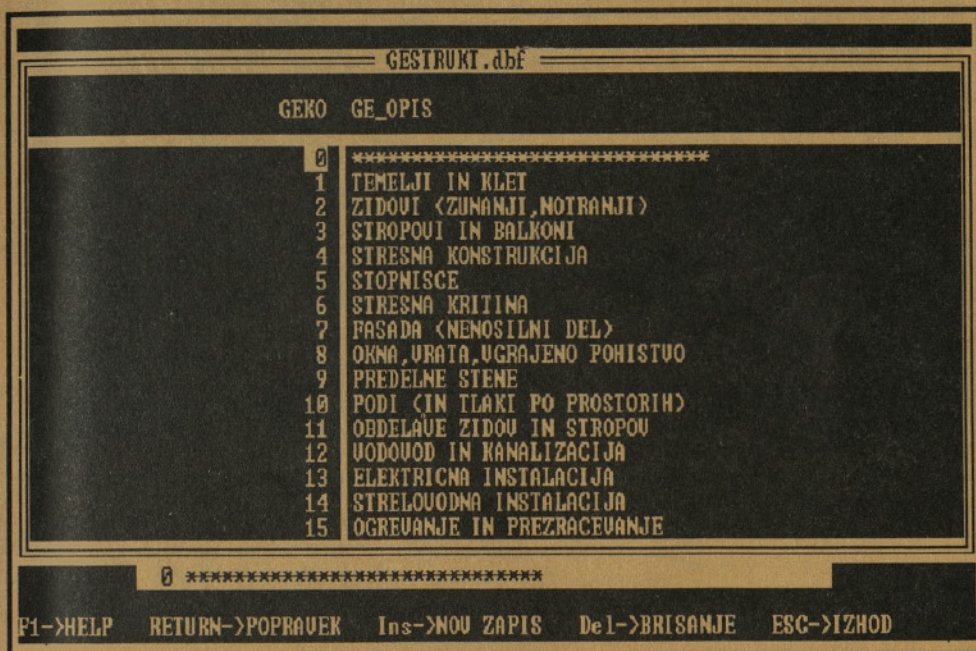
- koda vzdrževalne operacije
- koda delovnega naloga
- stroški opravljenih vzdrževalnih operacij.

3.0. KOMUNIKACIJSKE ENOTE RAČUNALNIŠKEGA PAKETA »PAV/A«

Pod pojmom »komunikacijske enote« je zajeto komuniciranje med računalniškim paketom ter uporabnikom. Prvi del paketa »PAV – ANALIZA vsebuje naslednje enote:

- »KONEC« (enota za izhod iz paketa ter servisne usluge)
- »AŽURIRANJE«
- »DELOVNI NALOG«
- »ANALIZA«
- »POGODBA«.

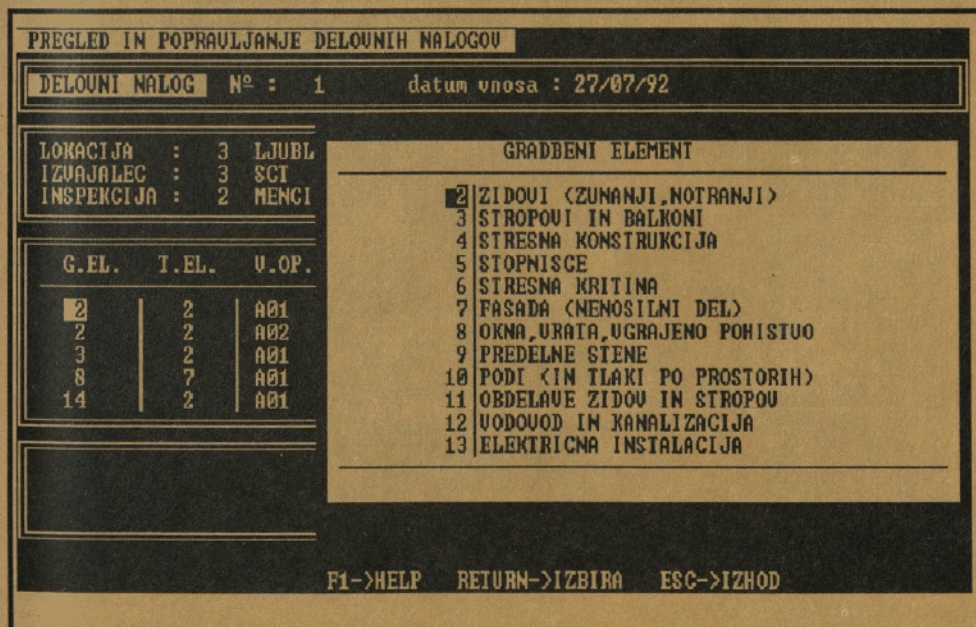
V tem poglavju so predstavljene le osnovne funkcije enot, natančnejši opis pa sledi v poglavju o delovanju paketa.



3.1. Enota »AŽURIRANJE«:

Naloga te enote je, da omogoči uporabniku popraviljanje in ažuriranje osnovne baze vzdrževalnih operacij. Poleg nje je možno preko te enote tudi ažuriranje baze revalorizacijskih indeksov (če jo program uporablja, drugače se to opravlja preko paketa KALK).

Slika 3.1.1.



3.2. Enota »DELOVNI NALOG«:

Ta enota omogoča izdelavo standardnih delovnih nalog s pomočjo standardnih opisov vzdrževalnih operacij. Skrbi za njihovo arhiviranje, brisanje, popraviljanje, izpisovanje.

Slika 3.2.1.

3.3. Enota »ANALIZA«:

Enota analiza nudi uporabniku izbiro vrste analize in grupacije elementov analize. Selektivno prenaša podatke iz baze delovnih nalogov v bazo analiza in povezuje te podatke v obliki kod s pripadajočimi opisi v osnovni bazi vzdrževalnih operacij.

ANALIZA OPRAVLJENIH DEL PO LASTNIKU

LASTNIK : 0 *****

MESEC
LETO
LOKACIJA
LASTNIK
IZVAJALEC

GRUPIRANJE
del.nalog
vzd.oper.
lokacija

izvajalec

TISKALNIK
EKSRAN
IZHOD

ZA CASOVNO OBDOBJE : OD : LETO:1992 MESEC: JANUAR
DO : LETO:1992 MESEC: OKTOBER

grupiranje po del.nalogih
F1->HELP F2->PREGLED BAZE RETURN->POVRATEK

slika 3.3.1

3.4. Enota »POGODBE«:

Namen te enote je ažuriranje podatkovne baze lastnikov, lokacij, izvajalcev, inšpekcijske službe. Omogoča enostaven vnos, pregled in popravek podatkov v teh bazah.

PODATKI O LOKACIJAH

LASTNIK
LOKACIJA
IZVAJALEC
INSPEKCIJA

PREGLED
DODAJANJE
IZPIS
BRISANJE

KODA : **LOKACIJA :** **st.stan :**
HIS NASLOV :

TIP LASTNINE : **LETO IZGRADNJE :**
STEVIL0 SOB : **POVRŠINA :** m²
LASTNIKOVA KODA :
VRSTA OGREVANJA :

OPIS LOKACIJE

PODATKI O LOKACIJAH
F1->HELP RETURN->IZBIRA ESC->IZHOD

slika 3.4.1

4.0. SKLEP

Računalniški paket »PAV« je namenjen kot podpora sistemu vzdrževanja stanovanjskih objektov. Njegovi potencialni uporabniki so podjetja, katerih dejavnost pokriva vzdrževanje stanovanjskih objektov ne glede nato, ali ima podjetje v svoji dejavnosti tudi gradbeno operativno ali ne.

Do sedaj izdelani paket »PAV/A« (analiza) omogoča uporabniku naslednje možnosti:

- evidentiranje vseh lokacij objektov, ki jih vzdržuje in njenih lastnikov
- izdelava standardnega delovnega naloga
- evidentiranje vzdrževalnih operacij na določenem objektu
- več vrst analize opravljenih vzdrževalnih operacij.

Pri njegovi uporabi ima uporabnik naslednje koristi in prednosti pred tako imenovano »peš« metodo:

- bolj sistemiziran pristop do vzdrževanja samega
- hitrejša in standardizirana izdelava delovnih nalogov (standardizirane, natančno definirane vzdrževalne operacije)
- enkratno vstavljanje podatkov brez nepotrebne ponavljanja
- hiter in enostaven pregled nad celotnim stanovanjskim fondom, ki ga vzdržuje (informacije tehnične in finančne narave)
- računalniško arhiviranje podatkov, ki so dostopni vsak trenutek.

Uporaba do sedaj razvitega in izdelanega paketa je možna takoj, saj bo uporabnik lahko sedaj vnesene podatke uporabljal tudi v kasnejših – izpopolnjenih oblikah paketa brez ponovnega vnašanja že vnesenih podatkov.

4.1. Nadaljnji razvoj

4.1.1. Baza normativov

Pri nadaljnjem razvoju podsistema **analiza** je najpomembneje izdelati proceduro za podporo baze normativov, ki jih bo možno »pripeljati« vzdrževalnim operacijam, katerih katalog v bazi VOstrukt.dbf naj bi služil kot opis postavk. Ta podprogram naj bi podpiral naslednje funkcije:

- vnos sredstev (material, energija, delovna sila) ter njihove cene na enoto količine
- izdelavo normativov
- avtomatski izračun stroškov/enoto normativa
- izdelavo postavk za vzdrževalne operacije
- avtomatski izračun stroškov/enoto postavke.

Poveza baze normativov s paketom PAV poteka prek baze vzdrževalnih operacij. S pomočjo baze normativov lahko pri vnosu vzdrževalnih operacij takoj dobimo predkalkulacijo delovnega naloga.

Izdelavi tega podprograma se lahko izognemo z enostavno povezavo s programskim paketom za gradbene kalkulacije KALK, ki je izdelan v istem programskem jeziku kot paket PAV, kar omogoča lahek prenos podatkov

iz enega paketa v drugega. Tako bi s pomočjo paketa KALK izdelali bazo normativov in postavk, ki bi imele enako kodno strukturo kot vzdrževalne operacije v datoteki VOstrukt.dbf v paketu PAV.

4.1.2. Povezava s finančnimi paketi

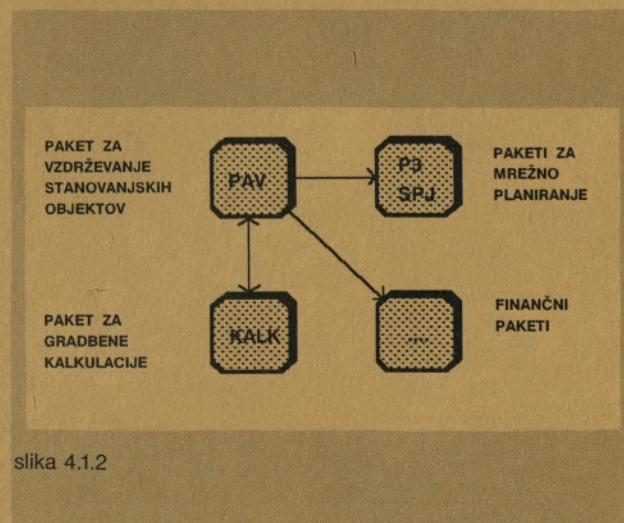
Večina računalniških paketov za vodenje finančnega poslovanja podjetij je narejena s pomočjo računalniškega prevajalnika Clipper, tako tudi paket PAV. Zato je na željo uporabnikov možno izdelati proceduro za prenos podatkov o stroških vzdrževalnih operacij neposredno v paket za finančno poslovanje, kar odpravi dvakratno vnašanje istih podatkov.

4.1.3. Povezava s paketi za mrežno planiranje

Pri večjem številu zahtevnih in kompleksnejših vzdrževalnih operacij je za boljši pregled stanja izvajanja in časovno planiranje poteka dejavnosti zaradi narave vzdrževalnih del najučinkovitejša metoda mrežnega planiranja. Paketu PAV bo za ta namen potrebno dodati proceduro za prenos podatkov v pakete za mrežno planiranje. Glede na razširjenost uporabe in lastno poznavanje predlagamo povezavo s paketom Primavera Project Planner (P3) ali Super-Project (SRJ).

Izbrani delovni nalog se prenese v paket za mrežno planiranje kot samostojen projekt, tam pa lahko več projektov (delovnih nalogov) združimo v skupen projekt. Ta dodatek paketu PAV je še posebej dobrodošel v primeru, da ima vzdrževalno podjetje v sklopu svoje dejavnosti tudi gradbeno operativno, saj mrežno planiranje s pomočjo računalnika omogoča enostavno časovno planiranje vzdrževalnih operacij glede na razpoložljivo delovno silo, mehanizacijo in druga sredstva.

Povezava celotnega paketa »PAV« z ostalimi paketi je prikazana na sliki 4.1.2. Glede na to, da paket še ni zaživel v praksi, je preuranjeno govoriti o njegovi prijaznosti do uporabnika, ki se bo pokazala šele v času uporabe paketa, vendar takšni popravki ne zahtevajo večjih sprememb paketa.



slika 4.1.2

4.2. Vzdrževanje kot del življenjskega ciklusa stanovanjskih zgradb

Pri novogradnji, kjer je dostopna kalkulacija stroškov objekta, lahko na podlagi tehničnih normativov predvidimo, kdaj bo kateri tehnološki element potrebno zamenjati, z razdelitvijo stroškov po gradbenih in tehnoloških elemen-

tih pa lahko ocenimo, kakšni bodo stroški vzdrževanja in kdaj bodo nastopili. Taka ocena stroškov vzdrževanja stanovanjskega objekta je pomembna tudi v fazi investicijskega odločanja, zato bi bilo pametno, da se ta del podsistema planiranje izdela tudi kot samostojen program za oceno stroškov vzdrževanja kot del stroškov življenjskega ciklusa stanovanjskih zgradb.

