

UDK-UDC 05:625;
YU ISSN 0017-2774

LJUBLJANA,
JULIJ-AVGUST

LETNIK XXXVIII,
STR. 157-204

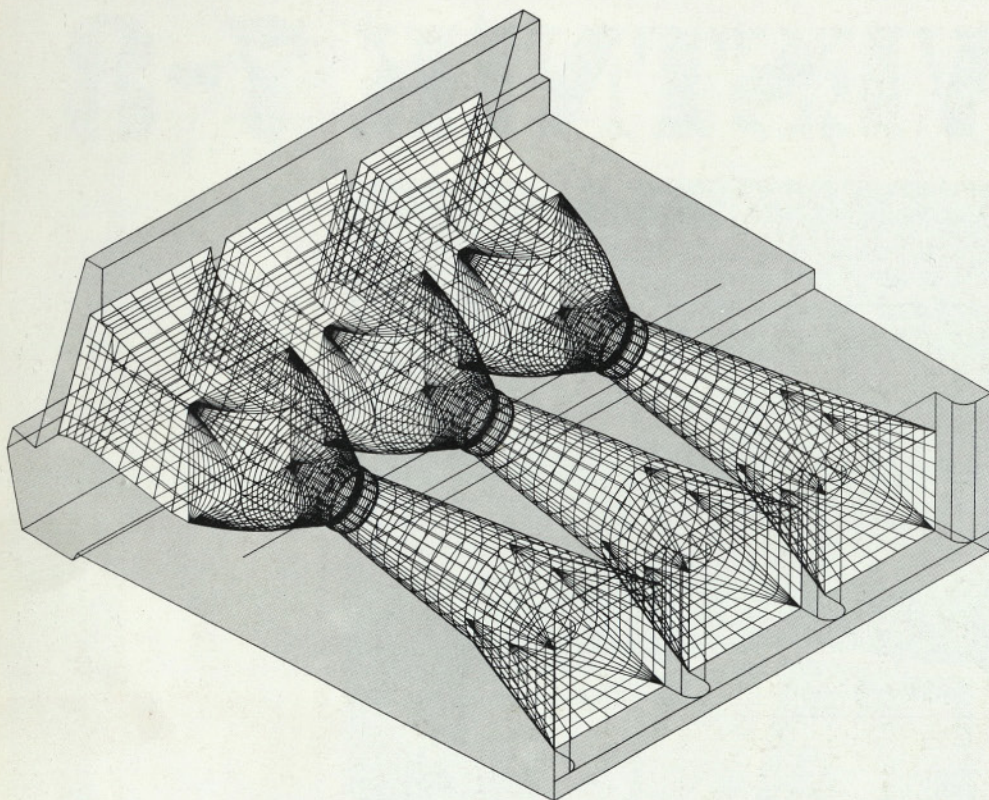
GRADBENI VESTNIK 7-8



rolba

lesnina

GRADBENI VESTNIK 5-6



40 LET

IBE

LJUBLJANA

Hajdrihova 4

HE Vrhovo
Prostorski prikaz
turbinskega trakta

Korektura naslovnice 5-6/89; glej tudi stran 179

rolba

lesnina

TOZD ZUNANJA TRGOVINA,
Ljubljana, Titova 51
Tel.: 061/321-441 - h.c.
Tlx.: YU NINA 31323
Tfx.: 61/326-150





GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
ŠT. 7-8 • LETNIK 38 • 1989 • YU ISSN 0017-2774

VSEBINA-CONTENTS

Članki, študije, razprave Articles studies, proceedings

Matjaž Mikoš: METODE VREDNOTENJA ZRNAVOSTNIH ZDRUŽB PLAVIN V NARAVNIH VODOTOKIH	158
METHODS FOR ANALYSING COARSE-GRAVEL, COBBLE SEDIMENTS	
Jaš Žnidarič, Stane Terčelj, Janja Marolt: OCENJEVANJE STANJA IN ZANESLJIVOSTI BETONSKIH KONSTRUKCIJ	166
PERFORMANCE ASSESSMENT OF EXISTING CONCRETE STRUCTURES	
Josip Guštin: VEČNAMENSKA AKUMULACIJA RIŽANA	173
MULTI-PURPOSE RESERVOIR OF RIŽANA RIVER	
Igor Špacapan: LAHKE HITROPOSTAVLJIVE STOLPNE PALIČNO-ŽIČNE KONSTRUKCIJE	184
METAL TRUSS-CABLES COLUMN STRUCTURES WITH ELASTIC JOINTS	
Leopold Vehovar: KATODNA ZAŠČITA PREDNAPETIH KONSTRUKCIJ, DA? NE! – VPLIV BLODEČIH ELEK- TRIČNIH TOKOV	188
THE CATHODIC PROTECTION OF PRESTRESSED STRUCTURES, YES? NO! – THE INFLUENCE OF STRAY ELECTRICAL CURRENTS	

Poročila, obvestila Reports, Information

ZAPISNIK REDNE SKUPŠČINE ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV	191
---	-----

Hedi Bertonec: ZAKLJUČKI KAMNOSEKOV IN PREDSTAVNIKOV KAMNARSKIH DO, SPREJETI NA SEMINARJU 19. 2. 1989	195
---	-----

Poročila Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze E. Kardelja v Ljubljani Proceedings of the Department of Civil Engineering University E. Kardelj, Ljubljana

Janez Duhovnik: STANJE IN RAZVOJNE TEŽNJE PRI UPORABI RAČUNALNIKA V KONSTRUKCIJSKEM GRADBENEM INŽENIRSTVU STATE-OF-THE-ART AND DEVELOPMENT TRENDS IN COMPUTER-AIDED STRUCTURAL CIVIL ENGINEERING	196
--	-----

Informacije Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana Proceedings of the Institute for materials and structure research Ljubljana

Damijana Dimic: ELEKTROFILTRSKI PEPEL KOT PUCOLAN	201
FLY-ASH AS POZZOLANA	

Glavni in odgovorni urednik: FRANC ČAČOVIČ

Lektor: ALENKA RAIČ – Tehnični urednik: DANE TUDJINA

Uredniški odbor: SERGEJ BUBNOV, VLADIMIR ČADEŽ, VOJTEH VLODYGA, STANE PAVLIN, GORAZD HUMAR, IVAN JECELJ, ANDREJ KOMEL, BRANKA ZATLER-ZUPANČIČ, JOŽE ŠČAVNIČAR, DR. MIRAN SAJE

Revija izdaja Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon: 221 587. Žiro račun pri SDK Ljubljana 50101-678-47602. Tiska Tiskarna Tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Celoletna naročnina, skupaj s članarino za člane društev znaša 30.000 din. Za študente in upokojence velja polovična cena. Naročnina za gospodarske naročnike za II. polletje 1989 znaša 250.000 din, za inozemske naročnike pa 50 US\$. Revija izhaja ob finančni pomoči Raziskovalne skupnosti Slovenije, Splošnega združenja gradbeništva in IGM Slovenije, Zveze vodnih skupnosti Slovenije, Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana in Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani.

METODE VREDNOTENJA ZRNAVOSTNIH ZDRUŽB PLAVIN V NARAVNIH VODOTOKIH

UDK 556.01:552.1

MATJAŽ MIKOŠ

POVZETEK

Glede na značilnosti slovenskega prostora so obravnavane metode, primerne za analizo prodnatih plavin s precejšnjim deležem grobih zrn. Za analiziranje zrnivosti takih plavin je primerna Anastasijeva metoda [tč. 2]. Glede na različne možne načine odvzemanja in ovrednotenja vzorcev plavin kot osnove za analizo njihove zrnivosti, je potrebno poznati tudi metode preračuna in sestavljanja različnih analiz [tč. 3]. Prikazana je uporaba enostavnejše metode Kellerhalsa in Braya [tč. 3.1] in novejša ter obsežnejša Anastasijeva metoda [tč. 3.2]. S pomočjo preračuna različnih analiz plavin je možno oceniti zrnivost različnih posteljic dna struge [tč. 4]. Možno je uporabiti Gesslerjevo metodo [tč. 4.1], ki temelji na nihanjih strižnih napetosti ob dnu ali Anastasijevo metodo [tč. 4.2], ki določi zrnivost posteljice dna na osnovi eksperimentalno preverjenih faktorjev za preračun analiz plavin. Teoretičnim osnovam sledi opis opravljenih terenskih raziskav na Savi Dolinki in hudourniku Smeč [tč. 5], ki potrjujejo uporabnost teoretičnih osnov.

METHODS FOR ANALYSING COARSE-GRAVEL AND COBBLE FLUVIAL SEDIMENTS

SUMMARY

Due to characteristics of Slovene region, methods for analysing coarse – gravel and cobble fluvial sediments are concerned. For such sediments Anastasi's method is usefull [2]. Due to different procedures of sediment sampling and their evaluating, methods of conversion and assembling are important [3]. Use of simple Kellerhals and Bray's method [3.1] and new Anastasi's method [3.2] is shown. With conversion of different sediment analyses is possible to evaluate different armour layers [4]. We can use Gessler's method [4.1], which is based on fluctuation of bottom shear stresses or Anastasi's method [4.2], which determine armour layer on the basis of experimentaly checked factors for conversion. Theoretical basis is followed by description of research work in situ [5] – at Sava Dolinka River and Smeč Torrent, which confirms usefulness of the theoretical basis.

1. UVOD

Metode vrednotenja zrnivosti plavin v naravnih vodotokih upoštevajo različne **načine premeščanja** le-teh. Tako se zrna plavin premeščajo na enega od načinov oz. kombinirani način **[Gyr]**:

- kotaljenje ali drsenje po dnu (površinsko polzenje) – **rinjene plavine**,
- poskakovanje v vodni tok in nato mirovanje na dnu – **rinjene plavine**,
- lebdenje in odnašanje z okoliškim tokom ves čas gibanja – **lebdeče plavine**.

Pri tem ni ostre meje med poskakovanjem in lebdenjem. Način premeščanja določa trenutna struktura turbulentnega toka, ki se spreminja s časom in v prostoru. Lebdeče plavine dodatno delimo na:

- izprane plavine (kalnost) – drobna zrna plavin, ki jih ne moremo najti v dnu struge in izvirajo iz zaledij – povirij, od katerih se po celem vodotoku premeščajo v lebdečem stanju,
- lebdeče plavine (v ožjem smislu) – drobna zrna plavin, ki lebdiijo v vodnem toku ob določenih hidravličnih razmerah in jih lahko najdemo v dnu struge,
- »vzbujene« plavine – del zrn, ki poskakujejo in jih okolišnje turbulentne motnje zadržijo v lebdečem stanju za daljše časovne intervale.

AVTOR:

mag. Matjaž Mikoš, dipl. inž. gradb., Vodnogospodarski inštitut, Ljubljana, Hajdrihova 28.

Vode premeščajo tudi organsko in anorgansko navlako – **plavje**, ki običajno plava na vodni površini.

Nam bolj poznana delitev plavin **[Colarič]** je tista, ki govori o **prodonosnosti** (premeščanju rinjenih plavin) in **kalnosti** (premeščanju lebdečih plavin) in ni povsem primerljiva s prej omenjeno.

Metode vrednotenja zrnivosti plavin upoštevajo tudi pojave, ki so jim zrna izpostavljena pri premeščanju:

- hidrološko predelavo – preobrazbo oz. preoblikovanje zrn,
- hidrološko premeno – razvrščanje zrn.

Proces **hidrološke predelave** lahko razdelimo **[Mikoš 1983]** na:

- razpadanje: zaradi nabrekanja in topljenja ob sočasnih mehanskih vplivih,
- drobljenje: razbijanje zrn,
- krhanje: odbijanje in krušenje robov zrn,
- obrus: glajenje in brušenje zrn.

Njihova intenziteta je odvisna od izvornih zemljin, to je njihove:

- petrografske sestave, stopnje preperelosti in pregnetenosti.

Hidrološka premena se kaže kot posledica spreminjanja premestitvenih (hidravličnih) razmer v vodotoku in jo lahko delimo **[Rana]** na:

- lokalno razvrščanje zrn (navpično, prečno in vzdolžno z vodnim tokom),
- napredujoče razvrščanje zrn (globalno razvrščanje v vzdolžni smeri vodotoka).

Pri tem je prevladujoče lokalno navpično razvrščanje, ki vpliva tako na napredujoče – globalno razvrščanje, kot na ostalo lokalno razvrščanje. Prečno in vzdolžno razvrščanje plavin se kaže v raznih oblikah dna struge (npr. prodišča izmenično levo in desno ob bregu vodotoka).

Navpično razvrščanje zrn plavin je v prodonosnih vodotokih, predvsem hribovskih, izrednega pomena. Kaže se v armiranju oz. tlakovanju dna struge.

Do **armiranja dna** pride v procesu prebiranja zrn plavin, ko voda odplavi drobnejša zrna in pusti v dnu grobo, stabilno površino. Ta pojav lahko opazujemo na odsekih vodotokov pod pregradami, ki so prekinile normalen (možni) dotok plavin in tako ustvarile nezasičeni vodni tok. Čeprav je ta pojav prisoten, ni tipičen za prodonosne vodotoke.

Nasprotno je **tlakovanje dna** normalen pojav v prodonosnih vodotokih. Odraža se v različno stabilnih in gostih – spranih **posteljih dna**, ki so relativno stabilne in se obnavljajo v času premeščanja plavin. Delujejo kot blažilec med tokom vode in plavin ter podlago **[Parker]**.

Nekateri avtorji **[Bray]** sicer predlagajo ravno obratno opredelitev armiranja in tlakovanja, vendar menim, da je tukaj opisana opredelitev pravilnejša.

Zavedati se moramo, da lahko pride do relativno stabilne posteljice dna:

- iz dotekajočih rinjenih plavin v procesu ustaljevanja v delno zasičenih vodnih tokovih,
- iz zrn podlage ob omejenem dotoku plavin v procesu poglobljanja,
- delno iz zrn dotekajočih plavin in delno iz zrn podlage s poglobljanjem.

Pri tem moramo v 2. in 3. primeru računati s spreminjenimi hidrološkimi razmerami zaradi zmanjševanja padca dna struge v procesu poglobljanja. Dodatni pogoj je, da se poglobljanje ne zaustavi na proti eroziji odporni podlagi in da je v podlagi vodotoka ustrezen delež grobih zrn, iz katerih se posteljica lahko izoblikuje.

Skupna posledica hidrološke predelave in napredujoče hidrološke premene je spreminjanje zrnivosti plavin vzdolž vodotokov, na kar vpliva **[Troutman]** tudi dotok plavin zaradi bočne erozije in pritokov, kar pomeni, da je obrus plavin le neznamen del dosti obsežnejšega procesa izravnavanja zemeljskega površja.

Metode vrednotenja premestitvenih razmer za vodo in plavine v prodonosnih vodotokih zahtevajo poznavanje dejanske hrapavosti površin, po katerih teče vodni tok, oziroma po katerih se premeščajo plavine ter dejanske zrnivosti plavin, ki jih premešča vodni tok. Navedene vrednosti so medsebojno povezane in odvisne od zrnivosti izhodiščnega materiala v strugi vodotoka. Ta material je v bistvu izvorni material premeščanih rinjenih plavin in tudi **krovnega sloja** ter njegove **podlage**. Krovni sloj običajno delimo še na **posteljico dna** in **podlago posteljice dna** **[Anastasi]**. Posteljico dna nadalje delimo na groba **skeletna zrna** (zrna, ki so manjša od zastajajočih zrn, a večja od $\approx 1-5$ cm) in drobna **polnilna zrna** **[Mikoš 1988, 1989]**.

Tako je pri **vrednotenju premestitvenih razmer** večinoma odločujoče »**predstavniško**« **zrno izhodiščnega materiala**, medtem ko je za **hrapavost dna** in s tem pri **vrednotenju upora toku vode** odločujoče »**predstavniško**« **zrno krovnega sloja**. Problem predstavniških zrn je v tem, da moramo za različne naravne pojave izbrati vsakič temu procesu ustrezno predstavniško zrno, ki tako postane **značilno zrno** za opisovanje tega pojava.

Predpostavljamo lahko, da izhodiščnemu materialu najbolj ustreza material podlage, ker vsebuje praktično vsa, pri spreminjajoči se hidravlični obremenitvi premeščana zrna rinjenih in lebdečih plavin **[Anastasi]**. To dejstvo je priznано do te mere, da se pogosto pod pojmom **analiza rinjenih plavin** razume samo analiza materiala podlage. Poznavanje zrnivosti podlage je torej izjemnega pomena. Za večino vodotokov določanje zrnivosti podlage ne predstavlja večjega problema. V hribovskih vodotokih to ni pravilo, saj imamo opraviti z grobimi plavinami ne le v krovnem sloju.

Zrnivost – zrnivostna združba se običajno določa s **sejalno analizo odvzetih vzorcev plavin**, kjer je po švicarskih izkušnjah potrebna **velikost vzorca** U odvisna od maksimalnega zrna » $d_{m\Delta}$ «, in sicer velja pravilo **[Anastasi]**:

$$U \text{ (m}^3\text{)} = 2.5 d_{m\Delta} \text{ (m)} \quad d_{m\Delta} \leq 0.35 \text{ m} \quad (1)$$

Pri večjem maksimalnem zrnju postane sejalna analiza vprašljiva. Problematična ne postaja le prostornina odvzete vzorca (približno kubični meter), temveč tudi zgornji del zrnavostne krivulje, ki postane precej nezanesljiv. Zato pogosto podcenimo hrapavost, na katero najbolj vplivajo ravno grobe plavine.

