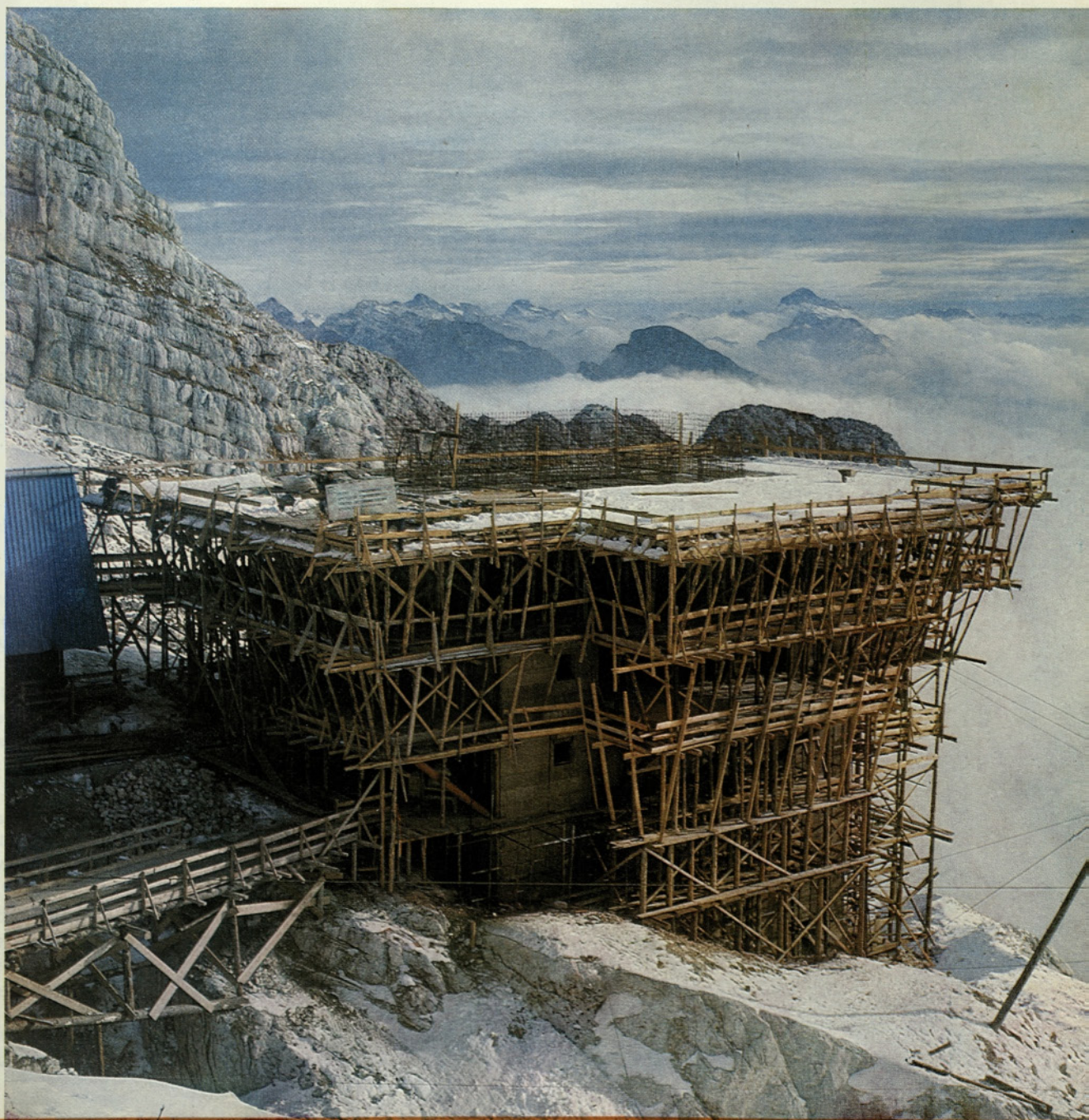


# GRADBENI VESTNIK

LJUBLJANA, OKTOBER 1974  
LETNIK 23, ŠT. 10, STR. 241 — 268

10



Objekt: Restavracija pri postaji »D« na Kaninu, na višini 2202 m  
Izvajalec: SPLOŠNO GRADBENO PODJETJE HRASTNIK

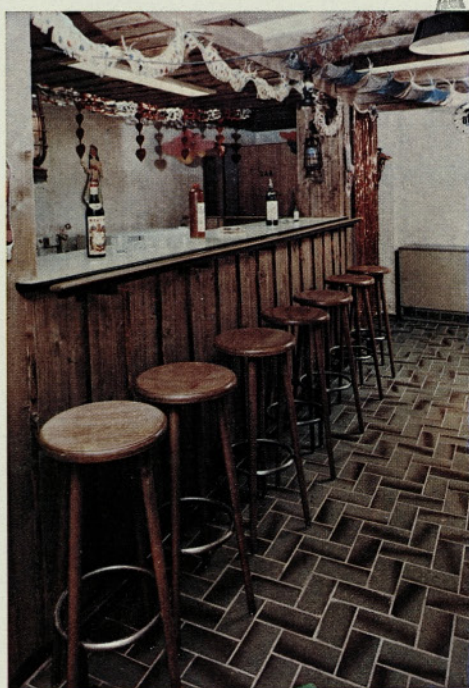


VELETRGOVSKO  
PODJETJE

EXPORT  
IMPORT

# STEKLO

ZASTOPSTVO TUJIH FIRM



---

V prejšnji številki smo obdelali zasteklitev pritličja z nekaljenim — kristalnim float steklom, danes pa bomo predstavili izvedbo sekuritnih elementov na objektu

## POSLOVNO PARKIRNA HIŠA

Projektirana višina zasteklitve je ca. 485 cm in potrebno se je bilo vklopiti v to višino tudi s kaljenimi stekli. Glede na to, da je maksimalna površina kaljenega stekla v enem kosu ca.  $2,00 \times 3,44$  m, ni bilo nikakor mogoče, da se postavi eno steklo v profil zasteklitve, in je bilo potrebno steno kaljenega stekla deliti po višini na dva dela. Najprimernejša višina je bila v nivoju vratnega krila in tako je bila tu predvidena prečka kot obojestranski stabilizator, širine 30 cm v ležečem položaju. To je obenem omogočilo doseg stabilnosti celotne sekuritne stene, ker je ležeč stabilizator vezan s stabilizatorjema na obeh zaključkih stene v florisu. S tem smo dosegli ustrezno vezavo z zasteklitvijo nekaljenega stekla — 4 mm široka fuga izpolnjena s silikonskim transparentnim kitom, prav tako pa je stena razdeljena v dve »kaseti«, kar predstavlja povečanje stabilnosti pri morebitnih zunanjih vplivih oziroma delovanju raznih faktorjev na steno.



Nevtraliziranje posedkov stropne plošče, pritličja, kar je izvedeno kot konzola, smo izvedli tako, da smo fiksni U profil, ki teče horizontalno ca. 50 cm pod betonsko ploščo nekako v nivoju sekundarnega stropa in služi za oporo zasteklitvi kristalnega stekla, izrezali v širini sekuritne stene ter ta del izvedli z dvema teleskopoma, vezanima na fiksno ploščo tako, da deluje ta del vezave kot amortizer pri prenosu povosov. S tem smo dosegli nevtralizacijo povosov konzolne plošče, pri čemer pa je ohranjena stabilnost sekuritne stene na pravokotne učinke na steno. Horizontalni učinki pa so nevtralizirani, kot smo že navedli v prejšnjem odstavku.

Pri celotnem objektu velja posebej omeniti harmonika sekuritna vrata  $9,00 \times 3,30$  m, kjer deluje prvo krilo lahko kot klasična vrata, pri čemer je ostali del sicer v celoti pomične stene fiksni.

Izvajalec oziroma dobavitelj sekuritnih sten je tvrdka Brüllmann, Kreuzlingen, Švica, ki je poleg tvrdke Temperit eden najsolidnejših v Evropi.

---

## VSEBINA-CONTENTS

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

ANDREJ UMEK:

- Elasto-plastičen upogib okroglih plošč . . . . . 242  
Elastoplastic bending of circular plates

MIRAN SAJE:

- Račun konstrukcij s programom EASE . . . . . 249  
Analysing structures by EASE

### Iz naših kolektivov From our enterprises

BOGDAN MELIHAR:

- Novice iz kolektivov:  
GP Obnova Ljubljana . . . . . 254  
GP Tehnika Ljubljana . . . . . 255  
Konstruktor Maribor . . . . . 255  
GIP Ingrad Celje . . . . . 256

### Iz strokovnih revij in časopisov From technical reviews

ING. A. S.:

- Anotacije iz jugoslovanskih revij . . . . . 257  
K naslovni sliki . . . . . 228

### Informacije Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij v Ljubljani Reports of Institute for material and structures research in Ljubljana

DANILO BELŠAK:

- Potresi, posledica miniranja . . . . . 259

Odgovorni urednik: Sergej Bubnov, dipl. inž.

Tehnični urednik: prof. Bogo Fatur

Uredniški odbor: Janko Bleiweis, dipl. inž., Vladimir Čadež, dipl. inž., Marjan Gaspari, dipl. inž., dr. Miloš Marinček, Maks Megušar, dipl. inž., Anton Podgoršek, Saša Škulj, dipl. inž., Viktor Turnšek, dipl. inž.

Revijo izdaja Zveza gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon 23 158. Tek. račun pri Narodni banki 50101-678-47602. Tiska tiskarna Tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Letna naročnina skupaj s članarino znaša 50 din, za študente 20 din, za podjetja, zavode in ustanove 300 din

# Elasto-plastičen upogib okroglih plošč

UDK 624.9:529.3

DR. ANDREJ UMEK, DIPL. INŽ.

## Uvod

Veliko raziskovalcev se je zanimalo za uporabo infinitezimalne teorije plastičnosti pri izračunu plošč in lupin in to zaradi težnje po zmanjšanju teže konstrukcij, predvsem pa zaradi želje, da ugotovimo njihove lastnosti kar najbolj realistično. Pri svojem delu pa so naleteli na matematično nepremostljive težave in so se zato zatekali k numeričnim ali približnim metodam, ki omogočajo poenostavitev problema. Na tem mestu naj omenimo le najpomembnejša dela.

Do znatne poenostavitve problema pride, če namesto infinitezimalne uporabimo deformacijsko teorijo plastičnosti. To dejstvo je izkoristil Sokolovski [1, 2] in izračunal krivulje obtežba-upogib za osnosimetrično obtežene okrogle plošče.

Večje število avtorjev je tudi iskalo rešitev problema v uporabi teorije plastičnih linij za preračun plošč in lupin. Ker pa ta postopek ni v direktni zvezi s temo tega članka, naj navedemo le, da zainteresirani bralec lahko najde obsežen seznam literature s tega področja pri Hodgeu [3, 4].

Kot smo že omenili, predstavljajo enačbe plošč in lupin v zvezi z infinitezimalno teorijo plastičnosti analitično, v zaključeni obliki nerešljiv problem. Ker pa imajo te nasproti vsem drugim formulacijam problema, kot so enačbe plošč in lupin v zvezi z deformacijsko teorijo plastičnosti in pa postopki po teoriji plastičnih linij, to veliko prednost, da natančno opisujejo obnašanje konstrukcije v elasto-plastičnem področju, postajajo numerične rešitve teh enačb vse bolj atraktivne. Med možnimi numeričnimi postopki pa metoda končnih elementov, po našem mnenju, največ obeta. Pomemben korak v tej smeri so napravili Popov in sodelavci [5]. Študirali so elasto-plastičen upogib osnosimetrično obtežene okrogle plošče. Ploščo so razdelili na kolobarjaste elemente in njih togost določili s pomočjo numerične integracije po debelini plošče. Material plošče je sledil idealno elastičnemu-idealno plastičnemu odnosu med napetostjo in specifično deformacijo. Dobljeni rezultati podajajo upogibe in momente kot funkcije radija za dane obtežbe.

Namen tega članka je razširiti študijo Popova in sodelavcev [5] na materiale, ki sledijo poljubnemu zakonu med napetostjo in specifično deformacijo. Ta zakon je podan z nizom točk. Nadaljnji

namen je kritična presoja uporabnosti teorije majhnih upogibkov za preračun okroglih plošč v elasto-plastičnem območju. Pri tem se pokaže, da okrogla plošča, ki jo lahko še označimo kot »tanko« in s tem dovoljuje uporabo teorije majhnih upogibkov, za realistično izbrane lastnosti materiala, že pri sorazmerno majhnih obtežbah izkazuje upogibe takega velikostnega reda, da vpliva membranskih sil ne moremo več zanemariti. Torej se vpliva elasto-plastičnih lastnosti materiala in membranskih sil v večini realistično izbranih primerov kombinirata.

V naslednjem poglavju so obravnavane elasto-plastične lastnosti materiala po infinitezimalni teoriji plastičnosti, ki predstavljajo razširitev študije Popova [5] na poljubno obliko delovnega diagrama materiala. Na osnovi le-teh so potem izpeljane enačbe, ki podajajo diferencialne napetosti kot funkcije diferencialov specifičnih deformacij. V tretjem poglavju je nato obravnavan odnos med prirastki rezultant napetosti in prirastki deformacij srednje ravnine plošče. Rezultati tega poglavja so potem v četrtem poglavju izkoriščeni za numerični preračun elasto-plastičnega upogiba plošč po teoriji majhnih upogibov. Članek pa se zaključuje z diskusijo rezultatov.

## Odnos napetost—specifična deformacija

Kot znano lahko diferencialno majhen prirastek specifične deformacije razstavimo na dva dela: elastični in plastični del. Za elastični del velja posplošeni Hookov zakon, ki se za homogen in izotropen material glasi:

$$d \varepsilon_{ij}^E = \frac{1 + \nu}{E} d \sigma_{ij} - \frac{\nu}{E} d \sigma_{kk} \delta_{ij} \quad \dots 1$$

kjer je  $\varepsilon_{ij}^E$  elastični del komponente tenzorja specifičnih deformacij,  $\sigma_{ij}$  komponenta tenzorja napetosti in  $E$  elastični modul ter  $\nu$  Poissonov količnik. Za plastični del diferenciala specifičnih deformacij pa povzemamo izraz, kot ga je podal Fung [6],

$$d \varepsilon_{ij}^P = \hat{C} \frac{\partial f}{\partial \sigma_{ij}} \frac{\partial f}{\partial \sigma_{kl}} d \sigma_{kl} \quad \dots 2$$

kjer je

$$\hat{G} = - \left[ \left( \frac{\partial f}{\partial \varepsilon_{mn}} + \frac{\partial f}{\partial \kappa} \frac{\partial f}{\partial \varepsilon_{mn}} \right) \frac{\partial f}{\partial \sigma_{mn}} \right]^{-1} \dots 3$$

in  $\varepsilon_{ij}$  komponenta tenzorja plastičnega dela specifičnih deformacij,  $f$  je ploskev plastifikacije in iz nje izhajajoče obtežne ploskve. Te so za Misesov pogoj plastifikacije in izotropno utrjevanje dane z enačbo

$$f = I_2 - \kappa \dots 4$$

kjer je  $I_2$  druga invarianta tenzorja deviacij napetosti in  $\kappa$  parameter utrjevanja. Z vstavitvijo enačbe (4) v (2) dobimo:

$$d\varepsilon_{ij} = \hat{G} \sigma'_{ij} \sigma'_{kl} d\sigma_{kl} \dots 5$$

kjer je  $\sigma'_{ij}$  komponenta tenzorja deviacij napetosti,  $\hat{G}$  pa je koeficient dan z enačbo (3). Določimo ga na osnovi enosnega preizkusa materiala. To nam da

$$\hat{G} = \frac{9 d\varepsilon_e}{4 \sigma_e d\sigma_e} \dots 6$$

kjer so  $\varepsilon_e$  in  $\sigma_e$  plastični del primerjalne specifične deformacije, odnosno primerjalna napetost. Iz načbe (6) torej sledi, da je  $\hat{G}$  obratno proporcionalen kvadratu primerjalne napetosti in naklonske-  
mu kotu tangente na krivuljo  $\sigma_e = f(\varepsilon_e)$  in tako danemu stanju nepovratnih specifičnih deformacij. V enačbah, ki podajajo funkcijsko zvezo med diferencialni tenzorja napetosti in tenzorja specifičnih deformacij, ga lahko torej za dano napetostno stanje smatramo kot konstanto.

V skladu s supozicijami teorije tankih plošč in lupin se vsak materialni delec v konstrukciji nahaja v ravninskem stanju napetosti. Če sedaj odnos diferencial napetosti—diferencial specifične deformacije pišemo za ravninsko napetostno stanje in smeri glavnih napetosti označimo z 1 oziroma 2, na osnovi enačb (1) in (5) dobimo

$$d\varepsilon_{11} = \left( \frac{1}{E} + \hat{G} \sigma'^2_{11} \right) d\sigma_{11} - \left( \frac{\nu}{E} - \hat{G} \sigma'_{11} \sigma'_{22} \right) d\sigma_{22} \dots 7$$

$$d\varepsilon_{22} = - \left( \frac{\nu}{E} - \hat{G} \sigma'_{11} \sigma'_{22} \right) d\sigma_{11} + \left( \frac{1}{E} + \hat{G} \sigma'^2_{22} \right) d\sigma_{22}$$

Sedaj izrazimo diferencialne napetosti kot funkcije diferencialov specifičnih deformacij in dobimo

$$\begin{Bmatrix} d\sigma_{11} \\ d\sigma_{22} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{11} & E_{12} \\ E_{21} & E_{22} \end{bmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} d\varepsilon_{11} \\ d\varepsilon_{22} \end{Bmatrix} \dots 8$$

kjer je

$$CE_{11} = E + \hat{G}E^2 \sigma'^2_{22} \dots 9$$

$$CE_{12} = CE_{21} = \nu E - \hat{G}E^2 \sigma'_{11} \sigma'_{22}$$

$$CE_{22} = E + \hat{G}E^2 \sigma'^2_{11}$$

$$C = 1 - \nu^2 + \hat{G}E (\sigma'^2_{11} + 2\nu \sigma'_{11} \sigma'_{22} + \sigma'^2_{22})$$

Odnos diferencial napetosti—diferencial specifične deformacije, podan z enačbami (8), bomo v naslednjem poglavju rabili pri določanju odnosa med diferenciali rezultant preseka in deformacijami srednje ravnine.

### Odnos rezultante napetosti specifična deformacija srednje ravnine

Za študij osnosimetrično obtežene okrogle plošče je umestno izbrati osnosimetričen element, torej obročasto ploščo. Zato je namen tega poglavja izpeljati odnos med rezultantami napetosti in specifično deformacijo srednje ravnine za obročasto ploščo.