L I T E R A T U R A

1. CIB W/70, seminar: Systems of Maintenance Planning (marec 82).
Then Dany, Ton Damen, Bo Loon M. A.: Kompjuterizacija
Toyer Michael: Modeliranje procesa vzdrževanja – katalog
Then Dany: Vzdrževalne povratne informacije in upravljanje z njimi.
2. prof. Klaas Smit: Organisational aspects of computer applications in maintenance management.
3. dr. Alan Wilson: Maintenance management and computer practices.
4. Paul J. Landauer: Selection and implementation of an integrated maintenance management information system package.
5. Jane Goodacre: Proving the value of maintenance.
6. Helen Tipett, Peter D. Sterios: Building value management-case study findings from the public and private sectors in New Zealand.
7. CIB W/70 seminar: Whole-life property asset management (september 88).
8. Raymond Pettit: Computer Aids to Housing Maintenance Management.
9. prof. dr. E. Rodošek, mag. D. Zupančič: Organizacija sustava održavanja stambenih zgrada (GI Zagreb, avgust 1991).
10. prof. dr. Edo Rodošek: Osnove za »Pravilnik o merilih ugotavljanja vrednosti stanovanj in stanovanjskih hiš.
11. Pravilnik o minimalnih tehničnih in drugih normativih ter standardih za vzdrževanje stanovanj in stanovanjskih hiš ter poslovnih prostorov v stanovanjskih hišah v družbeni lasti, UL SRS 39/83, Ljubljana, 1983.

VREDNOTENJE DOPUSTNE OBREMENITVE TEMELJNIH TAL NA VERJETNOSTNI OSNOVI

UDK 624.15.04:519.2

LUDVIK TRAUNER, ZDENKO ZORIČ

POVZETEK

V članku je prikazan poizkus uporabe določenih postopkov teorije verjetnosti in matematične statistike pri vrednotenju dopustne obremenitve temeljnih tal.

Kot računsko izhodišče rabi znani Brinch-Hansenov obrazec in izbrani postopki s področja teorije verjetnosti (Oblak, Butinar 1982) ter matematične statistike.

Uporaba podanega modela verjetnostnega računa je prikazana na zglednem aplikativnem primeru.

PROBABILITY BASED BEARING CAPACITY OF BASEMENT GROUND

SUMMARY

The paper presents some precedures applied by theory of probability and mathematical statistics for a specific aspect of the basement ground bearing capacity.

As a calculating basis the equations of Brinch Hansen as well as selected procedures from theory of probability (Butinar, Oblak 1982) and mathematical statistics were used.

As an example an applicative case use of the proposed probability model is presented.

Avtorja:

¹ Redni prof. dr. Ludvík Trauner, d.i.gr., Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta, Smetanova 17, 62000 Maribor.

² Mag. Zdenko Zorič, d.i.gr., Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta, Smetanova 17, 62000 Maribor.

UVOD

Dobro znano deterministično metodo ugotavljanja dopustnih obremenitev temeljnih tal moramo obravnavati z izbranimi postopki teorije verjetnosti in matematične statistike. Ti postopki se pojavljajo kot nadvse potrebno dopolnilo na vseh tistih področjih znanosti in vsakdanje prakse, kjer nastopajo elementi slučajnosti.

V našem primeru takšen »verjetnosti« pristop k tematiki nakazujejo vsaj naslednji razlogi:

– Objektivna omejenost kvantitete in kvalitete terenskih preiskav in s tem majhno število vzorcev zemljin.

– Vzorci zemljin se bolj ali manj poškodujejo že pri samem odvzemu, transportu, obdelavi v laboratoriju in vgraditvi v testni aparat.

– V aparatu vzpostavljeni fizikalni pogoji ne ustrezajo popolnoma tistim v naravi.

Članek podaja kot teoretične osnove Brinch-Hansenov obrazec za vrednotenje dopustnih obremenitev temeljnih tal, medote robustne statistike in približno metodo verjetnostnega računa, temelječo na Taylorjevem razvoju izbrane funkcije okoli določene točke.

Za zaokrožitev teme je na zglednem praktičnem primeru prikazana uporaba izbranega računskega modela.

TEORETIČNE OSNOVE

Brinch-Hansenov deterministični obrazec za dopustno obremenitev temeljnih tal se glasi:

$$P_a = 0.5 \gamma B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma + (c_m + q \tan \varphi_m) N_c s_c i_c d_c + q \quad (1)$$

kjer pomeni:

$$N_q = \tan^2 (\pi/4 + \varphi_m/2) e^{(\pi \tan \varphi_m)} \quad (2)$$

$$N_c = ((N_q - 1)/\tan \varphi_m) e^{(-2\alpha \tan \varphi_m)} (1 - 0.5 \tan \beta)^5 \quad (3)$$

$$N_\gamma = 1.5 (N_q - 1)/\tan \varphi_m e^{(-2.7\alpha \tan \varphi_m)} (1 - 0.5 \tan \beta)^5 \quad (4)$$

$$\kappa = (H/(V + (B' L' c_m/\tan \varphi_m))) \quad (5)$$

$$i_\gamma = (1 - 0.7\kappa)^5; i_c = (1 - 0.5\kappa)^5 \quad (6), (7)$$

$$s_\gamma = 1 - 0.4(B'/L'); s_c = 1 + 0.2(B'/L') \quad (8), (9)$$

$$\text{za } D \leq B' \\ d_c = 1 + 2 \tan \varphi_m (1 - \dots \sin \varphi_m)^2 (D/B') \quad (10)$$

$$\text{za } D > B' \\ d_c = 1 + 2 \tan \varphi_m (1 - \sin \varphi_m)^2 \tan(D/B') \quad (11)$$

in:

γ = prostorninska teža zemljine (kN/m³)

c_m = mobilizirana kohezija (kN/m²)

φ_m = mobilizirani strižni kot (°)

B' = efektivna širina temelja (m)

L' = efektivna dolžina temelja (m)

D = globina temeljenja (m)

V = navpična komponenta rezultante obremenitve (kN)

H = vodoravna komponenta rezultante (kN)

α = nagnjenost dna temelja (°)

β = nagnjenost terena ob temelju (°)

Navedeni obrazci zadoščajo za deterministični pristop k določevanju dopustnih obremenitev temeljnih tal. Če pa želimo takšen pristop dopolniti s probabilističnim, moramo v tem smislu predelati tako vhodne podatke kakot tudi izhodiščni (1) in seveda vse spremljajoče (2–11) obrazce.

Ker je po pravilu fond vhodnih podatkov v praksi zelo skromen, smo se odločili za njihovo grobo statistično obdelavo z naslednjimi številskimi kazalci:

$$\text{matematično pričakovanje } m = \frac{1}{n} \sum_i x_i \quad (12)$$

$$\text{standardni odklon } s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_i - m_x)^2} \quad (13)$$

$$\text{koeficient variacije } v = \frac{s}{m} 100 \quad (14)$$

kjer označujemo:

n = število vhodnih podatkov

X = γ ali c_m ali φ_m

Sedaj je potrebno na podlagi teorije verjetnosti predelati osnovni izraz (1). Opredelili smo se na približni izračun matematičnega pričakovanja m_γ in standardnega odklona s_γ , ki temelji na Taylorjevem razvoju funkcije $f(x_i)$ okoli točke (m_{x_i}) , ($i = 1$ do n).

Na ta način dobimo za matematično pričakovanje m_γ izraz:

$$m_\gamma = f(m_{x_i}) + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \frac{\delta^2 f}{\delta x_i^2} s_{x_i}^2; (i = 1 \text{ do } n) \quad (15)$$

Za standardni odklon s_γ pa:

$$s_\gamma = \left(\sum_{i=1}^n \left(\frac{\delta f}{\delta x_i} \right)^2 s_{x_i}^2 + \sum_{i=1}^n \left(\frac{\delta f}{\delta x_i} \right) \left(\frac{\delta^2 f}{\delta x_i^2} \right) E((x_i - m_{x_i})^3) \right)^{1/2} \quad (16)$$

Če sedaj obrazca (15) in (16) uredimo glede na izraze (1) do (11), dobimo:

$$m_{Pa} = f(m_\gamma, m_{c_m}, m_{\varphi_m}) + \frac{1}{2} \left(\frac{\delta^2 Pa}{\delta m_\gamma^2} s_\gamma^2 + \frac{\delta^2 Pa}{\delta m_{\varphi_m}^2} s_{\varphi_m}^2 + \frac{\delta^2 Pa}{\delta m_{c_m}^2} s_{c_m}^2 \right) \quad (17)$$

$$s_{Pa} = \left(\left(\frac{\delta Pa}{\delta m_\gamma} \right)^2 s_\gamma^2 + \left(\frac{\delta Pa}{\delta m_{c_m}} \right)^2 s_{c_m}^2 + \left(\frac{\delta Pa}{\delta m_{\varphi_m}} \right)^2 s_{\varphi_m}^2 + \dots \right)$$

$$\begin{aligned}
 & + \left(\frac{\delta Pa}{\delta m_\gamma}\right) \left(\frac{\delta^2 Pa}{\delta m_\gamma^2}\right) E ((\gamma_i - m_\gamma)^3) + \\
 & + \left(\frac{\delta Pa}{\delta m_{cm}}\right) \left(\frac{\delta^2 Pa}{\delta m_{cm}^2}\right) E ((cm_i - m_{cm})^3) + \\
 & + \left(\frac{\delta Pa}{\delta m_{\varphi m}}\right) \left(\frac{\delta^2 Pa}{\delta m_{\varphi m}^2}\right) E ((\varphi m_i - m_{\varphi m})^3) \quad (18)
 \end{aligned}$$

$$v_{Pa} = \frac{S_{Pa}}{m_{Pa}} 100 \quad (19)$$

kjer pomeni:

$$\frac{\delta Pa}{\delta m_\gamma} = 0.5 B' N_\gamma s_\gamma i_\gamma + D \tan m_{\varphi m} N_c s_c i_c d_c + D \quad (20)$$

$$\frac{\delta^2 Pa}{\delta m_\gamma^2} = 0 \quad (21)$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\delta Pa}{\delta m_{cm}} &= 0.5 m_\gamma B' N_\gamma s_\gamma \frac{\delta i_\gamma}{\delta m_{cm}} + N_c s_c i_c d_c + \\
 & + m_{cm} N_c s_c d_c \frac{\delta i_c}{\delta m_{cm}} + \\
 & + D m_\gamma \tan m_{\varphi m} N_c s_c \frac{\delta i_c}{\delta m_{cm}} d_c \quad (22)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\delta^2 Pa}{\delta m_{cm}^2} &= 0.5 m_\gamma B' N_\gamma s_\gamma \frac{\delta^2 i_\gamma}{\delta m_{cm}^2} + 2N_c s_c d_c \frac{\delta i_c}{\delta m_{cm}} + \\
 & + m_{cm} N_c s_c d_c \frac{\delta^2 i_c}{\delta m_{cm}^2} + \\
 & + D m_\gamma \tan m_{\varphi m} N_c s_c d_c \frac{\delta^2 i_c}{\delta m_{cm}^2} \quad (23)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\delta Pa}{\delta m_{\varphi m}} &= 0.5 m_\gamma B' \frac{\delta N_\gamma}{\delta m_{\varphi m}} s_\gamma i_\gamma + 0.5 m_\gamma B' N_\gamma s_\gamma \frac{\delta i_\gamma}{\delta m_{\varphi m}} + \\
 & + m_{cm} \frac{\delta N_c}{\delta m_{\varphi m}} s_c i_c d_c + \\
 & + m_{cm} N_c s_c \frac{\delta i_c}{\delta m_{\varphi m}} d_c + m_{cm} N_c s_c i_c \frac{\delta d_c}{\delta m_{\varphi m}} + \\
 & + D m_\gamma \cos^{-2} m_{\varphi m} N_c s_c i_c d_c + \\
 & + D m_\gamma \tan m_{\varphi m} \frac{\delta N_c}{\delta m_{\varphi m}} s_c i_c d_c + \\
 & + D m_\gamma \tan m_{\varphi m} N_c s_c \frac{\delta i_c}{\delta m_{\varphi m}} d_c +
 \end{aligned}$$

$$+ D m_\gamma \tan m_{\varphi m} N_c s_c i_c \frac{\delta d_c}{\delta m_{\varphi m}} \quad (24)$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\delta^2 Pa}{\delta m_{\varphi m}^2} &= 0.5 m_\gamma B' \frac{\delta^2 N_\gamma}{\delta m_{\varphi m}^2} s_\gamma i_\gamma + m_\gamma B' \frac{\delta N_\gamma}{\delta m_{\varphi m}} s_\gamma \frac{\delta i_\gamma}{\delta m_{\varphi m}} + \\
 & + 0.5 m_\gamma B' N_\gamma s_\gamma \frac{\delta^2 i_\gamma}{\delta m_{\varphi m}^2} \\
 & + m_{cm} \frac{\delta^2 N_c}{\delta m_{\varphi m}^2} s_c i_c d_c + 2m_{cm} \frac{\delta N_c}{\delta m_{\varphi m}} s_c \frac{\delta i_c}{\delta m_{\varphi m}} d_c + \\
 & + 2m_{cm} \frac{\delta N_c}{\delta m_{\varphi m}} s_c i_c \frac{\delta d_c}{\delta m_{\varphi m}} + 2m_{cm} N_c s_c \frac{\delta i_c}{\delta m_{\varphi m}} \frac{\delta d_c}{\delta m_{\varphi m}} + \\
 & + m_{cm} N_c s_c \frac{\delta^2 i_c}{\delta m_{\varphi m}^2} d_c + m_{cm} N_c s_c i_c \frac{\delta^2 d_c}{\delta m_{\varphi m}^2} - \\
 & - 2D m_\gamma \cos^{-3} m_{\varphi m} \sin m_{\varphi m} N_c s_c i_c d_c + \\
 & + 2D m_\gamma \cos^{-2} m_{\varphi m} \frac{\delta N_c}{\delta m_{\varphi m}} s_c i_c d_c + \\
 & + 2D m_\gamma \cos^{-2} m_{\varphi m} N_c s_c \frac{\delta i_c}{\delta m_{\varphi m}} d_c + \\
 & + 2D m_\gamma \cos^{-2} m_{\varphi m} N_c s_c i_c \frac{\delta d_c}{\delta m_{\varphi m}} + \\
 & + 2D m_\gamma \tan m_{\varphi m} \frac{\delta N_c}{\delta m_{\varphi m}} s_c \frac{\delta i_c}{\delta m_{\varphi m}} d_c + \\
 & + 2D m_\gamma \tan m_{\varphi m} \frac{\delta N_c}{\delta m_{\varphi m}} s_c i_c \frac{\delta d_c}{\delta m_{\varphi m}} + \\
 & + 2D m_\gamma \tan m_{\varphi m} N_c s_c \frac{\delta i_c}{\delta m_{\varphi m}} \frac{\delta d_c}{\delta m_{\varphi m}} + \\
 & + D m_\gamma \tan m_{\varphi m} \frac{\delta^2 N_c}{\delta m_{\varphi m}^2} s_c i_c d_c + \\
 & + D m_\gamma \tan m_{\varphi m} N_c s_c \frac{\delta^2 i_c}{\delta m_{\varphi m}^2} d_c + \\
 & + D m_\gamma \tan m_{\varphi m} N_c s_c i_c \frac{\delta^2 d_c}{\delta m_{\varphi m}^2} \quad (25)
 \end{aligned}$$