Po naših (slovenskih) izkušnjah smo problem prevelikega vzorca v primeru grobih zrn reševali drugače. Velikost osnovnega vzorca smo sicer prilagajali velikosti maksimalnega zrna, vendar smo odvzeti vzorec med sejnalno analizo delili – zmanjševali tako, da je nepresejani del vzorca ostal premosorazmeren velikosti še nepresejanih zrn. Sedanja praksa odzemanja vzorcev prodnatih plavin v Sloveniji je naslednja:

- s površine dna (v glavnem prodišč) odzamemo vzorec grobih zrn plavin, večjih od 12 cm in jih preštejemo – ovrednotimo po številu. Drobni zrn v krovnem sloju ne upoštevamo;
- do konca odstranimo krovni sloj, odzamemo vzorec podlage in upoštevamo le zrna, manjša od 12 cm. Opravimo sejnalno analizo, pri čemer po vsakem sejanju na ustreznem situ preostali del vzorca ustrezno zmanjšamo. Upoštevamo dejstvo, da se z manjšanjem premera zrn večja natančnost sejnalne analize pri isti velikosti vzorca;
- nato enostavno sestavimo obe analizi, podobno kot pri metodi Kellerhalsa in Braya (tč. 3.1). Preračun sloni na idealni sliki zrn (gosto in slučajno zložene kocke). Metoda je precej enostavna in hitra ter daje zadovoljive rezultate v primeru analiziranja rinjenih plavin. Napake (podcenjen delež grobih zrn) vplivajo bolj na pravilno oceno hrapavosti kot na oceno predstavniškega zrna teh plavin in s tem na oceno premestitvene zmogljivosti.

2. ZRNAVOST PRODNATIH PLAVIN

Sejalna analiza je najpogostejša metoda za analizo rinjenih plavin. Pri določanju krivulje relativne pogostosti zrn plavin (vsotne krivulje presejka ali odsejka) se pojavita dva problema, ki sta medsebojno odvisna:

način odvzema vzorca:	prostorninski V površinski A	linijski L točkovni P
način ovrednotenja:	po številu q	po teži p

Detaljni opis metod odvzema daje [Kellerhals, Bray]. Tako npr. pri površinskem odvzemu upoštevamo vsa zrna, ki so na površini, pri linijskem odvzemu pa vsa zrna pod neko linijo. Pri točkovnem odvzemu upoštevamo vsa zrna (običajno $d_m > 0.01\text{--}0.05 \text{ m}$), ki ležijo v slučajno izbranih točkah oz. po neki shemi. Ovrednotenje po številu pomeni, da vsa odvzeta zrna razdelimo v intervale in tako število zrn v nekem intervalu predstavlja število vseh zrn v analiziranem materialu. Pri takem ovrednotenju prihaja do velikih napak glede na ovrednotenje po teži. Oba načina ovrednotenja ločimo z definiranjem simbolov:

VODNOGOSPODARSKI INŠTITUT LJUBLJANA

- **ovrednotenje po teži:** p_i oz. Δp_i
- **po številu:** q_i oz. Δq_i

in jih dodatno označimo z načinom odvzema (V, A, L, P) na mestu eksponenta. Osnovni problem predstavlja preračun in sestavljanje različnih analiz rinjenih plavin.

2.1. Anastasijeva metoda

sloni na zelo izčrpnih in uporabnih raziskavah in analizah rinjenih plavin ob upoštevanju grobih zrn: sejalna analiza z maksimalnim zrnjem $d_{m\Delta} > 0.35 \text{ m}$ podceni groba in preceni drobna zrna plavin. Anastasi je predpostavil, da sejalna analiza vseeno da prava (relativna) razmerja drobnih zrn, ne pa tudi njihove absolutne veljavne razdelitve.

V območju drobnih zrn je potek dejanske zrnivosti izhodiščnega materiala p_i^V proporcionalen tistemu, ki ga dobimo s t. i. **parcialno analizo podlage** p_i^Y . Ta je lahko dobljena tudi ob prisotnosti grobih zrn in je še vedno zadovoljiva za izračun p_i^V . Iz samo parcialne analize materiala podlage ne moremo oceniti maksimalnega zrna ($d_{m\Delta} < d_{m\Delta}$). Zato določimo potek krivulje zrnivosti p_i^V v območju grobih zrn z ločeno, t. i. **parcialno analizo krovnega sloja** p_i^{V**} .

* ** ... parcialna analiza v območju drobnih/grobih zrn.

Veljavno zrnivost izhodiščnega materiala dobimo torej z analizo podlage in analizo krovnega sloja. Analiza krovnega sloja nam da zgornji del krivulje zrnivosti izhodiščnega materiala, ki mu prilagodimo spodnji del krivulje, dobljen z analizo podlage.

Za analizo krovnega sloja je posebno primeren linijski odvzem vzorca, ovrednoten po številu. Zrn ni potrebno sejati in tehtati, zato je analiza poceni. Zrna glede na srednji premer (srednjo os) razvrstimo v intervale in preštejemo. Izmera naj obsega vsaj 100 zrn, od tega vsaj 10 v vsakem intervalu.

Intervale oblikujemo v geometrijskem naraščanju s korenom števila 2. Tako dobimo optimalen odnos med reprezentativnostjo vzorca (napaka vzorca se manjša z večanjem vzorca) in napako odvzema (ki je neodvisna od velikosti vzorca, a je pri velikem vzorcu precej večja od napake vzorca) [Hey, Thorne].

Osnovo za določanje zrnivosti izhodiščnega materiala predstavljajo naslednje tri parcialne analize (prečka na simbolu označuje analizo krovnega sloja):

podlage: p_i^Y ($d_m < 0.35 \text{ m}$) in krovnega sloja: \bar{q}_i^{V**} ($d_m > 0.05 \text{ m}$) in \bar{p}_i^A ($d_m < 0.35 \text{ m}$)

Njihov preračun in sestavljanje v zrnivost izhodiščnega materiala prikazuje shema v **diagramu 1**.

HEMA PRERAČUNA IN SESTAVLJANJA ANALIZ ZA DOLOČITEV ZRNAVOSTI IZHODIŠNEGA MATERIALA [Anastasi]

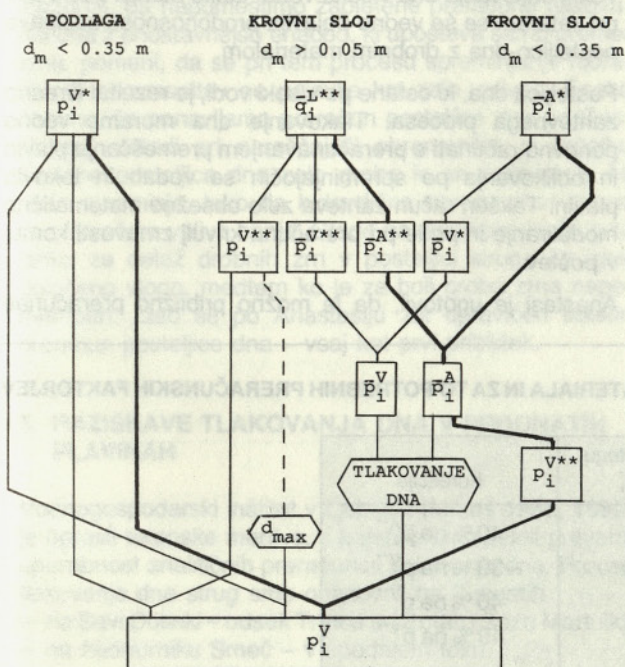


Diagram 1

3. PRERAČUN IN SESTAVLJANJE ANALIZ PRODNIH PLAVIN

3.1. Kellerhalsova in Brayeva metoda

Starejša znana metoda [Kellerhals, Bray] za preračun krivulj zrnivosti, ovrednotenih po številu, v tiste po teži (in obratno), se opira na idealno sliko zrn. Izvajanje preračuna lahko prikazemo za poljuben interval zrn i:

$$\text{teža vseh zrn intervala } i: G_i = \rho_M g C n_i d_i^3 \quad (2)$$

kjer je:

- $\rho_M \dots$ gostota plavin (kg/m³)
- $g \dots$ pospešek sile teže (9.81 m/s²)
- $C \dots$ faktor oblike (-)
- $n_i \dots$ število zrn v intervalu (-)
- $d_i \dots$ srednji premer srednjega zrna intervala (m)

$$\text{teža vseh zrn vzorca: } G_{\text{tot}} = \rho_M g C \sum (n_i d_i^3) \quad (3)$$

$$\Delta p_i = n_i d_i^3 (\sum (n_i d_i^3))^{-1} \quad (4)$$

in po deljenju s številom vseh zrn n_{tot} :

$$\Delta p_i = \Delta q_i d_i^3 (\sum (\Delta q_i d_i^3))^{-1} \quad (5)$$

$$\Delta q_i = \Delta p_i d_i^{-3} (\sum (\Delta p_i d_i^{-3}))^{-1} \quad (6)$$

Razmerja veljajo v primeru enakega načina odvzema vzorca. Pri različnih načinih odvzema vzorca se glede na idealno sliko zrn (gosto, slučajno zložene kocke) upošteva, da se nerazporejena zrna pri vrednotenju po številu

obnašajo obratnosorazmerno k geometrijski velikosti, kakršno smo našli pri odvzemu:

$$\Delta q_i^V \sim d_i^{-3} \quad \Delta q_i^A \sim d_i^{-2} \quad \Delta q_i^T \sim d_i^{-1} \quad \Delta q_i^P \sim 1 \quad (7)$$

Tako je možno pri različnih načinih odvzema vzorca zapisati razmerja:

$$\begin{aligned} \Delta q_i^V &= C_1 \quad \Delta q_i^P d_i^{-3} = C_2 \quad \Delta q_i^T d_i^{-2} = C_3 \quad \Delta q_i^A d_i^{-1} \\ \Delta q_i^A &= C_4 \quad \Delta q_i^P d_i^{-2} = \dots \end{aligned} \quad (8)$$

$C_1 \dots$ upoštevamo kot dimenzionalne konstante (idealizacija!) – v resnici se spreminjajo v odvisnosti od predstavnih zrn posameznih frakcij.

Razmerja (8), skupaj s (5) ali (6) omogočajo preračun krivulje zrnivosti. Npr.: linijsko – številčno analizo preračunamo v prostorninsko – težnostno iz (5):

$$\begin{aligned} \Delta p_i^V &= \Delta q_i^V d_i^3 (\sum (\Delta q_i^V d_i^3))^{-1} = \\ &= C_2 \Delta q_i^T d_i^{-2} d_i^3 (C_2 \sum (\Delta q_i^T d_i^{-2} d_i^3))^{-1} \end{aligned} \quad (9)$$

$$\Delta p_i^V = \Delta q_i^T d_i (\sum (\Delta q_i^T d_i))^{-1}$$

$$\text{faktor preračuna je enak } d_i^{1.0} \quad (10)$$

Za poljubne preračunske faktorje so izdelane popolne preglednice – npr. [Kellerhals, Bray], vendar so le redke eksperimentalno preverjene.

3.2. Anastasijeva metoda

Novejši pristop definira eksperimentalno preverjene faktorje preračuna \propto [Anastasi], ki so v splošnem definirani z:

$$\Delta p_i = \Delta q_i d_i^\infty (\sum (\Delta q_i d_i^\infty))^{-1} \text{ oz.}$$

$$\log (\Delta p_i / \Delta q_i) = \infty \log d_i + \text{konstanta} \quad (11)$$

za izbrane metode iz diagrama 1 in so prikazani v diagramu 2. Pri vsaki metodi je poleg preračuna s pomočjo preračunskih faktorjev pomembno tudi sestavljanje dveh različnih krivulj zrnivosti (poševne linije v shemi v diagramu 1 oz. znak »+« v pregledu v diagramu 2). Tako Anastasi predlaga:

- **togo sestavljanje** spodnjega dela krivulje zrnivosti drobnih zrn p_i kakega materiala in togo obravnavanega (veljavnega) zgornjega dela tiste krivulje zrnivosti, ki vsebuje groba zrna p_i istega materiala;
- **prilagodljivo sestavljanje** – podobno je togemu sestavljanju, le da premikamo tudi zgornji del krivulje p_i – uporabimo, kadar ima zgornji del krivulje p_i sumljiv potek oz. popolnoma odpove togo sestavljanje;
- **možnosti preračuna in sestavljanja – diagram 2:**
- najpopolnejša in zamudna možnost uporabi metodi 1 in 2 – odebeljena črta v diagramu 1 – je zanimiva, saj obenem poda izvor tlakovanja dna,
- enostavnejša možnost uporabi metodo 3 – rezultati so slabši kot prej,
- metodi 4 in 5 ne vodita do cilja, ker dajeta rezultat, odvisen od neznane sestave posteljice dna,

– zanimiva je metoda 6 (obrnjena metoda 2) – na podlagi znanega izhodiščnega materiala lahko določimo zrnavost posteljice dna (podrobneje opisano v tč. 4.2),
 – najenostavnejša možnost sloni na teoriji verjetnosti: krivuljo zrnivosti podlage v območju grobih zrn lahko popravimo z empirično funkcijo razporeditve zrn. Potrebujemo še oceno o maksimalnem zrnu $d_{m\Delta}$ – največjem zrnu na površini odvzemnega mesta za analizo podlage. Anastasi je testiral 4 različne funkcije razporeditve zrn (log-normalno, korigirano Fullerjevo, RRS in Gumbelovo) in možnost njihove uporabe. Najprimernejša je bila Gumbelova razporeditev in z njo opravljen preračun zrnivosti izhodiščnega materiala daje za prakso dobre in uporabne rezultate.

sloja, neznan. Vodni tok in tok rinjenih plavin se v naravi stalno spreminjata. Če je na nekem določenem mestu vzrok tlakovanja dna visoka voda, lahko manjši vodni tok, pri katerem se še vedno pojavlja prodonosnost, zasipava posteljico dna z drobnim materialom.

Posteljica dna, ki ostane po visoki vodi, je rezultat izredno zahtevnega procesa. Tlakovanje dna moramo vedno ponovno računati s preračunavanjem premeščanja plavin in oblikovanja po spreminjajočih se vodah in tokovih plavin. Takšen račun zahteva zelo obsežno matematično modeliranje in pride pri preračunu krivulj zrnivosti komaj v poštev.

Anastasi je ugotovil, da je možno približno preračunati

PREGLED METOD PRERAČUNA ZRNAVOSTI IZHODIŠČNEGA MATERIALA IN ZA TO POTREBNIH PRERAČUNSKIH FAKTORJEV [Anastasi]

Št.	Preračun in sestavljanje različnih analiz	EkspONENT v faktorju preračuna d_i^α	Korekcija
1.	$\bar{q}_i^{L**} \rightarrow \bar{p}_i^{A**} + \bar{p}_i^{A*} = \bar{p}_i^A$	$\alpha = 2.0$	40 % na \bar{p}_i^{A**}
2.	$\bar{p}_i^{A*} \rightarrow p_i^{V**} + p_i^{V*} = p_i^V$	$\alpha = -1.0$	-30 % na p_i^{V**}
3.	$\bar{q}_i^{L**} \rightarrow p_i^{V**} + p_i^{V*} = p_i^V$	$\alpha = 0.7$	40 % na p_i^{V**}
4.	$\bar{q}_i^{L**} \rightarrow \bar{p}_i^{V**}$	$\alpha = 2.0$	40 % na \bar{p}_i^{V**}
5.	$\bar{p}_i^{A*} \rightarrow \bar{p}_i^{V*} + \bar{p}_i^{V**} = \bar{p}_i^V$	$\alpha = 0.5$	
6.	$p_i^V \rightarrow \bar{p}_i^A$	$\alpha = 1.0$	ev. 30 % na p_i^V

Diagram 2

4. PRERAČUN TLAKOVANJA DNA V PRODNATIH PLAVINAH

4.1. Gesslerjeva metoda

Gessler je za osnovo računa tlakovanja dna strug vzal razporeditev strižnih napetosti na dno struge. Predpostavil je, da v turbulentnem toku strižne napetosti na dno fluktuirajo okoli svoje srednje vrednosti. Standardno deviacijo σ je določil na osnovi eksperimentov, medtem ko je za razporeditev strižnih napetosti predpostavil, da ustreza normalnemu (Gaussovemu) zakonu verjetnosti, vendar tega ni posebej eksperimentalno dokazoval. Ne glede na navedeno pomanjkljivost je Gesslerjeva metoda pogosto in uspešno uporabljena.

4.2. Anastasijeva metoda

Anastasi je v okviru svojih raziskav posvetil veliko pozornosti tudi procesom tlakovanja dna strug. Po njem sta si posteljica dna in podlaga podobni – sorodni. To velja l_e , če sta posteljica dna in podlaga nastali iz istega izvornega materiala oz. če se posteljica dna izoblikuje iz materiala podlage na tem istem mestu (!). Teoretično bi bilo tako možno iz dane analize posteljice dna struge sklepati o sestavi materiala v podlagi. Ta naloga je iz različnih razlogov zelo obširna in skoraj ni uresničljiva. Rešitev mora biti iskana iterativno iz neznane mešanice podlage, pri čemer je pogoj, ki je pripeljal do opazovanega krovnega

zrnavost posteljice dna z enostavnim preračunom mešanice podlage z eksponentom $\alpha = 1.0$ v preračunskem faktorju. Velja namreč:

$p_i^V \rightarrow \bar{p}_i^A = p_i^V \rightarrow \bar{p}_i^V \rightarrow \bar{p}_i^A$ kar je posredno vsebovano v Gesslerjevi metodi.