Prirastke napetosti pomnožimo z njihovo oddaljenostjo od srednje ravnine plošče in nato rezultat integriramo po debelini plošče. To nam da

$$\Delta M_1 = 2 \int_0^{h/2} \Delta \sigma_{11} z dz, \Delta M_2 = - 2 \int_0^{h/2} \Delta \sigma_{22} z dz \dots 10$$

kjer je  $h$  debelina plošče in  $z$  oddaljenost neke točke od srednje ravnine. V nadaljevanju naše analize razdelimo ploščo po višini v  $2n$  plasti, za katere sedaj smatramo, da so tako tanke, da spremembo elasto-plastičnih lastnosti materiala, ki izvirajo iz spremembe napetostnega stanja po višini ene plasti, lahko zanemarimo. Nadalje predpostavimo, da enačba (8) približno daje zvezo tudi med prirastki napetosti in končnimi prirastki specifičnih deformacij, kolikor so slednji dovolj majhni. Potem dobimo

$$\Delta M_1 = - 2 \sum_{l=1}^n \int_{h_{l-1}}^{h_l} (E^{l11} \Delta \varepsilon^{l11} + E^{l12} \Delta \varepsilon^{l22}) z dz \dots 11$$

$$\Delta M_2 = - 2 \sum_{l=1}^n \int_{h_{l-1}}^{h_l} (E^{l21} \Delta \varepsilon^{l11} + E^{l22} \Delta \varepsilon^{l22}) z dz$$

kjer je  $E^{l11}, E^{l12} = E^{l21}$  in  $E^{l22}$  karakterizirajo elasto-plastične lastnosti materiala z ozirom na dano napetostno in deformacijsko stanje v  $l$ -ti plasti in  $\Delta \varepsilon^{l11}$  in  $\Delta \varepsilon^{l22}$  so prirastki specifičnih deformacij v tej plasti. V enačbah (11) sedaj izrazimo prirastke specifičnih deformacij  $\Delta \varepsilon^l$  in  $\Delta \varepsilon^{l22}$  s prirastki zakrivljenosti srednje ravnine v skladu s teorijo okroglih plošč kot na primer [7] in dobimo

$$\Delta M_1 = 2 \sum_{l=1}^n \int_{r_{l-1}}^{r_l} (E^{11} \Delta k_1 + E^{12} \Delta k_2) z^2 dz \quad \dots 12$$

$$\Delta M_2 = 2 \sum_{l=1}^n \int_{r_{l-1}}^{r_l} (E^{21} \Delta k_1 + E^{22} \Delta k_2) z^2 dz$$

kjer sta  $\Delta k_1$  in  $\Delta k_2$  spremembi zakrivljenosti srednje ravnine plošče v radialni oziroma tangencialni smeri. Izvrednotenje integralov v enačbah (12) nam da naslednje rezultate

$$\begin{Bmatrix} \Delta M_1 \\ \Delta M_2 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{21} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} \Delta k_1 \\ \Delta k_2 \end{Bmatrix} \quad \dots 13$$

kjer so koeficienti  $C_{ij}$  v enačbi (13) dani z naslednjo enačbo, ki je le formalno podobna enačbi v študiji Popova [5],

$$\begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} \\ C_{21} & C_{22} \end{bmatrix} = \frac{h^3}{12 n^3} \sum_{l=1}^n \begin{bmatrix} E^{11} & E^{12} \\ E^{21} & E^{22} \end{bmatrix} (3l^2 - 3l + 1) \quad \dots 14$$

Enačbi (13) in (14) sedaj podajata odnos med prirastki rezultant napetosti in prirastki deformacij srednje ravnine. Te rezultate bomo v naslednjem poglavju uporabili za izračun togosti posameznih elementov.

### Določitev togosti elementov

Kot smo že uvodoma omenili, izberemo kot osnovni končni element pri študiju elasto-plastičnega upogiba okroglih plošč, upošteva je majhne upogibe, obročasto ploščo. Tak element ima sedaj dve vozliščni liniji in na vsaki od teh linij specificiramo dva pogoja zveznosti, in sicer upogib in njegov odvod v radialni smeri. Torej ima naš izbrani element štiri prostostne stopnje. Iz teorije okroglih plošč pa vemo, da ima analitična rešitev upogiba obročaste plošče prav tako štiri neodvisne konstante. Zato v našem primeru ne bomo sledili postopku za določanje togosti elementa, ki je običajen pri metodi končnih elementov, temveč se bomo poslužili znanega postopka povzetega po teoriji linearnih nosilcev, ki bo postal jasen iz naslednjih izvajanj.

Z vstavitvijo enačbe (13) v ravnotežne enačbe za element plošče [7] in upošteva je odnos med zakrivljenostjo srednje ravnine in upogibom dobimo diferencialno enačbo za upogib obročaste plošče kot

$$\Delta w + \frac{2}{r} \Delta w'' + \left(\frac{\lambda}{r}\right)^2 \left( \Delta w'' - \frac{1}{r} \Delta w' \right) = 0 \quad \dots 15$$

kjer je  $w$  upogib obročaste plošče,  $\lambda^2 = \frac{C_{22}}{C_{11}}$  in  $\lambda$

pozitivna vrednost korena iz  $\lambda^2$ . Z ozirom na vrednosti, ki jih  $\lambda$  lahko zavzame ( $\lambda = 0$  fizikalno ni mogoča), ima enačba (15) dve rešitvi

$$\lambda \neq 1 : \Delta w = a_1 r^{\lambda+1} + a_2 r^{1-\lambda} + a_3 r^2 + a_4 \dots 16$$

$$\lambda = 1 : \Delta w = a_1 + a_2 r^2 + a_3 \ln r + a_4 r^2 \ln r \quad \dots 17$$

V enačbah (16) in (17) nastopajo štiri konstante  $a_i$ ,  $i = 1 \dots 4$ , ki jih izrazimo s pomočjo upogiba in naklona na vozliščnih linijah elementa. Tako dobimo

$$\{\Delta v\} = [B_D] \{a\} \quad \dots 18$$

kjer je

$$\{\Delta v\}^T = \{\Delta w_i, \Delta w'_i, \Delta w_j, \Delta w'_j\} \quad \dots 19$$

in se indeks  $i$  nanaša na notranjo in indeks  $j$  na zunanjo vozliščno linijo in

$$\{a\}^T = \{a_1, a_2, a_3, a_4\} \quad \dots 20$$

Pripomniti velja še, da koeficienti v matriki  $[B_D]$  zavise od tega, iz katere enačbe za upogib (16) ali (17) smo izhajali.

Sedaj vstavimo enačbo (16) odnosno (17) v enačbo (13). To nam da odnos med rezultantami napetosti in  $\{a\}$ . Po krajšem računu dobimo

$$\{\Delta F\} = [B_F] \cdot \{a\} \quad \dots 21$$

kjer je

$$\{\Delta F\}^T = \{\Delta Q_i, \Delta M_i, \Delta Q_j, \Delta M_j\} \quad \dots 22$$

ter  $Q_i$ ,  $M_i$  in  $Q_j$ ,  $M_j$  so prečna sila in radialni moment na  $i$ -ti odnosno  $j$ -ti vozliščni liniji. S kombinacijo enačb (18) in (21) sedaj dobimo

$$\{\Delta F\} = [B_F] [B_D]^{-1} \{\Delta v\} \quad \dots 23$$

Produkt matrik  $[B_F]$  in  $[B_D]^{-1}$  predstavlja togost elementa ob danem napetostnem stanju v njem in ga označimo s  $[K]$ . Tako lahko sedaj pišemo

$$\{\Delta F\} = [K] \cdot \{v\} \quad \dots 24$$

Po doslej opisanem postopku določimo togosti vseh obročastih elementov. Za določitev togosti srednjega, diskastega elementa pa moramo postopek nekoliko modificirati. Ta element ima namreč eno samo vozliščno linijo in torej le dve stopnji svobode. Vendar tudi v funkciji pomikov, enačba (17), imamo v tem primeru samo dve neodvisni konstanti. Iz pogoja, da je upogib v sredini plošče končen, namreč sledi, da morata biti konstantni  $a_3$  in  $a_4$  enaki nič. Od tu naprej pa poteka postopek analogno onemu za obročasti element in ga zato ne bomo posebej obravnavali na tem mestu.

Na osnovi znanih togostnih matrik elementov sedaj tvorimo togostno matriko sistema po običajnem postopku metode končnih elementov [8]. Na osnovi te togostne matrike pa izračunamo za dan prirastek obtežbe prirastke deformacij, specifičnih deformacij in napetosti. Na osnovi slednjih pa določimo nove togosti za posamezne elemente. Po tem postopku stopnjujemo obtežbo.

## Rezultati

Po doslej omenjenem postopku je bil izdelan računalniški program v Fortran IV za računalnik CDC 3300. Kot računski primera smo vzeli dve okrogli enakomerno obteženi plošči, eno na robu polno vpeto, drugo na robu prosto ležečo, z razmerjem debeline proti radiju  $h/a = 0.1$ . Za to razmerje smo se odločili kot kompromis med težnjama, da bi bila tako napaka, ki nastane zaradi neupoštevanja strižnih deformacij, kot tudi napaka zaradi privzeta teorije majhnih upogibov, čim manjši. Z zmanjševanjem razmerja  $h/a$  se namreč zmanjšuje napaka, ki smo jo napravili neupoštevanje vpliv strižnih deformacij za upogib plošče. To napako lahko ocenimo na osnovi elastičnega upogiba [7]. Za izbrano geometrijo in Poissonov količnik 0.31 znaša napaka pri upogibu v sredini 0.92 % za prostoležečo in 5.80 % za vpeto ploščo. Na drugi strani pa z zmanjševanjem debeline plošče pri dani obtežbi raste količnik  $w/h$  in z njim vpliv membranskih sili na upogib. Tudi to napako lahko ocenimo na osnovi elastičnega upogiba. Največja je pri prostoležeči plošči s horizontalno nepomičnim robom, kjer znaša pri  $w_{\max}/h = 0.25$  kar 11.6 %, najmanjša pa je pri vpeti plošči s horizontalno pomičnim robom, kjer znaša za isto razmerje  $w_{\max}/h$  le 0.91 %.

Z ozirom na obe napaki, ki se pri našem računu pojavljata zaradi omejene veljavnosti elementarne teorije upogiba plošč, smatramo, da pri izbrani debelini dobimo rezultate, ki niso preveč obremenjeni ne z eno ne z drugo napako, tako v območju elastičnega kot elasto-plastičnega upogiba. Upogibki, pri katerih po teoriji elastičnega upogiba nastopi 2 % napaka zaradi neupoštevanja membranskih sil, so označeni v slikah 2 in 4.

Za naše računske primere smo izbrali homogen izotropen material. Njegov odnos med napetostjo

in specifično deformacijo sledi modificirani Ramberg-Osgoodovi enačbi (slika 1), njegov Poissonov količnik pa je 0.31. Nadalje smo predpostavili izotropno utrjevanje.

Na slikah 2 in 4 so prikazani diagrami za brezdimenzionalen upogib v središču plošče nasproti brezdimenzionalni obtežbi za na robu polno vpeto in za na robu prostoležečo ploščo. Obtežba je bila reducirana z enosnim polnoplastičnim momentom

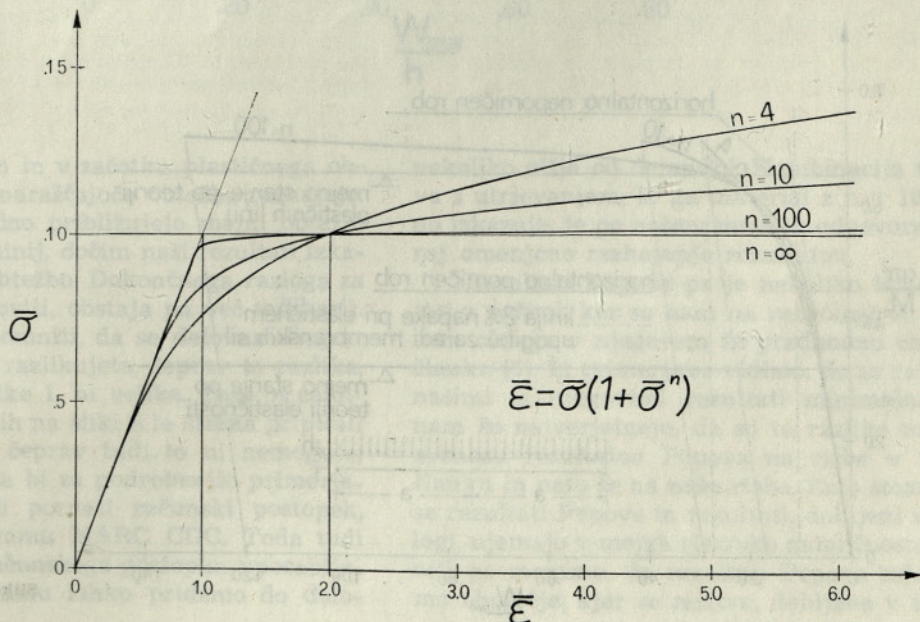
$$M_0 = \frac{\sigma_0 h}{4},$$

upogibi pa z debelino plošče  $h$ . Na vsa-

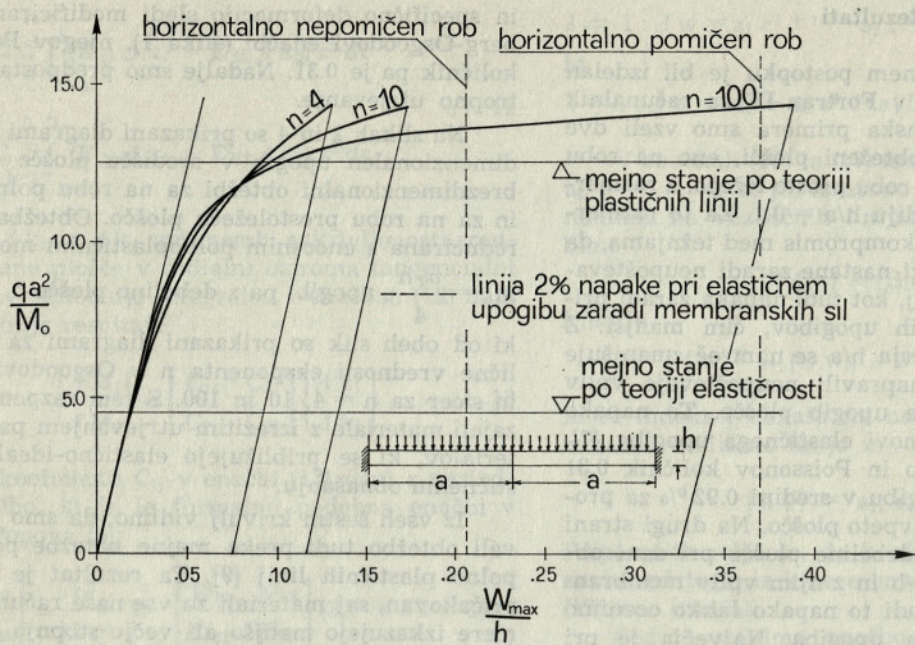
ki od obeh slik so prikazani diagrami za tri različne vrednosti eksponenta  $n$  v Osgoodovi enačbi in sicer za  $n = 4, 10$  in  $100$ . S tem razponom smo zajeli materiale z izrazitim utrjevanjem pa do materialov, ki se približujejo elastično-idealno plastičnemu obnašanju.

Iz vseh šestih krivulj vidimo, da smo stopnjevali obtežbo tudi preko mejne obtežbe po teoriji polno plastičnih linij [9]. Ta rezultat je bil tudi pričakovan, saj materiali za vse naše računske primere izkazujejo manjšo ali večjo stopnjo utrjevanja.

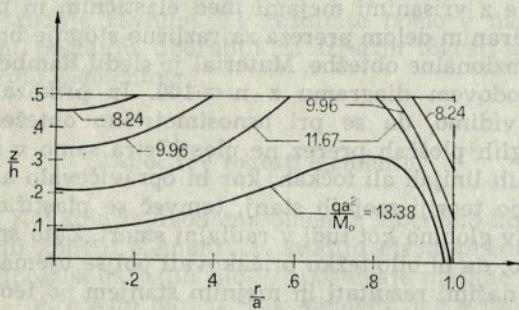
Na slikah 3 in 5 je prikazana zgornja desna četrtina prereza polno vpete odnosno prostoležeče plošče z vrisanimi mejami med elastičnim in plastičnim delom prereza za različne stopnje brezdimenzionalne obtežbe. Material je sledil Ramberg-Osgoodovemu diagramu z  $n = 100$ . Iz prikazanih slik vidimo, da se pri osnosimetrično obteženih okroglih ploščah prerez ne plastificira samo v določenih linijah ali točkah, kar bi opravičevalo analizo po teoriji mejnih stanj, temveč se plastificira tako v globino kot tudi v radialni smeri. Zato smatramo, da bi bilo težko pričakovati boljše ujemanje med našimi rezultati in mejnim stanjem po teoriji plastičnih členkov, kot je prikazano na slikah 2 in 4.