PRAKTIČNI PRIMER

Kot praktični primer uporabe opisane metode verjetnostnega računa smo izbrali vrednotenje dopustne nosilnosti temeljnih tal za vrtec in prizidke »A« in »B« k osnovni šoli v Grižah;

(LMT; Oper. št.: 19/86 iz junija 1986). Na osnovi terenskih in laboratorijskih preiskav so bili na razpolago naslednji vhodni podatki:

prostorninska teža (CI težko gnetne konsistence)

$$\varphi = 19.0 \text{ kN/m}^3$$

kohezija

$$c_1 = 33,0 \text{ kN/m}^2$$

$$c_2 = 16,0 \text{ kN/m}^2$$

$$c_3 = 25,0 \text{ kN/m}^2$$

$$c_4 = 40,0 \text{ kN/m}^2$$

strižni kot

$$\varphi_1 = 29^\circ$$

$$\varphi_2 = 29^\circ$$

$$\varphi_3 = 24^\circ$$

$$\varphi_4 = 20^\circ$$

$$D = 1,2 \text{ m}$$

$$B = 1,0 \text{ m}$$

$$L = 20,0 \text{ m}$$

$$F_c = 2,5$$

$$F_\gamma = 1,5$$

Rezultati računske analize so razvidni iz priloženega računalniškega izpisa v preglednici 1.

Preglednica 1. Dopustna obremenitev temeljnih tal na verjetnostni osnovi

Objekt: Vrtec Griže
Temelj: pasovni temelj

Kohezija
Strižni kot

$$m_c = 28,3 \text{ kN/m}^2$$

$$m_{fi} = 25,5 \text{ (stopinj)}$$

Prostorninska teža

Širina temelja

Dolžina temelja

Globina temeljenja

Faktor varnosti

Faktor varnosti

Vodoravna komponentna rezultante

Navična komponentna rezultante

Nagnjenost dna temelja

Nagnjenost terena

$$N_c = 12.97743$$

$$i_c = 1$$

$$s_c = 1.01$$

$$N_q = 5.154989$$

$$d_c = 1.207079$$

$$s_gama = .98$$

$$m_{gama} = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$B = 1 \text{ m}$$

$$L = 20 \text{ m}$$

$$D = 1,2 \text{ m}$$

$$F_c = 2,5$$

$$F_{fi} = 1,5$$

$$H = 0$$

$$V = 1$$

$$n_i = 0 \text{ (stopinj)}$$

$$beta = 0 \text{ (stopinj)}$$

$$N_{gama} = 2.130575$$

$$i_{gama} = 1$$

Dopustna obremenitev $mPa = 354 \text{ kN/m}^2$

Standardni odklon $sPa = 83 \text{ kN/m}^2$

Koeficient variacije $vPa = 23.44633 \%$

SKLEP

Menimo, da je opisani računski postopek dobrodošlo dopolnilo že ustaljenim determinističnim postopkom vrednotenja dopustnih obremenitev temeljnih tal. Opisani postopek lahko brez težav uporabimo tudi na drugih področjih geotehnike, kot na primer pri računanju usedanja tal, pri stabilnostnih analizah...

LITERATURA

1. Oblak, M. in Butinar, B., Dimenzioniranje Eulerjeve uklonske palice na verjetnostni osnovi, Maribor: VTŠ Maribor, 1982.
2. Šuklje, L., Mehanika tal, Ljubljana: Univerza Edvarda Kardelja, 1984.
3. Brinch-Hansen, J., A revised and extended formula for bearing capacity, Copenhagen: Geotehnik Institut, Bulletin No. 28, 5–11, 1970.
4. Zorič, Z., Uporaba verjetnostnega računa v mehaniki tal – magistrsko delo, Maribor: Univerza v Mariboru, 1990.

PROTIPOTRESNA OJAČITEV STARIH KAMNITIH HIŠ: JE ZAMENJAVA LESENIH STROPOV Z MASIVNIMI PLOŠČAMI RES VEDNO POTREBNA?

UDK 699.841: 728.37

MIHA TOMAŽEVIČ, MARJANA LUTMAN, TOMAŽ VELECHOVSKY

POVZETEK

Raziskali smo učinek povezovanja zidov na obnašanje starih kamnitih hiš med potresom. Na enostavni potresni mizi smo preiskali dva modela dvoetažnih hiš s tipično zasnovo, enega z lesenimi stropi, drugega pa z opečnim obokom nad pritličjem in lesenim stropom nad nadstropjem. Pri obeh modelih so bili zidovi povezani z jeklenimi zidnimi vezmi, položenimi na obeh straneh zidov in sidranimi v vogalih z jeklenimi ploščami. Ugotovili smo, da se z ustrezno povezavo zidov z delno prednapetimi vezmi tako pri lesenem stropu kot pri opečnem oboku zagotovi togo delovanje stropa v ravnini. Preiskave so pokazale, da pri starih hišah normalne velikosti in konstrukcije za ustrezno povezavo zadostujejo vezi profila 22 mm.

ANTI-EARTHQUAKE REINFORCEMENT OF OLD STONE HOUSES: IS THE CHANGE OF WOOD FLOOR BEAMS WITH THE MASSIVE SLAB ALWAYS NECESSARY?

SUMMARY

The effect of tying the walls with steel ties on the seismic behavior of old stone masonry buildings has been investigated. Two two-storey models of typical building configuration, one with wooden floors, and second with a brick vault that replaced the wooden floor above the ground floor, have been tested by subjecting them to simulated earthquake ground motion on a simple earthquake simulator. The walls have been tied with prestressed steel ties, placed on both sides of the walls and anchored on the steel plates at the corners. It has been found that rigid diaphragm floor action of wooden and brick vaulted floors can be achieved by adequately tying the walls with prestressed ties. 22 mm diameter mild reinforcing steel bars, prestressed to about half of their tension capacity will be sufficient in the case of urban houses with normal structural configuration.

Avtorji:⁽¹⁾ dr., dipl. inž. gradb., redni profesor⁽²⁾ mag. dipl. inž. gradb., raziskovalna sodelavkaZavod za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana,
Dimičeva 12, 61109 Ljubljana⁽³⁾ mag., dipl. inž. gradb.

Shift d.o.o., Vurnikova 9, 61000 Ljubljana

1.0. UVOD

Pred nedavnim smo v Gradbenem vestniku opisali nekaj zanimivih rezultatov študije vpliva togosti stropov na potresno odpornost starih kamnitih zidanih hiš (1). S preiskavo dveh modelov dvoetažnih kamnitih hiš, enega z lesenimi stropi, katerih stropniki so bili prosto položeni

na nosilne zidove (*model A*) in drugega z armiranobetonskimi ploščami namesto lesenih stropov (*model B*), smo potrdili ugotovitev analiz poškodb starih hiš po potresih, da poleg kakovosti zidovja povezanost zidov in togost stropov odločilno vplivata na obnašanje med potresom. Medtem ko je model z lesenimi stropi razpadel od zgoraj navzdol, se je pri modelu s ploščami porušilo pritličje, nadstropje pa je ostalo skoraj nepoškodovano.

Analize po potresih kažejo, da že razmeroma šibki potresi povzročijo hude poškodbe, če zidovje ni ustrezno povezano. Na stikih med zidovi nastanejo razpoke, posamezni deli zidovja se odtrgajo in celo porušijo zaradi nihanja pravokotno na ravnino (sliki 1 in 2). Kolikšen je vpliv samega povezovanja zidov na povečanje potresne odpornosti preprostih podeželskih kamnitih hiš, smo na Zavodu za raziskavo materiala in konstrukcij (ZRMK) v Ljubljani raziskali po potresu na Kozjanskem leta 1974 (2). Takrat izvedene raziskave so potrdile in argumentirale danes znano in po številnih potresih široko uporabljeno metodo povezovanja zidov, ki je bila razvita na ZRMK.



Slika 1: Začetek trganja zidov med potresom (Posočje, 1976. Foto J. Boštjančič)

Enakomerno razporeditev potresnih sil na zidove načeloma omogočajo le stropne konstrukcije, ki so toge v svoji ravnini. Seveda se v primeru starih zidanih stavb v zgodovinskih mestnih in podeželskih jedrih, pri katerih so stropi večinoma leseni, vprašljiv pa je tudi obstoj ali vsaj pravilna razporeditev vodoravnih zidnih vezi, zavedamo, da velja ta predpostavka le v manjši meri. Prav tako ni



Slika 2: Porušitev zidu zaradi nihanja pravokotno na ravnino (Posočje, 1976. Foto J. Boštjančič)

jasno, v kolikšni meri lahko kot toge v svoji ravnini štejemo opečne zidane oboke, ki jih v starih hišah najdemo nad pritličjem, hodniki in stopnišči. Zato pri prenovitvenih posegih skušamo lesene strome zamenjati z monolitnimi masivnimi v obliki polnih armiranobetonskih plošč ali prefabriciranih stropov različnih tipov s tlačno ploščo. Tudi nad opečnimi oboki radi izvedemo polne plošče, oziroma nasutje nad njimi zamenjamo s penobetonom, pa čeprav to zaradi same nosilnosti stropa ne bi bilo vedno potrebno.

Očitno predstavljajo masivni stropi s stališča predpostavke o togih stropnih diafragmah najboljšo rešitev. Ker pa je zamenjava stropov včasih nepotreben in drag poseg v obstoječo zgradbo, ki v primeru prenove starih stavb zgodovinskega pomena, kjer se moramo s posegi v konstrukcijo prilagajati zahtevam restavratorjev in konzervatorjev, ki ne dopuščajo vgrajevanja modernih materialov, včasih niti ni mogoč, si pomagamo tako, da obstoječe lesene strome na različne načine poskušamo narediti bolj toge. Stropnike sidramo v zidove, vgrajujemo jeklene diagonalne vezi, pribijamo opaže v dveh med seboj pravokotnih smereh, ipd. Rešitev je veliko, vendar, kolikor nam je znano, še nobena ni bila v obliki, kakršno uporabljamo pri nas, eksperimentalno preverjena ne doma ne v tujini.

Da bi raziskali mehanizem delovanja zidnih vezi in ugotovili, kolikšen je njihov učinek pri povezovanju različnih vrst stropov, nadaljujemo z raziskavami obnašanja starih hiš med potresom. Tokrat smo na potresni mizi preiskali model z lesenimi stropi, ki je imel zidovje povezano z obojestransko položenimi jeklenimi vezmi (*model C*) in model, pri katerem je bil lesen strop nad pritličjem zamenjan z opečnim obokom, zidovje pa, tako kot pri *modelu C* povezano z vezmi (*model D*).

Z raziskavami, ki so dopolnile delo, opisano v prejšnjem prispevku, smo nameravali ugotoviti tudi nekatere fizikalne parametre v zvezi z delovanjem vezi, da bi na njihovi osnovi izdelali priporočila za projektiranje. Danes, ko se v čedalje večjem številu prenavljajo tudi največji zidani objekti (v Ljubljani so to Cukrarna, Škofovi zavodi, ipd.), tudi pri zidnih vezeh ne moremo ostati samo na bolj ali manj izkustvenih, čeprav deloma že preverjenih principih konstruiranja.

Z raziskavami pa smo želeli prispevati tudi k razvoju novih, zidanim stavbam prijaznih tehnoloških rešitev za protipotresno ojačevanje starih zgodovinskih stavb. Stavbam prijazne so tiste tehnološke rešitve, pri katerih so posegi

v obstoječe konstrukcije minimalni, če pa vanje že posegamo, potem, predvsem v primeru kulturno-zgodovinskih spomenikov, ne uporabljamo zgodovinskim stavbam tu-jega materiala.

2.0. OPIS PREISKAV

2.1. Zasnova modelov

Raziskujemo obnašanje tipične stanovanjske hiše starega mestnega jedra. Osnovne značilnosti konstrukcijske zasnove starih hiš so tele: hiše so sezidane iz kamnitega ali mešanega kamnito-opečnega zidovja, njihova višina praviloma ne presega treh do štirih nadstropij, medsebojna razdalja zidov, debelih vsaj 50 cm, pa ne 4 m. Tudi etažna višina je navadno omejena na 3 m. Stropi so leseni, velikokrat pa nad kletjo in pritličjem ter nad hodniki in stopnišči lesene tramovne stropje zamenjajo opečni oboki. Povezava zidov je slaba. Le redkokdaj so zidovi sistematično povezani z železnimi zidnimi vezmi, leseni stropniki pa praviloma niso sidrani v zidove.