Anastasi je zato primerjal svoj teoretični preračun z Gesslerjevo metodo. Primerjava ga je privedla do enačbi (11) podobnega izraza:

$$\log(\Delta \bar{p}_i^A / \Delta p_i^V) = \alpha \log(d_i / (l_e h_w)) + \text{konstanta} \quad (\alpha = 1.0) \quad (12)$$

kjer je: $l_e \dots$ energetski padec (–)

$h_w \dots$ pretočna globina vode (m)

Enačba (12) predstavlja premico v dvojni logaritmični skali in je – kar se nklona premice tiče (eksponent α) – tudi po razširitvi za $(l_e h_w)$ popolnoma enakovredna enačbi (11). Položaj premice je Anastasi popravil z uporabo starega in zelo uporabnega Steigerjevega kriterija, ki določa največje še premakljivo zrno posteljice dna:

$$d_m = l_e h_w / n \quad n \dots \text{odvisen od stanja vodotoka (0.03–0.05)} \quad (13)$$

Tako dobljene vrednosti ustrezajo kritičnim Shieldsovim faktorjem $\Theta_{cr} = 0.02–0.03$ – izraženim za premer zrn iz enačbe (13). Vrednosti ležijo nekoliko nižje, kot to določajo Shieldsovi faktorji za enovito zrnavost. To ustreza tudi izvajanjem Guentherja in drugih avtorjev, ki definirajo Θ_{cr}

za zrna, kadar so ta zaradi svoje lege na drobnejšem materialu močnejše izpostavljeni vodnemu toku.

Možnost, da nadomestimo zapletene preračune tlakovanja dna z enostavnejšo enačbo, ki upošteva samo premer zrna, pomeni, da se pri tem procesu spreminjanje hidravličnih obremenitev ne pojavlja kot zelo vplivno. Enako dobimo, če ponavljamo preračun posteljice dna po Geslerjevi metodi pri naraščajoči obremenitvi: v začetku postane posteljica dna zelo groba in se pozneje le še malo spreminja, tako da hidravlična obremenitev skoraj že nič več ne vpliva nanjo. Glede na dotok plavin, bi le-ta lahko za delež drobnih zrn v posteljici struge še igral določeno vlogo, medtem ko je za bolj groba zrna nepomemben. Zato se po Anastasiju zdi upravičen takšen preračun posteljice dna – vsaj kot prvi približek.

5. RAZISKAVE TLAKOVANJA DNA V PRODNATIH PLAVINAH

Vodnogospodarski inštitut v Ljubljani [Mikoš 1988, 1989] je opravil terenske meritve, s katerimi smo želeli preveriti uporabnost analitičnih preračunov tlakovanja dna. Proces tlakovanja dna strug smo opazovali na 2 mestih:

- na Savi Dolinki – odsek Tratce pri Rutah (Gozd Martulk)
- na hudourniku Smeč – v spodnjem toku.

Meritve in analize so potekale v naslednjem vrstnem redu (vrednosti v oklepajih se nanašajo na hudournik Smeč; prikazani sta le prilogi za Savo Dolinko):

1. Prostorninska – težnostna parcialna analiza podlage p_i^* na vzorcu podlage dna struge:

$$G_{tot} = 70 (50.4) \text{ kg in } d_{m\Delta} = 12 (15) \text{ cm}$$

2. Preračun p_i^* v veljavno krivuljo zrnivosti podlage p_i s pomočjo Gumbelove razporeditve zrn (korekcijo v območju grobih zrn) [pr. 2], znanim maksimalnim zrnom na območju odvzema vzorca in izbrano verjetnostjo nastopa maksimalnega zrna:

$$d_{m\Delta} = 20 (20) \text{ cm in } p(d_{m\Delta}) = 0.997 (0.997)$$

3. Preračun veljavne krivulje zrnivosti podlage p_i^* v zrnovost posteljice dna \bar{p}_i^A po Anastasijevi metodi [pr. 2]. Preračun upošteva padec dna struge na merjenem odseku in pretočno globino visoke vode, ki je ustvarila izmerjeno posteljico dna:

$$l_{w\Delta} = 0.008 (0.036) \text{ in } h_{w\Delta} = 100 (21) \text{ cm}$$

4. Površinska – težnostna analiza posteljice dna \bar{p}_i^A na vzorcu krovnega sloja – posteljice dna (skeletalna zrna in podlaga posteljice):

$$G_{tot} = 64.3 (45) \text{ kg in } d_{m\Delta} = 20 (20) \text{ cm}$$

5. Površinska – številčna analiza grobih zrn posteljice dna \bar{q}_i^{A**} na vzorcu skeletnih zrn posteljice dna:

$$n = 50(100) \text{ in } d_{m\nabla} = 8.3(5.0) \text{ cm ter } d_{m\Delta} = 19.3 (19.7) \text{ cm}$$

6. Preračun \bar{q}_i^{A**} v \bar{p}_i^{A**} [pr. 1] s pomočjo preračunskega faktorja $\alpha = 3.0$

7. Površinska – težnostna analiza drobnih zrn posteljice dna \bar{p}_i^A na vzorcu podlage posteljice dna:

$$G_{tot} = 25.6 (45) \text{ kg in } d_{m\Delta} = 15 (14.8) \text{ cm}$$

8. Prilagodljivo sestavljanje \bar{p}_i^{A*} in \bar{p}_i^{A**} v \bar{p}_i^A po Anastasijevi metodi [pr. 1].

9. Preračun veljavne krivulje zrnivosti podlage p_i^* v zrnovost posteljice dna \bar{p}_i^A po Geslerjevi metodi. Preračun upošteva padec dna struge na merjenem odseku in pretočno globino visoke vode, ki je ustvarila izmerjeno posteljico dna:

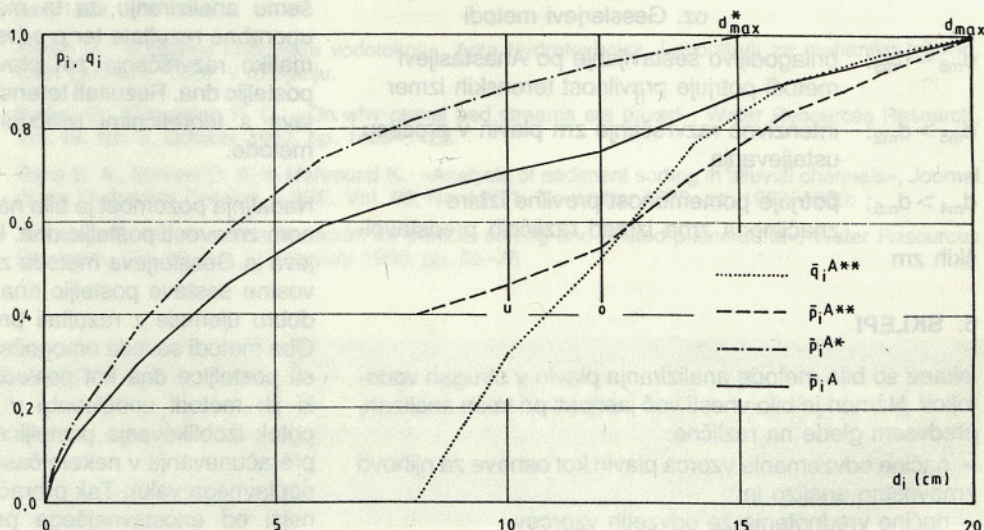
$$l_{w\Delta} = 0.008 (0.036) \text{ in } h_{w\Delta} = 100 (21) \text{ cm}$$

10. Medsebojna primerjava krivulj zrnivosti \bar{p}_i^A , dobjenih na vse različne načine [pr. 2]. Primerjava kaže, da se preračuni po Geslerju, Anastasiju in s prilagodljivim sestavljanjem dobro ujemajo med seboj in z izmerjeno krivuljo.

11. Izračun predstavnih zrn na osnovi naslednjih krivulj zrnivosti:

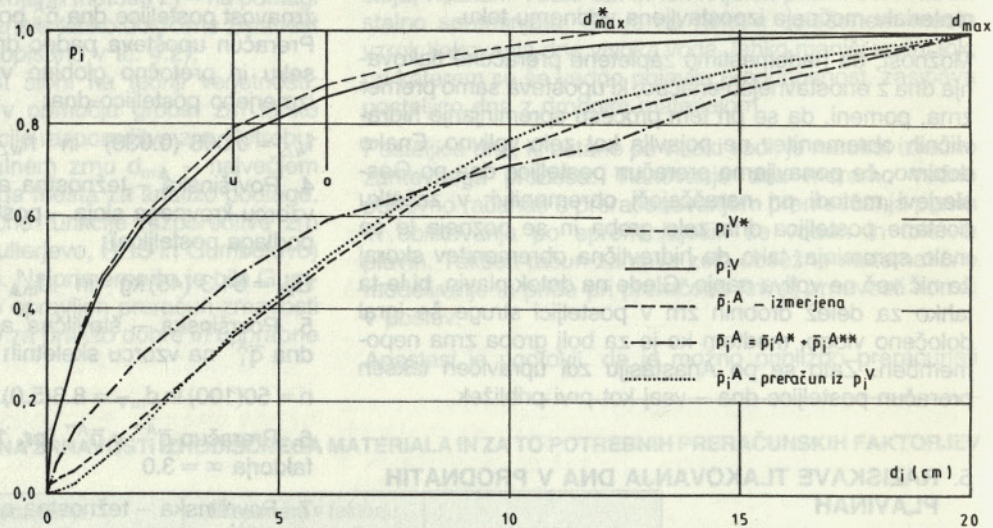
PRERAČUN \bar{q}_i^{A**} v \bar{p}_i^{A**} TER PRILAGODLJIVO SESTAVLJANJE \bar{p}_i^{A*} IN \bar{p}_i^{A**} V \bar{p}_i^A

SAVA DOLINKA – TRATCE [RUTE] PRILOGA 1



PRERAČUN p_i^V V p_i^Y Z GUMBELOVO RAZPOREDITVIJO TER PRIMERJAVA IZMERJENE, PRERAČUNANE IN SESTAVLJENE \bar{p}_i^A

SAVA DOLINKA – TRATCE [RUTE] PRILOGA 2



$$p_i^V \quad d_{Vp^*} = \sum (d_i \Delta p_i^V) = d_{m1} = 2.45 \text{ (2.96) cm}$$

$$p_i^Y \quad d_{Vp} = \sum (d_i \Delta p_i^Y) = d_{m2} = 2.77 \text{ (3.19) cm}$$

$$\text{izmerjena } \bar{q}_i^{A**} \quad d_{Aq^{**}} = \sum (d_i \Delta \bar{q}_i^{A**}) = d_{m3} = 12.06 \text{ (9.91) cm}$$

$$\bar{p}_i^{A**} \quad d_{Ap^{**}} = \sum (d_i \Delta \bar{p}_i^{A**}) = d_{m4} = 14.09 \text{ (13.70) cm}$$

$$\text{izmerjena } \bar{p}_i^A \quad d_{Ap} = \sum (d_i \Delta \bar{p}_i^A) = d_{m5} = 7.09 \text{ (7.87) cm}$$

$$\text{po metodi Anastasija preračunana } \bar{p}_i^A \quad d_{Ap} = \sum (d_i \Delta \bar{p}_i^A) = d_{m6} = 6.84 \text{ (7.29) cm}$$

$$\text{po metodi Gesslerja preračunana } \bar{p}_i^A \quad d_{Ap} = \sum (d_i \Delta \bar{p}_i^A) = d_{m7} = 6.64 \text{ (5.97) cm}$$

$$\text{sestavljena } \bar{p}_i^A \quad d_{Ap} = \sum (d_i \Delta \bar{p}_i^A) = d_{m8} = 7.07 \text{ (7.40) cm}$$

$d_{m2} > d_{m1}$: potrjuje potrebo po korekciji analize podlage v območju grobih zrn

$d_{m5} \approx d_{m6}$ in $d_{m5} \approx d_{m7}$: potrjuje uporabnost preračuna tlakovanja dna po Anastasiji oz. Gesslerjevi metodi

$d_{m8} \approx d_{m5}$: prilagodljivo sestavljanje po Anastasiji metodi potrjuje pravilnost terenskih izmer

$d_{m5} > d_{m2}$: intenzivno razvrščanje zrn plavin v procesu ustaljevanja

$d_{m4} > d_{m5}$: potrjuje pomembnost pravilne izbire značilnega zrna izmed različnih predstavniških zrn

6. SKLEPI

Iskane so bile metode analiziranja plavin v strugah vodotokov. Namen je bilo vnesti več jasnosti pri takih analizah, predvsem glede na različne:

- načine odvzemanja vzorca plavin kot osnove za njihovo zrnovostno analizo in
- načine vrednotenja že odvzetih vzorcev.

Potreba po dodatnem preučevanju zrnivosti plavin je slonela tudi v naslednjih dejstvih:

– v slovenskih vodotokih (predvsem strmih), prevladujejo prodnate plavine s precejšnjim deležem grobih zrn, ki jih z dosedaj uporabljenimi metodami analize (sejalna analiza) ne moremo več ustrezno upoštevati

– v procesu ustaljevanja dna strug prihaja do intenzivnega lokalnega razvrščanja zrn plavin. To povzroča intenzivno razslojevanje sicer že tako heterogene zrnovostne združbe dotekajočih plavin oz. plavin v podlagi – iz katerih nastajajo posteljice dna. Posledica je navpična razslojenost plavin, ki tako zahtevajo podrobnejše analiziranje – opraviti je potrebno več analiz in jih naknadno med seboj preračunati oz. sestaviti.

Opravljen terenska raziskava tako priporoča uporabo Anastasijeve metode. Omenjena metoda je sicer zahtevna in obsežna, saj zahteva 3 opravljene analize, ki jih nato ustrezno preračunamo in sestavimo. Kljub nekoliko daljšemu analiziranju da ta metoda precej hitro dobre in uporabne rezultate ter predvsem dober vpogled v problematiko razvrščanja zrn plavin – nastanek in zrnovost posteljic dna. Rezultati terenskih meritev in njihova primerjava s teoretičnimi izračuni je potrdila uporabnost te metode.

Nadaljnja pozornost je bila namenjena teoretičnim izračunom zrnivosti posteljic dna. Uporabljeni sta bili Anastasijeva in Gesslerjeva metoda za teoretično določanje zrnovostne sestave posteljic dna. Terenske raziskave so se dobro ujemale z rezultati preračuna po obeh metodah. Obe metodi seveda omogočata le izračun končne zrnivosti posteljice dna kot posledice hidrološke obremenitve, ki jih metodi upoštevata v svojem izračunu. Dejanski potek izoblikovanja posteljice dna zahteva matematično preračunavanje v nekem časovnem intervalu (npr. v času poplavnega valu). Tak preračun je seveda precej zahtevnejši od enostavnejšega preračuna samo zrnovostne

sestave posteljice dna in presega okvir pričujoče raziskave.

Raziskave zrnivosti so pokazale velike spremembe, ki so posledica razvrščanja zrn plavin. Razlike v značaju rinjenih plavin ter različno zgoščenih (relativno stabilnih) posteljic dna niso enostavno le v spremembi velikosti značilnih zrn:

značilno zrno:	rinjenih plavin	posteljice dna	skeletnih zrn
Sava Dolinka:	2,77 cm	7,09 cm	14,09 cm
hudournik Smeč:	3,19 cm	7,87 cm	13,70 cm

temveč v bistveno spremenjeni obliki zrnovostne krivulje, ki je zaradi spiranja drobnejših – polnilnih zrn veliko bolj groba pri posteljici dna, ob praktično nespremenjenih največjih zrnih plavin.

Ali je za premeščanje rinjenih plavin kot za relativno stabilnost posteljice dna odločujoče isto značilno zrno? Ne, kajti za izbor značilnega zrna je pomemben fizikalni

proces, ki ga opisujemo. Če se v primeru analiz premeščanja rinjenih plavin uporablja kot značilno zrno prostorsko težnostno zrno d_{vp} celotnega spektra zrnivosti plavin p_i^y , se v primeru analiz stabilnosti posteljic dna upoštevajo predvsem groba – skeletna zrna \bar{q}_i^A in kot značilno zrno celotne posteljice dna \bar{p}_i^A njihovo ploskovno številčno zrno d_{Aq} .

Primerjava značilnih zrn rinjenih plavin in posteljice dna pove, da so procesi spiranja drobnih zrn intenzivni predvsem na površini in ne segajo v globino. Debelina posteljice dna se giblje okoli vrednosti premera največjega zrna posteljice dna. Tako je podlaga posteljice dna že precej manj groba in predstavlja prehod k zrnivosti podlage krovnega sloja. V posteljici sami so predvsem pomembna skeletna zrna. Izkušnje kažejo, da je v grobem $\approx 30\%$ tudi polnilnih zrn. Ta delež se v procesu spiranja seveda manjša in zrnovostna sestava posteljice dna je vse bolj enovita – groba.