Slika 1

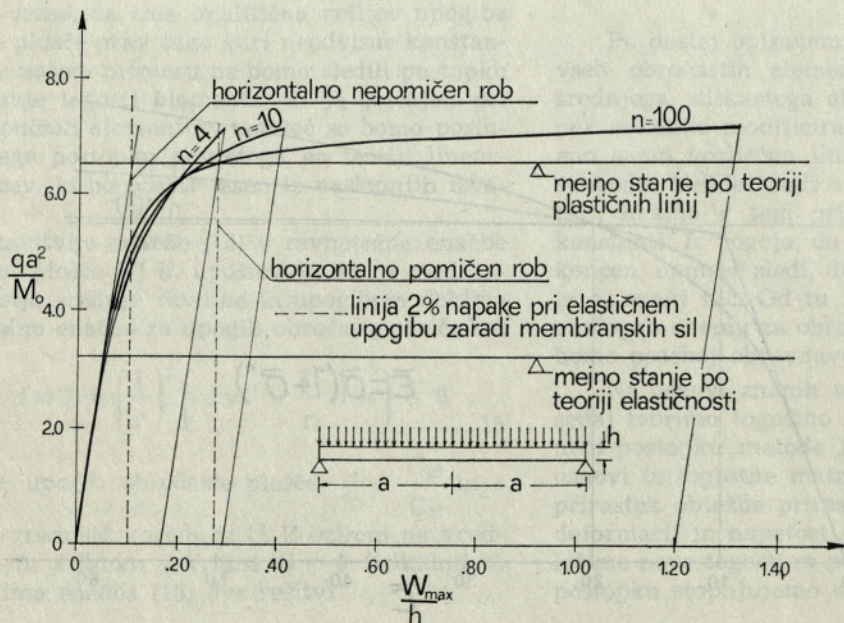


Slika 2



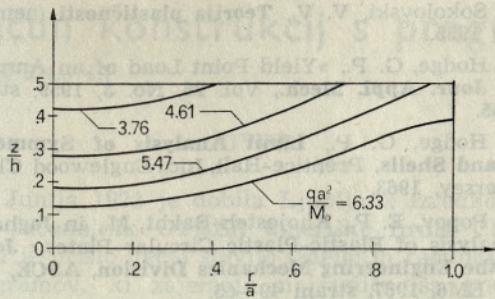
Slika 3

Primerjavo rezultatov, dobljenih v okviru te naloge, z rezultati drugih avtorjev smo izvedli na primeru enakomerno obtežene, prostoležeče, okrog-le plošče in so prikazani v sliki 6. V naših izračunih smo vzeli  $n = 100$  pri modificiranem Ramberg-Osgoodovem diagramu napetost specifična deformacija. Rezultati Popova [5] in primerjalni izračun s pomočjo programa MARC CDC pa so napravljeni za idealno elastičen-idealno plastičen material. Iz slike 6 je razvidno, da so med rezultati nastopila manjša odstopanja. Rezultati dobljeni v okviru te naloge in oni s pomočjo programa MARC CDC, se

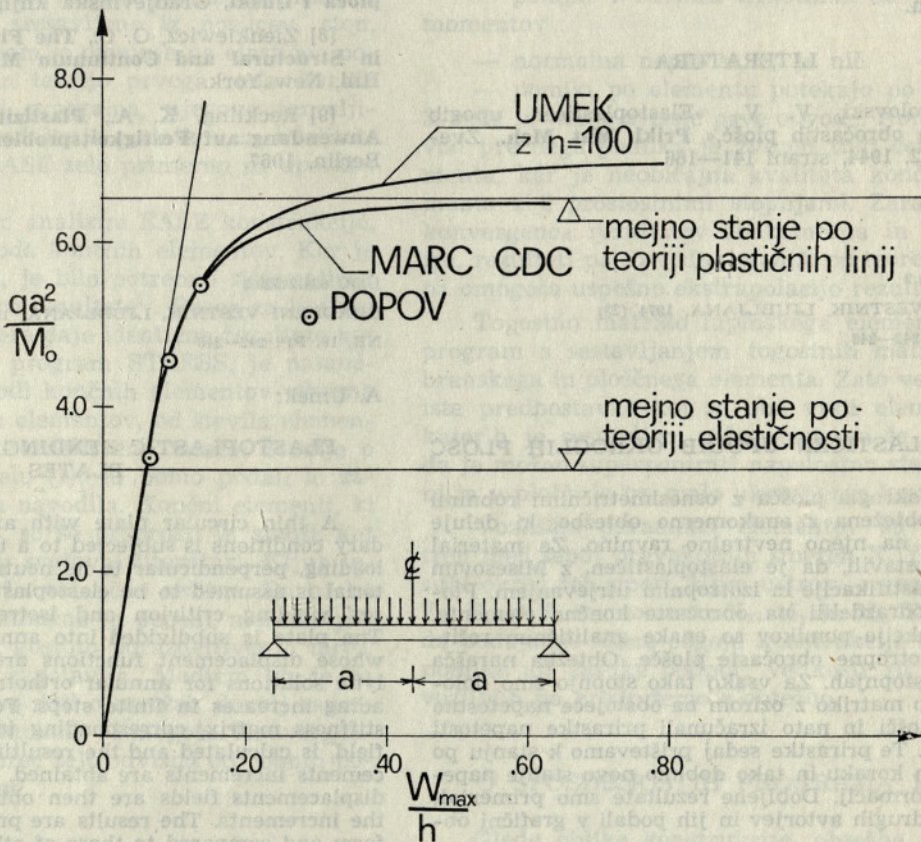


Slika 4





Slika 5



Slika 6

ujemajo v elastičnem in v začetku plastičnega območja. Nato pa se z naraščajočo obtežbo razhajajo. Slednji se asimptotično približujejo mejni obtežbi po teoriji plastičnih linij, dočim naši rezultati izkazujejo višjo mejno obtežbo. Dokončnega razloga za to nismo uspeli ugotoviti, obstaja pa več indikacij. Predvsem velja pripomniti, da se delovna diagrama obeh materialov razlikujeta, čeprav ta razlika, kot je razvidno iz slike 1, ni velika. Zato bi celotno razliko v diagramih na sliki 6 le stežka pripisali samo temu dejstvu, čeprav tudi to ni nemogoče. Nadalje velja tudi, da bi za podrobnejšo primerjavo rezultatov morali poznati računski postopek, uporabljen pri programu MARC CDC. Toda tudi samo že na osnovi računskega postopka uporabljene v našem programu lahko pridemo do dolo-

čenih indikacij. Tukaj smo po vsakem prirastku obtežbe določili novo togost plošče, ki pa smo jo potem smatrali kot konstantno med naslednjim korakom. Pri takem postopku pa se izračunane deformacije s spodnje strani približujejo svojim realnim vrednostim, ko zmanjšujemo prirastek obtežbe. Te realne vrednosti pa bi bile dosežene šele ob upoštevanju infinitezimalnega prirastka, ki pa ga ob uporabi numeričnih metod nikakor ne moremo doseči. Zato je tudi jasno, da dobimo z uporabo izbrane računske metode pri še tako majhnem, a končnem prirastku obtežbe, mejno obtežbo, ki je

nekoliko višja od dejanske. Kombinacija tega vpliva z utrjevanjem, ki ga material z  $n = 100$  še vedno izkazuje, je po našem mnenju odgovorna za zgoraj omenjeno razhajanje rezultatov.

Rezultate Popova pa je nekoliko težje primerjati z našimi, ker so nam na razpolago le v omejenem obsegu v njegovem že predhodno omenjenem članku [5]. Iz primerjave vidimo, da so razlike med našimi in njegovimi rezultati minimalne. Zdi se nam še najverjetneje, da so te razlike nastale pri prenosu rezultatov Popova na risbe v njegovem članku in nato še na naše risbe. Zato smatramo, da se rezultati Popova in rezultati, dobljeni v naši nalogi, ujemajo v mejah risarske natančnosti. Pripomniti pa moramo, da rezultati Popova zajemajo samo območje, kjer se rešitve, dobljene v tej nalogi,

ujemajo z rešitvami programa MARC CDC. Torej ne prispevajo k rešitvi dileme, ki se je pojavila pri večjih obtežbah.

Iz slik 2 in 4 ter naših predhodnih ocen napak zaradi zanemaritve deformacij vsled strižnih sil in membranskih napetosti srednje ravnine je razvidno, da je uporabnost teorije majhnih upogibov plošč, pri študiju elastoplastičnega upogiba okroglih plošč, omejena na razmeroma majhno območje parametra  $h/a$ . Zato bi bilo v nadaljnjih študijah verjetno interesantno vključiti pri debelejših ploščah vpliv strižnih napetosti, pri tanjših pa vpliv membranskih sil. Šele tedaj bi lahko smatrali, da je problem elastoplastičnega upogiba okroglih plošč rešen.

#### LITERATURA

[1] Sokolovski, V. V., »Elastoplastičen upogib okroglih in obročastih plošč«, *Prikl. Mat. Meh.*, Zvezek 8, No. 2, 1944, strani 141—166.

[2] Sokolovski, V. V., *Teorija plastičnosti* (nemška izdaja), 1955.

[3] Hodge, G. P., »Yield Point Load of an Annular Plate«, *Jour. Appl. Mech.*, Vol. 26, No. 3, 1959, strani 454—455.

[4] Hodge, G. P., *Limit Analysis of Symmetric Plates and Shells*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1963.

[5] Popov, E. P., Khojesteh-Bakht, M., in Jaghami, S., »Analysis of Elastic-Plastic Circular Plates«, *Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE*, Vol. 93, No. EM6, 1967, strani 49—65.

[6] Fung, Y. C., *Foundations of Solid Mechanics*, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 1965.

[7] Timošenko, S., in Vojnovski-Kruger S., *Teorija ploča i ljuski*, Gradjevinska knjiga, Beograd, 1962.

[8] Zienkiewicz, O. C., *The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics*, Mc Graw-Hill, New York.

[9] Reckling, K. A., *Plastizitätstheorie und ihre Anwendung auf Festigkeitsprobleme*, Springer Verlag, Berlin, 1967.

UDK 624.9:529.3

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1974 (23)

ST. 10, STR. 242—248

A. Umek:

#### ELASTO-PLASTIČEN UPOGIB OKROGLIH PLOŠČ

Tenka okrogla plošča z osnosimetričnimi robnimi pogoji je obtežena z enakomerno obtežbo, ki deluje pravokotno na njeno nevtralno ravnino. Za material smo predpostavili, da je elastoplastičen, z Misesovim pogojem plastifikacije in izotropnim utrjevanjem. Ploščo smo podrazdelili na obročaste končne elemente, katerih funkcije pomikov so enake analitičnim rešitvam za ortotropne obročaste plošče. Obtežba narašča v končnih stopnjah. Za vsako tako stopnjo smo določili togostno matriko z ozirom na obstoječe napetostno stanje v plošči in nato izračunali prirastke napetosti in pomikov. Te prirastke sedaj prištevamo k stanju po predhodnem koraku in tako dobimo novo stanje napetosti in deformacij. Dobljene rezultate smo primerjali z rezultati drugih avtorjev in jih podali v grafični obliki.

UDC 624.9:529.3

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1974 (23)

NR. 10, PP. 242—248

A. Umek:

#### ELASTOPLASTIC BENDING OF CIRCULAR PLATES

A thin circular plate with axisymmetrical boundary conditions is subjected to a uniformly distributed loading, perpendicular to its neutral surface. The material is assumed to be elasto-plastic, obeying von Mises' yielding criterion and isotropic hardening rule. The plate is subdivided into annular finite elements, whose displacement functions are equal to the analytical solutions for annular orthotropic plates. The loading increases in finite steps. For each such step a stiffness matrix, corresponding to the existing stress field, is calculated and the resulting stress and displacements increments are obtained. The total stress and displacements fields are then obtained by adding all the increments. The results are presented in graphical form and compared to those of other authors.

# Račun konstrukcij s programom EASE

UDK 624.074.7

MIRAN SAJE, DIPL. INŽ.

## UVOD

Junija 1972 je dobila Ljubljana izredno zmogljivega računalnika CYBER ameriške firme CDC. Z njim je prišlo večje število izdelanih računalniških programov, ki zajemajo najrazličnejša področja znanja. Med gradbeniški programi je za statika prav gotovo najbolj zanimiv program EASE (Elastic Analysis for Structural Engineering), ker je mogoče z njim reševati statiko poljubnih mešanih konstrukcij, ki so sestavljene iz nosilcev, sten, plošč in lupin. Program se omejuje na elastično področje materialov in teorijo prvega reda. Zaradi dokajšnje splošnosti programa, njegove zanesljivosti, preprostosti podajanja podatkov in kvalitetnih rezultatov, je EASE zelo primeren za uporabo v praksi.

Metoda, s katero analizira EASE konstrukcije, je dobro znana metoda končnih elementov. Ker je to približna metoda, je bilo potrebno sistematično študirati konvergenco rezultatov. Razen za linijske konstrukcije, za katere daje identične rezultate kot klasična statika ali program STRESS, je natančnost rešitve po metodi končnih elementov odvisna od kvalitete končnih elementov, od števila elementov in od oblike porazdelitvene mreže. Študije o tem so podane v delu (1); tu bomo podali le zaključke in praktična navodila. Končni elementi, ki jih uporablja EASE, so še preprosti in slabši, kot jih poznamo danes v svetovni literaturi. Kljub temu dajejo okrog 90 % natančne rešitve. Da pa bo rešitev inženirsko natančna in poceni, moramo poznati tisto obliko in gostoto porazdelitvenih mrež, ki tako natančnost zagotavlja. Medtem ko je za stene in plošče možno dati o mrežah dovolj zanesljive recepte, to pri lupinah ni mogoče. Konvergenca rezultatov je namreč zelo odvisna od robnih pogojev in oblike lupine.

## O KONČNIH ELEMENTIH V PROGRAMU EASE

EASE uporablja tri vrste osnovnih elementov: linijske elemente (z 12 prostostnimi stopnjami), elemente trikotne oblike za ravninske probleme (6 prostostnih stopenj) in trikotne elemente za upogib plošč z 9 prostostnimi stopnjami. Togostne matrike teh elementov so izpeljane ob naslednjih predpostavkah:

1. Majhne deformacije.
2. Material je elastičen in izotropen, podan z elastičnim modulom in Poissonovim številom.
3. Debelina oziroma prerez elementa je konstantna.

Nadalje velja za nosilce, da

- pomiki zaradi strižnih sil niso zanemarljivi
- prerez nosilca je dvojno simetričen

— prerezi ostanejo ravninski tudi po deformaciji;

za membranske elemente, da

— se pomiki v ravnini elementa spreminjajo linearno;

za ploščni element pa

— velja Kirchoffova hipoteza o ravninskih prečnih prerezih

— pomiki v ravnini trikotnika ne povzročajo momentov

— normalna napetost  $\sigma_{zz}$  je nič

— pomiki po elementu potekajo po polinomu 3. reda in imajo zvezne prve odvode. Normalni odvod prečnega pomika je zvezen tudi čez rob elementa, kar je neobičajna kvaliteta končnega elementa z 9 prostostnimi stopnjami. Zaradi nje je konvergenca rezultatov enakomerna in dokaj hitra, rezultati pa so vedno manjši od teoretičnih. To pa omogoča uspešno ekstrapolacijo rezultatov.

Togostno matriko lupinskega elementa določi program s sestavljanjem togostnih matrik membranskega in ploščnega elementa. Zato veljajo zanj iste predpostavke kot za obe vrsti elementov, iz katerih je sestavljen, poleg tega pa še opozorilo, da je možno superponirati napetostno stanje v steni in v plošči le pri malo ukrivljenih lupinah.

Vozliščni parametri elementov so pomiki v treh med seboj pravokotnih smereh X, Y, Z in zasuki okrog teh smeri. Njim ustrezajo vozliščne sile  $F_x$ ,  $F_y$  in  $F_z$  in momenti  $M_x$ ,  $M_y$  in  $M_z$ . To pomeni, da podajamo robne pogoje konstrukcije kot znane pomike ali zasuke podpor, velikosti sil v prostih vozliščih pa predpišemo z obtežbo.

## O SPOSOBNOSTIH PROGRAMA EASE

Glede oblike konstrukcije, obtežbe in robnih pogojev velja naslednje:

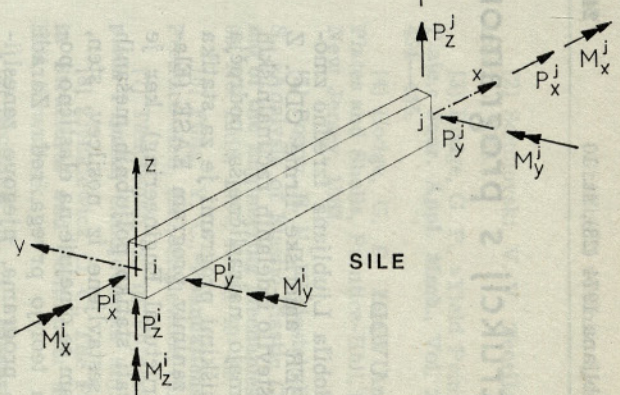
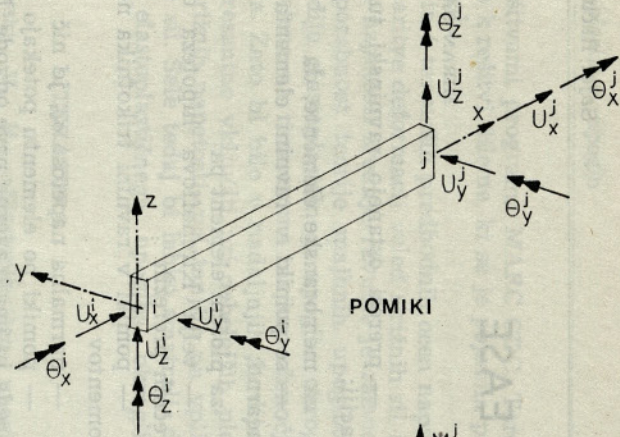
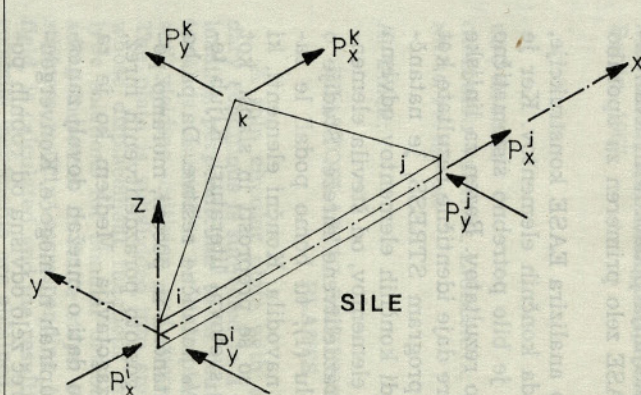
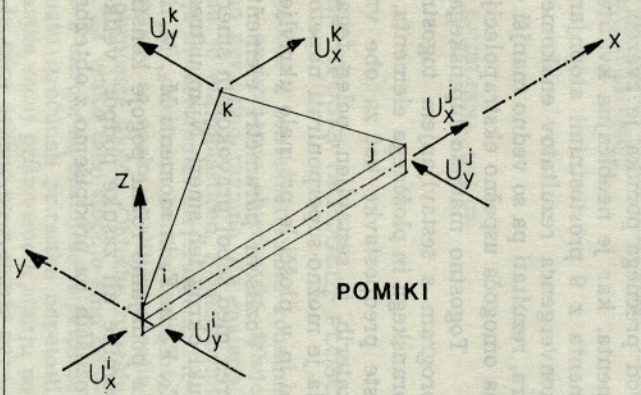
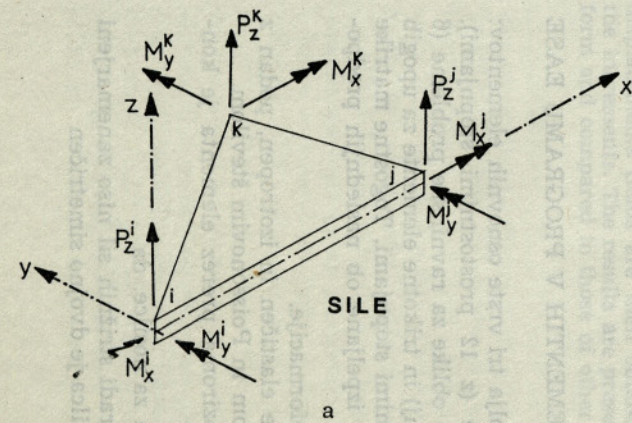
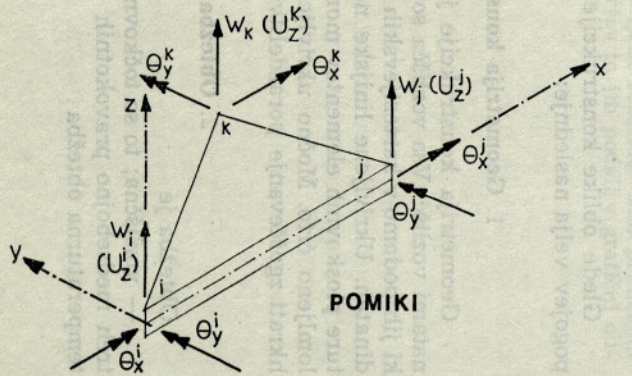
### 1. Geometrija konstrukcije

Geometrija konstrukcije je opisana s koordinatami vozlišč. Vsa vozlišča so prostorska vozlišča, ki jih podamo v kartezijskih ali cilindričnih koordinatah. Ukrivljene linijske nosilce in krive konture ploskovnih elementov moramo aproksimirati z lomljeno črto. Močno ukrivljena kontura zahteva hkrati zgoščevanje porazdelitvene mreže.

### 2. Obtežba

Obtežba je

— vozliščna; to so točkovne sile in momenti v treh medsebojno pravokotnih smereh in vozliščna temperaturna obtežba



Slika 1

— po elementih; gre za zvezno enakomerno ali linearno obtežbo nosilcev in za enakomerno prečno obtežbo ploščnih in lupinskih elementov

— pospešek cele konstrukcije, kar omogoča preprost račun zaradi obtežbe z lastno težo.