Zmogljivosti preizkuševalnih naprav, ki jih imamo na razpolago na ZRMK, ne dopuščajo preiskav odziva konstrukcij na potres v naravnem merilu. Glede na izkušnje in na razpoložljive podatke o ustreznih modelnih materialih (2) smo se odločili, da bomo modele izdelali z upoštevanjem zakonov t. i. popolne modelne podobnosti v merilu 1 : 4. To pomeni, da bo moralo imeti modelno zidovje 4-krat manjšo trdnost, vendar enake deformacije kot prototip, enaka kot pri prototipnem zidovju pa bo morala biti tudi prostorninska teža, Poissonovo število in koeficient ekvivalentnega viskoznega dušenja.

Če izdelamo popoln model, avtomatično izpolnimo tudi oba pomembnejša pogoja modelne podobnosti, ki veljata, kadar raziskujemo porušne mehanizme konstrukcij pri dinamičnih obtežbah, tj. pogoj podobnosti razporeditve mas in togosti po višini prototipne in modelne zgradbe ter pogoj podobnosti razmerja med delovnimi napetostmi v zidovih in trdnostjo zidnega materiala (3). Zato smo zidovje modelov sezidali iz naravnega, prototipnega materiala (kamna in malte), vendar na način, ki je zagotovil ustrezno zmanjšano trdnost. Uporaba prototipnih materialov je zagotovila, da je modelno zidovje kljub zmanjšani trdnosti ohranilo vse ostale lastnosti takšne, kot jih ima zidovje prototipnih kamnitih hiš. To pomeni, da lahko za pretvorbo fizikalnih veličin, izmerjenih na modelu, upoštevamo pravila popolne modelne podobnosti. Faktorji modeliranja so navedeni v preglednici 1, v preglednici 2 pa primerjamo mehanske lastnosti nekaj najbolj tipičnih vrst zidovja starih hiš v obstoječem ali ojačenem stanju.

Preglednica 1: Faktorji modeliranja v pogojih popolne modelne podobnosti

Fizikalna veličina	Odvisnost	Faktor modeliranja
Dolžina (l)	$S_L = l_p/l_M$	4
Trdnost (f)	$S_f = f_p/f_M = S_L$	4
Deformacija (ϵ)	$S_\epsilon = \epsilon_p/\epsilon_M$	1
Sp. teža (γ)	$S_\gamma = \gamma_p/\gamma_M$	1
Pomik (d)	$S_d = S_L$	4
Sila (F)	$S_F = S_L^2 S_\epsilon = S_L^3$	64
Čas (t)	$S_t = \sqrt{S_L}$	2
Frekvenca (ω)	$S_{\omega} = 1/S_t$	0,5
Hitrost (v)	$S_v = S_t/S_\epsilon = \sqrt{S_L}$	2
Pospešek (a)	$S_a = S_v/S_t$	1

Preglednica 2: Primerjava med mehanskimi lastnostmi modelnega in prototipnega zidovja (po 4, 5, 6 in 7)

Veličina	Model	Prototip – pri merilu 1 : 4	Prototip – dejansko	
			Osnovni zid	Injektiran zid
Tlačna trdnost f_c (MPa)	0,77	3,08	0,3-0,9(*)	0,6-3,7
Natezna trdnost f_t (MPa)	0,049	0,20	0,02-0,19	0,19-0,33
Modul elastičnosti E (MPa)	489	1956	200-1000(*)	800-3000
Strižni modul G (MPa)	168	672	70-90	100-450
Sp. teža γ (kg/m ³)	2143	2143	2200	2200

(*) vrednosti so dobljene z laboratorijsko preiskavo!

Da bi poenostavili izdelavo in omejili težo, smo modelirali samo del kamnite hiše, ki je imel poenostavljene, simetrične in idealizirane tlorisne karakteristike. Kljub temu pa so modeli obdržali tipične medsebojne razdalje zidov in razporeditev stropov, pa tudi tipično velikost in razporeditev okenskih in vratnih odprtih starih hiš. Omejili smo se na dvonadstropno stavbo, saj so analize poškodb po potresih pokazale, da so se vse značilnosti obnašanja pri potresu, ki jih bomo raziskovali, pojavile že tudi na hišah te, sicer majhne višine.

Kot pri modelih, ki smo ju opisali v prejšnjem prispevku (1), sta bila zidova, ki sta nosila strop, postavljena v smeri potresnega vzbujanja, medtem ko sta zidova z okenskimi in vratnimi odprtinami stala pravokotno na delovanje potresa. Na z navpično obtežbo neobremenjenih in z odprtinami oslabljenih zidovih, ki bodo obremenjeni s potresnimi silami pravokotno na svojo ravnino, bomo najlažje pojasnili in ovrednotili vpliv togosti stropov in delovanje zidnih vezi pri potresu.

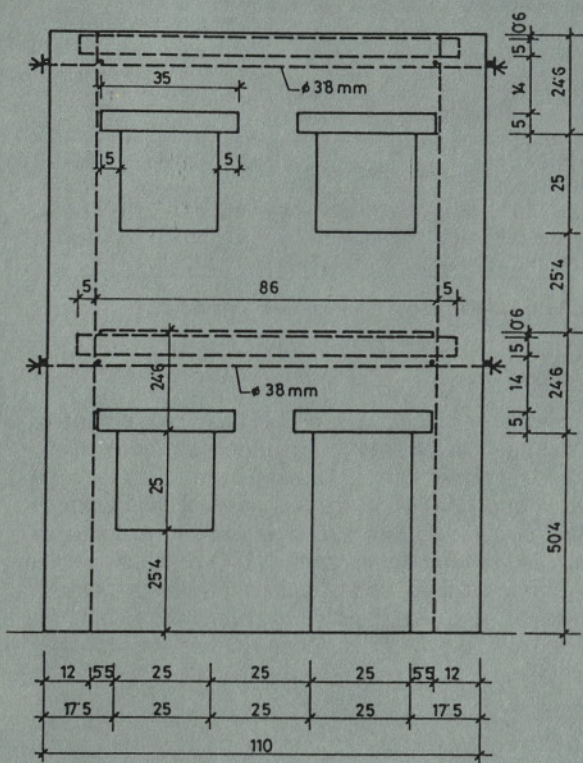
Ker smo želeli raziskati, kako učinkujejo zidne vezi, če z njimi povežemo zidovje hiš z različnimi vrstami stropov, je imel *model C*, ki je bil tretji v seriji preiskanih modelov kamnitih hiš, enaka lesena stropa, s stropniki prosto položenimi na nosilna zidova kot prvi *model A*, medtem ko je imel četrti, *model D*, namesto lesenega stropa nad pritličjem križni opečni obok (slika 3).

Zidovje obeh modelov je bilo v višini stropov povezano z jeklenimi zidnimi vezmi, ki so bile položene tik pod stropniki na obeh straneh zidov in sidrane z navoji in maticami na jeklene plošče v vogalih. Pri *modelu D* so bile vezi nad pritličjem postavljene v višino pete oboka. Položaj vezi v tlorisu obeh modelov prikazuje slika 4.

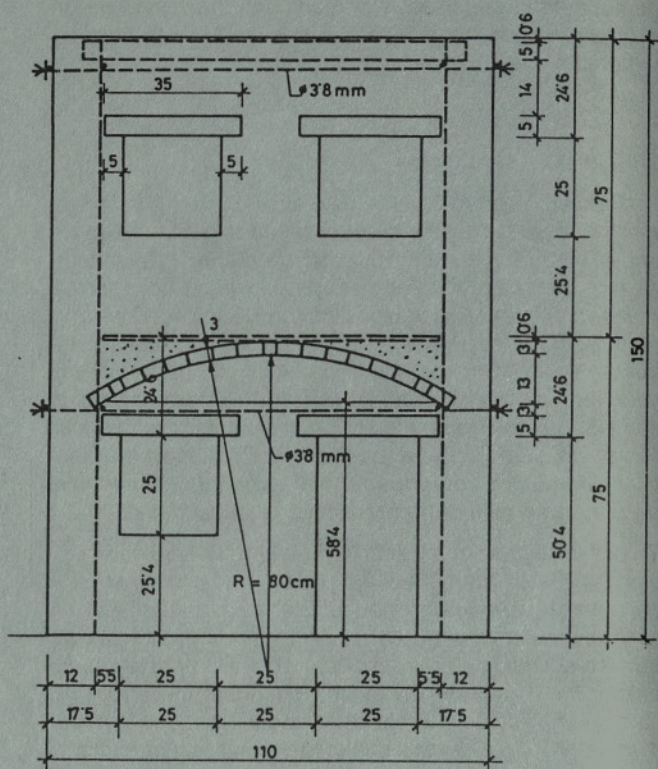
Premer modelnih vezi, ki bi ustrezal v praksi uporabljenem gladkemu betonskemu jeklu premera 16 mm, bi znašal le 1,8 mm in bi povzročil težave pri sidranju vezi na podložne plošče z navoji in maticami, težavne pa bi bile tudi meritve deformacij in napetosti. Zato smo zidove povezali z žgano žico premera 3,8 mm (meja plastičnosti 287 MPa, natezna trdnost 348 MPa), kar bi pri izbrani tehniki modeliranja ustrezalo palicam premera 36 mm na prototipu.

Ker pa smo modela projektirali in preiskali z namenom, da bi ugotovili učinkovitost povezovanja in ovrednotili sile, ki nastanejo v vezeh med potresnim vzbujanjem, smo ocenili, da poenostavitev pri modeliranju vezi ne bo vplivala na potek preiskave, saj bomo vse sklepe lahko izvedli iz meritev deformacij v vezeh. Z vgraditvijo močnih palic smo želeli preprečiti predčasno popušcanje oziroma plastifikacijo zidnih vezi tudi v primeru, ko bi nastale sile

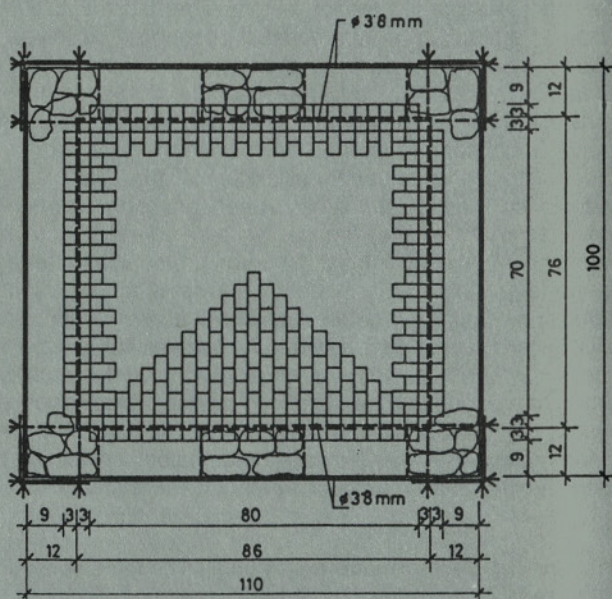
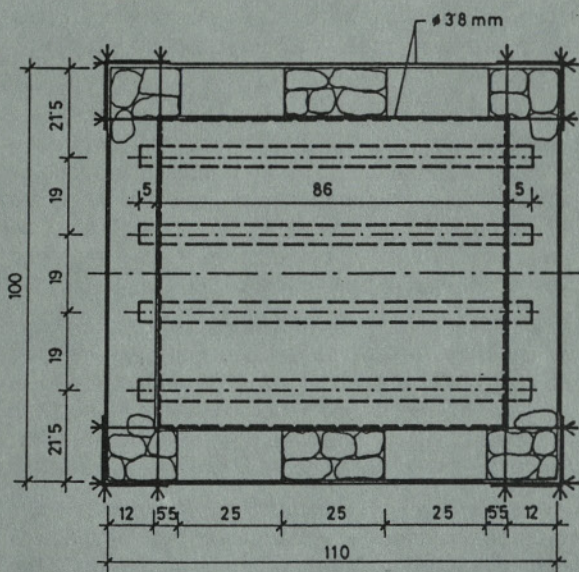
Model C



Model D



Slika 3: Zasnova modelov C in D



Model C

Model D

Slika 4: Razporeditev vezi nad pritličjem modelov C in D

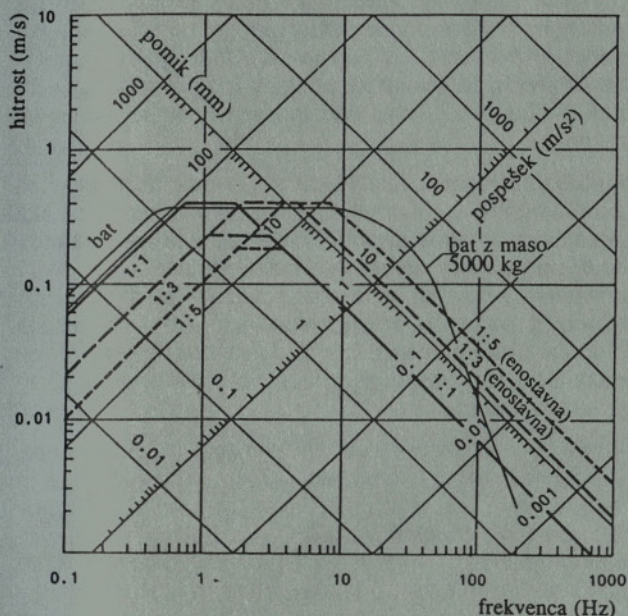
presegle nosilnost vezi profila 16 mm, ki jih uporabljamo v vsakdanji praksi. To pa se je med preiskavo tudi zgodilo!

Da bi zagotovili takojšnje delovanje in preprečili nastanek večjih razpok na stikih zidov, preden bi se vezi aktivirale, smo vezi prednapeli. Silo prednapetja, ki smo jo določili po lastni presoji, smo izmerili z merilnimi trakovi na vezeh.

Pri deformaciji vezi 500 μ s in natezni napetosti 105 MPa, je bila velikost sile prednapetja v posamezni palici vezi 1,19 kN. S tolikšno silo pa se je v območju stika med podložno ploščo in zidom ustvarila vodoravna tlačna napetost v velikost 0,16 MPa. Pri oceni velikosti območja je bil upoštevan pas zidu, katerega efektivna višina je bila enaka debelini zidu.