Literatura

- Anastasi G.: »Geschiebeanalysen im Felde unter Beruecksichtigung von Grobkomponenten«, Mitt. der VAW Nr. 70, ETH Zuerich, 1984.
- Bray D. I.: »Armored versus paved gravel beds«, Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 106, No. HY11, November 1980, pp. 1937–1940.
- Colarič O.: »Erozija, prodonosnost in kalnost slovenskih vodotokov«, Vodogradbeni laboratorij, Ljubljana, 1974.
- Gessler J.: »Der Geschiebetriebbegin bei Mischungen an natuerlichen Abpflaesterungserscheinungen in Kanaelen«, Mitt. der VAW Nr. 69, ETH Zuerich, 1965.
- Gyr A.: »Towards a better definition of the three types of sediment transport«, Journal of Hydraulic Research, Vol. 21, No. 1, 1983, pp. 1–15.
- Hey R. D., Thorne C. R.: »Accuracy of surface samples from gravel bed material«, Journal of Hydraulic Engineering, Vol. 109, No. 6, June 1983, pp. 842–851.
- Kellerhals R., Bray D. I.: »Sampling procedures for coarse fluvial sediment«, Journal of the Hydraulic Division, ASCE, Vol. 97, No. HY8, August 1971, pp. 1165–1180.
- Mikoš M.: »Analiza zrnivosti plavin po izvornih tipih hribin in zrnovostne spremembe plavin vzdolž odvajalnikov«, Diplomsko naloga št. 183, VTOZD GG, FAGG, UEK Ljubljana, januar 1983, 67 strani.
- Mikoš M.: »Urejanje hribovskih vodotokov«, Magisterska naloga, VTOZD GG, FAGG, UEK Ljubljana, junij 1988, 179 strani.
- Mikoš M.: »Urejanje hribovskih vodotokov«, Acta Hydrotechnica, Laboratorij za mehaniko tekočin, UEK Ljubljana, 1989, v izdajanju.
- Parker G., Klingeman P. C.: »On why gravel bed streams are paved«, Water Resources Research, Vol. 18, No. 5, October 1982, pp. 1409–1423.
- Rana S. A., Simons D. B. in Mahmood K.: »Analysis of sediment sorting in alluvial channels«, Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 99, No. HY11, November 1973, pp. 1967–1980.
- Troutman B. M.: »A stochastic model for particle sorting and related phenomena«, Water Resources Research, Vol. 16, No. 1, February 1980, pp. 65–76.

OCENJEVANJE STANJA IN ZANESLJIVOSTI BETONSKIH KONSTRUKCIJ

UDK: 624.012.4:624.04:340.130

JAŠ ŽNIDARIČ, STANE TERČELJ, JANJA MAROLT

POVZETEK

Ocena stanja in zanesljivosti obstoječih konstrukcij postaja pomembna naloga gradbenega konstruktivista. Poleg rednih pregledov in načrtovanja vzdrževalnih in sanacijskih del postaja tudi sestavni del sistemov za nadzorovanje mostov. V referatu so prikazane osnovne značilnosti osnutka pravilnika in priručnika za nadzorovanje cestnih mostov, kot sta bila zasnovana za cestno službo v Sloveniji.

Podan je seznam preiskav, s katerimi se preverja globalno obnašanje konstrukcij in ki se uporabljajo za določitev lastnosti in stopnje propadanja vgrajenih materialov. Ti podatki so potrebni za vrednotenje nosilnosti in pričakovane življenjske dobe konstrukcij. Na kratko je predstavljen tudi probabilistični postopek za oceno zanesljivosti (varnosti) obstoječih betonskih konstrukcij.

PERFORMANCE ASSESSMENT OF EXISTING CONCRETE STRUCTURES

SUMMARY

Performance assessment of existing structures is an important task faced by structural engineers. Such assessment has also become an integral part of bridge management systems, in addition to periodical maintenance inspections and the planning of repair and maintenance works. In the paper, the essential features of the new draft regulations and manual for bridge inspections are presented, to be used by the road authorities of Slovenia. Included are a list of test methods for determining the general behaviour of structures, and for testing the properties and degree of degradation of their materials. These data are needed to evaluate the load-carrying capacity and life-expectancy of structures. An approach to the evaluation of the reliability and safety of existing concrete structures, based on probability theory, is also briefly presented.

1.0. SPLOŠNO

Naloga, s katero se bomo v prihodnosti pogosto srečevali in ki že postaja posebno delovno področje v konstrukterstvu, je ocenjevanje stanja in dejanske zanesljivosti obstoječih betonskih konstrukcij. Takšno oceno potrebujemo zlasti pri:

1. odločanju, ali naj se poškodovana konstrukcija sanira ali pa takšni ukrepi še niso potrebni oz. niso ekonomsko upravičeni;
2. rekonstrukcijah ali ojačitvah zaradi povečanja koristne obtežbe.

Zanesljivost konstrukcije pomeni varnost pred porušitvijo in uporabnost glede na deformacije in razpoke.

Avtorji:
Doc. Jaš Žnidarič, dipl. ing. gradb., ZRMK, Maribor, Gorkega 1
Stane Terčelj, dipl. ing. gradb., ZRMK, Ljubljana, Dimičeva 12
Janja Marolt, dipl. ing. gradb., ZRMK, Ljubljana, Dimičeva 12

Obstojnost proti agresivnim vplivom okolja kot tretji parameter kakovosti betonske konstrukcije pa neposredno vpliva na njeno varnost, saj se zaradi posledic agresivnega vpliva okolja (npr. korozije betona in/ali jekla) slabšajo lastnosti betona, od katerih je odvisna nosilnost konstrukcije (trdnost, elastičnostni modul), običajno pa se zmanjša tudi nosilni prerez betona oz. jekla.

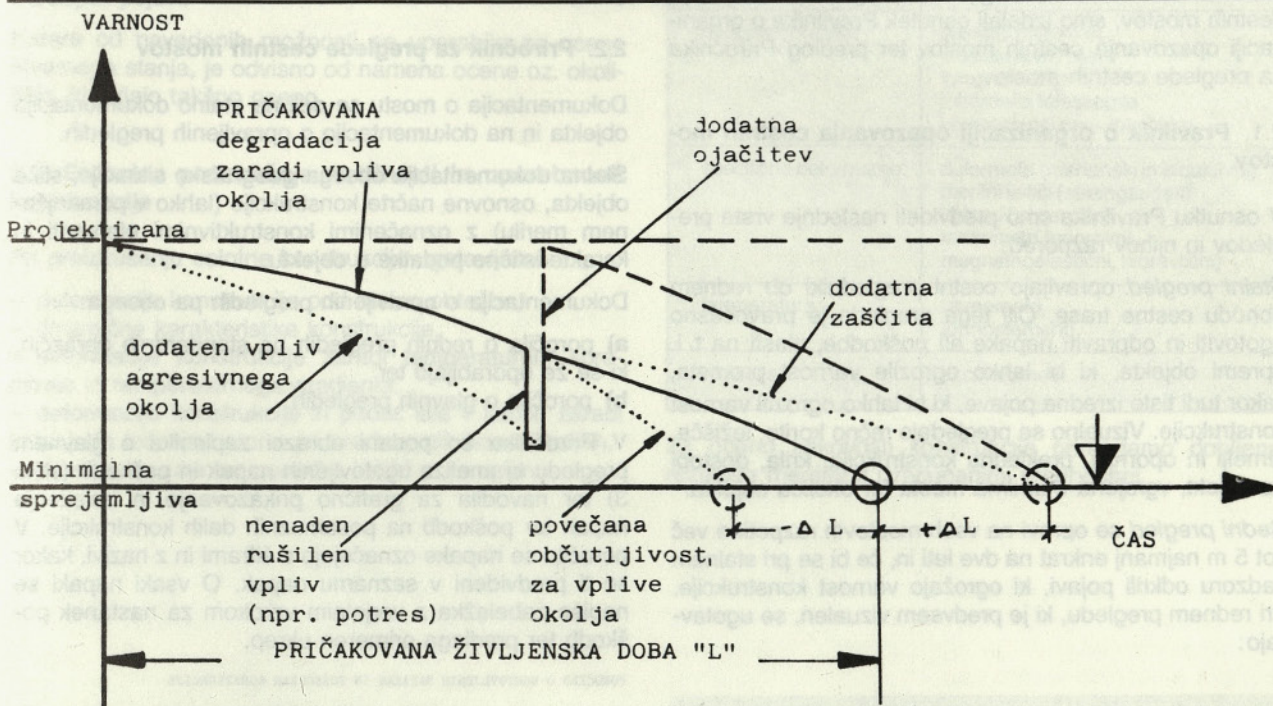
Projektirana varnost konstrukcije med uporabo upada. Glavni vzroki za to so:

- staranje, tj. pričakovana degradacija konstrukcije zaradi normalnih vplivov okolja,
- propadanje betona in armature v agresivnem okolju zaradi mehanskih, fizikalnih in kemičnih vplivov,
- preobremenitve,
- ekstremne temperature (požar, zmrzovanje),
- vsiljene deformacije.

Ob koncu pričakovane (normalne) življenjske dobe se bo ob normalnem staranju varnost konstrukcije zmanjšala do neke minimalne, še sprejemljive vrednosti. Zaradi ostalih vzrokov pa običajno pride do pospešenega ali tudi nenadnega zmanjšanja varnosti, s tem pa tudi do bistvenega skrajšanja življenjske dobe konstrukcije.

S sanacijo, z rekonstrukcijo, ojačitvijo ali z dodatno zaščito površine je možno konstrukciji vrniti ali tudi povečati njeno zanesljivost ter s tem ohraniti ali celo podaljšati pričakovano življenjsko dobo (sl. 1).

vgrajenih materialov in na skrbni klasifikaciji poškodb (vrsta, stopnja, obseg in možno širjenje). Metode preiskav in meritev, ki se uporabljajo za diagnozo stanja, obravnavamo v poglavju 3.0. V svetu in tudi pri nas je opazen



Sl. 1. Možne oblike propadanja in saniranja konstrukcij

Gospodarno upravljanje s konstrukcijo terja zato njeno redno vzdrževanje, ki obsega:

1. nadzorovanje konstrukcije, ki je predpisano tudi v 269. in 270. členu PBAB, in to zato, da se pravočasno odkrijejo ter ocenijo poškodbe in napake;
2. sprotno in strokovno popravilo poškodb, po potrebi tudi rekonstrukcije oz. ojačitve, da se prepreči večja škoda.

Nadzorovanje konstrukcije zajema:

A. Redno opazovanje, ki je v gospodarsko razvitih državah, zlasti za področje mostnih konstrukcij, predpisano z ustrežno tehnično regulativo na ravni državnih uprav za ceste. V tč. 2.0 je kot primer prikazana vsebina Pravilnika za nadzorovanje cestnih mostov, ki smo ga kot raziskovalno nalogo pripravili za ZCP Slovenije.

B. Občasno celovito oceno kakovosti konstrukcije, s katero se ugotovi njena trenutna zanesljivost in po potrebi predvidi tudi preostala življenjska doba.

C. Programiranje vzdrževalnih in sanacijskih del.

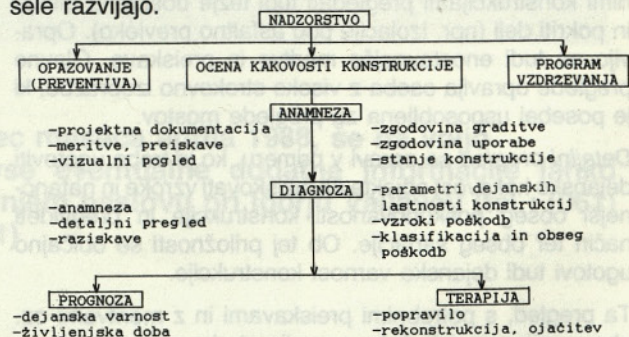
Sl. 2 prikazuje potek ocenjevanja kakovosti poškodovane konstrukcije in postopke za ponovno zagotovitev njene zanesljivosti; podobnost z medicinskim zdravljenjem seveda ni naključna.

Diagnoza stanja mora temeljiti na rezultatih preiskav

nagel razvoj neporušnih in malo porušnih metod, in to prav zaradi potreb pri ugotavljanju kakovosti obstoječih konstrukcij.

Metode za računsko preverjanje zanesljivosti konstrukcije so kratko povzete v poglavju 4.0. Tudi na tem področju se intenzivno iščejo nove, enostavnejše poti.

Ocena preostale življenjske dobe je zlasti nujna pri programiranju vzdrževalnih in sanacijskih del na objektu. Osnova za izdelavo takšne ocene so pravilno in realistično modeliranje procesov propadanja konstrukcije ter, enako kot pri oceni kakovosti in varnosti konstrukcije, podatki o dejanskih lastnostih materialov. Metode za to oceno se šele razvijajo.



Sl. 2. Potek zagotovitve zanesljivosti poškodovane konstrukcije

2.0. OPAZOVANJE CESTNIH MOSTOV

Zaradi vedno pogostejših poškodb na betonskih objektih, posebej še na mostovih, ter dejstva, da v Jugoslaviji nimamo enotne metodologije za pregledovanje stanja cestnih mostov, smo izdelali osnutek Pravilnika o organizaciji opazovanja cestnih mostov ter predlog Priročnika za preglede cestnih mostov.

2.1. Pravilnik o organizaciji opazovanja cestnih mostov

V osnutku Pravilnika smo predvideli naslednje vrste pregledov in njihov raspored:

Stalni pregled opravljajo cestni pregledniki ob rednem obhodu cestne trase. Cilj tega pregleda je pravočasno ugotoviti in odpraviti napake ali poškodbe, zlasti na t. i. opremi objekta, ki bi lahko ogrozile varnost prometa, kakor tudi tiste izredne pojave, ki bi lahko ogrozili varnost konstrukcije. Vizualno se pregledajo rečno korito, ležišča, temelji in oporniki, prekladna konstrukcija, krila, dostopi na objekt, vgrajena markirna mesta ter okolica objekta.

Redni pregled se opravi na vseh mostovih razpetine več kot 5 m najmanj enkrat na dve leti in, če bi se pri stalnem nadzoru odkrili pojavi, ki ogrožajo varnost konstrukcije. Pri rednem pregledu, ki je predvsem vizualen, se ugotavljajo:

- spremembe in posegi, opravljeni od zadnjega pregleda,
- poškodbe, ki vplivajo na nosilnost, uporabnost, trajnost ter estetski videz konstrukcije,
- verjetni vzroki poškodb.

Izdela se opis stanja, ocenijo morebitne posledice ugotovljenega stanja za varnost objekta in pripravi predlog potrebnih ukrepov. Pregled vodi oseba z visoko strokovno izobrazbo in s primerno prakso.

Glavni pregled se opravi vsakih šest let predvsem na zahtevnejših konstrukcijah, kar naj bo predvideno že v projektu konstrukcije oz. v programu upravljalca mostu. Vsebina glavnega pregleda se razlikuje od vsebine rednega pregleda po tem, da se morajo s posebnimi dostopnimi konstrukcijami pregledati tudi težje dostopna mesta in pokriti deli (npr. izolacije pod asfaltno prevleko). Opravijo se tudi enostavnejše meritve in preiskave. Glavne preglede opravlja oseba z visoko strokovno izobrazbo, ki je posebej usposobljena za preglede mostov.

Detajlni pregled se opravi v primeru, ko je treba ugotoviti dejansko kakovost objekta ali raziskovati vzroke in natančnejši obseg poškodovanosti konstrukcije in predvideti način ter obseg sanacije. Ob tej priložnosti se običajno ugotovi tudi dejansko varnost konstrukcije.

Ta pregled, s potrebnimi preiskavami in z meritvami oz. obremenilno preizkušnjo, opravlja strokovna institucija.

Izredni pregled se opravi po izrednih dogodkih, kot so

elementarne nezgode, težke prometne nesreče na mostu, nenadne večje poškodbe na konstrukciji ali njeni okolici ter poškodbe zaradi izredne uporabe. Opravi ga enako usposobljena oseba, kakor je predvideno za redne preglede.

2.2. Priročnik za preglede cestnih mostov

Dokumentacija o mostu se deli na stalno dokumentacijo objekta in na dokumentacijo o opravljenih pregledih.

Stalna dokumentacija obsega geografsko situacijo, slike objekta, osnovne načrte konstrukcije (lahko v pomanjšanem merilu) z označenimi konstruktivnimi elementi in karakteristične podatke o objektu.

Dokumentacija o opravljenih pregledih pa obsega:

- a) poročila o rednih pregledih na standardnih obrazcih, ki se že uporabljajo ter
- b) poročila o glavnih pregledih.

V Priročniku so podani obrazci zapisnika o glavnem pregledu in analize ugotovljenih napak in poškodb (slika 3) ter navodila za grafično prikazovanje in beleženje napak ter poškodb na posameznih delih konstrukcije. V poročilu se napake označujejo s šiframi in z nazivi, kakor so ti predvideni v seznamu napak. O vsaki napaki se napiše zabeležka z verjetnim vzrokom za nastanek poškodb ter predlaga primeren ukrep.