Možno je kombiniranje obtežnih primerov.

### 3. Robni pogoji

Robni pogoji za vozlišča so podatki o vozliščih s podporami. Podamo jih kot znane pomike ali zasuke podpor. Če je pomik točke znan, je neznan sila, ki ustreza pomiku. Ta sila je reakcija. EASE reaktivnih sil ne podaja; s posebno zvižajo pa jih je kljub temu mogoče dobiti. V smereh globalnega koordinatnega sistema ali v drugih smereh lahko predpišemo

- pomike ali zasuke
- togostne koeficiente elastičnih podpor.

V krajiščih nosilca lahko sprostimo zasuke v smereh lokalnega koordinatnega sistema, kar omogoča npr. členkasti priključek nosilca (palice) na steber. Če je v podpori kateri od pomikov (zasukov) sproščen, to je, ni predpisan, je ustrezna sila (moment) nič. Vendar te sile ne predpisujemo kot robni pogoj, ampak pri obtežbi konstrukcije kot zunanjo silo.

### 4. Rezultati

Poleg izpisanih vhodnih podatkov nam EASE posreduje še:

- togostno matriko konstrukcije
- pomike in zasuke vozlišč
- notranje sile v nosilcih
- sile in momente v trikotnikih v želeni smeri
- upogibne napetosti na spodnji in na zgornji strani trikotnika.

Vsi rezultati so v istih merskih enotah kot vhodni podatki.

### PRIPRAVA PODATKOV

Preden začnemo s pripravo podatkov, moramo realni gradbeni konstrukciji prirediti statični (matematični) model in obtežbo. Stopnjo poenostavitve, do katere nujno pride, naj določi izkušen statik, ki pozna zmožnosti programa. Ko je matematični model znan, razdelimo ploskve in trikotne elemente. Mreža naj bo kar najbolj regularna, tako da bo mogoče čim večkrat uporabiti olajšave pri podajanju podatkov zaradi ponavljanja.

Priprava podatkov je razdeljena na pet skupin:

1. Podatki o geometriji konstrukcije
  - najprej izberemo merske enote
  - nato določimo globalni koordinatni sistem

— z zaporednimi naravnimi števili označimo vozlišča, trikotne elemente in nosilce; v vseh treh primerih začnemo z 1

— izračunamo koordinate vozlišč v globalnem koordinatnem sistemu.

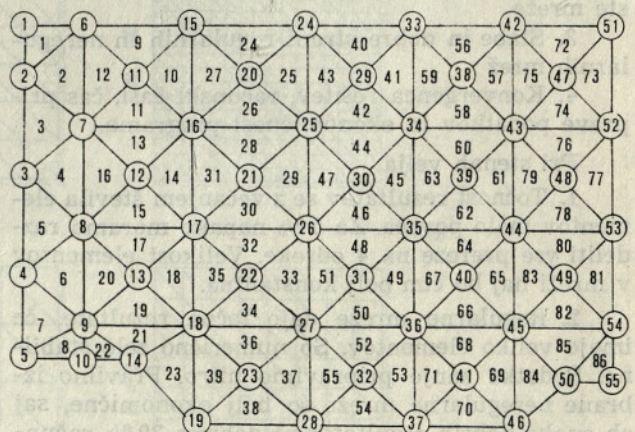
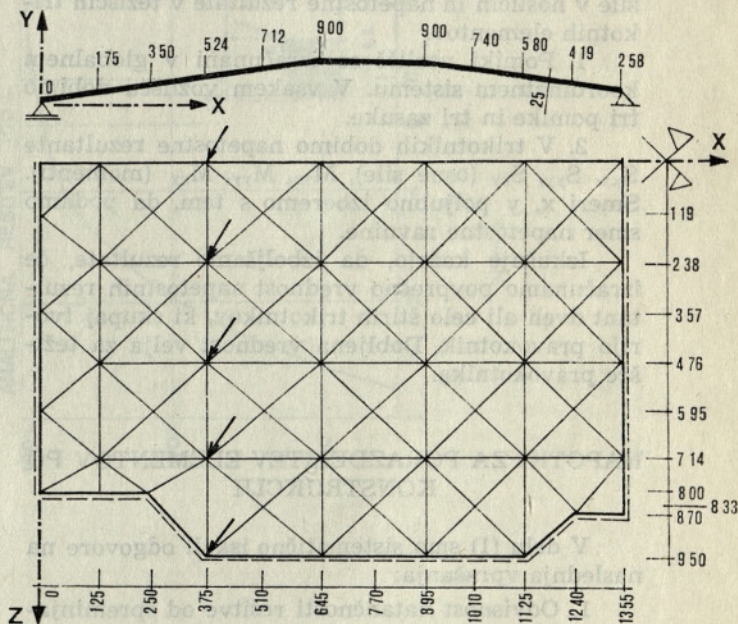
2. Določitev povezanosti elementa s konstrukcijo

lega elementa je enolično določena z njegovimi vozliščnimi številkami. Te podamo po vrstnem redu elementov.

3. Podatki o elementih

Vsak element ima lahko svoje elastične in geometrijske lastnosti. Določiti moramo:

- vrste materialov
- prereze nosilcev
- lokalne koordinatne sisteme nosilcev
- sprostivne krajišč nosilcev
- vrsto, debelino, material in napetostno ravnino za trikotne elemente.



Slika 2

## 4. Zunanja obtežba

Tu gre za:

- obtežbe v globalnem koordinatnem sistemu
- obtežbe v lokalnem koordinatnem sistemu
- obtežbe zaradi lastne teže in temperaturne obtežbe.

## 5. Robni pogoji, o katerih smo že govorili.

Posebnost programa EASE je »generiranje« podatkov, to je olajšava pri pripravi podatkov. Generiranje na videz komplicira pripravo, v resnici pa jo olajša in prihrani uporabniku veliko časa.

## REZULTATI

Izpis rezultatov je iz dveh delov: prvi je prikaz podatkov, kot jih je program razumel; drugi del vsebuje rezultate, vendar le, če so podatki pravilno pripravljani.

Rezultati računa so pomiki vozlišč in notranje sile v nosilcih in napetostne rezultate v težiščih trikotnih elementov.

1. Pomiki vozlišč so izračunani v globalnem koordinatnem sistemu. V vsakem vozlišču dobimo tri pomike in tri zasuke.

2. V trikotnikih dobimo napetostne rezultate  $S_{xx}$ ,  $S_{yy}$ ,  $S_{xy}$  (osne sile),  $M_{xx}$ ,  $M_{yy}$ ,  $M_{xy}$  (momenti). Smeri x, y poljubno izberemo s tem, da podamo smer napetostne ravnine.

Izkušnje kažejo, da izboljšamo rezultate, če izračunamo povprečno vrednost napetostnih rezultatov dveh ali celo štirih trikotnikov, ki skupaj tvorijo pravokotnik. Dobljena vrednost velja za težišče pravokotnika.

## NAPOTKI ZA PORAZDELITEV ELEMENTOV PO KONSTRUKCIJI

V delu (1) smo sistematično iskali odgovore na naslednja vprašanja:

1. Odvisnost natančnosti rešitve od spreminjanja števila elementov
2. Vpliv usmerjenosti elementov oziroma vrste mreže
3. Slabe in dobre strani regularnih in neregularnih mrež
4. Konvergenca rešitev, računski časi, čas priprave podatkov in ekonomičnost programa.

Pri stenah velja:

1. Točnost rezultatov se z večanjem števila elementov malo poveča. Za 5% napako moramo razdeliti vse prereze na 4 odseke. Velikost elementov v mreži naj bo čim bolj konstantna.

2. Regularne mreže dajo točne rezultate, če imajo veliko elementov. So numerično zelo stabilne. Podatke zanje pripravimo hitro. Pravilno izbrane neregularne mreže so bolj ekonomične, saj ob enako dobrih rezultatih pridobimo 30% računskega časa. Računanje s takimi mrežami na različ-

no natančnih računalnikih (IBM 1130, CDC 6400) kaže, da so numerično manj stabilne. Priprava podatkov zanje je lahko zamudna.

3. Presenetljivo je, da ima usmerjenost elementov tako velik vpliv. Čeprav se je težko odločiti, katera oblika mreže je vedno najboljša, predlagamo pravokotne trikotnike s hipotenuzo, ki gre od leve proti desni.

4. Izkušnje kažejo, da računski čas (system unit) zadošča naslednji približni enačbi

$$\text{računski čas} = \text{število elementov (sek)}$$

Natančni rezultati (napaka manjša od 5%) so zelo dragi.

5. Napetosti dobimo točneje kot pomike.

Za plošče smo ugotovili:

1. Ne glede na robne pogoje in obtežbo je najboljša mreža z elementi iz točke 3 zgoraj.

2. Pomiki, ki jih dobimo, so **vselej manjši** od teoretičnih. Če vsak prerez plošče delimo na 4–5 odsekov, bomo zanesljivo dobili rešitve z napako manj kot 5%. Konvergenca ploščnega elementa je boljša od konvergence membranskega elementa.

3. Velja naslednji približni obrazec za računski čas:

$$\text{računski čas} = 1.2 \times \text{število elementov (sek)}$$

4. Program je dovolj ekonomičen, vendar le v območju 100–300 elementov.

O splošnih lupinah ni mogoče povedati veliko. Iz detajlne študije rotacijskega paraboloida nad trikotnim tlorisom s programom EASE, ki smo jo izdelali, pa sledi:

1. Lupine, ki jih je mogoče računati po membranski teoriji, se dajo dobro računati tudi s programom EASE.

2. Rešitev je tem boljša, čim več točk lupine je podprtih.

3. Pri računu upoštevajmo vse konstrukcijske detajle (odebelitev lupine, širino podpore, izvedbo podpore, robne nosilce), simetrijo konstrukcije in simetrijo in antisimetrijo obtežbe, pri projektiranju pa dejstvo, da je lupina z robnim nosilcem precej bolj nosilna kot brez. Največ preglavic delajo pri računu singularna mesta, to so npr. priključki stebrov na lupino. Nujno je upoštevati ojačitve na tem mestu.

4. Računski čas določimo po naslednji približni formuli:

$$\text{računski čas} = 2 \times \text{število elementov (sek)}$$

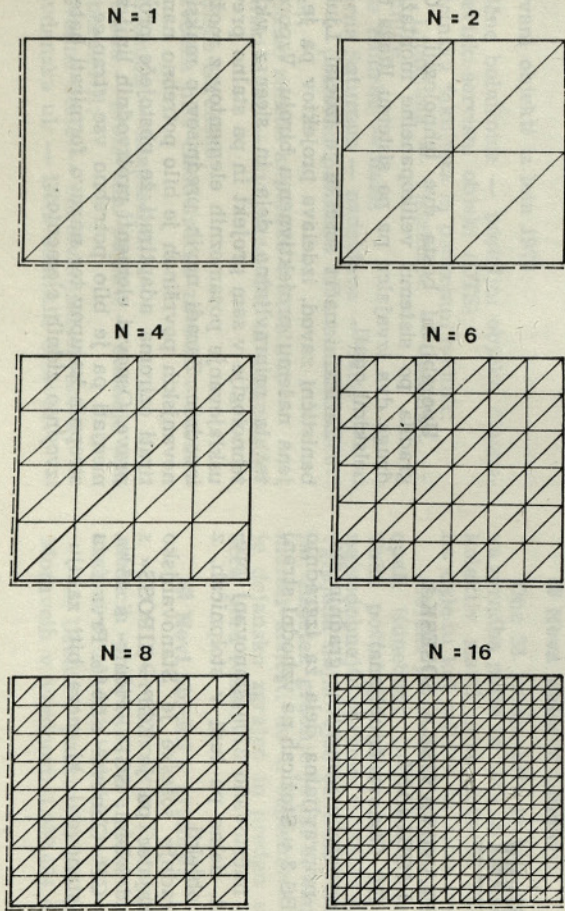
ki je za tiste lupine, ki slabo konvergirajo in jih moramo računati z velikim številom elementov, izrazito neekonomičen.

Svetujemo, da vsako lupino računate dvakrat: enkrat z grobo mrežo in drugič z gostejšo mrežo. Ujemanje rezultatov obeh mrež zagotavlja, da je rešitev dobra.

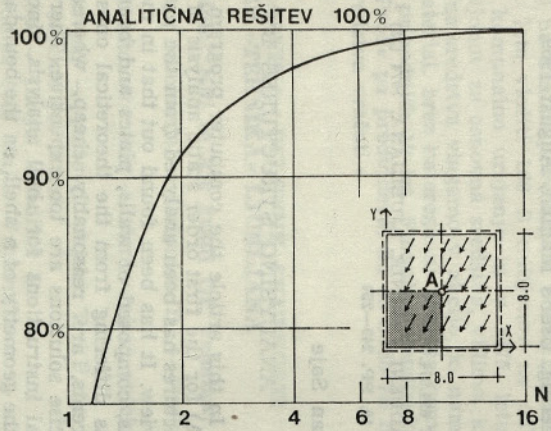
## PRIMERI REKONSTRUKCIJ

Iz povedanega sledi, da lahko s programom EASE računamo pet vrst problemov:

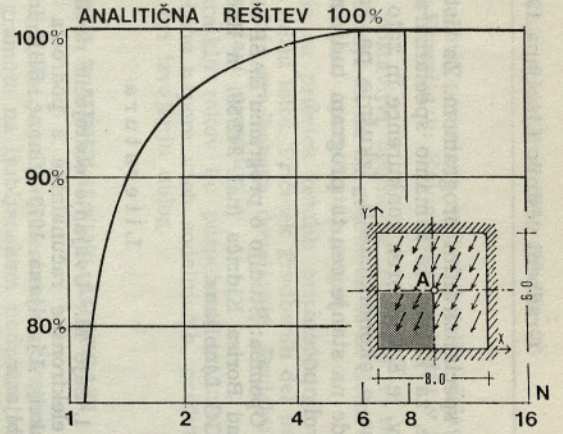
1. Linijski sistemi: okvirji, paličja, brane.



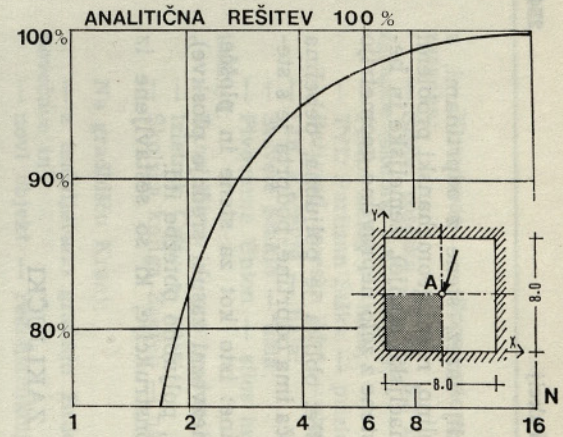
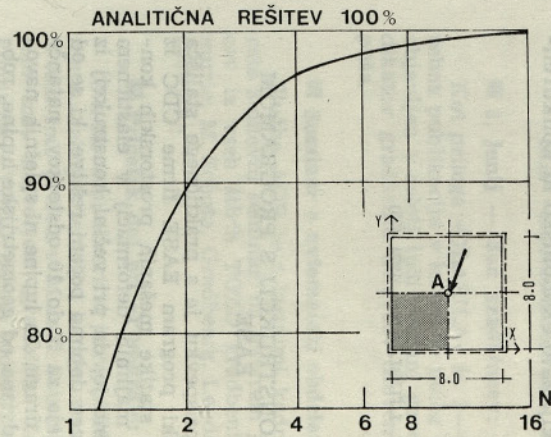
a



b



c



Slika 3

2. Stene: študij zarez, stene z odprtinami, s spremenljivo debelino, razni geomehanski problemi (ravninsko deformacijsko stanje), zemeljske in betonske pregrade, stene z zelo nepravilno geometrijo itd.

3. Tanke plošče: oblika je poljubna, debelina se spreminja, plošča ima odprtine, podprta je s stebri, ima rebra itd.

4. Tanke lupine: isto kot za stene in plošče, lomljena oblika (nezvezni zasuki srednje ploskve), ima robne nosilce, poljubno obtežbo itd.

5. Mešane konstrukcije, ki so sestavljene iz konstrukcij 1—4.

### ZAKLJUČKI

Program EASE je preizkušen in zanesljiv program. Namenjen je predvsem računanju velikih mešanih konstrukcij, zato ekonomsko ni konkuren-

čen specializiranim programom. Za tiste konstrukcije, za katere še nimamo specializiranih programov, je EASE brez konkurence in zato težko govorimo o ekonomičnosti. Izkušnje pa kažejo, da je glede na stanje cen ta program tudi za te primere dovolj poceni.

Opomba: Študijo o programu EASE sta financirala Sklad Borisa Kidriča (nal. 242/59) in Računski center FAGG Ljubljana.

### Literatura

1. Saje M.: Uvajanje obstoječih novih programov za elektronske računalnike s področja teorije konstrukcij, Ljubljana 1973 (financ. SBK in RC FAGG Ljubljana).

2. EAC/EASE General Information MANUL, January, 1970.

3. EAC/EASE Elastic Analysis for Structural Engineering, User's Manual, August 1969.

UDK 624.074.7

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1974 (23)

ST. 10, STR. 249—254

Miran Saje

### RAČUNANJE KONSTRUKCIJ S PROGRAMOM EASE

V pričujočem prispevku je s praktičnega stališča ocenjen računalniški program EASE firme CDC iz ZDA za računanje statike mešanih prostorskih konstrukcij po teoriji majhnih deformacij v elastičnem področju. Ugotovljeno je, da pri večini konstrukcij iz sten, plošč in nosilcev dobimo poceni rešitve, ki se od teoretičnih razlikujejo za 5 do 10 odstotkov, natančnejše rešitve pa so drage. Za lupine ni splošnih navodil, ker je rešitev odvisna od geometrijske lupine, robnih pogojev in števila singularnosti.

UDK 624.074.7

GRADBENI VESTNIK, LJUBLJANA, 1974 (23)

NR. 10, PP. 249—254

Miran Saje

### ANALYSING STRUCTURES BY EASE

In this article the computer program EASE (CDC, USA) for the first order static analysis of mixed space structures has been analysed from the practical point-of-view. It has been found out that in most constructions, composed of walls, plates and beams, the solutions differing from the theoretical ones for 5 to 10 percents, are reasonably cheap, whereas the more precise solutions are too expensive. There are no general instructions for shell analysis, since it depends on the geometry of a shell, on the boundary conditions and on the number of singularities.

## iz naših kolektivov

### BS-3 — NOVA STANOVANJSKA SOSESKA V LJUBLJANI

(»Obvestila« GP Obnova Ljubljana)

V okviru akcije pospešene usmerjene gradnje stanovanj so se pričela pripravljala dela za izgradnjo stanovanjske soseske BS-3 v Stožicah na vzhodni strani Titove ceste.

V novi soseski je načrtovano 2700 stanovanj pretežno v objektih P+4. delno pa tudi v stolpnica, z vsemi spremljajočimi objekti.