2.2. Potek preiskav

Potresna miza, ki jo imamo na ZRMK, je enostavna naprava: jekleno ploščad, na katero pritrđimo temeljno ploščo modela, premika hidravlični bat – vzbujevalnik, katerega gibanje lahko poljubno programiramo. Če želimo modelirati potresno gibanje tal, mora celotni hidravlični sistem ustrezati določenim zahtevam. Zmogljivost vzbujevalnika primerjamo z zahtevami pri modelnih preiskavah v diagramu na sliki 5. Kot je razvidno, so zahteve odvisne od modelnega merila in velikosti mase, ki jo z batom premikamo. Iz diagrama je razvidno, da pri izbranem merilu in načinu modeliranja (1:4, popolna modelna podobnost) uporabljeni hidravlični programski vzbujevalnik teoretično ustreza zahtevam.



Slika 5: Zmogljivost potresne mize na ZRMK v odvisnosti od zahtev pri modelnih preiskavah (po 3)

Preglednica 3: Karakteristika gibanja potresne mize med preiskavo modelov

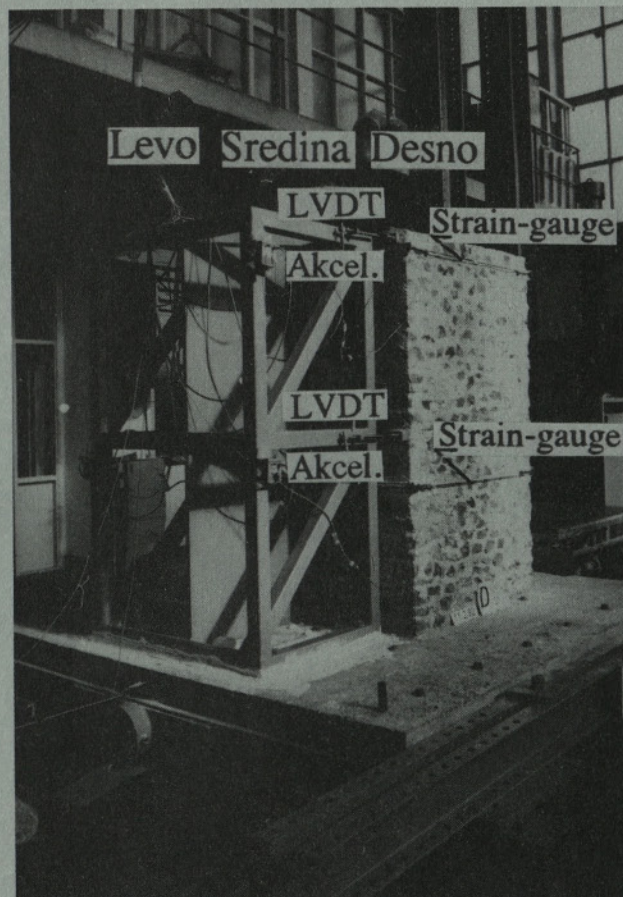
Model	Faza	Maksimalni pomik (mm)	Maksimalni pospešek (m/s ²)	Ariasova intenziteta I _A (cm/s)
Model C	R25	1,54	1,88	16,9
	R50	3,30	4,31	60,5
	R75	5,14	7,44	126,3
	R100	7,35	12,49	261,8
	R150	10,40	20,04	621,6
	R200	13,81	21,32	924,5
Model D	R250	16,57	26,78	1440,6
	R300	19,77	30,80	2048,4
	R25	1,63	1,72	16,0
	R50	3,41	4,37	70,0
	R75	5,51	10,31	175,4
	R100	7,16	16,23	388,7
	R150	11,27	22,76	711,4
R200	14,44	22,43	1156,6	
R250		ni podatkov		
R300		ni podatkov		
Prototip	–	9,06	4,27	1419,6

Trajanje posamezne faze: 6,0 s

$$I_A = (\pi/2g) \int_0^{\text{to}} a^2(t) dt$$

Kot prva dva sta bila tudi *modela C* in *D* z zidnimi vezmi preiskana z modificirano registracijo črnogorskega potresa leta 1979 v Petrovcu. Originalni akcelerogram, katerega največji pospešek je bil 0,43 g, smo skrajšali za polovico, da bi dobili povečan vpliv potresa v pričakovanem območju lastnih frekvenc preiskanih modelov. Med preiskavo smo potresu v nekaj zaporednih fazah postopoma povečevali intenziteto. Glavne značilnosti potresnega vzbujanja, kot sta maksimalni pomik in pospešek mize v posameznih fazah preiskave, podajamo v preglednici 3. Kot merilo intenzitete vzbujanja pa smo na podlagi izmerjenih pospeškov mize za vsako fazo preiskave posebej izračunali še t. i. Ariasovo intenziteto.

Da bi izmerili odziv na potresno vzbujanje, smo *modela* opremili z akcelerometri in merilniki pomikov, s katerimi smo v višini stropov izmerili absolutne pospeške in pomike *modela* glede na temeljno ploščo. Enako kot akcelerometri so bili tudi merilniki pomikov pritrđeni v višini stropov na obeh vogalih in na sredini zidu z odprtinami. Pogled na model z jekleno oporno konstrukcijo za pritrđitev merilnih instrumentov prikazuje slika 6. Spremembe deformacij v zidnih vezeh smo merili z merilnimi trakovi (strain-gaugi), ki smo jih nalepili na palice vezi, s katerimi smo prednapeli vzdolžne, nosilne zidove. Deformacij vezi, s katerimi so bili povezani prečni zidovi z odprtinami, zaradi premajhnega števila razpoložljivih merilnih kanalov nismo opazovali.



Slika 6: Model s pomožno konstrukcijo za pritrđitev instrumentov na potresni mizi (foto M. Tomažević)

V vseh fazah je bil potek preiskave podoben: model smo preiskali s seizmičnim vzbujanjem, nato pa smo s Fourier-

rovo analizo lastnih nihanj, ki smo jih povzročili z udarcem s plastičnim kladivom po levem in desnem zgornjem vogalu, ugotovili lastno frekvenco in koeficient ekvivalentnega viskoznega dušenja. Model smo tudi vizualno pregledali ter eventualno nastale razpoke označili ter fotografirali. Obnašanje modela in nastale poškodbe smo posneli tudi z SVHS video kamero.

Pri obeh modelih smo po vzburjanju z modeliranim potresom z dvakratno nominalno intenziteto (faza oznake R200) prekinili z meritvami odziva. Z modelov smo odstranili instrumente, ker smo se bali, da bi se pri pričakovani delni ali popolni porušitvi modelov poškodovali. Preiskavo smo sicer nadaljevali vse do porušitve, vendar smo merili samo gibanje mize in deformacije v zidnih vezeh. Seveda pa smo mehanizem porušitve posneli z video kamero, značilne faze porušitve pa zabeležili tudi s fotografsko kamero.

3.0. REZULTATI

3.1. Nastanek poškodb in porušni mehanizem

Model C. Kot je pokazala analiza obnašanja modela med preiskavo, se je *model C* v prvih fazah preiskave z zmerno intenziteto vzburjanja (faze R25 do R75) obnašal monolitno. Prve razpoke v zidovju pritličja modela je bilo opaziti v fazi R100, medtem ko so prve večje poševne razpoke v nosilnem zidovju pritličja nastale v fazi R150. V fazi R200 je v nosilnih zidovih pritličja nastala mreža poševnih razpok, ki so zidovje ločile na več kosov, povečale pa so se tudi razpoke v okenskih parapetih prečnih zidov. Vogalni del zidu ob vratih se je odtrgal in premaknil navzven iz osnovnega položaja, zdrobili pa so se tudi vogali na nasprotni strani. Model je bil že tako poškodovan, da smo z njega odstranili merilne instrumente. Kljub močnim poškodbam pritličja pa v nadstropju ni bilo opaziti razpok.

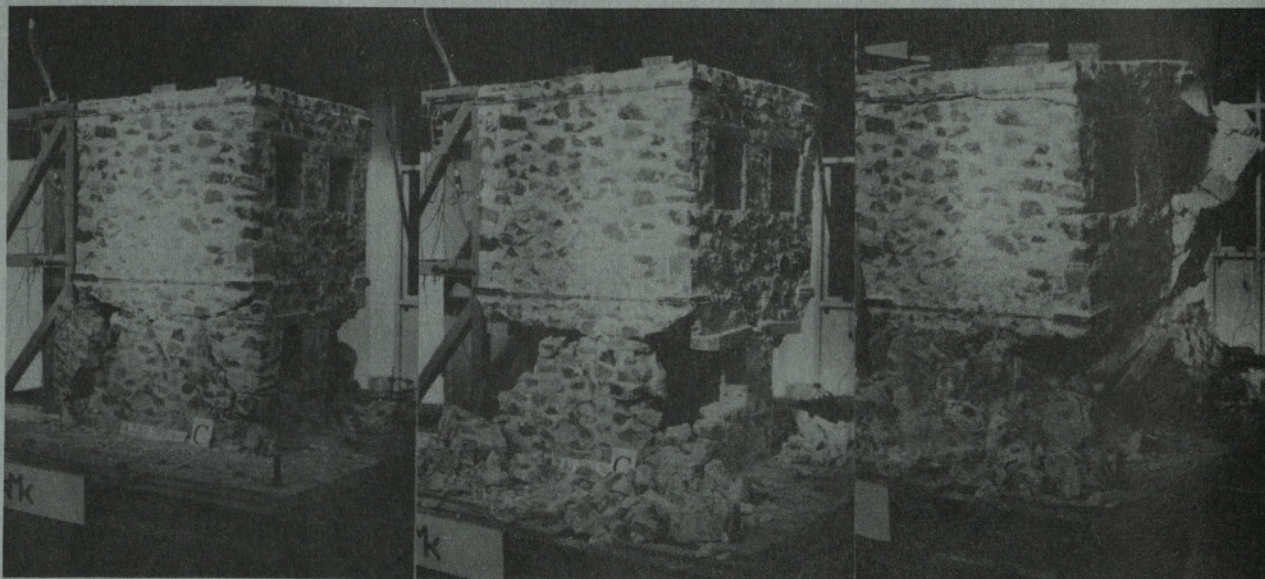
Med nihanjem v fazi R250 so se tisti deli zidovja ob vogalih, ki so bili že v predhodni fazi preiskave ločeni od osrednjega dela zidu s poševnimi razpokami, odmaknili iz osnovne lege in se porušili, tako da je model po končanem vzburjanju obstal le na osrednjem delu nosilnih

zidov. V prečnih zidovih so ob okenskih odprtinah nastale izrazite navpične razpoke, medtem ko so bile zaradi povosov stropa, nastalih po porušitvi vogalnih delov zidov pritličja, razpoke v parapetih nadstropja usmerjene poševno.

Prednapete vezi so učinkovito preprečile nastanek močnejših razpok na stikih zidov na začetku in ločevanje zidov v vogalih v zadnjih fazah preiskave. Kot pokaže analiza v modelu nastalih poškodb, je povezovanje tudi preprečilo, da bi se v pritličju modela nastale razpoke razširile v nadstropje preko vplivnega območja zidnih vezi. Pri *modelu A*, na primer, ki ni imel povezanega zidovja, so se v pritličju nastale strižne razpoke razširile neprekinjeno po celi višini modela. Še bolj pa se vloga vezi kaže po porušitvi vogalov v pritličju: z vezmi povezan strop nad pritličjem se je v vogalih sicer povsobil, vendar je uspel zadržati obtežbo zidov nadstropja. Da lesen strop, povezan s prednapetimi vezmi, postane toga diafragma, kaže tudi tik pod vezjo nad nadstropjem nastala vodoravna razpoka.

Med vzburjanjem v fazi R300 se je dokončno porušilo zidovje pritličja, obenem pa so začeli izpadati tudi posamezni, predvsem vogalni deli zidovja v nadstropju. Tudi med samim rušenjem modela ostane očiten vpliv povezave zidov in prednapetja vezi: območje lesenih stropov, povezanih s prednapetimi jeklenimi vezmi, ostane celovita diafragma ves čas padanja posameznih delov modela na tla. Posamezne faze porušitve *modela C* so prikazane na sliki 7.

Model D. Zaradi opčenege oboka nad pritličjem je *model D* predstavljal v celoti bolj togo konstrukcijo kot *model C*. Tudi *model D* se je v prvih fazah preiskave (vzburjanja R25 do R75) obnašal monolitno, s komaj opaznim zibanjem po temeljni plošči. Prve, s prostimi očmi in na video posnetku vidne razpoke je bilo opaziti med vzburjanjem v fazi R100. Za razliko od *modela C* je pri *modelu D* najprej nastala razpoka na stiku med nosilnima zidovoma in temeljno ploščo, le-tej pa se je pred končanim vzburjanjem pridružila še poševna razpoka, potekajoča od vogala okenske odprtine v pritličju vzhodnega prečnega zidu.