POROČILO O UGOTOVLJENIH NAPAKAH IN POŠKODBAH KONSTRUKCIJE

OBJEKT: _____ PREGLED: _____
 UPRAVLJALEC: _____ ZAP. ŠTEV. PREGLEDA: _____
 DATUM: _____

Zap. št. nap.	Konstr. elem. (sim.)	Oznaka napake		Zabeležka o poškodbi in verjetni vzrok (VV)	Predlagani ukrep	Opomba	Mnenje, odločitev upravljalca
		Šifra	Naziv				
1	2	3	4	5	6	7	8

Sl. 3. Glava obrazca analize ugotovljenih napak in poškodb konstrukcije

Možne napake na mostovih so zbrane v seznamu napak in poškodb, posamezne napake pa so prikazane v prilogah. Tri priloge so v pomoč pri identifikaciji in klasifikaciji napak na betonskih mostovih, pri ocenjevanju vzrokov za njihov nastanek, ocenjevanju ogroženosti konstrukcije ter pri odločitvah o potrebnih ukrepih. Te priloge so:

- A. Slike napak in poškodb,
- B. Vzroki za poškodbe in propadanje betona,
- C. Razpoke v betonu, klasifikacija in skice.

3.0. METODE PREISKAV ZA UGOTAVLJANJE DEJANSKEGA STANJA KONSTRUKCIJ

3.1. Splošno

Ocena kakovosti konstrukcije lahko temelji na:

- preizkusu obnašanja konstrukcije kot celote, npr. z obremenilno preizkušnjo ali z vibracijsko preiskavo;

– preiskavah osnovnih karakterističnih lastnosti uporabljenih materialov, npr. trdnosti, poroznosti ipd.;
 – ugotovitvi obsega in stopnje poškodb, ki ogrožajo predvideno življenjsko dobo konstrukcije, npr. razpoke ali korozijski pojavi.

Katere od navedenih možnosti se uporabijo za oceno stvarnega stanja, je odvisno od namena ocene oz. okoliščin, ki terjajo takšno oceno.

3.2. Globalna preizkušnja nosilnosti in uporabnosti konstrukcije

Pri preizkušanju celotne konstrukcije ugotavljamo:

- deformacije konstrukcije pod stalno obtežbo,
- dinamične karakteristike konstrukcije,
- deformacije konstrukcije zaradi temperaturnih sprememb in temperaturnega gradienta,
- deformacije konstrukcije in padec sile v kablji zaradi krčenja in tečenja betona pri prednapetih konstrukcijah,
- pomike, zasuke ter posedke ležišč in temeljev.

Za merjenje teh karakteristik konstrukcije uporabljamo naslednje metode oz. aparature:

Namen preiskave	Metoda preiskave oz. aparature
upogibki, pomiki:	precizni nivelman laserski nivelman fotogrametrija infrardeča teleskopija komparatorji (merilne urice)
specifične deformacije:	deformetri (mehanski in induktivni) merilni lističi (straingauges) hidravlični senzorji tenzometri (uporovni, magnetnoelastični, hidravlični)
temperatura:	termometri termoelementi
vibracije:	akcelerometri

Za oceno kakovosti konstrukcije primerjamo dobljene rezultate meritev z izračunanimi vrednostmi.

OBVESTILO

Katedra za masivne in lesene konstrukcije
 VTOZD GG, FAGG v Ljubljani, Jamova 2

obvešča vse zainteresirane strokovnjake in delovne organizacije s področja gradbeništva, da je

PRIROČNIK ZA DIMENZIONIRANJE ARMIRANOBETONSKIH KONSTRUKCIJ PO METODI MEJNIH STANJ,

ki je izšel konec meseca aprila 1988, še na voljo
 Priročnik in vse eventualne dodatne informacije lahko
 dobite na zgornjem naslovu pri Igorju Valjavcu (tel.: (061)
 268-741, int. 01)

3.3. Delne preiskave za določitev karakterističnih lastnosti in korozije materialov

Namen preiskave	Metoda preiskave oz. aparature
3.3.1. BETON	
tlačna trdnost	preiskave na odvzetih valjih sklerometriiranje ultrazvok pull-off test
homogenost zgoščenost mesta napak praznine vključki	vizualni pregled trkanje ultrazvok povratno sipanje žarkov rentgenska presvetlitev presvetlitev z gama žarki infrardeča termografija endoskopija vakuumiranje praznin
poroznost navzem vode neprepustnost za vodo	vpijanje vode kapilarno vsesavanje prepustnost za pline neprepustnost za vodo
sprijetost plasti	trkanje ultrazvok visokofrekvenčna vibracijska analiza merjenje lastnih frekvenc
razpoke: – širina, globina – delovanje	vizualni pregled lupa endoskop ultrazvok merjenje lastnih frekvenc infrardeča termografija meritve z deformetri
vsebnost vlage porazdelitev vlage	vizualni pregled CM – metoda mikrovalovi infrardeča termografija električna prevodnost merjenje dielektrične konstante sipanje in termalizacija nevtronov
globina karbonatizacije	indikatorski test kemična analiza
odpornost proti zmrzovanju odpornost proti solem	preiskava na odvzetih valjih ali prizmah
3.3.2. JEKLO ZA ARMIRANJE IN PREDNAPENJANJE	
mehanske lastnosti	natezna preiskava upogibna preiskava
položaj, debelina armature, debelina zaščitnega sloja betona	magnetna indukcija sonda na vrtnčaste tokove presvetlitev z gama žarki infrardeča termografija
korozija	merjenje razlike elektr. potencialov endoskopija preiskava trajne trdnosti
napake v zalitju kablov lom jekla	endoskopija ultrazvok presvetlitev z gama žarki presvetlitev z rentgenskimi žarki infrardeča termografija akustična emisija

V preglednici so prikazane karakteristične lastnosti materialov za oceno nosilnosti, uporabnosti in obstojnosti konstrukcije ter možne preiskave oz. aparature za njihovo določitev.

4.0. OCENA KAKOVOSTI IN VARNOSTI KONSTRUKCIJE

Obnašanje, s tem pa tudi varnost oz. zanesljivost konstrukcije, je podano z odnosom med:

- odpornostjo konstrukcije R in
- vplivom obtežbe S.

Konstrukcija oz. neki element konstrukcije se poruši, če je v kritičnem prerezu $S > R$ oz. če je $Z = R - S < 0$.

R in S sta naključni spremenljivki, ki sledita neki funkciji statistične porazdelitve pogostnosti. Za odpornost R je ta funkcija normalna (Gaussova), za vpliv obtežbe S pa se v enostavnejših primerih predpostavi, da je tudi normalna. Odpornost R vključuje lastnosti uporabljenega materiala (običajno trdnost) in geometrijske parametre prereza, ki pogojujejo nosilnost konstrukcije. Vpliv obtežbe S je statična količina, ki jo v obravnavanem, za nosilnost kritičnem prerezu povzroči zunanja obtežba.

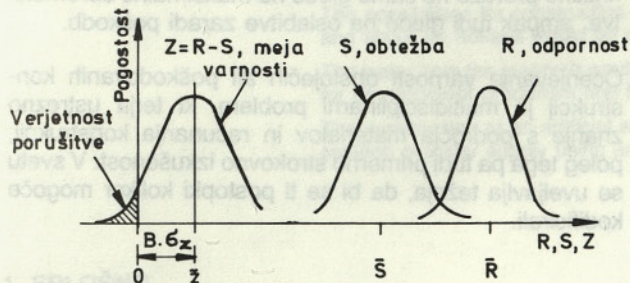
Na sliki 4 so prikazane:

- krivulja normalne pogostnostne porazdelitve R za celotno konstrukcijo oz. konstruktivni element,
- krivulja pogostnostne porazdelitve S v obravnavanem prerezu konstruktivnega elementa, ki je poenostavljeno tudi normalna,
- krivulja pogostnostne porazdelitve Z, ki ponazarja mejno področje za varnost konstrukcije in je prav tako normalna. Ima svojo srednjo vrednost

$$\bar{Z} = \bar{R} - \bar{S}$$

in svoj standardni odklon:

$$\sigma_Z^2 = \sigma_R^2 + \sigma_S^2$$



Sl. 4. Funkcije pogostnostne porazdelitve R, S, Z

Ker sta R in S po svoji naravi stohastični vrednosti, ne moremo govoriti o absolutni varnosti oz. zanesljivosti konstrukcij. Merilo za obnašanje konstrukcije je zato lahko le verjetnost porušitve P_F , ki jo določa splošni izraz:

$$P_F = P(Z < 0) \tag{1}$$

Verjetnost, da je $Z < 0$, pomeni tisto fraktilo statistične porazdelitve Z, ki pripada $Z = 0$. Na sliki 4 je prikazana z deležem šrafirane površine levo od ordinatne osi proti celotni površini pod krivuljo Z. Račun fraktile je odvisen od t. i. ravnih zanesljivosti, ki jo želimo doseči.

Za 3. raven zanesljivosti je treba fraktilo določiti z neposrednim integriranjem funkcij R in S, kar pride v poštev le pri znanstvenem delu, zlasti pri preverjanju poenostavitve in aproksimacij, ki se uporabljajo za nižje ravni zanesljivosti.

Takšna poenostavitev, ki uvršča oceno varnosti na 2. raven zanesljivosti, je račun fraktile s t. i. indeksom zanesljivosti

$$B = \bar{Z} / \sigma_Z \tag{2}$$

ki pomeni število standardnih odklonov σ_Z od srednje vrednosti \bar{Z} do fraktile pri $Z = 0$. To fraktilo, s tem pa tudi verjetnost porušitve, dobimo v statističnih preglednicah v odvisnosti od B.

Največja oz. dopustna verjetnost porušitve kake konstrukcije je odvisna od števila ogroženih ljudi in od materialnih posledic rušenja. V (6) so podana naslednja priporočila:

Število ogroženih ljudi	Materialne posledice		
	majhne	težke	zelo težke
majhno (< 0,1)	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
srednje	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
veliko (> 10)	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}

Pri računanju indeksa zanesljivosti B se srečamo s problemom kolikor toliko zanesljivega podatka o obeh standardnih odklonih, zlasti σ_S . Na voljo namreč nimamo statistično obdelanih meritev vplivov obtežbe v značilnih prerezih konstrukcij različnih zasnov, razpetin in kategorij uporabe. Zanesljive podatke, zlasti o statistični disperziji vplivov obtežb v konstrukciji, bo treba še pridobiti z raziskovalnim delom.

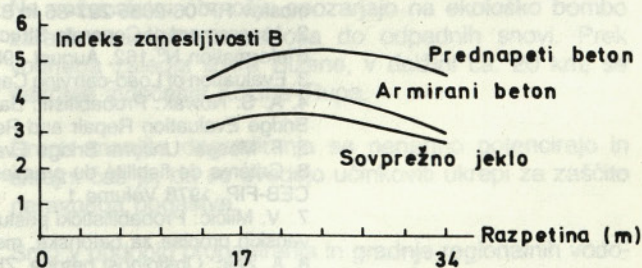
V ZDA so po sistemu weigh-in-motion (WIM) merili odzive mostnih konstrukcij različnih tipov in razpetin pod rednim prometom. Pri tem pa so ugotavljali tudi parametre statistične distribucije vplivov obtežb.

Koeficient variacije $V_S = \sigma_S / \bar{S}$ za prometno obtežbo po AASHTO je, odvisno od razpetin, znašal 0,21 do 0,28.

Koeficient variacije $V_R = \sigma_R / \bar{R}$ za odpornost konstrukcije pa je v odvisnosti od materiala glavne nosilne konstrukcije, vendar neodvisno od razpetine, znašal:

- pri jeklenih nosilcih : 0,12
- pri armiranobetonskih nosilcih : 0,11
- pri prednapetih nosilcih : 0,06

Za opazovane konstrukcije so računali tudi indeks zanesljivosti B, kar je prikazano na sliki 5.



Sl. 5. Indeks zanesljivosti v odvisnosti od razpetine

Obstaja težnja, da bi se s časom za vse vrste in razpetine mostnih konstrukcij uporabljal enak indeks zanesljivosti, npr. 3.5, tako da bi bila verjetnost porušitve vedno okoli 10^{-4} . Za ta namen bi bilo treba uskladiti postopke računanja, zlasti vrednosti parcialnih varnostnih količnikov za računanje mejnega stanja nosilnosti.

Metoda računanja konstrukcij glede na mejna stanja nosilnosti in uporabnosti pomeni nadaljnjo poenostavitev pri računskem preverjanju in zagotavljanju varnosti konstrukcij in je značilna za 1. raven zanesljivosti.

Parcialni varnostni količniki, ki so predpisani v pravilnikih za računanje konstrukcij kot determinirane vrednosti, so bili določeni oz. preverjeni po postopkih za 2. in 3. raven zanesljivosti. Po tej metodi računanja konstrukcij je pogoj za varnost obravnavanega prereza konstrukcije podan z znano neenačbo:

$$R_d = R (f_k / \gamma_m) > S (\gamma_g \cdot G, \gamma_Q \cdot Q) = S_d,$$

kjer pomenijo:

- R_d – projektirano odpornost prereza konstrukcije,
 f_k – karakteristično trdnost uporabljenih materialov,
 γ_m – parcialni varnostni količnik za material, kateremu so prilagojene tudi tolerance za mere nosilnega prereza
 za beton $\gamma_m = \gamma_b = 1.5$
 za jeklo $\gamma_m = \gamma_j = 1.1$,
 γ_G, γ_Q – parcialna varnostna količnika za stalno obtežbo G in koristno obtežbo Q (PBAB, čl. 80),
 S_d – računski vpliv obtežbe v obravnavanem prerezu konstrukcije.

Pri preverjanju varnosti obstoječih, zlasti pa poškodovanih in/ali saniranih konstrukcij pa je treba zaradi dodatnih negotovosti uvesti v izraz (3) še dopolnilne parcialne količnike, s katerimi upoštevamo zlasti:

- večjo ali manjšo zanesljivost diagnoze obstoječega stanja,
- kakovost izvedene sanacije,
- še pričakovano življenjsko dobo konstrukcije.

Pogoj varnosti v kritičnem prerezu se v tem primeru glasi:

$$R_d = 1 / \gamma_{Rd} \cdot R (f_{ko} / \gamma_{mo}, f_{kn} / \gamma_{mn}) > S_d = \gamma_{Sd} \cdot S (\gamma_G \cdot G, \gamma_Q \cdot Q) \quad (4).$$

Z dodatnimi parcialnimi varnostnimi količniki upoštevamo zlasti:

- γ_{Rd} – negotovosti pri modeliranju odpornosti konstrukcije; splošno patološko stanje konstrukcije, zlasti predvideno slabšanje stanja, npr. zaradi možnega širjenja korozije jekla ali karbonatizacije betona; nehomogeno delovanje saniranih prerezov,
 γ_{Sd} – negotovosti pri modeliranju vpliva obtežb v kritičnih prerezi; neupoštevane redistribucije togosti ali obremenitev,
 γ_{mo} – stopnjo zanesljivosti rezultatov preiskav vgrajenih materialov in ocene o vrsti ter obsegu poškodb; razpoložljivost projekta konstrukcije in podatkov o gradnji,
 γ_{mn} – kakovost materialov za sanacijo; zanesljivost izbranega postopka sanacije (npr. dobetoniranje, torkretiranje ipd.); raven kontrole kakovosti med sanacijo.

Parcialna količnika γ_G in γ_Q lahko v večini primerov zadržita vrednosti iz 80. člena PBAB. Možno je zmanjšanje γ_Q v primeru, če je še pričakovana življenjska doba konstrukcije kratka.

Če se parametri odpornosti obravnavanih kritičnih prerezov (trdnost, prerez) natančno ugotovijo s preiskavami in z meritvami in-situ, je možno γ_{mo} ustrezno zmanjšati oz. pri izračunu koeficienta zanesljivosti operirati z determiniranimi vrednostmi R. Pri tem pa je treba identificirati kritične prerese ne samo glede na maksimalne obremenitve, ampak tudi glede na oslabitve zaradi poškodb.

Ocenjevanje varnosti obstoječih ali poškodovanih konstrukcij je multidisciplinarni problem, ki terja ustrezno znanje s področja materialov in računanja konstrukcij, poleg tega pa tudi primerno strokovno izkušnost. V svetu se uveljavlja težnja, da bi se ti postopki kolikor mogoče kodificirali.

LITERATURA

1. S. Terčelj, J. Žnidarič, J. Marolt: Sistemi opazovanja in metode za ugotavljanje stanja cestnih mostov RP 06-2685-227-86 in 87 I. in II. del.
2. Assessment of Concrete Structures and Design Procedures for Upgrading (Redesign), CEB Bulletin d'information N° 162, August 1983.
3. Evaluation of Load-carrying Capacity of Bridges, OECD Road Research Report, December 1979.
4. A. S. Nowak: Probabilistic Basis for Bridge Evaluation Criteria, Proc. US-European Workshop on Bridge Evaluation Repair and Rehabilitation, St. Remy-les-Chevreuse, June 1987.
5. F. Moses: Uniform Bridge Evaluation Reliability Based on Site Data Analysis, ibid.
6. Critères de fiabilité du premier ordre (Méthodes de 'Niveau 2'). Recommendations Internationales CEB-FIP, 1978 Volume 1.
7. V. Milčič: Probabilistički pristup dokazu nosivosti konstrukcija. Simpozij JDGK: O inovaciji jugoslovenskih propisa za betonske, metalne i spregnute konstrukcije, Trogir, 1980.
8. A. Zajc: Obstočnost betona, Zbornik referatov seminarja o novem Pravilniku o tehničnih normativih za beton in armirani beton, Maribor, Ljubljana 1987.