Investitor za izgradnjo soseske je Stanovanjsko podjetje »FOND«, izvajalec pa je ZGP »GIPOSS« s svojimi člani, ki so udeleženi: SGP »Pionir« s 25 %, GP »Tehnika« s 25 %, GP »Obnova« s 50 %. Prva faza obsega izgradnjo 840 stanovanj, ki mora biti zaključena v letu 1975.

Uporabljeni bosta dve tehnologiji. »Obnova« bo gradila po sistemu velikopanelne montažne gradnje, druga dva izvajalca pa po sistemu litega betona s tunnelskimi opaži.

Zazidalni načrt soseske je izdelal Ljubljanski urbanistični zavod, izdelava projektov pa je bila poverjena našemu projektivnemu biroju. Vzoredno so potekala pripravljala dela in sicer z vključevanjem tehnologije v sam projekt in pa stalno preverjanje ter usklajevanje posameznih elementov z možnostmi proizvodnje. Zaradi novih predpisov o maksimalnih stanovanjskih površinah je bilo potrebno nanovo projektirati oziroma adaptirati že obstoječe proizvodne naprave. Osnovni elementi proizvodnih linij so ostali isti, menjati pa je bilo potrebno vse stranice fasadnih in stropnih kalupov ter nanovo formirati baterijo za proizvodnjo zidnih elementov.



Ta dela so bila poverjena naši mehanični delavnici, Metalni v Krmelju in Kovinskemu podjetju v Dobovi.

Dela na postavitvi betonarne potekajo v redu. Delno nas zadržuje to, da na gradbišču še ni električne energije in moramo uporabljati agregat.

Dovoljenje za pričetek ostalih pripravljanih del smo dobili v juliju letos. Pričetek gradbenih del pa je odvisen od izdaje gradbenega dovoljenja. Projekti so bili v roku predani investitorju.

Zaradi kratkih rokov bo pospešena gradnja zahtevala povečane napore vseh sodelujočih, predvsem pa disciplino pri izvajanju nalog.

## PROBLEMI Z MINERALNIMI AGREGATI

Iz istega vira, kot je prejšnji sestavek, povzemamo: »Za črpanje gramoza na ljubljanskem področju je 14 slovenskih gradbenih podjetij ustanovilo specializirano delovno organizacijo »Prod«, v katero bodo vlagali svoja sredstva. GIP »Obnova« je zastopana v »Produ« z 10 %. Če bi na kratko povedal, da bomo morali do začetka 1967. leta vložiti 160 S milijonov za odkup zemljišča in komunalno uredjanje in v 1975. letu še okoli 200 milijonov za osnovna sredstva, vidimo, kako velika finančna sredstva vlagamo v akcijo, ki nam bo zagotovila material, brez katerega ni mogoče nemoteno delati za prihodnjih 10 let. Finančna konstrukcija vlaganja v »Prod« pa predvideva, da se bodo že 1978. leta začela sredstva vračati.«

## IZ »GLASNIKA« DELOVNE SKUPNOSTI GP »TEHNIKA« LJUBLJANA

### Kje gradimo? Kaj in kje gradi GP Tehnika?

- Na Trgu revolucije — stolpnica B, — Poslovni objekt F;
- Na Ferantovem vrtu — stanovanjski objekt D in F;
- V Trnovem — poslovni objekt T + P, in T 2, stanovanjska objekta A1 in A2;
- Na Viču — Ilirija, skladišče B.
- Telovadnica šole Majde Vrhovnikove — zunanja ureditev;
- Prizidek stavbe CK ZKS;
- Šumi — poslovna zgradba (za tržišče);
- Jeranova ul. — samski dom (lastna investicija) in
- Manjše stanovanjske gradnje (indiv. hiše).

### Nadaljevani objekti iz leta 1973:

- Klinične bolnišnice — posteljni objekt, diagnostično-terapevtski-servisni objekt (DTS);
- Medicinska fakulteta in podzemni hodnik;
- RTV Ljubljana — redakcija, — fotofilm, — studii in tehnike;
- Moste Izolirka — hala;
- Tovarna Saturnus — nadzidava — hala;
- PPH — poslovno parkirna hiša na Miklošičevi cesti z lokali;
- Centralno zimsko kopališče v Tivoliju;
- Bavarski dvor — stolpnica S 2 in premestitev kolektorja;
- Skladišče Streliška;
- Proizvodna hiša Geodetskega zavoda v Šarano-vičevi ulici;
- Hotel Union — adaptacija;
- Lek Šiška — proizvodni objekt, — zunanja ureditev, — laboratoriji;
- Vodovodna cesta — stanovanjski objekt E;
- Vidovdanska ul. — Dom samskih delavcev;

- Kumrovec — Spomendom, — stanovanjska zgradba;
- Šiška, soseska SŠ 8/1, 8/2 in 7/1 stanovanjske zgradbe (skupno z Gipossom);
- Petrol Zalog — hala;
- TVD Partizan Šiška — prizidek;
- Bežigrad, soseska BS 3 — stanovanjske zgradbe;
- LIK Kočevje — hala;
- Sesvete Staklo — hala;
- Pivovarna Union — silos in podaljšanje kanalizacije;
- Dana Mirna — proizvodna hala;
- Izletnik Celje — hala;
- Školska knjiga Zagreb — hala;

### Na gradbišču Kranj:

- z nadaljevano gradnjo Brdo — adaptacije in povečave in
- novi objekt — rekonstrukcija vile Bled.

## NOVICE IZ »GLASILA« SGP »KONSTRUKTOR« MARIBOR

### ■ 3. junij — dan gradbincev:

Kot priloga »GLASILA« št. 3—4 je bila izdana posebna publikacija v kateri je poleg uvodne informacije objavljen v celoti tudi svečani govor predsednika sindikatov gradbenih delavcev Slovenije tov. Alojza Cepuša.

### ■ Seminar o avtomatski obdelavi podatkov (AOP):

Služba AOP je z lastnimi kadri v celoti organizirala 3-dnevni seminar, na katerem je bilo 45 udeležencev iz vseh štirih TOZD gradbeništva (Maribor, Pomurje, M. Sobota, Gradbenik, Lendava in Granit, Slov. Bistrica).

### ■ Pričetek del pri »Pomurki«:

Na slovesni otvoritvi je republiški sekretar za kmetijstvo zakopal temeljni kamen za ogromno investicijo. S tem smo pričeli v Murski Soboti z deli na našem, v tem času največjem, gradbišču. Za investitorja KIK Pomurka — TOZD mesna industrija bomo zgradili objekte za novo mesno industrijo. Z investitorjem smo se dogovorili za prvo fazo izgradnje. Pogodbena vrednost znaša 55 milijonov dinarjev. Poleg glavnega objekta klavnice in predelovalnice bomo zgradili še 11 spremljajočih objektov.

### ■ Nova pošta v Lendavi:

Dne 23. junija 1974 je bila predana v uporabo nova zgradba pošte in UJV. S predajo tega objekta je naš kolektiv slavil novo delovno zmago in spet pridobil na ugledu kot soliden in hiter izvajalec gradbenih del.

Objekt je v celoti grajen iz armiranega betona z opaži Hünebeck. Cena objekta znaša 4.700.000,— din. Tako poštni del kakor tudi del UJV je opremljen z najsodobnejšo opremo, v poštni del pa bo še naknadno vgrajena najnovejša centrala »Iskre« z 12 UKV zvezami. Začetek gradnje je bil 1. marec 1973, objekt pa bi morali končati do 1. septembra 1974, kar pomeni, da je dejansko zgrajen in predan uporabnikom dva meseca pred rokom.

### ■ Novi objekti v gradnji:

TOZD Gradbeništvo Pomurje je v preteklih dveh mesecih pridobila nova dela ter sklenila pogodbe v skupni vrednosti 12.045.352 din, in sicer:

- Ureditev parkirišča pri termalnem kopališču v Moravcih v vrednosti 1.052.404 din.

— Čistilne naprave in zbirni kanal za kopališče v Moravcih — v vrednosti 1.059.544 din. Rok dovršitve je 1. november 1974.

— Povečava vinske kleti na Kapeli. Vrednost del je 1.518.280 din.

— Nova delavnica KROJ — Murska Sobota. Vrednost del je 3.155.754 dinarjev.

— Novogradnja »Pekarne« v M. Soboti. Pogojena vrednost del je 4.359.192 din. Dovršitveni rok je 15. februar 1975.

— Ostala dela v skupni vrednosti 900.178 din.

#### ■ Štepanjsko naselje:

Po devetih mesecih dela v Ljubljani smo se pri vadili in smo v tem času tudi precej naredili.

Na prvi stolpnici opažujemo in betoniramo zadnje, tj. 13. nadstropje. Pričeli smo tudi z deli na drugi stolpnici. Izkop gradbene jame je že izvršen. Z ostalimi deli na objektu pa še ne moremo pričeti, saj še ni gradbenega dovoljenja, pa tudi težko pričakovani žerjav večje nosilnosti še ni prispel iz Francije.

Tako se nam je porušil plan, ki smo si ga začrtali na pričetku tega leta, ko smo planirali kontinuirano delo z OURTINORD opazi, ki se bodo na prvem objektu sprostili v 10 dneh, na novi stolpnici pa jih bomo začeli uporabljati šele čez kakšna dva meseca.

Gradbišče je na vseh koncih prekopano, dela na zunanjih priključkih potekajo počasi, tako da imamo precej težav z dovozom gradbenih materialov.

Sicer potekajo naša gradbena dela po planu, nekoliko smo v zaostanku z obrtniškimi in inštalacijskimi deli.

#### ■ Zapuščamo ZR Nemčijo:

Tudi naše podjetje v Konstruktorbau GmbH u. Co. v Münchnu, ki je bilo ustanovljeno v letu 1968 in katero je v tem času zgradilo številna stanovanja v Bad Godesbergu, Stuttgartu, Münchnu, Perlachu, Söckingu, Olimpijskem naselju v Münchnu in Fürstenfeldbrucku, ter številne druge industrijske objekte v Münchnu in Ludwigshafnu, ni moglo mimo krize, ki se je pojavila v ZR Nemčiji v gradbeništvu že v začetku leta 1973. Vse ponudbe, ki jih je podjetje pošiljalo raznim investitorjem, so bile zavržene. Po temeljiti analizi je bilo odboru za delo v inozemstvu predlagano, da podjetje Konstruktorbau GmbH u. Co. KG preneha z delom 30. junija 1974.

S tem datumom je torej Konstruktorbau GmbH u. Co., ki si je pridobilo v ZR Nemčiji od 1968. leta širok krog investitorjev, kateri so zadovoljni sprejemali izgotovljene objekte, prenehalo delovati. Delavci se bodo vrnili v Jugoslavijo h Konstruktorju in nadaljevali delo bodisi v domovini, v Avstriji ali pa v LR Madžarski, kamor se trenutno pripravljamo na izvršitev velike naloge.

#### ■ Hale so stekle:

Z lanskim letom smo pričeli pri TOZD gradbeništvu Maribor za gradnjo montažnih industrijskih hal.

Ker so potrebe investitorjev največje po razponih okrog 10 metrov, smo se najprej odločili za montažno halo z ravno kritino.

Takšne smo zgradili proizvodne hale v Lenartu za Marles, za Almo na Studencih ter v Limbušu za Marles. Ravno montažno halo smo že pričeli graditi še v Rušah za Metalplast. V letošnjem letu pa bomo zgradili še halo za Viator v Lendavi z 12 m in 18 m razpona; za Ledavo v Murski Soboti pa celo halo z 20 m razponom.

Ker se pa potreba industrije ne konča pri halah z razponi do 20 m, smo osvojili proizvodnjo — ločno montažno halo z razponom 25 m. Trenutno gradimo tako halo v M. Soboti za KIK Pomurko, halo za Karoserist v Mariboru ter halo za železokrivnico na Stu-

dencih, ki je naša lastna investicija. S tem smo res v zelo kratkem času pri industrijski gradnji napravili velik skok in se pridružili gradbenim podjetjem, ki so se s to vrsto gradnje začela baviti že mnogo prej.

### IZ GLASILA KOLEKTIVA GIP »INGRAD« CELJE

#### ■ Gradnja objektov v letu 1974:

Naše podjetje gradi trenutno 57 objektov, od tega 31 prevzetih v letošnjem letu.

Investitorjem je bilo predanih 18 objektov. Nekateri od teh so: skladiščna hala za Tehnomercator, hladilnica pri klavnici Šentjur, jeklarna v Železarni Štore, 106 stanovanjski blok Lava 1b, 25-stanovanjski blok v Žalcu, stanovanjski blok A-4, terasasti blok v nizu C v Ljubljani in drugi.

V letošnjem letu je bilo oddanih 327 stanovanj. V gradnji pa je trenutno okrog 800 stanovanj in sicer v Celju 391, v Žalcu 55, v Konjicah 44, Šentjurju 48 in Ljubljani 232 stanovanj.

Poleg stanovanj gradi podjetje tudi samopostrežne trgovine v Dramljah, Šoštanju in Šmartnem ob Paki, prizidek šole v Vojniku, telovadnici na Dobrni in v Laškem, proizvodno halo za Alpos v Šentjurju, halo za žično, halo za Tapetništvo, objekte v Železarni Štore in adaptacije v Papirnici v Radečah. Prišteti je treba še gradnjo mostu v Sevnici.

Podjetje prehaja na nov sistem gradnje Outinord, ki zahteva manj gradbene delovne sile.

#### ■ Predor Križni vrh uspešno premagan:

Predor skozi hrib Križni vrh blizu Poljčan je bil posebna ovira pri elektrifikaciji železniške proge proti Mariboru. Treba je bilo odstraniti hrib nad predorom, porušiti predor in napraviti oporne zidove. Vrednost gradbenih del je 8.500.000 din. Dela so se pričela v decembru lani in morajo biti končana v septembru letos.

Rušenje oboka predora je bilo sprva predvideno tako, da bi namestili pomični opaž. Vlaki bi lahko sicer neovirano vozili, vendar bi tako rušenje trajalo več kot dva meseca. Prav zato se je vodstvo odločilo za rušenje predora z miniranjem. Vse delo smo sklenili opraviti v 24 urah. V tem času je bil zaprt ves promet po železniškem tiru. Dela na rušenju in pri odstranitvi ruševin pa so bila gotova v štirinajstih urah, tako da je prvi vlak peljal po progi že dvajset ur po rušenju.

Rušenje 180 m dolgega predora z odvozom 2.600 kubičnih metrov ruševin je bila zahtevna naloga, še zlasti glede na kratko odmerjen čas. In končno — odstranitev hriba je terjala odvoz več kot 130.000 m<sup>3</sup> materiala. Delo je bilo uspešno opravljeno. S tem delom si je »Ingrad« pridobil pri investitorju veliko zaupanje in si odprl možnost za izvajanje novih nalog.

#### ■ Inas okna:

Naš obrat Inas v Medlogu izdeluje betonska okna treh stalnih dimenzij: 120/100, 100/60 in 80/50. Okna so licenčni izdelek tovarne Assman iz Avstrije. Okvir okna je armiranobetonski, okovje je plastično, zasteklitev je enojna. Okna pa so idealna za vgrajevanje v hlevih, industrijskih halah in skladiščih, v indiv. gradnji pa v kletnih in garažnih prostorih z dodatkom mreže iz luknjičaste pločevine.

Obrat v Medlogu je eden izmed najbolj industrializiranih in sam proces izdelave se približuje tekočemu traku. Okna, ozir. njih betonski del se izdeluje na vibracijski mizi iz drobno zrnatega betona MB 300. Grobi okvir se položi na paletu in takšen gre v vlažilno komoro, kjer okno stara 24 ur. Naslednji proces je zorenje oken. V komori s tuši se okno s pomočjo vode in vlage stara približno 5—7 dni. Tako v treh

dneh okno pridobi takšno trdnost, da ga ponovno paletiziramo in odpeljemo na deponijo surovih oken, kjer počaka toliko časa, da dokončno dozori.

V drugem delu obrata pa istočasno s proizvodnjo poteka proces kompletiranja oken. Tu okna opremimo s plastiko in steklom, položimo v kartonske ovitke in tako pakirano okno je pripravljeno za prodajo.

#### ■ Nova moderna železokrivnica:

Novo železokrivnico smo zgradili na prostoru IGM v Medlogu. Že pri načrtovanju smo ugotovili, da bomo morali zaradi pogojev dobave betonskega železa na jugoslovanskem trgu najti takšno rešitev, ki omogoča predelavo železa, dobavljenega v palicah ( $L = 14 - 16$  m) in v kolutih ( $\phi 6$  do  $\phi 16$ ) teže do 400 kg. Ugotovili smo, da v Nemčiji in Avstriji dobavljajo betonsko železo izključno samo v palicah in je dobava v kolutih prepovedana. Mi pa dobivamo navadno betonsko železo od  $\phi 6$  do  $\phi 16$  v kolutih, ostale profile pa v palicah dolžine 14 m, včasih pa tudi enkrat zavrte ( $2 \times 12$  m). Jeklo iz ČBR pa dobivamo izključno v palicah.

Tako smo tehnološki načrt novega obrata morali prilagoditi navedenim pogojem in izkušnjam dosedanjega dela. Ogleдали smo si obrat firme »Erste Steirische Betoneisenbiegerei« v Gradcu in po vseh pridobljenih ponudbah naročili opremo nemške tovarne »MUHR und Bender« ter italijanskih tovarn »OMES«

in »MEP«. Enostavnejšo opremo, kot so valjčne mize in vozovi, je izdelal naš strojno ključavničarski servis.

Prepričani smo, da bo obrat zmogel proizvesti vse potrebne količine in vrste armature, saj je dimenzioniran za letni učinek 5000 ton, ki pa se lahko poveča z uvedbo več imen.

#### ■ Zmernejša fluktuacija:

Od skupnega števila 1712 zaposlenih konec junija 1974 je prišlo v prvem letošnjem polletju v GIP Ingrad 337 delavcev, odšlo pa jih je 293. Lani je bilo koncem junija 1709 zaposlenih, v prvem polletju jih je prišlo 519, odšlo pa 405.

Številčna primerjava z istim obdobjem 1973. leta kaže, da je letos prišlo 182 in odšlo 112 delavcev manj kot leta 1973 ob le neznatni spremembi števila zaposlenih. To letošnje, dosedaj nenavadno zmerno fluktuacijo, pri razmeroma zadostni ponudbi proizvodnih gradbenih delavcev — razen kvalificiranih — pojasnjujemo z naslednjimi vplivi:

— v zimskih mesecih so se lahko izvajala gradbena dela brez zastojev;

— odšlo je manj gradbenih delavcev, po katerih ni več tolikšnega povpraševanja v inozemstvu. To jih sili k zaposlitvi »doma« in zmanjšuje možnost zbiranja;

— zvišanje osnov in meril za delitev osebnih dohodkov ter dostopna cena prehrane odločilno vplivata na ustalitev.

Bogdan Melihar

## iz strokovnih revij in časopisov

### MATERIALI I KONSTRUKCIJE — Beograd 1974, Št. 6

Dr. B. Jovanović: Uticaj naponskih spregova u linearnoj teoriji savijanja tankih ploča. Str. 3—8.

Ing. J. Radolović: Deformacije i pomaci debelih kružnih cijevi. Str. 9—12.

Dr. ing. S. Blečić, prof. univ.: Ispitivanje uticaja osnovnih parametara režima hladnog valjanja bakarnog lima na anizotropiju njegove zatezne čvrstoće. Str. 13—23, 17 sl., 5 tab.