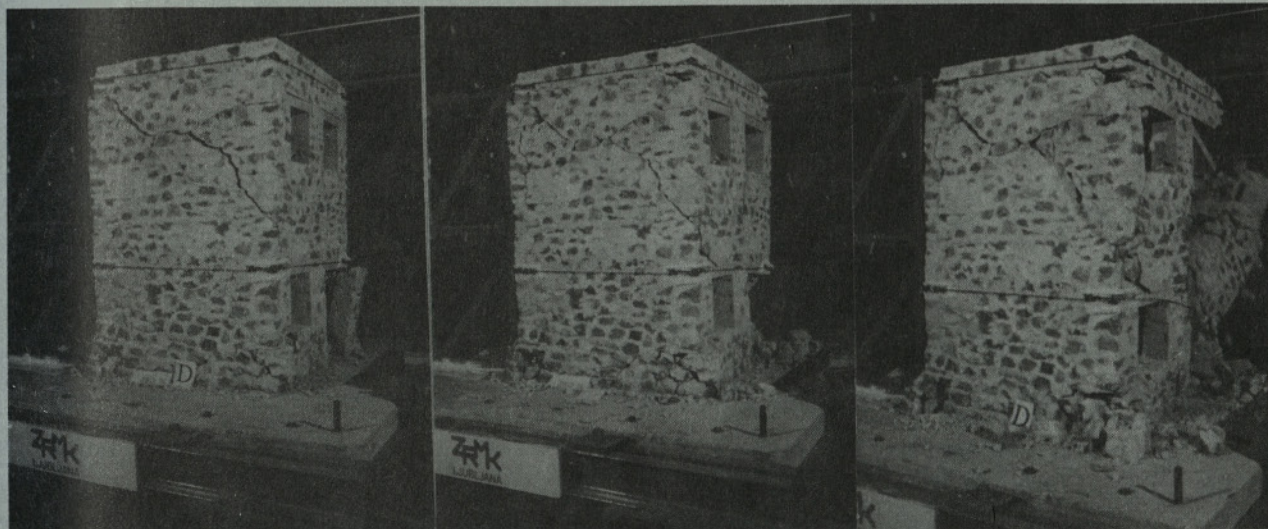


Slika 7: Mehanizem porušitve modela C (foto M. Tomažević)

V fazi R150 je model zanihal po razpoki med zidom in temeljno ploščo, kar je povzročilo začetek drobljenja vogalov v pritličju. V nadaljevanju preiskave (faza R200) so se poševne razpoke v vzdolžnih zidovih pritličja razširile, zaradi še vedno izrazitega zibanja modela pa so se močno poškodovali vogali. Kot je bilo videti, se opečni obok v tej fazi preiskave še ni poškodoval.

Med vzbujanjem v fazi R250 so se poševne strižne razpoke v vzdolžnih zidovih pritličja razširile, podobne razpoke pa so nastale tudi v zidovih nadstropja. Prečna zidova z odprtinami sta utrpela hude poškodbe zaradi nihanja pravokotno na ravnino, delna porušitev vogalov pa je imela za posledico nastanek močne razpoke v temenu opečnega oboka. Kot pri *modelu C* je tudi pri *modelu D* očitno, da jeklene vodoravne zidne vezi preprečujejo razpad zidovja. Po poružitvi enega od vogalov so vezi nad pritličjem celo zadržale obok in mu omogočile, da je kljub izgubi vogalne podpore prenašal obtežbo zidovja v nadstropju.

Model se je porušil med vzbujanjem R300. V fazi rušenja je najprej na zunanjo stran odpadel severovzhodni vogal v nadstropju, nato pa se je porušil obok. Posamezni, s poševnimi razpokami med seboj ločeni kosi zidovja v nadstropju in pritličju so se zrušili v notranjost modela. Tudi v tem primeru je območje lesenega stropa nad nadstropjem, povezano s prednapetimi zidnimi vezmi, ostalo celovito vse do svojega padca na tla. Posamezne faze porušitve *modela D* so prikazane na sliki 8.



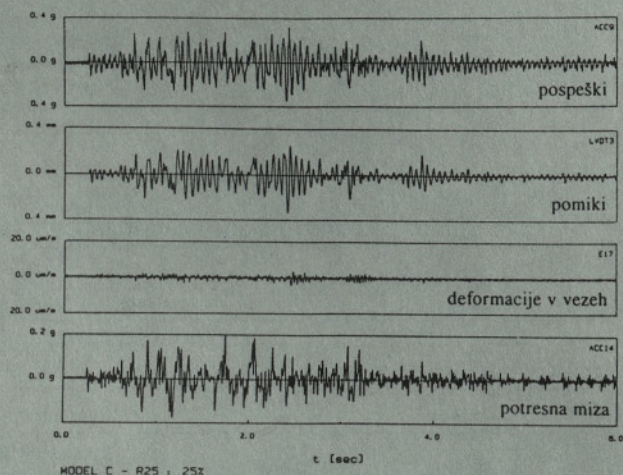
Slika 8: Mehanizem porušitve modela D (foto M. Tomaževič)

3.2. Dinamične lastnosti

Odziv modelov na potresno vzbujanje

Tipični časovni potek dinamičnega odziva enega od preiskanih modelov (pospeški in pomiki, izmerjeni na sredini stropa zgornje etaže) v začetni in končni fazi preiskave je prikazan na slikah 9 in 10. Dobro se vidi, da obliki zapisov pomikov in pospeškov, potem, ko se je model že močno poškodoval, nista več povezana z enostavnim sinusnim pravilom.

Kot povzetek meritev v posameznih fazah preiskave, ki lepo kaže učinek povezovanja zidov z vezmi na dinamični odziv, je na sliki 11 prikazana razporeditev pomikov prečnega zidu po dolžini stropa v trenutku, ko je pomik na



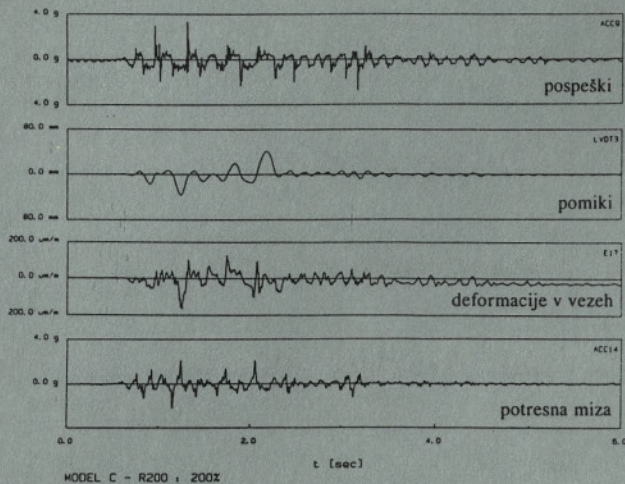
Slika 9: Odziv zgornjega nadstropja modela C v začetni fazi preiskave (faza R25, pomiki in pospeški na sredini)

sredini dosegel svojo največjo vrednost. Za primerjavo je na sliki 11 prikazana tudi razporeditev pomikov, ki smo jo izmerili na nepovezanem modelu z lesenimi stropi (*modelu A*) in na modelu s stropnimi ploščami (*modelu B*).

Kot je pokazala že sama analiza porušnega mehanizma, videti pa je tudi na sliki 11, so zidne vezi preprečile izrazitejša nihanja zidov pravokotno na ravnino tudi potem, ko sta bila povezana *modela C* in *D* že močneje poškodovana. V višini nadstropja je potek pomikov zidu po dolžini

stropa ves čas preiskave lienaren, podobno kot pri *modelu B* z masivnimi ploščami. Kaže pa tudi, da pri obeh modelih s povezanim zidovjem nastanejo torzijska nihanja, potem ko v zidovju pride do resnejših poškodb (fazi R150 in R200). Pri *modelu A* z lesenimi stropi in nepovezanimi zidovi pa so razlike izmerjenih pomikov v vogalih večje zaradi ločevanja zidov in trganja zgornjih vogalov.

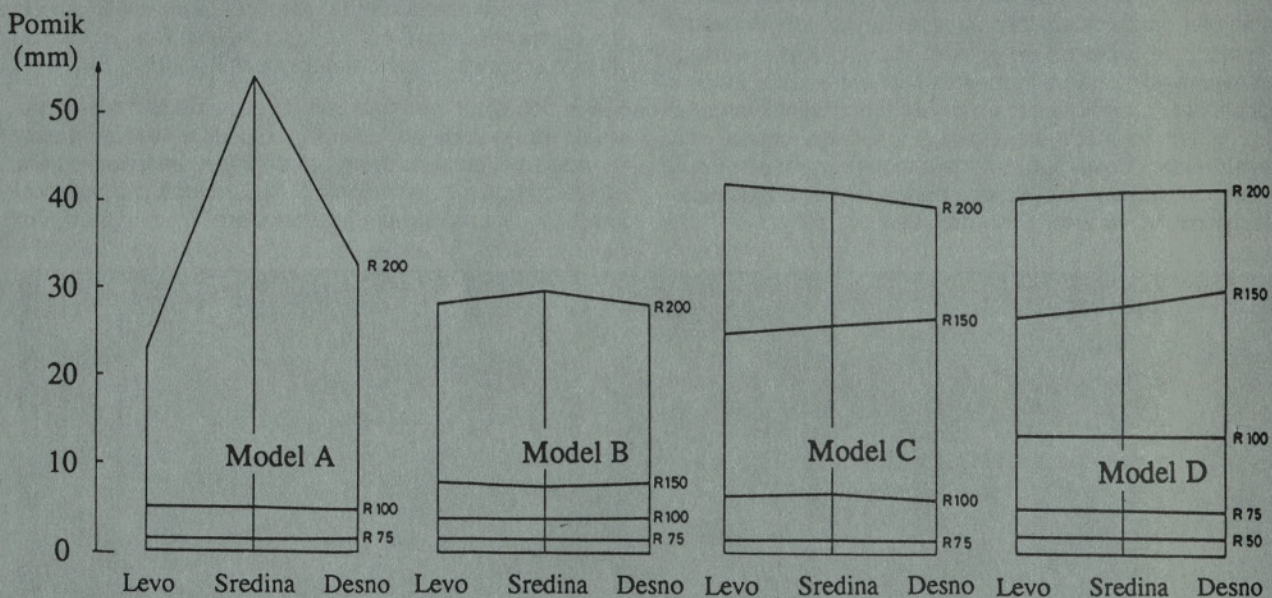
Kljub temu da razporeditev pomikov v pritličju kaže, da je lesen strop *modela C* po nastanku večjih poškodb vogalov pritličja nekoliko manj tog v svoji ravnini kot opečni obok *modela D*, pa bistvenih razlik med obnašanjem *modela C* z lesenimi stropi v obeh etažah in *modela D* z opečnim obokom nad pritličjem ni opaziti. V obeh primerih so bile po dolžini stropa med nihanjem modelov vse do takrat,



Slika 10: Odziv zgornjega nadstropja modela C pred koncem preiskave (faza R200, pomiki in pospeški na sredini)

Preglednica 4: Preglednica prve lastne frekvence nihanja in koeficienta ekvivalentnega viskoznega dušenja

Veličina	Faza	Model A	Model B	Model C	Model D
f (Hz)	R25	19,3	15,8	18,8	17,2
	R50	18,8	15,3	19,5	16,4
	R75	17,7	15,8	19,5	14,8
	R100	18,6	17,4	18,8	14,8
	R150	15,2	19,3	18,8	16,4
	R200	–	10,7	18,8	14,1
dušenje (% krit.)	R250	–	–	18,0	–
	R300	–	–	15,6	–
	R25	3,1	5,3	4,5	9,4
	R50	3,0	6,3	5,3	8,7
	R75	7,4	6,4	6,9	8,7
	R100	3,7	5,0	5,9	7,5
	R150	7,2	3,9	6,1	9,2
R200	–	7,7	6,5	8,0	
R250	–	–	6,0	–	
R300	–	–	7,8	–	



Slika 11: Razporeditev pomikov, izmerjenih v zgornjem nadstropju, po dolžini prečnega zidu

ko smo z modelov odstranili merilne instrumente, izmerjene podobne, vendar nepomembne nepravilnosti. Razlike v absolutni velikosti maksimalnih izmerjenih amplitud nihanja posameznih modelov pri vzburjanju s podobno intenziteto gre pripisati dinamičnim karakteristikam, ki so se razlikovale zaradi različne togosti in mase stropov, pa tudi različne porazdelitve poškodb in s tem togosti zidov pri modelih z različno stopnjo povezanosti zidovja.

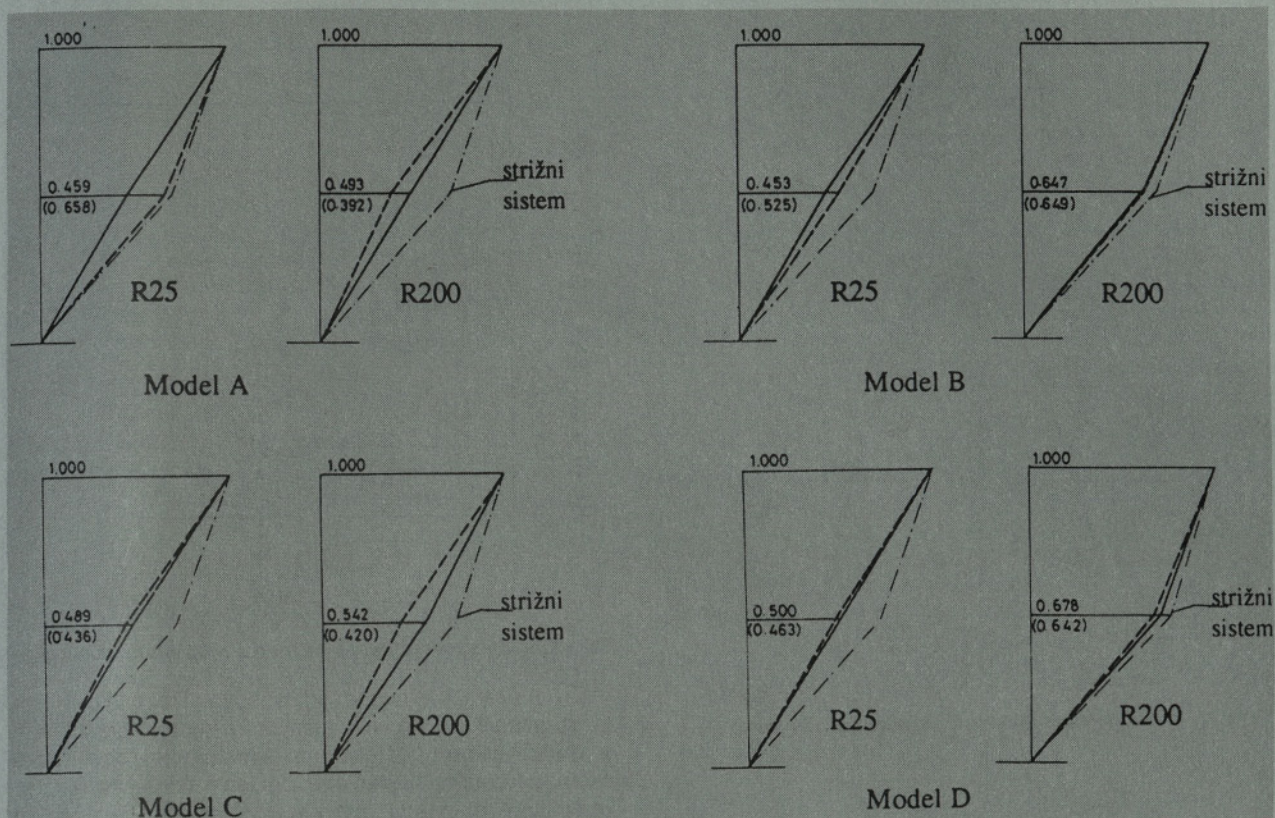
Sprememba lastne frekvence in oblike nihanja

Pred začetkom preiskave in med posameznimi fazami preiskave modelov na potresni mizi smo ugotavljali, kako se z naraščanjem poškodb v zidovju spreminjata prva lastna frekvenca nihanja in dušenje. Oba parametra smo ugotovili z analizo Fourierovih amplitudnih spektrov iznihanja modelov po udarcu s plastičnim kladivom po enem od vogalov zidov v višini stropa nad nadstropjem. Izvrednotene vrednosti prve lastne frekvence nihanja in koeficienta viskozne dušenja so podane v preglednici 4. Tudi tu za primerjavo navajamo vrednosti, izmerjene med

preiskavo modelov z nepovezanimi lesenimi stropi in s stropnimi ploščami (*modela A in B*).