VEČNAMENSKA AKUMULACIJA RIŽANA

UDK 627.8:556.1

JOSIP GUŠTIN

POVZETEK

Izvir Rižane se koristi več kot 50 let za vodno preskrbo slovenske Obale. Kapaciteta vodovoda je momentalno $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Izdatnost izvira variira od $0,3$ do $30 \text{ m}^3/\text{s}$, kar znaša letno povprečno $4,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Te količine so večje od povprečnega letnega odjema dolgoročnega planskega obdobja do leta 2050, ki naj bi bil 2685 l/s .

Z geološkimi raziskavami kraške podtalnice smo nameravali iz statičnih rezerv povečati sušni minimum na izviru. To je delno uspelo. Koriščenje že znanih letnih količin na prelivu bi bilo možno le z umetnim nadzemnim nabiralnikom visokih voda.

Možnosti za gradnjo nadzemne akumulacije so ugodne. Za ta namen bi morali žrtvovati nekaj obdelane zemlje ter ca. 20 hiš. Nabira vode se lahko koristi za pitno vodo, za bogatenje biološkega minimuma, za športni ribolov, namakanje in pridobivanje električne energije.

Ekološko se akumulacija zelo dobro vklopi v okolje in ga obogati.

Za slovensko obalo pomeni ta rešitev najcenejšo dobavo vode in zaledja.

MULTI-PURPOSE RESERVOIR OF RIŽANA RIVER

SUMMARY

The source of Rižana has been used for more than 50 years as a water supply for the Slovene littoral district. The water supply capacity at the moment amounts to $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$. The source capacity varies between $0,3 \text{ m}^3/\text{s}$ and $30 \text{ m}^3/\text{s}$, its average annual output being $4,6 \text{ m}^3/\text{s}$. The quantity exceeds the average annual demand of 2.685 l/s for water supply foreseen for the long term period ending in the year 2050.

With the geological investigations of the Karstic underground water we are trying to increase the low output of the spring using the static underground water reserves, but only with partial success. The accumulation of the said annual water quantity from the source is possible only with the construction of an artificial water reservoir.

The possibilities for construction of the reservoir are favourable, since only smaller agricultural areas and about 20 houses would be deluged.

The water from the reservoir would be used as drinking-water, for improvement of ecological conditions, for development of tourism and fishing, for soil irrigation and production of electric power.

The construction of an artificial water reservoir represents for the Slovene littoral region the cheapest solution of water supply using an inland source.

1. SPLOŠNO

Povojni industrijski razvoj in potrošniška evforija sta draistično posegla v naravne dobrine, kot sta zrak in voda.

Veliki vodni viri so prišli na rob uporabnosti ali so to že postali. Takšen odnos do vodnega bogastva je zmanjšal količine razpoložljive pitne vode. To najbolj prizadene kraje, ki so, kot Kras, od vekomaj prikrajšani za vodo.

Na Krasu in pri obalnem območju je to v preteklosti večkrat sprožalo hude epidemije, ki so pomorile celota naselja.

Sreča je, da na obalo-kraškem območju v zadnjih desetletjih ni prišlo do tako intenzivnega razvoja, ki bi degradiral skromne kraške vodne vire. Žrtvovana je le reka Reka, vendar se nevarnost stopnjuje.

Na sežanskem območju opozarjajo na ekološko bombo zaradi neurejenega odnosa do odpadnih snovi. Prek vodnega zaledja izvira Rižane, v dolžini ca. 20 km, se načrtuje avtocesta Kozina-Rupa.

Druga manjša degradiranja se nenehno potencirajo in skrajni čas je, da se uvedejo učinkoviti ukrepi za zaščito naravnega bogastva.

Smo v obdobju propagiranja in gradnje regionalnih vodovodov. To je sodoben pristop h kvalitetni vodni preskrbi,

Avtor:
Josip Guštin, dipl. inž. gr.

vendar mora biti izveden na tehničnih ekonomsko-tehničnih pripravah.

Po skupnih letnih količinah vode je izvir Rižane pomemben stalni vodni vir, idealno oddaljen od urbanih centrov in na primerni nadmorski višini. Hudourniški značaj izvira onemogoča stalni večji odjem vode zaradi daljših sušnih obdobj.

V skrivnostnem kraškem zaledju so večji podzemni zadrževalniki, ki v suši napajajo vodni vir Rižane, vendar je njihovo odkrivanje drago in dolgotrajno delo.

V kratkem bomo prikazali, kako ukrotiti hudourniško muhavost Rižane z gradnjo večnamenske površinske akumulacije nad samim izvirom.

2. PREGLED DOSEDANJIH GRADENJ IN RAZISKAV

Dolga stoletja sta se izvir Rižane in enako imenovana struga izkoriščala v naravni obliki. V sušnih obdobjih so se iz bližnjih in oddaljenejših vasi spuščali na Rižano kmečki vozovi z lesenimi sodi in vpreženo živino po potrebno vodo. Ob srednjih in visokih vodostajih je vzdolž struge klopotalo več kot deset mlinov, od katerih je danes ostalo bolj malo.

Za boljše izkoriščanje izvira Rižane imamo podatke samo iz bližnje preteklosti. V letih 1870–1871 so potekale resne in izčrpne raziskave izvira za vodno oskrbo Trsta. Do tega izkoriščanja ni prišlo in po 65 letih – 1935 je bil zgrajen

sistem rižanskega vodovoda v sklopu sistema istrskega vodovoda. Zanimivo je, da v prvem programu istrskega vodovoda ni bilo predvideno izkoriščanje izvira Rižane.

Celotni istrski vodovod je bil zasnovan na izviru Sv. Ivan v Buzetu, akumulacije ob Zrenju in izviri v dolini Raše.

Območje, ki ga naj bi pokrival, je segalo od Valdoltre–Kozine–Klane–Matulja pa vse do Pule. Takoj na začetku gradnje tega sistema se je porodil dvom o ekonomski upravičenosti takšne rešitve. Po predlogu strokovne komisije se je predlagani enotni sistem razbil na štiri samostojne sisteme: Rižana, Buzet, Pula in Labin.

Vodovod iz Rižane je bil zgrajen leta 1935 za priobalna slovenska mesta z zaledjem kapacitete 90 l/s. Ta vodovod je bil zgrajen po državnem programu agrarne preobrazbe Istre. Za to nalogo je bila formirana zveza v Kopru, ki je imela skrb, da po celotni Istri zgradi vodovod, meliorira močvirnate doline, modernizira in oživi kmetijsko gospodarstvo do samozadostnega preživljanja Istre.

Dober del tega programa je bil realiziran do začetka vojne.

Leta 1961 je bil povečan odjem na Rižani na 150 l/s in leta 1968 na 190 l/s s priključitvijo preskrbe miljskih hribov na Rižano ter odcepitvijo teh od Milj (Italija). Če zadnjemu odjemu na izviru dodamo še 50 l/s za obvezni biološki minimum v strugi Rižane, so se tako izkoristile vse kapacitete minimalne izdatnosti izvira.



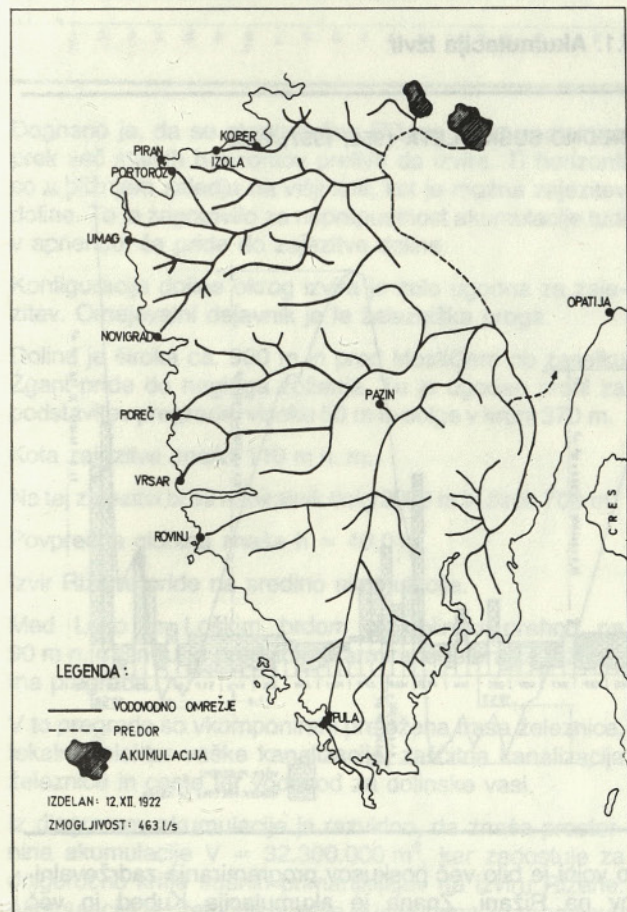
Sledile so prve ideje o gradnji nadzemne akumulacije Kubed, da bi obogatili minimalno izdatnost izvira Rižane. Na priloženi karti so nakazane še ostale akumulacije, ki so bile obdelane na obalnem območju.

Zanimiva je tudi rešitev projekta Possa iz leta 1922, ki je predvideval napajanje celotne Istre z brkinskih akumulacij.

Leta 1964 je bila izdelana študija dolgoročne preskrbe obale iz izvira Rižane in akumulacije Predloka. V drugi varianti je ta študija obdelala preskrbo obale in Sežane z brkinskih akumulacij.

Do leta 1982 se na Rižani ni nič dogajalo, ker so bile aktivnosti usmerjene na vire Dragonje in Mirne ter na preskrbo priobalnega zaledja. Tega leta so se začele hidrogeološke raziskave, ki so ugotovile geologijo zaledja izvira in stanje kraške podtalnice.

PROJEKT POSSA



3. HIDROGEOLOŠKE IN GEOLOŠKE RAZMERE

Hidrogeološke raziskave v zaledju izvira Rižane so se začele leta 1982 in še trajajo. Raziskave izvaja Geološki zavod Ljubljana pod vodstvom dr. Primoža Krivica.

Ugotovljeno je, da prek izvira poteka že znana geološka

prelomnica, ki deli neprepustne sklade proti morju od nagubanih izmenično navlečenih skladov neprepustnega fliša in razpokanega prepustnega apnenca proti Hrastovljam–Slavniku.

Kraška podtalnica za izvirom je na horizontu naravnega preliva izvira 68,58 m n.m. Pred Hrastovljami je druga višja akumulacija podtalnice s horizontom na koti 74,0 m n.m.

Na območju vasi Podpeč je tretji bazen podtalnice z gladino na koti 88,0 m n.m. Na območju Praproče–Podgorje je ugotovljen četrti horizont na koti 150 do 200 m n.m.

Na levem pobočju doline pod Kubedom je ugotovljena podtalnica na koti 125 m n.m.

Na prvi in drugi akumulaciji je možen odjem do 600 l/s, kar je bilo delno dognano s črpalnimi poskusi. Namen nadaljnjih raziskav je povečati odjem do 1000 l/s. Zaloge kraške podtalnice za sušno obdobje 5 mesecev so ocenjene na 1400 l/s. Vse zaloge skupaj pa na 63.000.000 m³ ali 4000 l/s.

4. PRETOKI RIŽANE NA POSTAJI KUBED I

Izvir Rižane ima izdatnost od 0,3 do 30 m³/s.

Na vodomerni postaji Kubed so minimalne izdatnosti enake, visoki val je povečan s hudourniškimi vodami do maks. 112 m³/s.

Stoletna maksimalna voda znaša $Q_{100} = 130 \text{ m}^3/\text{s}$.

Povprečno mokro leto ima:

$$Q_{\text{sr letni}} = 4,65 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{\text{letni}} = 146.549.000 \text{ m}^3$$

Sušno leto ima:

$$Q_{\text{sr letni}} = 2,480 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{\text{letni}} = 78.270.000 \text{ m}^3$$

Izredno mokro leto ima:

$$Q_{\text{sr letni}} = 7,910 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{\text{letni}} = 249.603.000 \text{ m}^3$$

Po razvojnem programu rižanskega vodovoda iz leta 1984 za petdesetletni razvoj potrebujemo

$$Q_{\text{sr letni}} = 2,685 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{\text{letni}} = 84.674.160 \text{ m}^3$$

V izjemno sušnem letu nastane primanjkljaj:

$84.674.160 - 78.270.000 = 6.404.160 \text{ m}^3$, ki ga je treba kriti iz večletne izravnave. Iz diagrama opazovanja 25 let 1954–1984 je bil samo dvakrat povprečni letni odjem večji od povprečnih letnih pretokov.

Iz diagrama za tri zaporedna sušna leta izhaja, da potrebujemo za kritje sušnih primanjkljajev prostornino nabiralnika $V = 29.808.000 \text{ m}^3$ in od tega $V =$

8.949.000 m³ iz večletne izravnave v primeru, da nastopi večletna zaporedna suša.

V povprečno mokrem letu ostane na mernem profilu letno prostih še 64.871.840 m³, ki se lahko izkoristijo za druge namene, kot je intenzivno namakanje vrtnarstva, biološki minimum v strugi, in s tem boljšo ekološko kvaliteto ter pridobivanje električne energije.

V strugi ostane povprečno letno viška:

$$Q_v = 2,057 \text{ m}^3/\text{s}$$

Za padavinsko zaledje izvira Rižane lahko rečemo, da je enako padavinskemu zaledju mernega profila Kubed I in znaša 237 km².

5. BOGATENJE PODZEMNIH VODA IN IZVIRA RIŽANE

V prejšnjem poglavju smo videli, da je izvir Rižane z zadrževanjem lastnih visokih voda zmožen sam dovolj vode za nemoteno preskrbo v naslednjem 50-letnem obdobju. Če pa so potrebne večje količine je možno bogatiti podtalnico izvira in sam izvir Rižane.

Iz dosedanjih študijskih obdelav je na Padežu možno računati na količine $Q_{sr} = 750 \text{ l/s}$

Te količine je možno z delnim prečrpavanjem skozi Brkinski greben spraviti v odolinsko ponikalnico in po tej do izvira Rižane. Padeške vode je možno izkoristiti za potrebe Sežane in Ilirske Bistrice.

Če računamo, da se na Rižani pojavljajo primanjkljaji do največ 6 mesecev letno, bi bilo možno z bogatenjem povečati odjem na Rižani za ca. 1000 l/s.

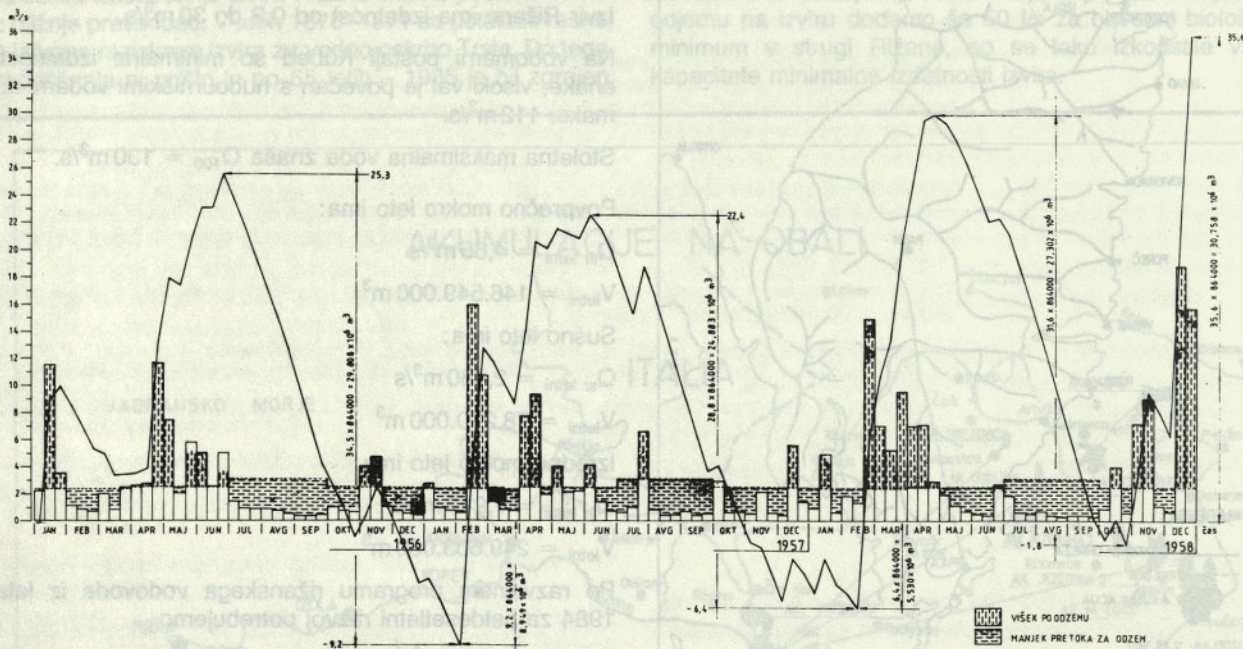
Iz diagrama pokrivanja primanjkljajev izvira Rižane je razvidno, da je tako možno zagotoviti redno vodno oskrbo do leta 2080.