Ing. F. Šliber: Uticaj zaostalih napona od savijanja limova kvaliteta Nioval 47 na deformabilnost i sigurnost tlačnih cevovoda. Str. 24—31, 5 sl., 2 tab.

Bibliografija. Str. 32—35.

Kongresi — Savetovanja — Simpozijumi — Kolokvijumi. Str. 35—40.

### NAŠE GRADJEVINARSTVO — Beograd, 1974, Št. 6

Prof. ing. M. Manojlović: Nove metode za prečišćavanje otpadnih voda. Str. 1—6, 2 sl.

Ing. M. Javolimek i Ing. J. Živković: Nova iskustva u odredjivanju pogodnosti glinene sirovine za proizvodnju lakog ekspandovanog agregata. Str. 6—10, 7 sl.

Mgr. Ing. I. Basotov: Prigušivanje kot nastavljenih čeličnih konstrukcija. Str. 11—14, 6 sl.

Ing. V. Dučić: Hloridi u malteru kao aktivatori ubrzane korozije pocinkovanih cevi. Str. 14—16.

Ing. J. Kovaljov: Raspodela naučno-tehničke informacije po oblastima rada u gradjevinarstvu. str. 16—18, 1 tab.

Prof. Ing. M. Trojanović: Savremeni materijali u armiranog i prednapregnutog betona. Str. 19—20.

Kalendar aktivnosti u okviru SGITJ za 1974. g. Str. 20—24.

U istom broju Tehnike:

Dr. Ing. V. Bulat, prof. univ.: Poslovni problemi — pristup i proces rešavanja. Tehnika 6/1974, str. 3—8, 3 sl.

M. Rubinstein, prof. univ. prof. Los Angeles, USA: Vrednosti i rešavanje problema. Tehnika 6/1974, str. 8—13.

M. Vučeljić: Diagram za odredjivanje procenta vlažnosti materiala. Tehnika 6/1974, str. 19—21.

Mgr. Ing. J. Todorović: Jedan predlog modela za projektiranje integracije. Organizacija rada 6/1974, str. 1—5.

Ing. M. Klarin, asist. univ.: Ergonomija i odnos realne i životne sredine. Organizacija rada 6/1974, str. 6—8, 4 sl.

Mgr. Dipl. ek. R. Knežević: Marketing informacioni sistem-preduslov efikasnog marketing planiranja.

Organizacija rada 6/1974, 11—15, 8 tab.

Prof. R. Jovičić: Obrazovanje zaposlenih i informatika. Organizacija rada 6/1974, str. 16—19.

### IZGRADNJA, Beograd, 1974, št. 7

Mgr. Ing. S. Stevanović: Oscilacije masivnih temelja pri proizvoljnom dinamičkom opterećenju. Str. 1—9, 4 sl.

Ing. Č. Vujičić: Jedan primer fundiranja na šipovima gradjenim po postupku »Dijafragmi«. Str. 10 do 13, 5 sl.

Ing. G. Nenadić: Koeficijenti izvijanja i redukovani uporedni naponi za čelike ČN 24 i ČN 36 po novom standardu JUS C.BO.500/1970. Str. 14—17, 2 sl., 3 tab.

Ing. M. Djoković: Izgradnja stambenog bloka 22 u Novom Beogradu. Str. 18—28, 14 sl.

- Dr. ing. D. Milović: Rezultati laboratorijskih ispitivanja leštnih naslaga (II). Str. 29—44, 49 sl.  
 Ing. I. Mladjenović: Od ideje do realizacije strana (VI.). Str. 45—48, 6 sl.  
 Ing. M. Stojić: Formiranje ukupnog prihoda OOUR. Str. 49—51, 1 sl., 1 tab. Projektovanje-Gradjenje-Objekti. Str. 52—55, 9 sl.  
 Iz inostranih časopisa. Str. 55—56, 5 sl.  
 Vesti i saopštenja. Str. 57.  
 Pregled periodike i knjiga. Str. 58—60.

#### GRADJEVINAR, Zagreb — 1974, št. 4

- Ing. J. Mužević: IGH-OOUR Zavoda za ispitivanje materijala Rijeka — 10 godina rada. Str. 109—111, 4 sl.  
 Ing. D. Kovačec: Most preko Mrežice. Str. 112 do 115, 6 sl.  
 Ing. L. Barbarić: Primjena vakuum kanalizacije. Str. 115—120, 6 sl.  
 S naših i inozemnih gradilišta. Str. 120—124, 11 sl.  
 Kratke vijesti. Str. 124—129, 2 sl.  
 Kongresi i sastanci. Str. 129—134.  
 Iz inozemnih časopisa. Str. 135—139, 9 sl.  
 Bibliografija. Str. 139.  
 Obavijesti. Str. 139—143.

#### DOKUMENTACIJA ZA GRADJEVINARSTVO I ARHITEKTURU — Beograd 1974, št. 254

- ILG — 567 Proizvodnja u gradjevinarstvu do kraja marta 1974. g., 4 str.  
 ILG — 568 Proizvodnja u industriji gradjevinskog materijala do kraja marta 1974. g., 4 str.  
 ILG — 569 Lični dohoci u gradjevinarstvu i ostalim oblastima privrede u januaru 1974. g., 2 str.  
 ILG — 570 Lični dohoci u gradjevinarstvu i ostalim oblastima privrede u februaru 1974. g., 2 str.  
 ILG — 571 Lični dohoci u gradjevinarstvu i ostalim oblastima privrede u martu 1974. g., 2 str.  
 ILG — 572 Stambena izgradnja u društvenom sektoru u prvom tromesečju 1974. g., 2 str.  
 DGA — 1295 Primena metode parne korelacije u analizi troškova gradjevinskih radova, 44 str.  
 DGA — 1296 Zaštita mehanizacije i industrijskih objekata od atmosferskog elektriciteta, 8 str.  
 KIG — 159 Klasifikovani indikatori za gradjevinarstvo (od r. br. 311 do r. br. 402 — prikazi članaka iz jugosl. i stranih stručnih časopisa), 24 str.  
 TKD — 249 Prosečna prodajna cena proizvođača gradjevinskog materijala za teritoriju SFRJ u maju 1972, 1974, 1973 godine, 10 str.

Ing. A. S.

#### K NASLOVNI SLIKI

**OBJEKT:** Restavracija pri postaji »D« na Kaninu, na višini 2202 m

**INVESTITOR:** Alpski turistični center — Bovec

**PROJEKTANT:** dipl. ing. arh. Janez LAJOVIC, AB Arhitektni biro Ljubljana

**IZVAJALEC:** SPLOŠNO GRADBENO PODJETJE HRASTNIK

Restavracija pri gornji postaji kaninske žičnice na višini nad 2202 m je bila v bližnji preteklosti po vsej verjetnosti najvišje gradbišče v Jugoslaviji.

Za splošno gradbeno podjetje Hrastnik je bila brez dvoma drzna odločitev prevzeti tako zahtevno gradnjo, oddaljeno od sedeža podjetja, na veliki nadmorski višini, na terenu, kjer so izredno težki pogoji (goli kamen, brez osnovnih komunikacijskih sredstev, brez vode, delavci izpostavljeni pogostim hitrim vremenskim spremembam). Pozabiti ne smemo, da je področje okrog Kanina med najbogatimi s snežnimi padavinami.

Restavracija na Kaninu ima 283 sedežev, moderno kuhinjo, sobe s 36 ležišči, prostore za personal, ambulantni prostor, garaže za teptalce snega, sanitarije, naprave za čiščenje vode, veliko razgledno teraso, televizijski stolp. Neto površina vseh prostorov znaša 1365 kvadratnih metrov, razgledna terasa pa ima 719 m<sup>2</sup>.

Objekt je zgrajen iz litega betona in železa, stene so obložene z »Velox« ploščami. Vgrajenih je blizu

1000 m<sup>3</sup> betona in 110 t armature. Za gradnjo je bilo potrebno ročno izkopati 5000 m<sup>3</sup> skale VI. kategorije.

Na gradbišču je bio poprečno zaposlenih 40 delavcev.

Posebno zahtevni pri gradnji so bili transporti iz Bovca do gradbišča. Material so delavci transportirali deloma po skoro 6 km dolgi tovorni žičnici, deloma s helikopterjem. Konfiguracija in hitra sprememba vremena sta žal povzročili tudi zrušitev enega helikopterja in dveh človeških življenj.

Prvi temelji so bili zabetonirani 28. 7. 1973. Zadnja, IV. plošča je bila zabetonirana 28. novembra 1973, nato so sledila ostala dela.

Delavci so kljub hudi zimi ves čas vztrajali na gradbišču, od tega več kot mesec dni popolnoma odrezani od ostalega sveta. Stanovanjske barake so bile v tem času v celoti zasute s snegom, ki ga je bilo 5—6 m. Sicer so pa delavci v normalnih razmerah potrebovali 3—4 ure naporega dela in hoje, da so prispeli iz doline na gradbišče.

Ta situacija se je znatno izboljšala, ko je v drugi polovici decembra stekla gondolska žičnica. Ta je omogočila znatno izboljšanje stanovanjskih razmer, prehrane, higijene — skratka, vzpostavljena je bila zveza s svetom.

Kljub vsem težavam je bila restavracija na Kaninu zgrajena od poletja 1973 do aprila letos do take faze, da je bil objekt lahko predan v uporabo.

## Potresi, posledica miniranja

Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij v Ljubljani že vrsto let izvaja meritve potresnih sunkov, ki nastajajo v času miniranja ali iz kakšnih drugih vzrokov. Na podlagi meritev izdeluje študije o vplivih teh potresnih sunkov na sosednje gradbene objekte, podaja mnenja in predloge o optimalnih pogojih in metodah dela za zmanjšanje teh učinkov.

Z željo, da bi nekoliko bolj seznanili in razširili krog zainteresiranih, bomo skušali kratko in brez teoretičnih izvajanj prikazati mehanizem dogajanja, pogoje in vzroke potresov, način meritev in nekaj predlogov za njihovo zmanjšanje. Tokrat se bomo omejili le na potrese, povzročene zaradi miniranja, ki so tudi najpogostejši.

Mnenja smo, da je danes, ko se izvajajo miniranja tudi v bližini naseljenih področij, dokaj interesantno seznaniti širši krog strokovnjakov v gradbeni operativi o pogojih in dejstvih, na katere morajo biti pozorni, kolikor se v tehnološkem procesu odločijo za takšno metodo dela.

Dati želimo skromen prispevek k zmanjšanju poškodb, ki nastajajo kot posledica miniranja in obratno k maksimalnemu izkoriščanju energije, akumulirane v razstrelivu, in s tem k povečanju produktivnosti dela.

Ljudje v operativi so pogosto v dilemi zaradi miniranja. Nekateri so preveč drzni in dovoljujejo miniranja s prevelikimi količinami razstreliva, kar pusti lahko hude posledice; drugi zopet preveč boječi in se raje odločajo za drugačen, večinoma dražji način dela. Končno pa se pogosto pojavljajo še prebivalci in lastniki hiš v bližini kraja miniranja, ki pa pogosto želijo prikazati poškodbe na hišah in objektih kot posledico miniranja, čeprav to ni bilo. Prav zaradi tega prihaja pogosto do sporov, ki končujejo največkrat tudi na sodišču.

### ZNAČILNOSTI POTRESOV

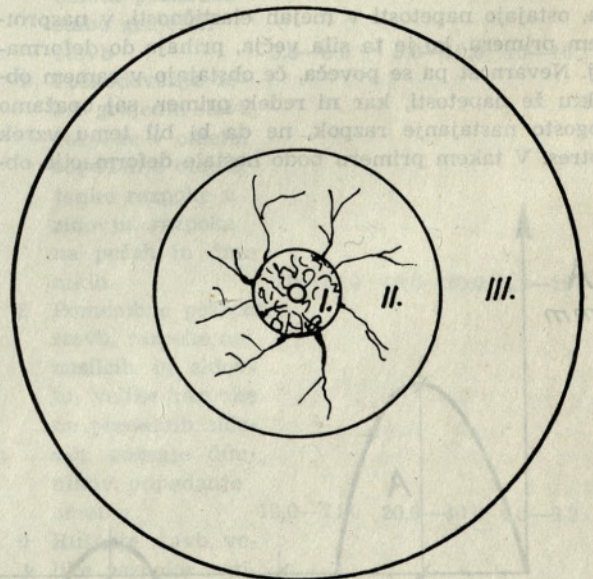
Osnovna karakteristika eksplozije je ta, da se v zelo kratkem času, ki traja običajno le 0,002 sekunde, sprosti zelo velika energija. Pri tem nastajajo veliki pritiski (do 200.000 kp/cm<sup>2</sup>) in visoke temperature (do 6.000° C). Največji del te energije se porabi za drobljenje bližnje okolice, v kateri je bilo nameščeno razstrelivo. Manjši del energije se pa širi v obliki elastičnih valov na večjo ali manjšo razdaljo od epicentra. Ta sproščena energija povzroča torej v neposredni bli-

žini razstreliva deformacije, ki presegajo nekajkrat mejo elastičnosti materiala, v katerem se razstrelivo nahaja, zato se material zdrobi in poruši. V nekoliko večji razdalji — na meji elastičnosti materiala, nastajajo le razpoke. Vpliv sprostitve energije na še večjih razdaljah pa povzroča le premikanje delcev tal, ki se pa po prenehanju delovanja povrnejo zopet v prvotno stanje brez trajnih sprememb. To območje imenujemo torej potresno območje.

Potresi, nastali ob eksploziji razstreliva, se le malo razlikujejo od zemeljskih potresov, ki nastajajo kot posledica sprostitve gorotvornih sil. Razlike so le v energiji, trajanju in frekvenci. Močnejši zemeljski potresi imajo energijo v epicentru 10<sup>25</sup>—10<sup>33</sup> ergov, kar odgovarja eksploziji 10<sup>12</sup>—10<sup>15</sup> kp razstreliva. Razlika v energiji se zaradi tega odraža v radiju delovanja, ki je pri zemeljskih potresih običajno nekaj sto metrov.

Trajanje zemeljskih potresov se giblje med 0,5 do 5 sekundami. Čas delovanja potresa zaradi miniranja pa traja le 0,002 do 0,25 sekund.

Ugotovljena je bila tudi razlika v frekvencah. Frekvence pri zemeljskih potresih dosežejo vrednosti



- I. — področje drobljenja
- II. — področje razpok
- III. — potresno področje

Slika 1

tudi do 100 Hz, medtem pa so izmerili najpogostejše frekvence pri potresih zaradi miniranja med 5 in 50 Hz. V bistvu so potresi dušena sinusna nihanja.

Razlikujemo dve vrsti potresnih valov: prostorninske in površinske.

Prostorninski valovi pa so zopet sestavljeni iz:

— **longitudinalnih** ali vzdolžnih valov, pri katerih oscilirajo delci v smeri razprostiranja valovanja in **transverzalnih** ali prečnih, pri katerih oscilirajo delci pravokotno na smer razprostiranja.

Površinski valovi pa se širijo po površini in nastajajo predvsem zaradi spremembe volumna tal, ki jo povzročajo longitudinalni valovi.

Hitrost širjenja površinskih potresnih valov skozi zemeljske plasti je predvsem odvisna od moči izvora povzročitelja teh valov in karakteristike tal. Vsako valovanje slabi z razdaljo od izvora povzročitelja zaradi absorpcije v neidealnem mediju. Čvrste in kompaktne kamnine prenašajo valovanje mnogo boljše, medtem pa prihaja pri prehodu valov skozi slabovezne zemljine ali pesek do večjih energetskih izgub zaradi trenja med delci.

Tudi frekvenca potresnega valovanja predstavlja važen faktor pri delovanju le-teh na neki objekt. Z večanjem frekvence se stopnjujejo tudi vibracije objekta. Maksimalna sila, ki deluje na neki objekt pa je tudi proporcionalna frekvenci.

Razmerje med valovno dolžino in dimenzijami objekta predstavlja tudi važno vlogo. Če so namreč valovne dolžine mnogo večje od dimenzij objekta, tedaj bo objekt nihal kot celota in je verjetnost poškodb manjša. V primeru pa, ko so valovne dolžine manjše, ko nastajajo razlike v premikanju med dvema točkama objekta, nastopajo dodatne napetosti v objektu, ki povzročajo lahko trajne deformacije ali porušitve. Vsak objekt predstavlja dokaj zapleten sistem. Pri delovanju sile na ta objekt, ki se pa spreminja v času delovanja, se tudi v samem objektu pojavljajo oscilacije in z njimi različne napetosti. Če ta sila ni velika, ostajajo napetosti v mejah elastičnosti, v nasprotnem primeru, ko je ta sila večja, prihaja do deformacij. Nevarnost pa se poveča, če obstajajo v samem objektu že napetosti, kar ni redek primer, saj opažamo pogosto nastajanje razpok, ne da bi bil temu vzrok potres. V takem primeru bodo nastale deformacije ob-

jekta tudi v primeru, ko bo potresni sunek sorazmerno blag in v normalnih pogojih ne bi povzročil nobenih poškodb.

Doslej smo obravnavali širjenje potresov v homogenih tleh. V naravi pa obstaja nešteto razpok, prelomov in podobno, kar vsekakor močno vpliva na karakter valovanja.

Že iz te kratke razlage lahko zaključujemo, da je kompleksnost pojavov valovanja dokaj zapletena in se ne da posplošiti, temveč moramo analizirati vsak primer posebej.

## VPLIVNI FAKTORJI NA SEIZMIČNI EFEKT EKSPLOZIJE

Na seizmični efekt eksplozije razstreliva vpliva:

1. Sestava in seizmične karakteristike tal.
2. Metoda miniranja in količine uporabljenega razstreliva.
3. Vrsta in način gradnje objektov.
4. Razdalja objektov od epicentra eksplozije in še nekateri drugi manj pomembni faktorji.

Prav gotovo je karakteristika tal eden najvažnejših faktorjev. V empiričnih formulah o izračunavanju potresov se izraža običajno v obliki različnih koeficientov. Vendar pa je način ugotavljanja intenzitete potresnih efektov zgolj z uporabo empiričnih formul lahko usoden. Zanesljivo lahko ugotovimo pravilne koeficiente karakteristik tal le s pomočjo instrumentalnih meritev.