Po pričakovanju sta bili lastni frekvenci prvega tona nihanja *modelov A in C* nekoliko višji od lastnih frekvence nihanja *modelov B in D*. Kljub temu da so zidovi razporejeni enako, je pri *modelih B in D* masa plošče oziroma oboka z nasutjem nad pritličjem precej večja od mase lesenega stropa *modelov A oziroma C*. Zaradi prevladujočih strižnih deformacij zidovja pa togost stropov – armiranobetonska plošča oziroma opečni obok sta bistveno bolj toga kot lesen travni strop – ni bistveno vplivala na osnovne dinamične lastnosti.

Kot kaže preglednica 4, se vrednosti lastnih frekvenc, izmerjene po posameznih fazah preiskave, med seboj bistveno ne razlikujejo, čeprav analiza odziva modelov na potresno vzburjanje kaže precejšnje spremembe dinamičnih lastnosti modelov z nastajanjem poškodb. To gre pripisati dejstvu, da so bile meritve iznihanja na udarec s kladivom izvedene v območju izredno majhnih amplitud nihanja, pri katerih poškodbe zidovja niso mogle bistveno



Slika 12: Oblika nihanja modelov v značilnih fazah preiskave

LEGENDA: - - - - Sredina ——— Vogali

Preglednica 5:
Sprememba etažnih togosti modelov med preiskavo (vrednosti so v kN/mm)

Faza	Model A		Model B		Model C		Model D	
R25	11,25	10,85	14,36	5,68	14,89	7,00	13,56	5,85
R50	13,44	5,48	9,15	3,81	10,99	5,55	4,21	2,09
R75	7,33	3,24	1,57	2,53	6,98	3,12	2,34	1,03
R100	2,63	0,97	2,99	1,49	1,82	1,52	0,94	0,39
R150	0,39	0,15	0,85	2,38	0,31	0,21	0,35	0,16
R200	0,29	0,17	0,31	0,55	0,17	0,10	0,15	0,18

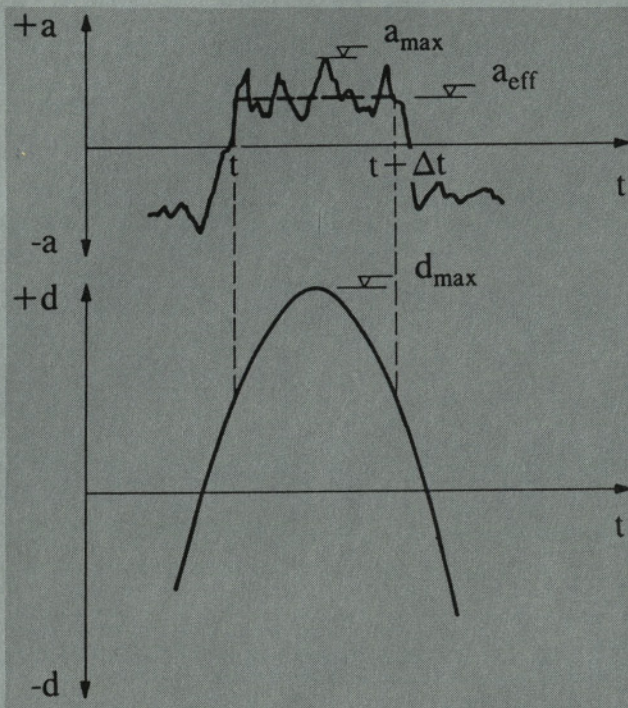
vplivati na odziv. Opazne spremembe lastne frekvence nihanja so bile izmerjene šele potem, ko so se modeli delno porušili. Podobne ugotovitve veljajo tudi za izmerjene vrednosti koeficienta ekvivalentnega viskoznega dušenja.

Večji vpliv poškodb v zidovju na dinamične lastnosti daje analiza odzivov pospeškov in pomikov. Spremembe etažnih togosti, ki so podane v preglednici 5, ali pa oblike nihanja, ki so prikazane na sliki 12, kažejo na odvisnost dinamičnih parametrov od stopnje poškodb. Primerjava oblik nihanja (na sliki 12 je prikazana tudi oblika nihanja modelov A in B) pokaže nekaj razlik med načinom nihanja preiskanih modelov. Medtem ko začetek razpadanja zgornjega dela modela A nesorazmerno poveča delež amplitud nihanja v nadstropju, se zaradi enakomernejše razporeditve poškodb pri povezanem modelu C oblika nihanja približuje pričakovani strižni obliki. Pri modelu B s togimi armiranobetonskimi ploščami je v začetnih fazah preiskave razporeditev pomikov po višini skoraj linearna, kar kaže na prevladujoč vpliv zibanja modela na temeljni plošči. Podobno kot pri modelu B je tudi pri modelu D z opečnim obokom nad pritličjem opazen vpliv koncentracije poškodb v zidovih pritličja, kar močno poveča delež deformacij pritličja pri najmočnejšem vzbujanju.

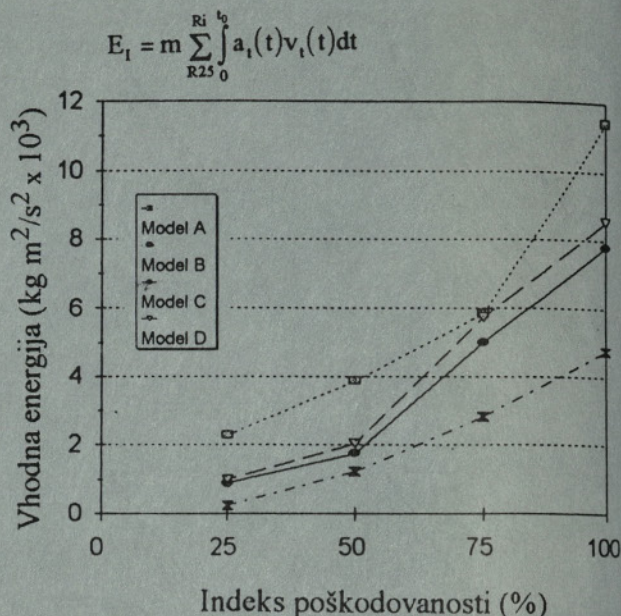
3.3. Potresna odpornost Nosilnost in deformabilnost

Potresno odpornost konstrukcije določa vrsta parametrov, med katerimi so poleg lastnosti materialov, iz katerih je konstrukcija zgrajena, pomembna tudi dinamična lastnost in mehanizem obnašanja konstrukcije, saj je od njih odvisna velikost nastalih vztrajnostnih sil pri danem potresu in sposobnost konstrukcije, da sprejeto energijo disipira. Načeloma lahko potresno odpornost definiramo s poznano odvisnostjo med vodoravno obtežbo – potresnimi silami in deformacijami, ki jih vodoravna obtežba povzroči na konstrukciji. Odvisnost – t. i. histerezno ovojnico lahko bodisi izračunamo bodisi določimo z eksperimentom, pri čemer z meritvami določimo sile in pripadajoče deformacije. Ker v našem primeru nismo merili sil, lahko prečno silo izračunamo kot vsoto vztrajnostnih sil, ki nastanejo zaradi nihanja modela v danem časovnem trenutku, podobno kot ocenimo potresne sile po predpisih.

Kot kaže izmerjeni odziv pospeškov, postane oblika zapisa pospeškov v fazah preiskave s povečano intenziteto vzbujanja, ko so bili modeli že močno poškodovani, nepravilna (glej sliko 10): pospeški in pomiki modela niso



Slika 13: Izvrednotenje efektivnih vrednosti pospeškov



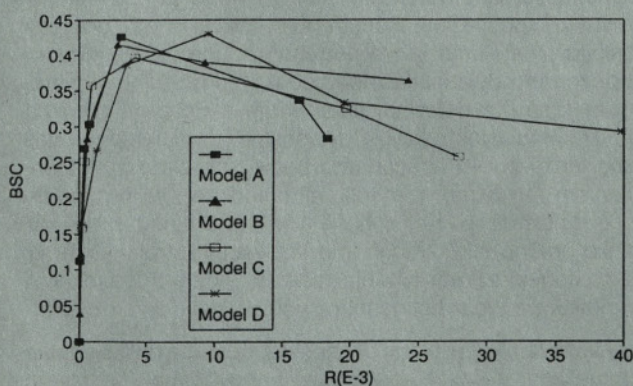
Slika 15: Odvisnost poškodb na modelih od vhodne energije

več povezani s sinusno odvisnostjo. Da bi kljub temu lahko ocenili prečno silo v pritličju na zgoraj opisani način, v analizi nismo upoštevali maksimalnih vrednosti pospeškov v trenutku največjega odklona posamezne etaže (amplitude etažnega pomika), pač pa smo prečno silo izvrednotili z upoštevanjem efektivnih vrednosti pospeškov, t. j. povprečne vrednosti v času trajanja največjega

Model		Model A		Model B		Model C		Model D	
Masa modela		1440,2 kg		1553,9 kg		1446,2 kg		1591,2 kg	
Faza	Etaža	Q	BSC	Q	BSC	Q	BSC	Q	BSC
R25	1	1,59	0,11	1,87	0,12	2,25	0,16	2,56	0,16
	2	0,71		0,88		1,15		1,12	
R50	1	3,80	0,27	4,31	0,28	3,51(*)	0,25	4,15(*)	0,27
	2	1,70		2,11		1,81		1,93(*)	
R75	1	4,28	0,30	1,91(*)	0,20	4,87(*)	0,23	6,02(*)	0,39
	2	2,230(*)		1,138(*)		2,256(*)		2,450(*)	
R100	1	6,02(*)	0,43	6,33(*)	0,42	5,63(*)	0,40	6,71(*)	0,43
	2	2,49(*)		2,59(*)		2,51(*)		2,53(*)	
R150	1	4,76(*)	0,34	5,94(*)	0,39	4,60(*)	0,32	5,19(*)	0,33
	2	2,14(*)		2,69(*)		2,29(*)		2,21(*)	
R200	1	3,98(*)	0,28	5,55(*)	0,36	3,64(*)	0,26	4,55(*)	0,29
	2	2,19(*)		2,21(*)		1,92(*)		1,97(*)	

Preglednica 6: Sprememba prečnih sil v etažah (Q v kN) in koeficienta prečne sile (BSC) med preiskavo

(*) Vrednosti prečne sile so izračunane na osnovi efektivnih pospeškov!



Slika 14: Diagrami odvisnosti koeficienta prečne sile v pritličju (BSC) od kota etažnega zasuka (R)

odklona (glej sliko 13). Izračunane vrednosti prečnih sil v pritličju podajamo za vse štiri preiskane modele v preglednici 6.

Potresno odpornost prikazujemo v obliki brezdimenzijske histerezne ovojnice na sliki 14, ki prikazuje odvisnost med koeficientom prečne sile v pritličju (BSC) in etažnim zasukom (R), to je, med prečno silo, deljeno s težo modela in etažnim pomikom, ki ga delimo z višino etaže. Zaradi izbranega načina modeliranja brezdimenzijska oblika diagrama velja tako za model kot tudi za prototipno konstrukcijo.

Iz diagramov na sliki 14 ni mogoče jasno videti vpliva povezave zidov in togosti stropov na potresno odpornost preiskanih modelov. Velikost doseženega koeficienta prečne sile v pritličju je v vseh štirih primerih praktično

enaka. Videti je sicer razlike v sposobnosti prenašanja deformacij, vendar vse te razlike niso tako očitne kot razlike, ki jih kažejo različni porušni mehanizmi.

Zato na sliki 15 prikazujemo odvisnost med vhodno energijo, ki smo jo vnašali z gibanjem potresne mize in stopnjo poškodb. Vhodno energijo smo definirali kot integral dela, ki ga je potresna miza opravila med premikanjem modela v posamezni fazi preiskave, pri čemer so bili modeli poenostavljeni kot togo telo, pritrjeno na mizo. V diagramih na sliki 15 prikazana energija predstavlja vsoto dela, opravljenega v posameznih fazah preiskave od začetka preiskave, pa vse do nastanka določenega tipa poškodb. Stopnjo poškodb smo izrazili z indeksom poškodovanosti, ki smo ga definirali na naslednji način:

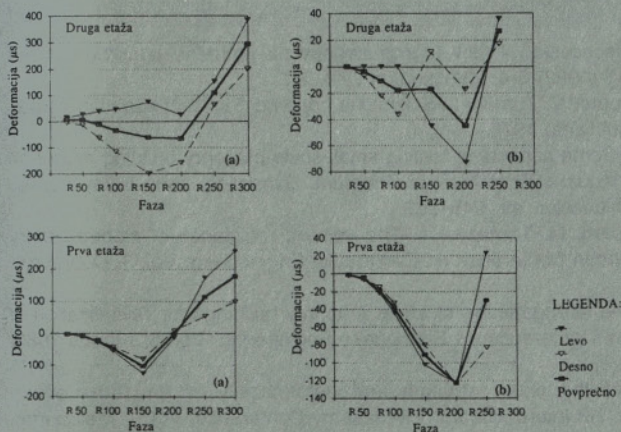
- prve poškodbe zidov: $I_d = 0,25$,
- strižne razpoke v zidovih, drobljenje vogalov: $I_d = 0,50$,
- močne poškodbe, odpadanje vogalov: $I_d = 0,75$,
- porušitev modela: $I_d = 1,00$.