Podzemni transport izboljšuje kakovost površinskih voda iz odprtih akumulacij, s čimer se prihrani pri zahtevnosti čistilnih naprav.

6. PROSTORSKA NAMESTITEV ZADRŽEVALNIKOV

6.1. Akumulacija Izvir

HIDROGRAM PRETOKOV RIŽANE NA POSTAJI KUBED ZA ZAPOREDNO SUŠNA LETA 1956, 1957, 1958

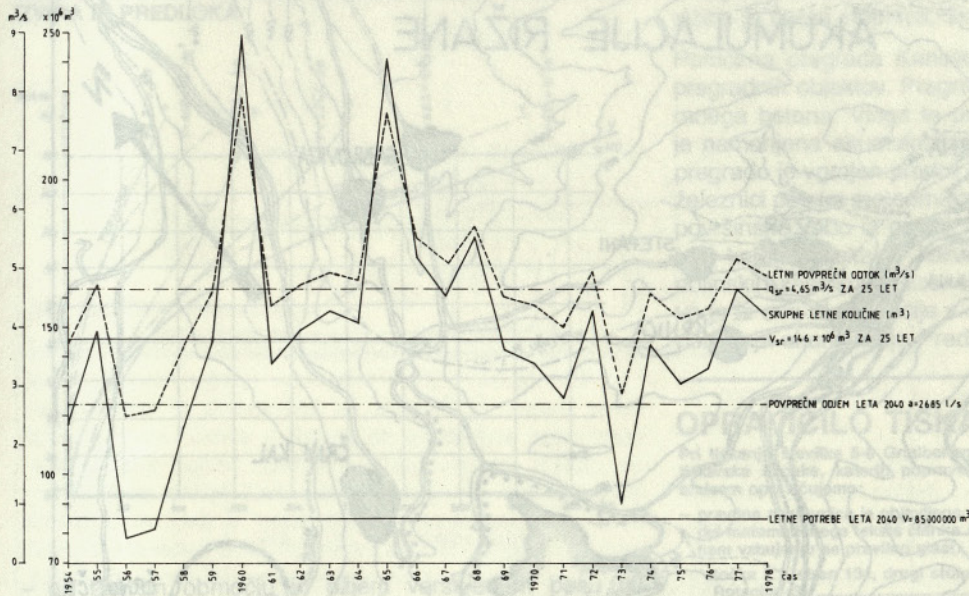


Brkinske slepe doline Bezovica, Odolina in durge so v neposredni zvezi z izviro Rižane.

Najustreznejše za dodatno bogatenje izvira Rižane sta dolini Male loče in Padeža. Sledilni poizkusi podzemnega toka iz doline Malih loč niso dokazali zanesljive zveze z izviro Rižane.

Z izboljšanjem te zveze pridobimo v povodje izvira letno povprečno dodatnih ca. 200 l/s. Dolina Padeža je v povodju reke Reke.

Po vojni je bilo več poskusov programiranja zadrževalnikov na Rižani. Znana je akumulacija Kubed in več poskusov na sami strugi Rižane. Zaradi prostorskih omejitev so te imele skromne prostornine. Leta 1964 je bila v sklopu dolgoročnega programa vodne oskrbe obale obdelana akumulacija Predloka z možnostjo do 28.000.000 m³ bruto prostornine. Slaba stran tega nabiralnika je bila ta, da je bilo potrebno vanj visoke vode črpati. Hidrogeološke raziskave so pokazale strukturo tal in hidrološke razmere doline Rižane okrog izvira.



**DIAGRAM LETNIH
KOLIČIN IN SREDNJIH
LETNIH PRETOKOV
RIŽANE**

**NA VODOMERNI POSTAJI
KUBED ZA OBDOBJE
1954–1978**

Dognano je, da se okrog doline Rižane voda podtalnice prek več stalnih horizontov preliva do izvira. Ti horizonti so v bližnjem zaledju na višji koti, kot je možna zajezitev doline. To je zagotovilo za neprepustnost akumulacije tudi v apnencu, če pride do zajezitve doline.

Konfiguracija doline okrog izvira je zelo ugodna za zajezitev. Omejevalni dejavnik je le železniška proga.

Dolina je široka ca. 500 m in pred Mostičjem ob zaselku Žgani pride do naglega zoženja. Tu je ugoden profil za podstavitev pregrade, visoke 50 m in dolge v kroni 370 m.

Kota zajezitve znaša 110 m n. m.

Na tej zajezitvi bi bil nabiralnik dolg 2000 m in širok 700 m.

Povprečna globina znaša $h = 40,0$ m.

Izvir Rižane pride na sredino akumulacije.

Med Loko in Loškim brdom je dolinski prehod na 90 m n. m. in tu je predvidena armiranobetonska težnosta pregrada.

V to pregrado so vkomponirani preložena trasa železnice, fekalni kolektor vaške kanalizacije, zaščitna kanalizacija železnice in ceste ter vodovod za dolinske vasi.

Iz diagramov akumulacije je razvidno, da znaša prostornina akumulacije $V = 32.300.000 \text{ m}^3$, kar zadostuje za dolgoročno kritje sušnih primanjkljajev na izviru Rižane. Akumulacija je pretočne narave in je ugodna za izmenjavo ter vzdrževanje boljše kakovosti kraške vode.

6.2. Akumulacija Predloka

Dolina Predloke je med Loškim brdom, Brdom, Kanelicom, cesto Kozina–Koper in dolinskim pobočjem Katinara–Loška. Ta dolina se že od leta 1964 šteje kot vodni rezervat.

Za realizacijo te akumulacije je treba zgraditi pregrado

Mostičje med Brdom in Loškim brdom ter pregrado Kanelico med Brdom in Kanelico.

Dno doline in pobočja so iz fliša in praktično neprepustna. Višinsko je omejena z maksimalno gladino v akumulaciji Izvir na 110 m n. m. in s cesto Kozina–Koper na 130 m n. m.

Do gladine 110 m n. m. $V = 10.800.000 \text{ m}^3$ se polni s prelivom iz akumulacije Izvir. Za morebitno polnjenje nad 110 m n. m. do 130 m n. m., skupaj $V = 28.000.000 \text{ m}^3$, je potrebno dočrpavanje.

Akumulacija Predloka lahko igra dvojno vlogo: kot sestavni del prve akumulacije ali kot ločena akumulacija. Ni vezana s kraškim zaledjem in je lahko namenjena kot varnostna akumulacija v primeru okužbe akumulacije Izvir.

7. PROSTORSKI KONFLIKTI IN UGODNOSTI

Dolina Rižane zelo ustreza za vodni rezervoar iz več razlogov:

- dolina je ca. 10 km zunaj strnjenegega urbanega območja;
- po prestavitvi ceste v Kubed postane slepa dolina dostopna samo za omejen lokalni promet brez tranzita.

Skozi dolino poteka samo železnica, ki jo je potrebno primerno zaščititi;

- leži na koti 70,0 m n. m. in nudi pomemben prihranek električne energije;
- večji del doline je v rezervatu izvira Rižane, ki potrebuje enake zaščitne ukrepe kot akumulacija (zaščito železnice in ceste, prestavitev ceste v Kubed in ceste v Hrastovlje, odvod in čiščenje odpadnih voda, omejitev raznih drugih dejavnosti in drugo);
- akumulacija Izvir je večji del v najožjem varstvenem pasu izvira, ki dovoljuje samo aktivnosti, vezane na vodno oskrbo;

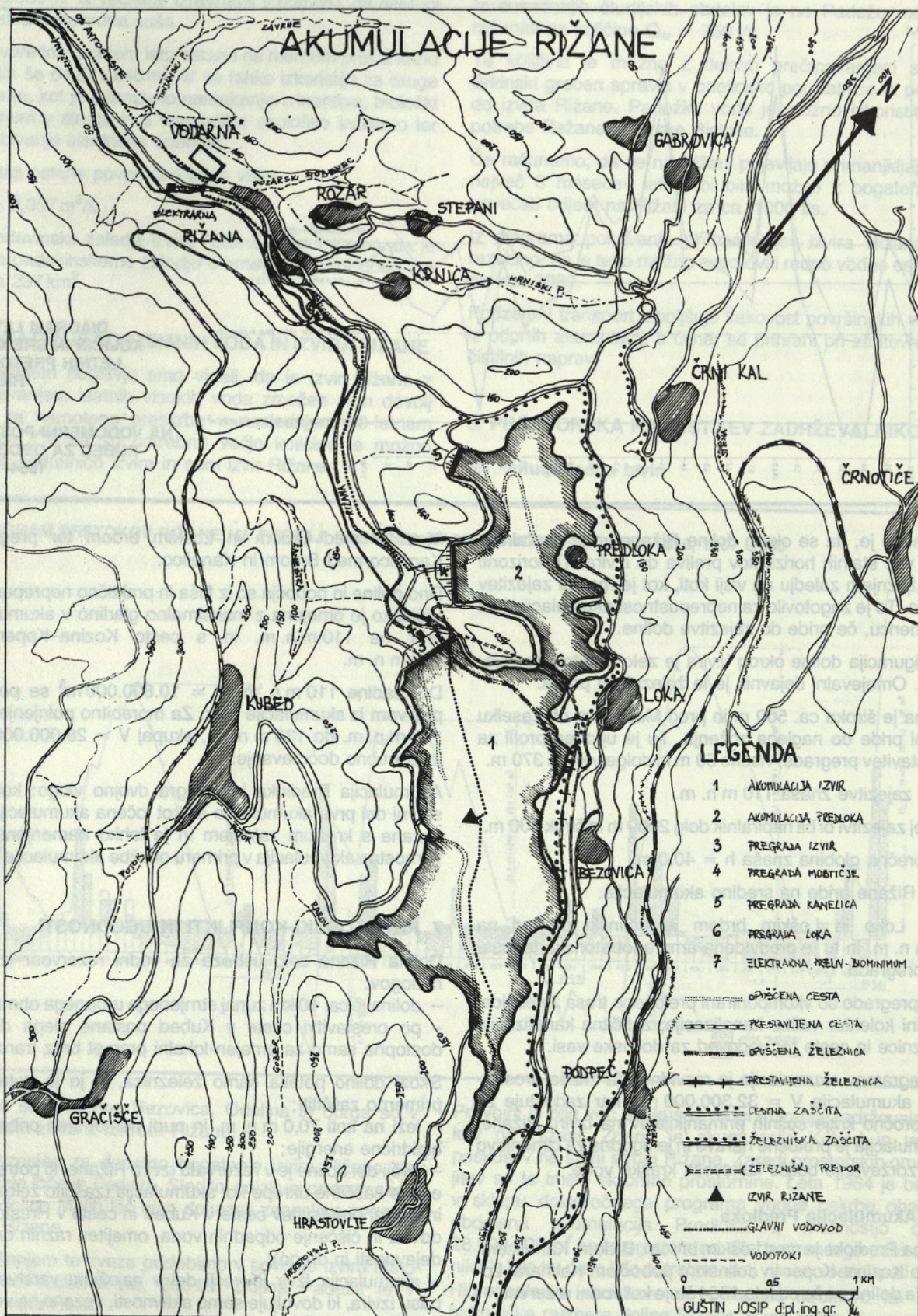
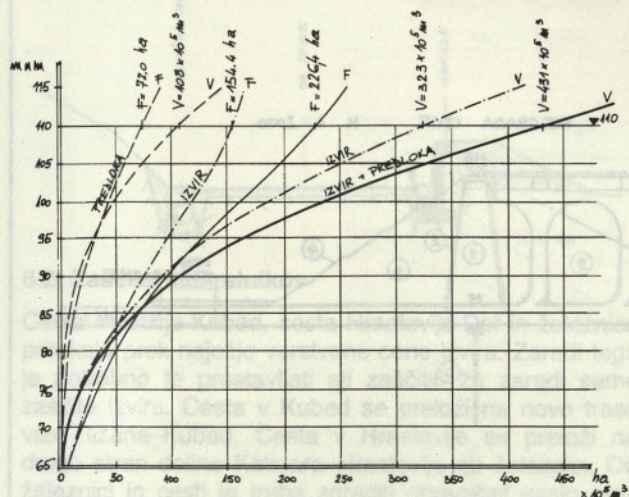


DIAGRAM VODNIH POVRŠIN IN PROSTORNIN AKUMULACIJ IZVIRA IN PREDLOKA



- na zalitem območju in ožjem varstvenem pasu ni strnjenih vasi, ki bi jih bilo treba odstraniti;
- prostor je ugoden za nabiranje vode glede globine, prostornine in obnavljanja;
- večji del vode je iz kraškega podzemlja in zaradi tega kvalitetnejši od površinske vode;
- akumulacija Izvir ima poleg nadzemnega nabiralnika tudi nezanemarljiv del nabiralnika, ki se pridobiva z dvigom kraške podtalnice v zaledju.

Od negativnih vidikov gradnje zadrževalnikov se med najpomembnejše lahko štejejo:

- zalitje zaselka Žgani, motela Rižana, vodovodnega zajetja in cerkvice Sv. Marije;
- izguba nekaj obdelane zemlje;
- premestitev železnice v tunelski izvedbi;
- zalitje zaselka Predloke razen fare, cerkve in pokopališča;
- zalitje obdelane zemlje;
- stroški ceste v Hrastovlje na odseku Katinara–Predloka;
- stroški prestavitve daljnovodov;
- stroški zaščite akumulacije ob cestah.

8. OPIS OBJEKTOV

8.1. Pregrade

Glavni objekti zajezitve so pregrade. Na dveh akumulacijah so potrebne štiri pregrade, od katerih sta dve glavni in dve pomožni. Glavni pregradi sta približno enakih dimenzij in enako grajeni. V sestavi jezu so vsi klasični spremljajoči elementi pregrade (odjemni stolp, preliv in izpust). Pregrada Izvir ima še majhno elektrarno, ki izkorišča padec na izpustu biološkega minimuma in prelivu. Telo jeza je grajeno iz flišnih kamenin s tesnilnim glinastim jedrom in obojestranskim dvoslojnim peščenim filtrom debeline 120 cm. Pod glinastim jedrom je injekcijska zavesa globine 20–30 m. Vzvodna brežina je v nagibu 1 : 2,2 in tlakovana z lomljenjem. Nazvdoljna brežina je

v nagibu 1 : 1,6 humizirana in zatravljena. Na vsakih 5 m višine je ravna stopnica, široka 2,0 m.

Pomožna pregrada Kanelica je enako grajena, le brez pregradnih objektov. Pregrada Loka je težnostna iz armiranega betona. Vloga te pregrade je večnamenska, ker je namenjena akumulacijama Izvir in Predloka. Skozi to pregrado je vgrajen predor preložene trase železnice. Ob železnici poteka meteorna zaščitna kanalizacija, ki drenira površinsko vodo iz naselj, ceste in železnice. Tu poteka tudi kolektor fekalne kanalizacije za odpadne vode iz dolinskih zaselkov. Skozi to pregrado poteka pretakanje vode iz ene akumulacije v drugo in to rabi kot glavna pot polnjenja akumulacije Predloka.

OPRAVIČILO TISKARNE

Pri tiskanju številke 5-6 Gradbenega vestnika so nastale nekatere neljube tiskarske napake, katerih popravke objavljamo ter se zanje avtorjem in bralcem opravičujemo:

- pravilna naslovnica je objavljena na 2. strani GV
- del matematičnega teksta članka Analize stabilnosti konstrukcij pri potresnem vzbujanju se pravilno glasi:

* točka 2.1, stran 134, drugi stolpec, 27. vrstica:

Rotacija (3) (do konca strani in del teksta na strani 135) do zato je tu ne prikazujemo.

2.1 Osnovne enačbe posameznih načinov gibanja

Rotacija (3):

$$\ddot{\theta} = \frac{r}{i^2 + r^2} (\ddot{X} \cos(\alpha - |\theta|) - S(g + \ddot{Y}) \sin(\alpha - |\theta|))$$

$$\ddot{x} = -S \dot{\theta}^2 r \sin(\alpha - |\theta|) - \ddot{\theta} r \cos(\alpha - |\theta|)$$

$$\ddot{y} = \dot{\theta}^2 r \cos(\alpha - |\theta|) + S \ddot{\theta} r \sin(\alpha - |\theta|)$$

kjer je r razdalja od vogala do težišča, i vztrajnostni polmer, α kot med r in stranico telesa, $S = \text{sgn}(\dot{\theta})$, če je $\dot{\theta} \neq 0$, $S = \text{sgn}(\dot{\theta})$, če je $\dot{\theta} = 0$ in $\dot{\theta} \neq 0$ ali $S = \text{sgn}(\ddot{X})$, če je $\dot{\theta} = \dot{\theta} = 0$.

Rotacijski zdrs (4):

$$\ddot{\theta} = -\frac{r}{i^2} (g + \ddot{Y} - \dot{\theta}^2 r \cos(\alpha - |\theta|) + S' \ddot{\theta} r \sin(\alpha - |\theta|))$$

$$(S' \sin(\alpha - |\theta|) + S_{II} \cos(\alpha - |\theta|))$$

$$\ddot{x} = -\ddot{X} S_{II} (g + \ddot{Y} - \dot{\theta}^2 r \cos(\alpha - |\theta|) + S' \ddot{\theta} r \sin(\alpha - |\theta|))$$

$$\ddot{y} = -\dot{\theta}^2 r \cos(\alpha - |\theta|) + S' \ddot{\theta} r \sin(\alpha - |\theta|)$$

kjer je $S = \text{sgn}(x^0)$, če je $x^0 \neq 0$, $S = \text{sgn}(-\ddot{X})$, če je $x^0 = 0$ in $S' = \text{sgn}(\dot{\theta})$, če je $\dot{\theta} \neq 0$, $S' = \text{sgn}(\dot{\theta})$, če je $\dot{\theta} = 0$ in $\dot{\theta} \neq 0$ ali $S = \text{sgn}(\ddot{X})$, če je $\dot{\theta} = \dot{\theta} = 0$. Analiza skokov (5) in (6) z gradbeniškega stališča ni zanimiva, zato je tu ne prikazujemo.