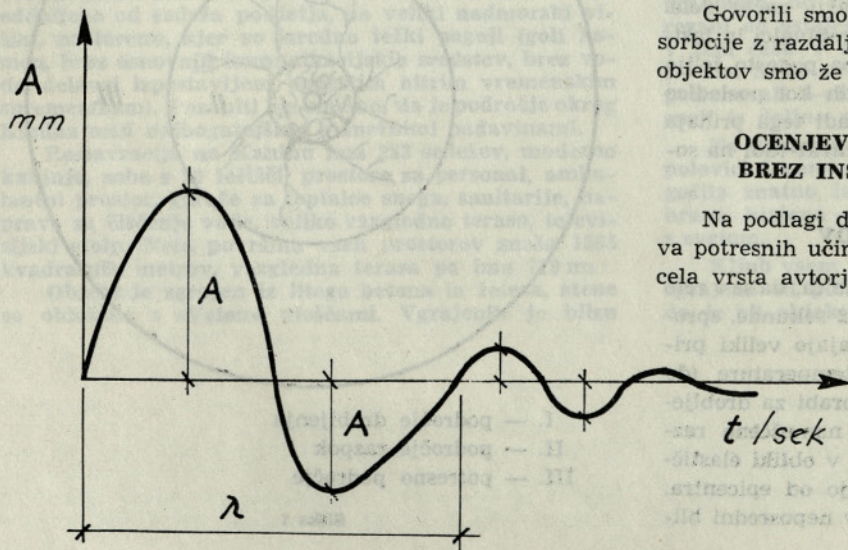
Tudi metoda miniranja lahko bistveno vpliva na intenziteto teh objektov. Predvsem z uporabo milisekundnih zakasnitev posameznih min ali skupin min lahko zelo omilimo posledice potresnih efektov. Določitev milisekundnega intervala je prav tako nazanesljivejša s pomočjo instrumentalnih meritev. V strokovni literaturi obstajajo sicer empirične formule za določitev tega intervala, vendar pa je takšen način dokaj tvegan. Z instrumentalnimi meritvami je mogoče ugotoviti najprimernejši interval in v idealnem slučaju govorimo o t. im. »antiseizmičnem miniranju«, pri katerem je interferenca valov skoraj popolna.

Količine uporabljenega razstreliva pri miniranju in z njo sprostitvev energije, ki poleg rušenja, kot osnovnega namena, bistveno vpliva na stopnjo potresa.

Govorili smo že, da se energija izgublja zaradi absorpcije z razdaljo od epicentra. Pa tudi način gradnje objektov smo že omenili.

## OCENJEVANJE POTRESNIH EFEKTOV BREZ INSTRUMENTALNIH MERITEV

Na podlagi dolgoletnih študijev in opazovanj vpliva potresnih učinkov na gradbene in druge objekte je cela vrsta avtorjev predlagala različne formule za iz-



r — valovna dolžina  
A — amplituda

Slika 2

računavanje tega vpliva. Navedimo jih le nekaj: Leet, Grandell, Langefors, Kihlstrom, Medvedov, Genschel, Koch, Köhler in drugi.

Rezultati iz njihovih formul nam dajejo le približne in zgolj orientacijske podatke. Nezanosljivost teh podatkov se izraža tudi v precejšnjih razlikah med rezultati formul posameznih avtorjev. Previdnost mora biti prisotna zlasti za primere, ko se v nekem območju izvajajo miniranja prvič, ali pa tam, kjer so minerska dela izredno delikatna.

Kot je bilo že omenjeno, so izvajanja instrumentalnih meritev garant, da nas empirične formule ne zavedejo na napačno pot.

V nadaljevanju si bomo ogledali le nekaj najobčajnejših metod izračunavanja varnostnih razdalj:

#### a) S. V. MEDVEDEV:

Ta izhaja iz dejstva, da je kinetična energija proporcionalna kvadratu hitrosti. Zaradi tega upošteva le to kot najadekvatnejši parameter za oceno maksimalno dovoljene oscilacije. V normalnih pogojih ima bistven pomen ona hitrost oscilacij, ki izzove potres VI. do IX. stopnje po predloženi skali potresov (tabela 4). V tem intervalu bodo zanesljivo nastajale poškodbe na objektih. Hitrost oscilacij v tem primeru je okrog 10 cm/sek. Vendar pa lahko povroči poškodbe potres, katzerega hitrost oscilacij je med 2—3 cm/sek, če so miniranja pogosta. Za slabo grajene objekte prihaja do poškodb že mnogo prej, pogosto že pri IV. stopnji potresne skale.

Profesor Medvedev je predložil naslednjo formulo za aproksimativni izračun varne razdalje:

$$r = K_Z \cdot K_S \cdot K_B \cdot R_{red} \sqrt[3]{C}$$

pri čemer pomeni:

$r$  = varna razdalja v m

$K_Z, K_S, K_B$  = koeficienti, glej tabele 1, 2, 3

$R_{red}$  = reducirana razdalja definirana kot  $R_{red} =$

$$\frac{r}{\sqrt[3]{C}}$$

$C$  = količina razstreliva v kp.

Tabela 1: Koeficient stanja objektov

Gradbeno stanje stavb	Stopnja skale	$K_Z$
zadovoljivo	6	1
lahno poškodovano	5	1,6
narušeno	4	2,5

Tabela 2: Koeficient metode miniranja

Metoda miniranja	Pogoji minerskih del	$K_S$
Trenutno	Površinski kop	1
	Rudnik	0,72
	Izbojno miniranje (enkratno)	0,91
Milisekundna	Površinski kop	0,8
zakasnitev	Rudnik	0,63
(brez seizmičnih meritev)	Izbojno miniranje (enkratno)	0,83

Tabela 3: Kvaliteta zemljišča

Teren	$K_B$
Skala, kompaktna	0,5
Skala z razpokami	0,7
Razpokana kamnina (lapor, peščenjak, sadra)	0,3
Konglomerat, kompakten	0,9
Peščen in glinen teren s podzemno vodo v globini nad 10 m	1,0
eščen ing linen teren s podzemno vodo v globini 5—10 m	1,2
Peščen in glinovit teren s podzemno vodo na globini manj kot 5 m	1,4
Močvirje, šota	1,8

Tabela 4: Karakteristike potresov

Potresna stopnja	Karakteristika	V cm/sek	V cm/sek	$R_{red}$
1	Potres se opaža samo z instrumenti	$V < 0,2$	$V < 0,2$	100
2	Opaža se v posameznih primerih v času popolne tišine	0,2—0,4	0,3—0,6	63—100
3	Občutijo ga posamezniki in oni, ki so obveščeni o miniranju	0,4—0,8	0,6—1,2	40—63
4	Občutijo ga mnogi, žvenket okenskih stekel	0,8—1,5	1,2—2,5	25—40
5	Odletava apneni belež, poškodbe poškodovanih stavb	1,5—3,0	2,5—5,0	16—25
6	Tanke razpoke v ometu poškodbe slabo grajenih stavb	3,0—6,0	5,0—10,0	10—16
7	Poškodovanje dobro grajenih stavb, razpoke v ometu, odpadanje ometa, tanke razpoke v zidovju, razpoke na pečeh in dimnikih	6,0—12,0	10,0—20,0	6,3—10
8	Pomembne poškodbe stavb, razpoke na nosilcih in zidovju, velike razpoke na predelnih zidovjih, rušenje dimnikov, odpadanje ometov	12,0—24,0	20,0—40,0	4,0—6,3
9	Rušenje stavb, velike razpoke v zidovju, špranje v zidovih, rušenje posameznih zidov	24,0—48,0	40,0—80,0	2,5—4,0
10	Velika rušenja in rušenje stavb	$V > 48,0$	$V > 80,0$	2,5

$R_{red}$  je podan v tabeli 4 za tla srednje kvalitete. Pri slabo vezanih zemljinah je treba le tega povečati za 40 %, medtem pa pri skalnatih tleh zmanjšati za 30 %.

#### Primer I:

Oceniti je treba nevarno razdaljo pri uporabi 1280 kp razstreliva v čvrstem apnencu brez vode. Stavbe v okolici so dobro grajene in lahko po ocenah vzdržijo VI. stopnjo potresa. Minira se z milisekundnimi zakasnilniki.

$$r = 1.08 \cdot 0.7 \cdot 11.20 \sqrt[3]{1280} = 68,5 \text{ m}$$

#### Primer II:

Kolikšna maksimalna količina razstreliva se lahko uporablja pri istočasnem aktiviranju z milisekundnimi detonatorji v neki stavbi, pri kateri se nahaja v razdalji 1,6 m objekt, katerega moramo varovati. Dovoljena je IV. potresna stopnja. V tleh je konglomerat.

$$C = \left( \frac{1,6}{1.08 \cdot 0,9 \cdot 35} \right)^3 = 0,255 \text{ kp}$$

b) Nemški geofizik iz Jene Genschel predlaga za ocenjevanje nevarnih količin razstreliva naslednjo formulo:

$$R \geq 7 L^{2/3}$$

pri čemer pomeni:

R = nevarna razdalja v m

L = količina razstreliva v kp

Ta enostavna formula, ki jo uporabljajo v NDR in Madžarskem kot osnovo za zakonske predpise pri določanju nevarnih razdalj pri miniranju, se lahko izdela v obliki tabele, ker razen količine razstreliva ne upošteva nobenega drugega faktorja.

Velja pri naslednjih pogojih:

1. Za uporabljene količine razstreliva (L) moramo upoštevati:

a) Celotno količino razstreliva pri trenutnem aktiviranju.

b) Največje polnjenje posamezne stopnje zakasnitve pri aktiviranju z zakasnitvami.

2. Če se postavi znak enakosti pri R, pomeni to varno razdaljo, pri kateri količina polnitve L ne sme biti prekoračena.

3. Pri danem razmerju med d in R se mora razdalja R med in 1000 m še potrditi z merjenji.

4. Prognoza velja za vse stavbe, grajene iz tradicionalnega gradiva (opeke, bloki, plošče). Njihovo stanje je srednje dobro, torej ne najboljše. Predalčne konstrukcije so nekoliko občutljivejše, moderne armirano betonske in lesene stavbe pa manj občutljive na potrese.

c) Američani izhajajo iz osnovne formule:

$$A = \frac{K \times \sqrt{E}}{d}$$

Pri čemer pomeni:

$$A = \text{maksimalna amplituda} \left( \frac{\text{inch}}{1000} \right)$$

k = konstanta, odvisna od tal

E = teža razstreliva (pounds)

d = razdalja v (ft)

Če pri meritvah ugotovijo frekvenco f je mogoče izračunati maksimalni pospešek a, ki je:

$$a = 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot A$$

S poznavanjem gostote tal E v lb, se da izračunati največja sila iz formule

$$F = 4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot A \times \frac{E}{g}$$

in nadalje maksimalna Kinetična energija (KE)

$$KE = \frac{E \cdot v^2}{2 \cdot g} = 2\pi^2 \cdot f^2 \cdot A^2 \times \frac{E}{g}$$

Kjer je maksimalna hitrost delca:

$$v = 2\pi f A$$

V ZDA so že 1947 izdali predpise, ki določajo maksimalne oscilacije pri gradbenih objektih, izražene so z amplitudo in frekvenco.

Tabela št. 5

f (Hz)	10	20	30	40	50	60
A (mm)	0.775	0.388	0.259	0.193	0.152	0.130

Crandell je uvedel tudi energetski koeficient, ki je definiran z:

$$K_e = 1.72 f^2 \cdot A^2 \quad \text{ali}$$

$$K_e = 10.8 \frac{a^2}{f^2}$$

Pri čemer pomeni:

A = amplituda pomika (mm)

a = pospešek (mm/sek<sup>2</sup>)

f = frekvenca (Hz)

Če ta energetski koeficient izrazimo s pomočjo hitrosti oscilacij (v) in pretvorimo angleške mere v metrični sistem, tedaj dobimo:

$$K_e = 0.043 v^2$$

Določene so tri zone in sicer:

$K_e > 6$  Nevarne zone za objekte

$K_e = 3-6$  Zone previdnosti

$K_e < 3$  Zona varnosti

d) V Nemčiji se uporablja predvsem tabela poškodb, ki jo je podal Köhler v naslednji obliki:

Tabela št. 5

Hitrost oscilacij mm/sek	Pričakovane poškodbe
0 ... 5	Poškodbe zelo neverjetne
5 ... 10	Poškodbe neverjetne
10 ... 50	Poškodbe verjetne
50	Poškodbe zelo verjetne

Koch pa je uvedel za merilo logaritmično potresno mero S imenovano tudi vibrar:

$$S = 10 \lg \frac{K}{K_s}$$



Pri čemer pomeni:

$$K = 4 \cdot \pi^2 \cdot f \cdot v^2$$

$$K_3 = 0.1 \text{ cm}^2/\text{s}^3$$

K = moč oscilacij

v = hitrost oscilacij

f = frekvenca

Za ugotavljanje vpliva minerskih del v bližini objektov predlaga Koch naslednjo formulo:

$$v = k \cdot \frac{L^2}{r}$$

Pri čemer pomeni:

v = hitrost oscilacij v mm/sek

r = razdalja do objekta v m

L = količina razstreliva v kp

k = hribinski faktor

Hribinski faktor k se določi z meritvami in velja potem za miniranja na določenem področju.

Iz teh in še drugih formul lahko sklepamo, da so si razni avtorji zelo neenotni v prognozah in veljajo predvsem za njihove domovine. Zaradi interesantnosti bomo navedli pregled dovoljenih hitrosti oscilacij, ki jih podajajo nekateri avtorji:

Tabela št. 6

Avtor	Objekt	v cm/sek
Sadovski		
Langefors	Stavbe	10—14
Crandell in dr.		
Barkan	Stanovanjska poslopja	5
PEU	Gradbeni in industrijski	
ZSSR	objekti	2—5
Institut VNIMI	Podzemeljska delovišča	2.5—3
SAD (New Jersey)	—	4—9
Morris	Stavbe, objekti	0.5—2.5
Crandell	Lesene stavbe	8.75

Tudi zgornja tabela je dokaz več, da se pri ocenjevanju ne smemo posluževati šablonskih primerjanj, temveč moramo vedeti, da so kriteriji odvisni od cele vrste medsebojno vplivajočih faktorjev, ki se pa spreminjajo od primera do primera. Ta medsebojna odvisnost pa se lahko objektivno določi le na osnovi instrumentalnih meritev.

Interesantno je tudi to, da človeški organizem zana vibracije že pri amplitudi 0.015 mm, katera pa je za poškodbe na objektih nepomembna. Odtod izhajajo tudi številne reakcije in pritožbe ljudi ob miniranjih. Tudi to je eden od vzrokov, da je izvajanje instrumentalnih meritev zelo koristno, ker se s tem avtomatično odklanja ta subjektivni faktor.

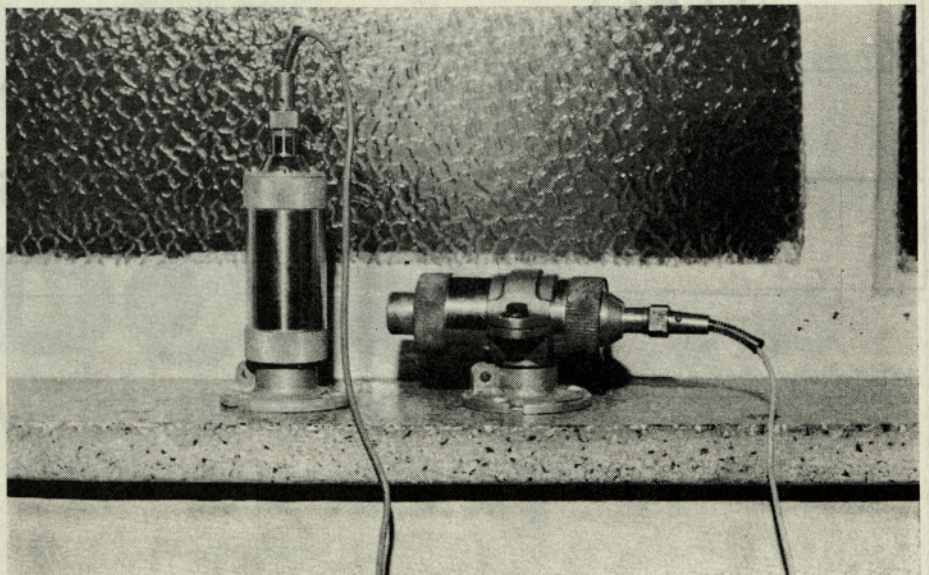
## INSTRUMENTALNE MERITVE

Princip delovanja instrumentov je takšen, da spreminja neelektrične parametre (vibracije) v električne (napetost ali tok). Takšen instrument se imenuje pretvornik vibracij in ga namestimo na objekt, na katerem želimo spoznavati potresne efekte. Ta pretvornik vibracij je posredno ali neposredno povezan z registratorjem, katerega naloga je, da zabeleži sprejete podatke na fotografski papir ali kako drugače. Ti podatki se s pomočjo pretvorbenih faktorjev preračunajo v za presojo potrebne elemente vibracij (hitrost, frekvenca, premik, pospešek). Na ta način je mogoče objektivno in konkretno presojati o intenziteti potresov, povzročenih z miniranjem.

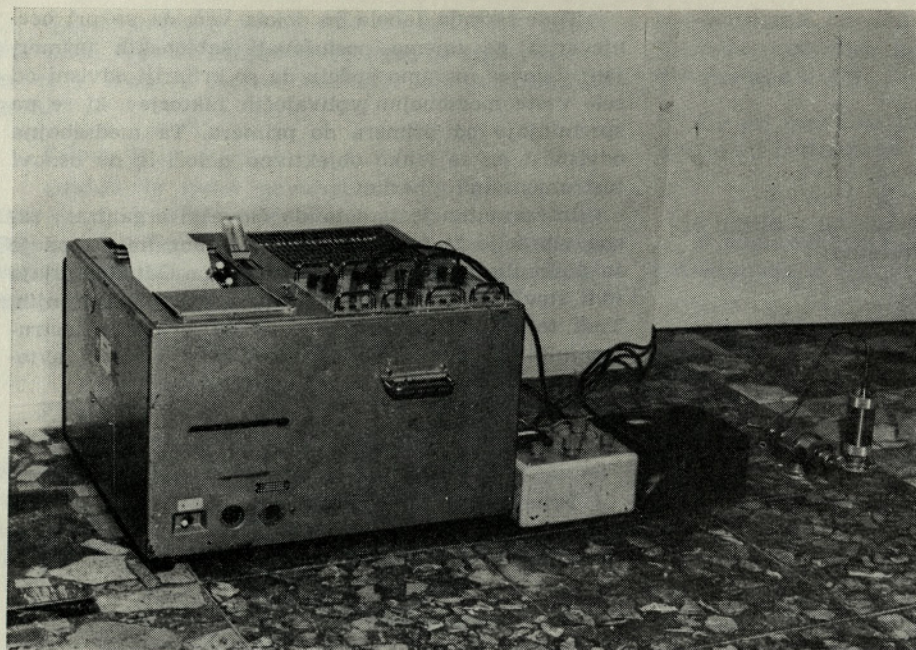
V praksi se običajno izvaja več meritev na različnih mestih in na podlagi dobljenih rezultatov sklepa na možnost poškodb na objektih. Istočasno pa je mogoče z dokajšnjo zanesljivostjo korigirati količine razstreliva pri miniranjih in tudi na podlagi večih opazovanj z različnimi milisekundnimi intervali določiti najprimernejši milisekundni interval, torej takšen, ki bo povzročil najmanjši potres.

Podatki instrumentalnih meritev se pa uporabljajo na sodiščih v primerih sporov kot dokazni material.

Danes je na tržišču že cela vrsta primernih instrumentov za opravljanje takšnih meritev. Na slikah prikazujemo le en takšen komplet instrumentov:



Slika 3



Slika 4

**Primer:**

Pri izvajanju instrumentalnih meritev je bilo minirano s 749 kp razstreliva razmeščene v 9 minskih vrtinah in vstavljeni milisekundarni zakasnilci. Meritve so bile izvršene na razdalji 144 m.