Energetski kriterij nam šele pokaže pravo vrednost učinka povezovanja zidov. Približno dvakrat manj energije je bilo potrebno za porušitev modela z lesenimi stropi in nepovezanimi zidovi (*model A*) kot za porušitev modela s polnimi armiranobetonskimi ploščami (*model B*). Oba modela z zidnimi vezmi pa sta nekje vmes.

Mehanizem delovanje zidnih vezi

Če analiziramo zapise sprememb deformacij v zidnih vezeh (sliki 9 in 10), v večini primerov lahko ugotovimo, da ima potek sprememb deformacij odklone, ki se v načelu časovno ujemajo z največjimi amplitudami nihanja, vendar z izrazitimi preostalimi deformacijami po končanem nihanju. Spremembe deformacij vezi med preiskavo so vidne na sliki 16, kjer so prikazane tako maksimalne, v celotni preiskavi izmerjene vrednosti kot tudi preostale deformacije. Le-te so prikazane kumulativno.

Iz diagramov na sliki 16 je razvidno, da je v začetnih fazah preiskave prišlo do upadanja sile prednapetja. Začetna sila prednapetja v velikost 1190 N, ki ustreza začetni deformaciji prednapetja 500 μs , se je med nihanjem pri doseženi maksimalni odpornosti zmanjšala za 300–500 N (25–40 %) začetne sile). Šele močne poškodbe v zadnjih fazah preiskave (faze R200, R250 in R300), ki bi sicer povzročile razpad zidovja, močnejše aktivirajo vezi. V teh fazah preiskave so v vezeh nastale velike dodatne natezne deformacije.



Slika 16: Prikaz delovanja prednapetih zidnih vezi (a) Maksimalne deformacije. (b) Kumulativne preostale deformacije

Pri *modelu C*, kjer smo uspeli izmeriti spremembe deformacij v vezeh vse do porušitve, je povprečna velikost dodatne natezne sile v posamezni palci zgornjega nadstropja znašala 695 N (60 % začetne), kar pomeni 2780 N celotne natezne sile v etaži (4 palice vezi), medtem ko je maksimalna izmerjena vrednost dosegla 915 N (77 % začetnega prednapetja). V spodnji etaži izmerjene vrednosti so bile okrog 40 % manjše.

Če primerjamo velikost dodatnih nateznih sil, nastalih v zidnih vezeh, z velikostjo prečnih sil, nastalih v modelu med potresnim vzbujanjem v porušnih fazah preiskave, lahko ugotovimo, da so vrednosti približno enake. Na tej osnovi lahko sklepamo, da se v mejnem stanju porušitve celotna prečna sila, nastala v modelih, prenaša z zidnimi vezmi.

4.0. SKLEPI

Tudi preiskava *modelov C* in *D* je pokazala, kako močno je obnašanje starih kamnitih hiš med potresom odvisno od načina medsebojne povezanosti zidov v višini stropov. Čeprav sta imela modela ob enaki zasnovi zidane konstrukcije različne stropne (*model C* je imel lesena stropa v obeh etažah, medtem ko je imel *model D* nad pritličjem opečni obok), je bilo njuno obnašanje podobno prav zaradi tega, ker sta imela zidovje v višini stropov povezano z jeklenimi zidnimi vezmi.

Prednapete vezi so preprečile zgodnji nastanek razpok na stikih in ločevanje zidov. Leseni oziroma obokani stropi, po obodu povezani s prednapetimi zidnimi vezmi, so postali toge vodoravne diafragme. Mehanizem delovanja vezi je bil še posebno opazen med samim rušenjem modelov, ko je celotno območje lesenih stropov, pa tudi opečnega oboka nad pritličjem *modela D* povezano s prednapetimi jeklenimi vezmi, ostalo celovito ves čas padanja posameznih delov modela na tla.

Kljub temu da je bila za porušitev *modela B* s polnimi ploščami potrebna večja količina energije, pa ugodno obnašanje *modelov C* in *D* s povezanimi zidovi kaže, da pri starih hišah zamenjava lesenih stropov z armiranobetonskimi ploščami ni nujen pogoj za zagotavljanje ustrezne ravni potresne odpornosti. Podoben učinek kot zamenjava lesenih stropov s ploščami daje vgrajevanje ustrezno močnih jeklenih vezi, ki se prednapnejo in tako zagotovijo, da bo lesen strop med potresom deloval kot diafragma, toga v svoji ravnini.

Pri prenovi oziroma protipotresni sanaciji starih kamnitih hiš se v vsakdanji praksi za povezavo zidovja uporabljajo palice iz navadnega gladkega betonskega jekla premera 16 mm, katerih nosilnost na meji elastičnosti je ca. 48 kN. Če rezultate meritev sil v vezeh prevedemo na prototip in pri tem upoštevamo modelna merila po preglednici 1, kar pomeni, da moramo sile, izmerjene na modelih, pomnožiti s faktorjem $S_F = 64$, pa lahko ugotovimo, da nosilnost teh palic komaj zagotavlja prevzem pričakovanih nateznih sil.

Kot kažejo rezultati raziskave, je za delovanje lesenega stropa oziroma opečnega oboka kot toge diafragme v svoji ravnini potrebno ustrezno prednapetje vezi. Če upoštevamo začetno prednapetje in dodatne natezne sile, ki nastanejo v vezeh po doseženi maksimalni odpornosti, lahko za praktično uporabo velja naslednje priporočilo:

- najmanjši premer vezi v stavbi določa razporeditev zidov kritične etaže in število palic vezi v posamezni smeri

kritičnega segmenta. Najmanjši potrebni premer palice lahko torej izračunamo z enačbo:

$$D_{\min} = \sqrt{(H_u/n)(4/\pi)(1/f_y)} \quad (1)$$

kjer je:

H_u – odpornost značilnega segmenta obravnavane teže. V primeru starih kamnitih hiš značilni segment sestavljajo zidovi v medsebojni razdalji približno 4,0 m v obeh glavnih smereh stavbe. V računu nosilnosti segmenta torej upoštevamo zidove dolžine 4,0 m, ki pa so lahko tudi oslabljeni z odprtini.

n – število palic vezi,

f_y – meja tečenja jekla.

– da bi se vezi aktivirale takoj na začetku nihanja stavbe, jih je treba prednapeti. Kot so pokazale preiskave modelov C in D, naj bo sila prednapetja tolikšna, da se na območju stika med sidrnimi ploščami in zidovjem, katerega efektivno površino dobimo tako, da debelino zidu pomnožimo z efektivno višino, ki je enaka debelini zidu, ustvarijo tlačne napetosti v velikosti 10–20 % tlačne trdnosti zidovja. V obravnavanem primeru (kamnito zidovje tlačne trdnosti 3,08 MPa in debeline 0,50 m) je v posamezni palici vezi potrebna sila med 38,5 in 77,0 kN.

Glede na to, da se s palicami iz navadnega gladkega betonskega jekla premera 16 mm lahko ustvari le spodnja meja prednapetosti, priporočamo, da se za povezovanje zidovja starih kamnitih hiš v mestnih jedrih v bodoče začno uporabljati palice premera 22 mm (nosilnost na meji plastičnosti 91 kN), ki se prednapnejo približno na polovico nosilnosti, tj. s silo okoli 45 kN.

Poškodbe vogalov, ki so se zaradi mehanizma odziva nekaterih modelov na potres začeli drobiti že pri doseženi nosilnosti, opozarjajo, da je treba posebno takrat, ko z vgrajevanjem togih armiranobetonskih stropov spremenimo mehanizem obnašanja stavbe, pozornost posvetiti tudi območjem vogalov. Pri prenovi starih hiš je treba vogalne dele zidovja skrbno zainjektirati oziroma za injektiranje uporabiti maso visoke trdnosti. Da so vogali lahko kritični, so vedeli že stari graditelji: le-ti so vogale in stike zidov sezidali iz obdelanega kamna, čeprav so za zidanje drugih delov stavbe uporabljali neobdelan kamen.

Ugotovljene vrednosti parametrov potresne odpornosti so bile pri vseh preiskanih modelih razmeroma visoke. Rezultati preiskave kažejo, da bi vse prototipne zgradbe podobnih dimenzij in višine, predvsem pa tiste s povezanim zidovjem, lahko prestale tudi najmočnejši pričakovani potres, tj. potres, ki je imel na območju registracije intenziteto IX. stopnje po MSK lestvici potresne intenzitete, v razmeroma dobrem stanju, saj je bila dosežena vrednost koeficienta prečne sile v pritličju v vsakem primeru večja od 0,4.

Ne glede na ugodne rezultate preiskave pa se je treba zavedati, da so preiskani modeli predstavljali stavbe z razmeroma kakovostnim kamnitim zidovjem. Če upoštevamo, da se vrednosti natezne trdnosti osnovnega, ne-ojačenega starega kamnitega zidovja, ki določa potresno odpornost preiskanega tipa stavbe bolj kot tlačna trdnost, lahko gibljejo od 0,02 do 0,15 MPa (glej preglednico 1), pa ni težko ugotoviti, da bi bile razmere pri hišah slabše kakovosti tudi do petkrat in več slabše. V takšnem primeru pa lahko pričakujemo v zidovju stavb enakega tipa hujše poškodbe že pri zmernih potresih, čeprav bi bila njihova višina razmeroma majhna, omejena na dve nadstropji.

ZAHVALA

Opisane raziskave so del večletnega raziskovalnega projekta, v katerem raziskujemo možnosti za učinkovite, zgodovinskim stavbam prijazne posege v stropno konstrukcijo, ki stavbam zagotavljajo potresno varnost. Raziskave, ki smo jih predstavili v tem prispevku, so sofinancirali Ministrstvo za znanost in tehnologijo Republike Slovenije, Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana in Gradbeno podjetje SCT Ljubljana.

Avtorji bi se na tem mestu radi zahvalili vsem sodelavcem laboratorija za konstrukcije ZRMK, ki so sodelovali pri eksperimentalnem delu raziskav. Zahvala gre še posebej Borisu Primcu, ki je s svojo ekipo skrbel za izdelavo modelov, Ljubu Petkoviču za instrumentiranje modelov in zajemanje podatkov in Iztoku Klemencu, ki je v okviru diplomskega dela eksperimentalne podatke uredil in pripravil za obdelavo.

LITERATURA

1. M. Tomažević, P. Weiss, T. Velechovsky: »Vpliv togosti stropov na potresno odpornost starih zidanih zgradb«, Gradbeni vestnik 41 (1992) 3-4, Ljubljana, str. 73–84.
2. S. Terčelj, J. Boštjančič, P. Sheppard, V. Turnšek: »Seizmična odpornost tipičnih kamnitih zgradb na Kozjanskem«, poročilo ZRMK, Ljubljana, 1976.
3. M. Tomažević, T. Velechovsky: »Some aspects of testing small-scale masonry building model on simple earthquake simulators«, Earthquake Engineering & Structural Dynamics, John Wiley & Sons, 21 (1992) 11, John Wiley & Sons, Chichester, str. 945–963.
4. V. Turnšek, S. Terčelj, P. Sheppard, M. Tomažević: »The seismic resistance of stonemasonry walls and buildings«, Proc. 6th European Conference on Earthquake Engineering, Vol. 3, Dubrovnik, 1978, str. 255–262.
5. M. Tomažević, P. Sheppard: »The strengthening of stone masonry buildings for revitalization in seismic regions«, Proc. 7th European Conference on Earthquake Engineering, Vol. 5, Athens 1982, str. 275–282.
6. P. F. Sheppard: »In-situ test of the shear strength and deformability of an 18th century stone-and-brick-masonry wall«, Proc. 7th International Brick-Masonry Conference, Vol. 1, Melbourne, 1985, str. 149–160.
7. P. Sheppard, M. Tomažević: »In-situ ispitivanja nosivosti zidova starih zidanih zgradb«, Zbornik, 4. kongres SDSGJ, 2. knjiga, Cavtat, 1986, str. 85–92.



emona globtour

Štefanova 13 a
61000 LJUBLJANA, SLOVENIJA
Tel.: 061/213 843, Fax: 217 416

Zveza združenj Gradbenih inženirjev in tehnikov že dolga leta uspešno sodeluje s priznano slovensko potovalno agencijo Emona Globtour.

Tokrat smo skupaj pripravili obisk dveh gradbenih sejmov:

SAIE – Bologna	odhod 22. oktober 93 cena 110 DEM	2 dni
BATIMAT – Pariz	odhod 9. oktober 93 cena 1030 DEM	4 dni

Vabimo vas, da se udeležite teh koristnih in prijetnih potovanj. **Emona Globtour** je poskrbel za kvalitetne prevoze in hotele, kot tudi za strokovno izvedbo potovanj. Pazili smo tudi na to, da so cene konkurenčne.

Poleg organiziranja potovanj in počitnic pozimi in poleti poskrbi **Emona Globtour** tudi za vaša individualna službena potovanja. Za naročanje letalskih vozovnic, železniških vozovnic in najem Rent a car vozil so vam na voljo poslovalnice **Emona Globtoura** v:

Ljubljani	tel.: 061/213 843
Mariboru	tel.: 062/ 28 860
Celju	tel.: 063/ 26 611
Novi Gorici	tel.: 065/ 24 608
Novem mestu	tel.: 068/ 25 125
Portorožu	tel.: 066/ 73 356
Bledu	tel.: 064/ 77 909
Ajdovščini	tel.: 065/ 62 335