Meritve so pokazale naslednje vrednosti:

	A (mikr.)	f (Hz)
Radialna komponenta	4.9	29
Vertikalna komponenta	6.3	48
Tangencialna komponenta	8.3	25

Izračunana je bila totalna komponenta oscilacij:

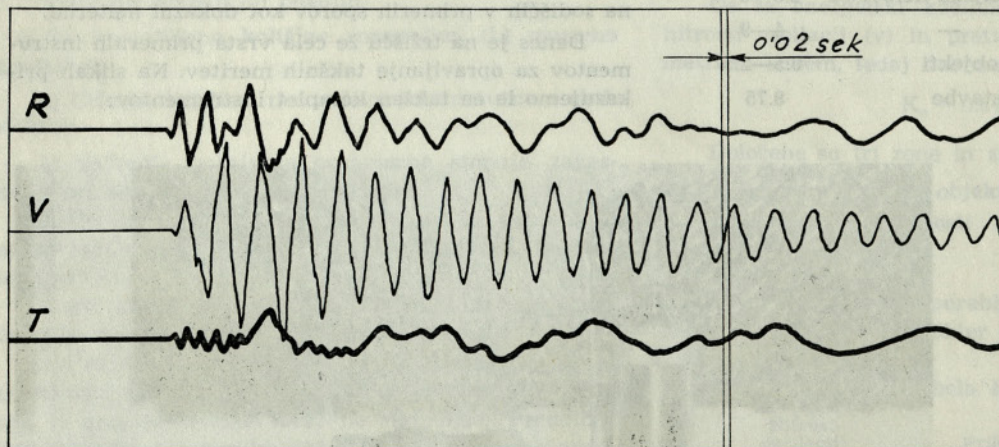
$$v_{\text{tot}} = 1.06 \text{ cm/sek}$$

Vibnar :  $S = 38.7$

Energetski koeficient :  $E_k = 0.0171 \text{ m}^2/\text{sek}^2$  (Crandell)

Iz teh podatkov je mogoče zaključiti, da je miniranje povzročilo IV. jakostno stopnjo, ki ni mogla povzročiti poškodb na obstoječih objektih.

Merjeni rezultati so razvidni iz priloženega diagrama meritev.



Slika 5

(Se nadaljuje)

Danilo Belšak, dipl. ing.

# ELEKTROINSTALACIJSKI VOZEL EIV 2400

»DONIT« je kot proizvajalec različnih plastičnih mas za gradbeništvo prislusnil potrebam po novih rešitvah tudi pri elektroinstalacijskih elementih in razvil elektroinstalacijski vozela EIV 2400 v poliestrskem ohišju.

EIV 2400 je elektroinstalacijski element, namenjen predvsem za blokovno gradnjo in združuje v ohišju, ki je iz armiranega poliestra vertikalne (dvižne) vode v obliki zbiralk, merilno in zaščitno opremo. Novost je v tem, da je ohišje izkoriščeno za dve funkciji; služi za vodenje zbiralk in namestitev celotne opreme. Zbiralke so ulite na hrbtni strani ohišja, ki je iz armirane negorljive poliestrske smole in razdeljeno na štiri prekate za vgraditev glavnih varovalk, električnih števcov, varovalk tokokrogov in druge opreme po naročilu. Izvedbe so za montažo v steno ali na steno. Z EIV 2400 dosežemo naslednje:

— koncentracija enega dela elektroinstalacij v objektu na enem mestu

- industrijska proizvodnja, ki zagotavlja preciznost in kvaliteto
- skrajšanje montažnih del na gradbišču
- tipizacija
- določene ekonomske prednosti

Razpored, obseg in vrsta vgrajene opreme so lahko tudi po naročilu, seveda v mejah, ki jih dovoljuje velikost ohišja. EIV 2400 je namenjen predvsem za stanovanjsko gradnjo, vendar tehnologija izdelave omogoča tudi izvedbe za objekte družbenega standarda in druge objekte.

V proizvodnem programu imamo tudi razdelilne omarice iz armiranega negorljivega poliestra z istim profilom ohišja, kot je EIV 2400. Celotno ohišje je iz izolirnega materiala. Vrata so kaširana s tapetami. Asortiment tipov razdelilnih omaric je izbran tako, da zadovolji vse variante, ki se pojavijo pri izvedbi elektroinstalacij v individualni in blokovni gradnji.

**KEMIČNA INDUSTRIJA**

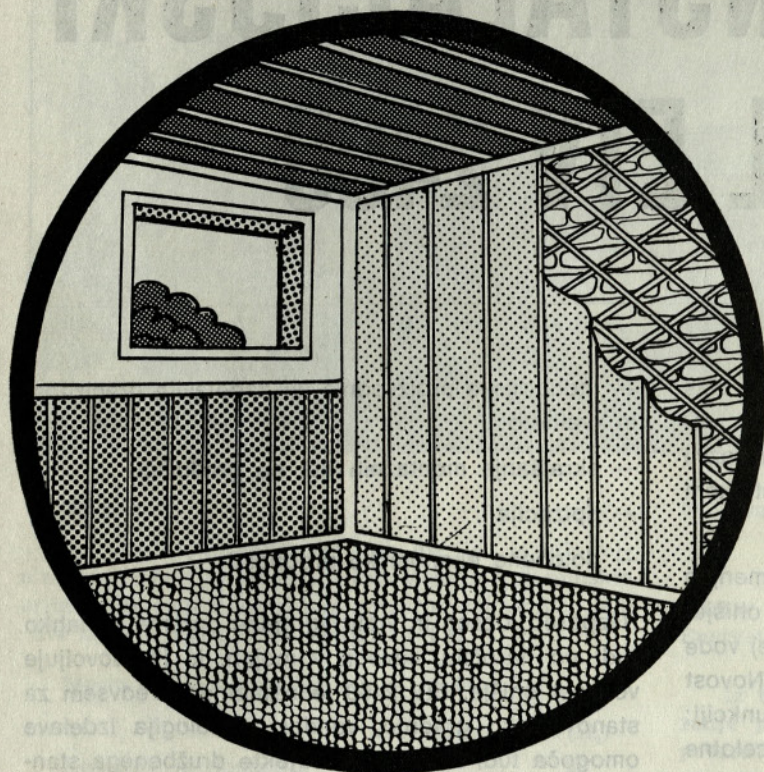
**DONIT**

**M E D V O D E**

**TELEFON 71106**

**TELEX 31365**

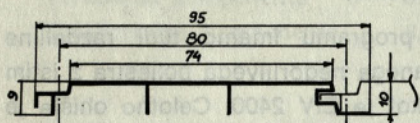
# enterplast material prihodnosti



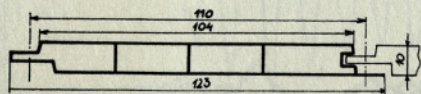
ENTERPLAST je sodobna, trajna in higienska obloga notranjih in zunanjih zidov, stropov in nadstrešnic v vseh vrstah javnih in stanovanjskih objektov.

ENTERPLAST je odporen proti udarcem in spremembam temperature, proizvaja pa se v več niansah imitacije lesa in v drugih pastelnih barvah.

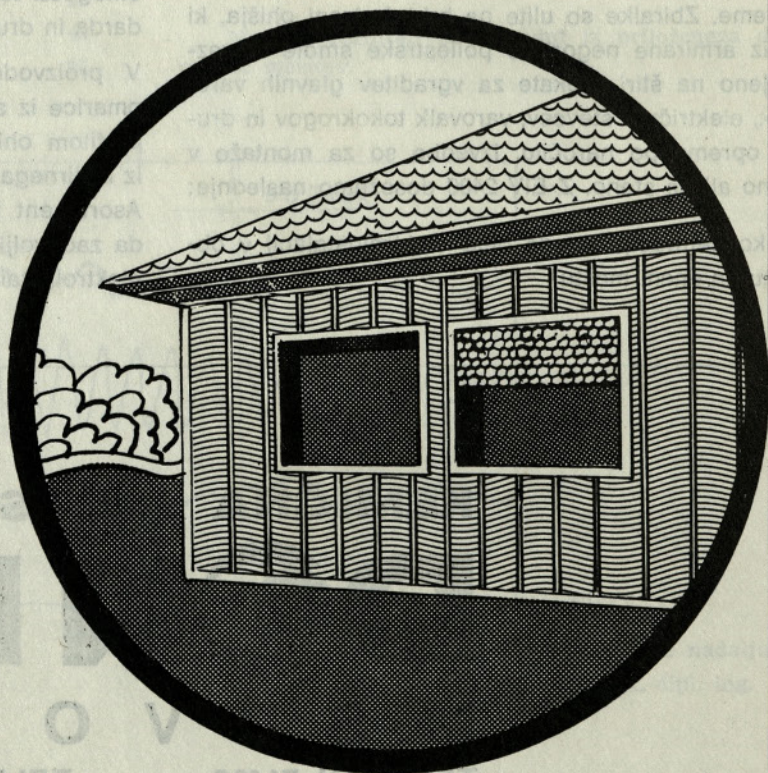
ENTERPLAST sistem vključuje tudi vezne elemente za izvajanje notranjih in zunanjih vogalov in zaključnih robov, ki montažo olajšajo, da jo lahko izvede tudi amater.



ENOJNI ENTERPLAST — lahek element za oblaganje zidov manj prometnih prostorov, plafonov, kot tudi fasad, kjer ne obstoji možnost mehanskih poškodb.



DVOJNI ENTERPLAST — zelo čvrst element za oblaganje zidov prometnih prostorov, kjer obstoji možnost mehanskih poškodb, kot tudi za oblaganje fasad in nadstrešnic. V kombinaciji z metalnimi elementi primeren za izdelavo predelnih sten, garaž in paravanov.

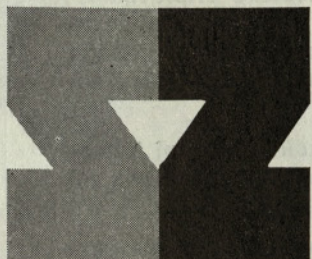


  
**GALENIKA**  
BEOGRAD

GALENIKA, OOUR FABRIKA ZA PROIZVODNJU I PRERADU  
PLASTIČNIH MASA I GUME — ZEMUN, Senski trg 7

**RUDARSKO  
METALURŠKI  
KOMBINAT**

# Proizvodni program



**RMK ZENICA**

## ELEKTRODE ZA VARJENJE

ZEN E 83 B  
ZEN E 63 B  
ZEN E 62 B<sub>Fe</sub>  
ZEN E 13 R  
ZEN E 27 R  
ZEN E 65 R<sub>Fe</sub>  
ZEN E 58 C

## ELEKTRODE ZA NAVARJANJE

ZEN E 250 R  
ZEN E 350 R  
ZEN E 650 R

## ZAVARJENE ARMATURNE MREŽE



Proizvajalec:

Rudarsko-metalurški kombinat »RMK-Zenica« —  
Zenica

Tvornica za preradu žice »Bijeljina« — Bijeljina  
Telefoni: 072/21 244; 076/81 337  
Telex: YU-RMKZE 43-129  
Poštni predal: 141



# belinka

tovarna kemičnih izdelkov

## ODDELILNO SREDSTVO ZA KOVINSKE OPAŽE

# BELINKA-EPAL 25-50

redka, oljno tekoča snov svetlo rumene barve, v vodi netopna tekočina, zmrzišče  $-25^{\circ}\text{C}$ ;

je posebno oddelilno sredstvo, prirejeno za opaže iz aluminija in jekla z odličnim učinkom oddeljevanja opaža od betona ali podobnih materialov, z anti-korozivskimi lastnostmi tudi pri večdnevem premoru.

Epal 25-50 je že pripravljen za uporabo. Uporabljamo ga tudi pri izdelavi betonskih elementov, ki jih utrjujemo v vroči vodi.

**P o r a b a :** Pri ekonomičnem nanašanju odvisno od kvalitete opaža (gladkosti površin) je poraba od 20 do  $40\text{ g/m}^2$ .

## BELINKA tovarna kemičnih izdelkov

61001 Ljubljana  
poštni predal 5-I  
telefon h. c. 061/314 177  
telex 31 260 yu bel  
telegram Belinka Ljubljana  
žel. postaja Ljubljana Moste

## Obvestilo

Društvo za ceste Hrvatske pripravlja izdajo Priročnika za graditev, vzdrževanje in rekonstrukcijo cest, namenjenega srednjemu strokovnemu kadru (tehnikom in delovodjem).

Priročnik bo imel okoli 700 strani formata A-5 in bo ilustriran z mnogimi slikami in skicami.

Avtorji Priročnika so renomirani strokovnjaki s področja cestogradnje.

Celotna vsebina je razdeljena na 20 poglavij:

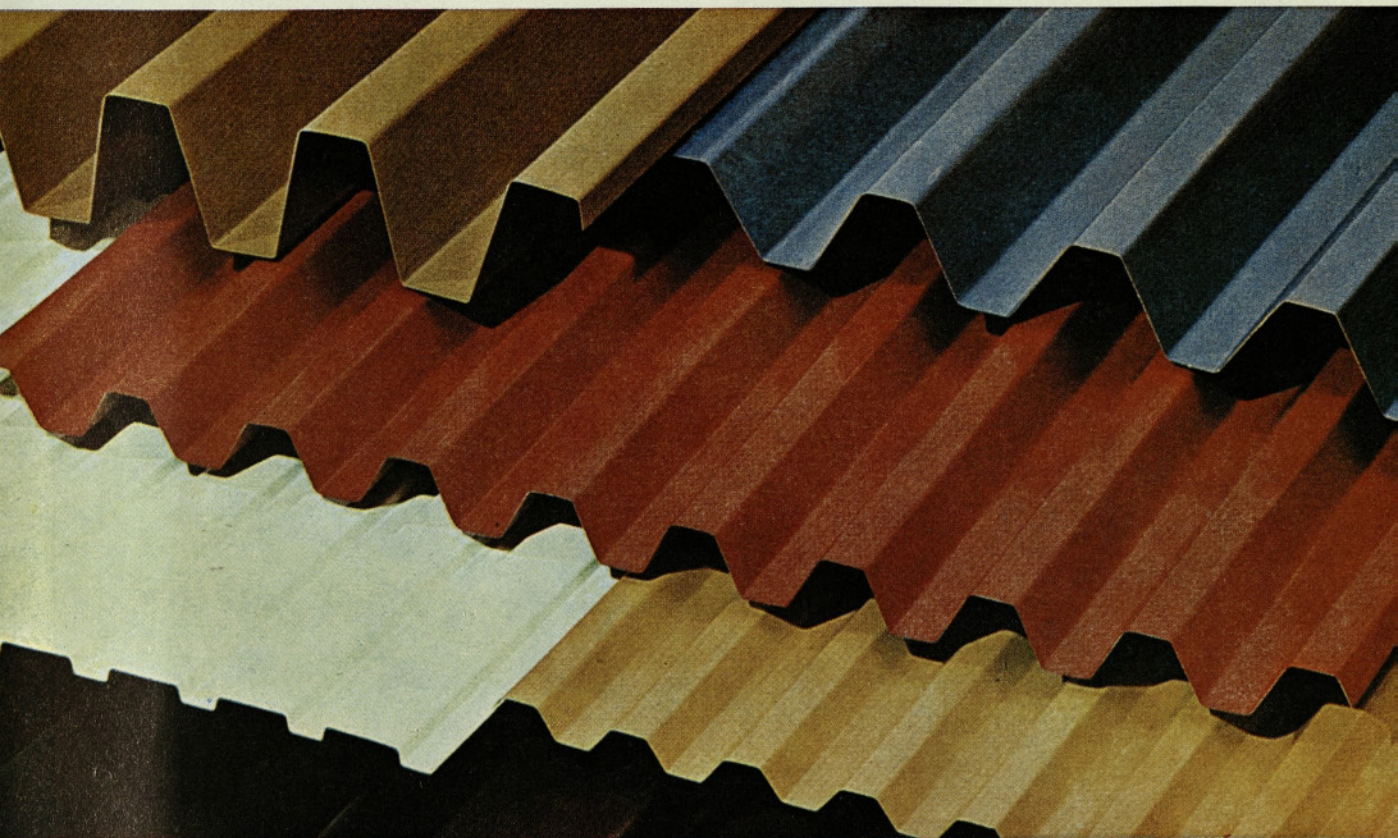
1. Matematika
2. Geometrija
3. Geodezija
4. Statika
5. Geomehanika in fundiranje
6. Geologija in petrografija
7. Hidrologija
8. Tehnologija betona
9. Zemeljska dela
10. Konstrukcija cestišč in odvodnjavanje
11. Objekti (propusti, mostovi, podp. zidovi in dr.)
12. Tehnologija materiala za gradnjo cest
13. Gradbeniški stroji v cestogradnji
14. Vzdrževanje cest
15. Varnost prometa
16. HTZ ukrepi
17. Organizacija gradbišča
18. Tehnična dokumentacija
19. Tehnični predpisi in standardi
20. Cestna statistika

Orientacijska cena tega Priročnika bo znašala od 80,00 do 100,00 din, naklada bo 5.000 izvodov.

Prosimo Vas, da cenjena naročila sporočite na naslov:

**DRUŠTVO ZA CESTE HRVATSKE,**  
41000 ZAGREB, Janka Rakuše 1

# ALUMINIJ V GRADBENIŠTVU ...



...se vse bolj uporablja v visoko razvitih deželah za izgradnjo stanovanjskih stavb, industrijskih, poljedelskih in javnih objektov, ter na ta način izpodriva klasične gradbene materiale in klasične metode grajenja. Spremljajoč to izrazito tendenco v svetovni proizvodnji in

uporabi gradbenega materiala, je Valjaonica bakra i aluminijuma »Slobodan Penezić Krcun«, Titovo Užice, v svoji novi valjalnici aluminija proizvedla v začetku leta 1974 večje količine barvanih in nebarvanih Al pločevin in trakov za gradbeništvo in arhitekturo.

## ▶ TRAK, BARVANI

0,25—1,5 × 30—1650 × L mm

## ▶ RAVNA PLOČEVINA, BARVANA

0,25—1,5 × 800—1650 × 1000—5000 mm

## ▶ PROFILIRANA PLOČEVINA, SINUSOIDNE IN TRAPEZNE OBLIKE, NEBARVANA IN BARVANA

0,5—1,5 × 800—1200 × 3000 × 12000

Najsodobnejši tehnološki postopek COIL COATING, vrste barv na bazi organskih polimerov in laki z metalnimi pigmenti, stopnja sijaja površine: motna, polmotna, visoko sijajna, najraznovrstnejši toni omogočajo:

- antikorzijsko zaščito, odpornost proti obrabi in praskam,
- obstojnost proti zunanjim vplivom in visokim temperaturam,
- izredne arhitektonske efekte.

### UPORABA PROFILIRANIH AL PLOČEVIN

- eksterieri (fasadne in krovne pločevine)
- interieri (vrtani plafonski elementi, dekorativni detajli)
- ohišja naprav za gospodinjstvo, hladilne skrinje in vitrine...



## VALJAONICA BAKRA I ALUMINIJA

»SLOBODAN PENEZIĆ KRCUN« — TITOVO UŽICE

Telefon 21 055 · Telex 13611 YU VB · Telegram Valjaonica Titovo Užice



Novi hotel KASPROWY v Zakopanih na Poljskem

**SPLOŠNO GRADBENO PODJETJE**

**PIONIR**



**NOVO MESTO**

**68000 NOVO MESTO, Kettejev drevored 37, telefon: (068) 21826 telex: 33 710**