* točka 5.0, stran 137, drugi stolpec:

Rotacija (3) do d in c ročici sil glede na vrtilišče.

5.0 Uporaba teorije pri analizi pregradnih objektov

Rotacija (3):

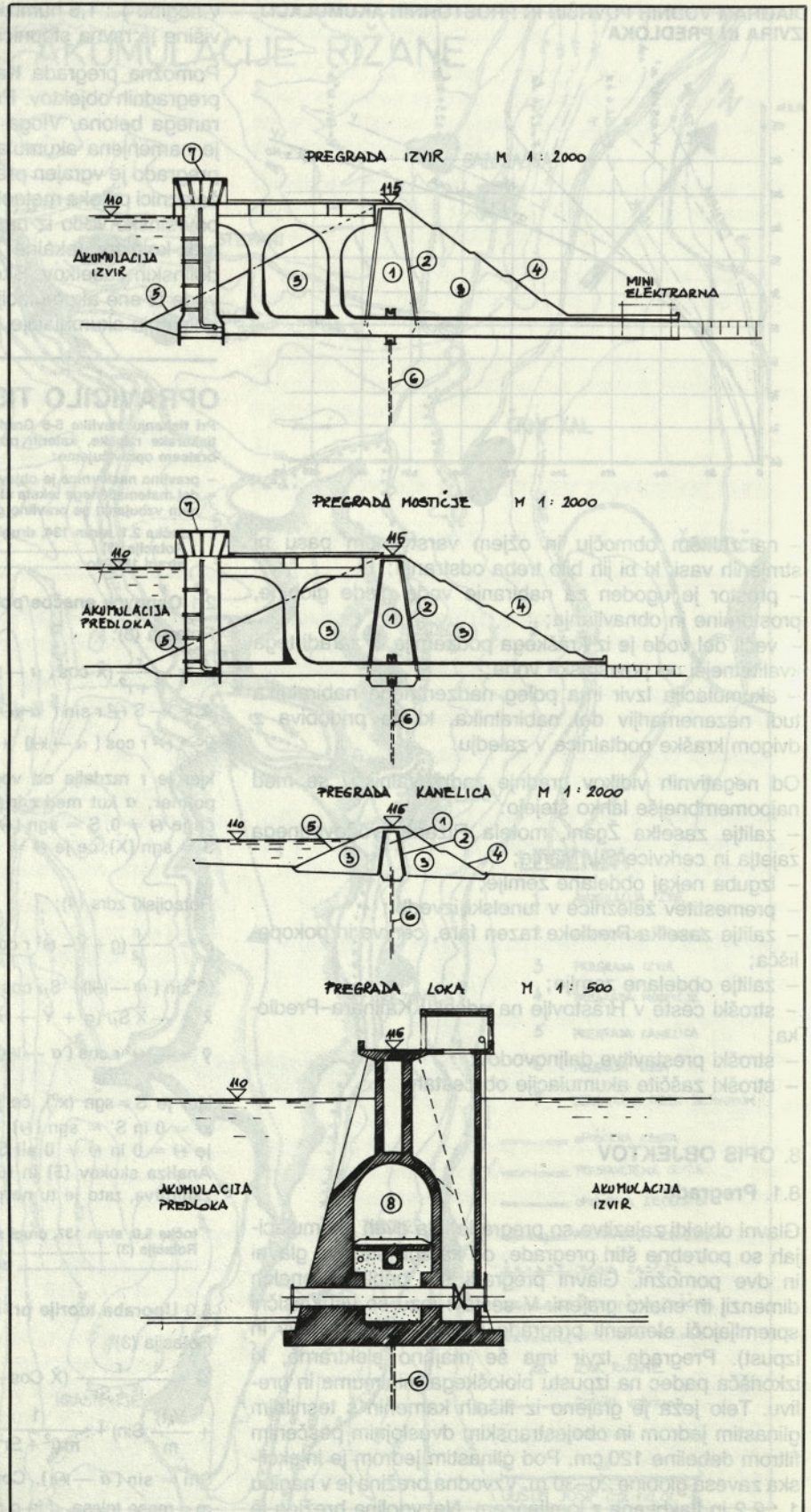
$$\ddot{\theta} = \frac{r}{i^2 + Sr^2} (\ddot{X} \cos - (g + \ddot{Y}) \sin - \frac{P(t)}{m} \cos +$$

$$+ \frac{V(t)}{m} \sin) + \frac{1}{m(i^2 + Sr^2)} (P(t) d + V(t) c)$$

$$\sin = \sin(\alpha - |\theta|), \cos = \cos(\alpha - |\theta|)$$

m = masa telesa, d in c ročici sil glede na vrtilišče.

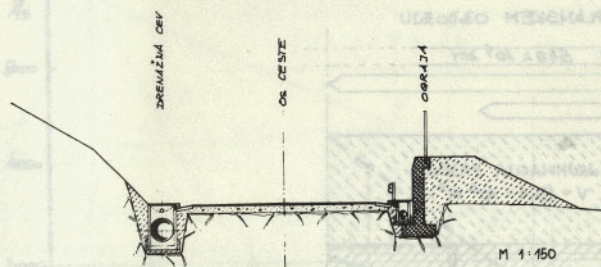
**PREČNI PREREZI
PREGRAD**



~ LEGENDA ~

- 1 Glineno jedro
- 2 Dvoslojni peščeni filter
- 3 Flišne kamenine
- 4 Humuziranje + zatravitev
- 5 Tlak lomljenec + filter
- 6 Injekcijska zavesa glob. 20-30 m
- 7 Prelivno-praznotočno-objemni objekt
- 8 Železniški predor

VAROVANJE OB MAGISTRALNI CESTI



8.2. Zaščita nabiralnikov

Cesta Mostičje-Kubed, cesta Hrastovlje-Dol in železnica potekajo prek najožje varstvene cone izvira. Zaradi tega je potrebno te prestavljati ali zaščititi že zaradi same zaščite izvira. Cesta v Kubed se preloži na novo traso vas Rižana-Kubed. Cesta v Hrastovlje se preloži na drugo stran doline Katinara-Hrastovlje ob železnici. Ob železnici in cesti je treba zgraditi obrambni nasip proti iztiranju cistern v dolino in izlitju nevarnih tekočin. Planum železnice mora biti neprepusten in dreniran v meteorno kanalizacijo. Na odsekih, kjer je trasa železnice v useku, obrambni nasip ni potreben. Na spodnjem delu akumulacije Izvir bo železnica zalita in je potrebna prestavitev trase v dolžini 2000 m, od tega 1100 m v predoru. Cesta v Hrastovlje je na zgornji strani železnice speljana tako, da uporablja isto zaščito kot železnica. Cestišče se drenira v cestno kanalizacijo. V prometnem koridoru so tudi fekalni kolektor, cevovod in telefon za Hrastovlje-Dol.

Nabiralnik Predloka terja gradnjo nove ceste Katinara-Loka z odvodnjavanjem in zaščito. Ta akumulacija je zunaj območja zaščite izvira in potrebuje dodatno lastno zaščito. Podobno kot za železnico je potrebna zaščita proti izlitju na odsekih magistralne ceste med prvo in drugo črnikalsko serpentino ter od Kanelice do Katinare.

Ca. 200 m od jezera se postavi ograja iz pocinkane mreže, na večjem delu obale jezera pa se zgradi interna vzdrževalna pot.

9. IZKORIŠČANJE AKUMULACIJE

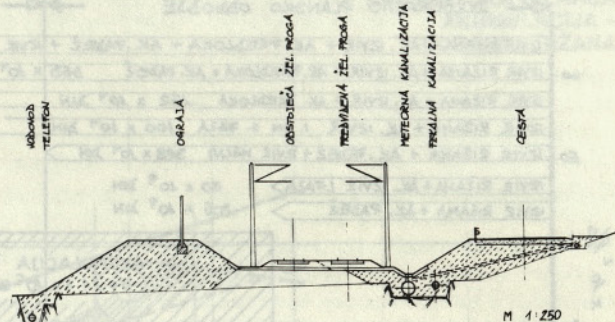
9.1. Preskrba z vodo

Na podlagi statistike rasti potreb vode na obali in razvojnih možnosti v tem prostoru je v razvojnem programu iz leta 1984 predviden porast porabe vode za 4 % letno do leta 2015, nato pa se porast postopoma zmanjšuje tako, da bo leta 2050 povprečna količina porabe v tretjem četrtletju znašala $Q = 2800$ l/s.

Potrebe po surovi vodi po trimesečjih:

TRIM. LETO	I.		II.		III.		IV.		SKUPNI $\times 10^6 m^3$	SREDNJI l/s
	$\times 10^6 m^3$	l/s	$\times 10^6 m^3$	l/s	$\times 10^6 m^3$	l/s	$\times 10^6 m^3$	l/s		
1990	4,049	520	4,199	540	5,132	660	4,238	545	17,612	559
2000	6,149	790	6,337	815	7,776	1000	6,415	825	26,671	846
2050	19,051	2450	19,673	2530	26,106	3100	19,829	2550	84,659	2685

VAROVANJE OB ŽELEZNICI IN CESTI ZA HRASTOVLJE



V gornjih količinah je zajeto tudi 10 % za tehnološke potrebe vodarne.

Iz diagrama pokrivanja primanjkljajev izvira je razvidna krivulja koničnih potreb za naslednjih sto let do konične porabe 4000 l/s. Druga krivulja istega diagrama predstavlja potrebe prostornin nabiralnika za kritje primanjkljajev na izviru Rižane ob nizkih vodostajih.

Akumulacije Izvir, Predloka in Padež v kombinaciji z izvirom Rižane omogočajo preskrbo obale do koničnega odjema q maks. = 4000 l/s leta 2095.

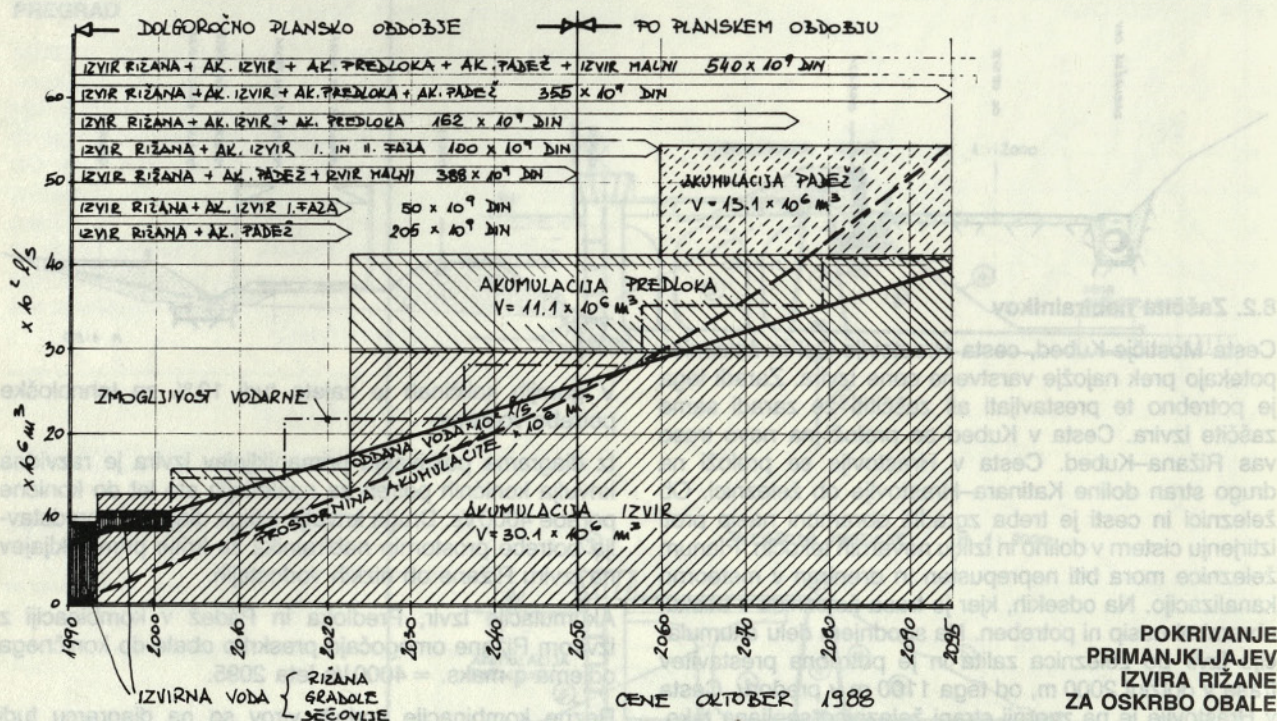
Razne kombinacije vodnih virov so na diagramu tudi finančno ovrednotene. Za tako dolgo obdobje je nemogoče natančno prognozirati, vendar le daje pogled v razsežnosti vodnega potenciala v dolini Rižane. Vir Padež je potreben Obali šele po letu 2060 ali 2078.

Iz tega je razvidno, da je izvir Rižane dragocen in zanesljiv vir vode za Obalo, če ga bomo znali primerno zaščititi in uporabljati.

Akumulaciji Padež in Ostrovnica lahko po potrebi priskočita na pomoč Sežani in Ilirski Bistrici ter obali po letu 2060. Če bo prišlo do gradnje pred tem letom, lahko koristno rabita tudi za bogatenje sušnega pretoka v strugi Rižani.

9.2. Ekološke razmere

Jezera, napolnjena z vodo v dolini, so lahko samo bogatenje narave – posebno v poletnih, soparnih in sušnih mesecih. Bolj otožno počutje dajejo izpraznjena jezera z golimi in zablatenimi brežinami, vendar se to zgodi samo za kratek čas v izredno sušnem letu. Akumulacija Izvir je slabo dostopna razgledu popotnika, razen udeležencem v železniškem prometu. Drugačen je pogled na Predloko, ki je obkrožena z magistralno cesto. Zelo pomembna je zagotovitev stalnega pretoka v strugi Rižane tudi ob najbolj sušnih mesecih. Do sedaj je bil



POKRIVANJE PRIMANJKLJAJEV IZVIRA RIŽANE ZA OSKRBO OBALE

določen biološki minimum v strugi na 50 l/s. Z akumulacijami se ta poveča tudi 10 x in več. Po svoji velikosti akumulacija ne bi smela imeti večjega vpliva na klimatske razmere.

9.3. Namakanje kmetijstva

Ravničasti predeli Rižane so ugodni za kmetijsko obdelavo zaradi ugodne lege in blagega podnebja. Na žalost teče v poletnih mesecih samo osiromašeni obvezni biološki minimum. Iz zadrževalnikov bo omogočen stalni pretok tudi ob najbolj sušnih mesecih. Pridrne roke bodo imele možnost, da čez poletje pridelajo obali in zaledju dovolj sveže hrane.

Od stalnega pretoka v Rižani bo imela veliko korist ribiška družina za vzgojo rib in športni ribolov.

9.4. Pridobivanje električne energije

Električno energijo imamo možnost pridobivati na treh lokacijah: pod samo pregrado Izvir na izpustu biološkega minimuma $h_1 = 45$ m, na vtoku v vodarno $h_2 = 26$ m in na izpustu viška v strugo Rižano pod vodarno $h_3 = 54$ m. Količine biološkega minimuma so:

$q_1 = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ in $N = 180 \text{ KWh}$

Celotni odjem je usklajen s srednjeletnim pretokom $q_{sr} = 4,65 \text{ m}^3/\text{s}$. Po izpustu biološkega minimuma teče po cevovodu proti vodarni še $q = 4,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Pred vodarno se ta količina deli na vodo za predelavo in višek za strugo Rižano:

- za vodovod $q_2 = 0,8-3,5 \text{ m}^3/\text{s}$
- za Rižano $q_3 = 3,3-0,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

Ob gradnji pregrade v dveh etapah je padec na začetku manjši za 15 m in pridobljena energija znaša:

$N'_{maks.} = 1325 \text{ KWh}$

$N'_{min.} = 1029 \text{ KWh}$

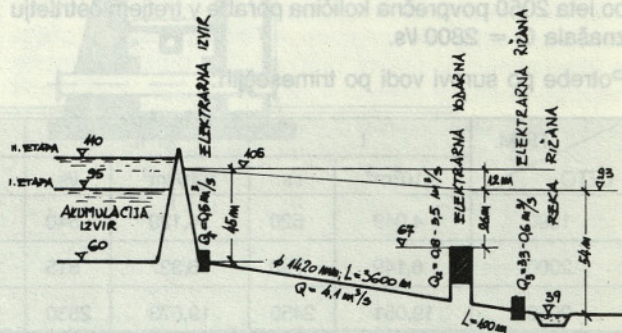
Ob celotni višini pregrade:

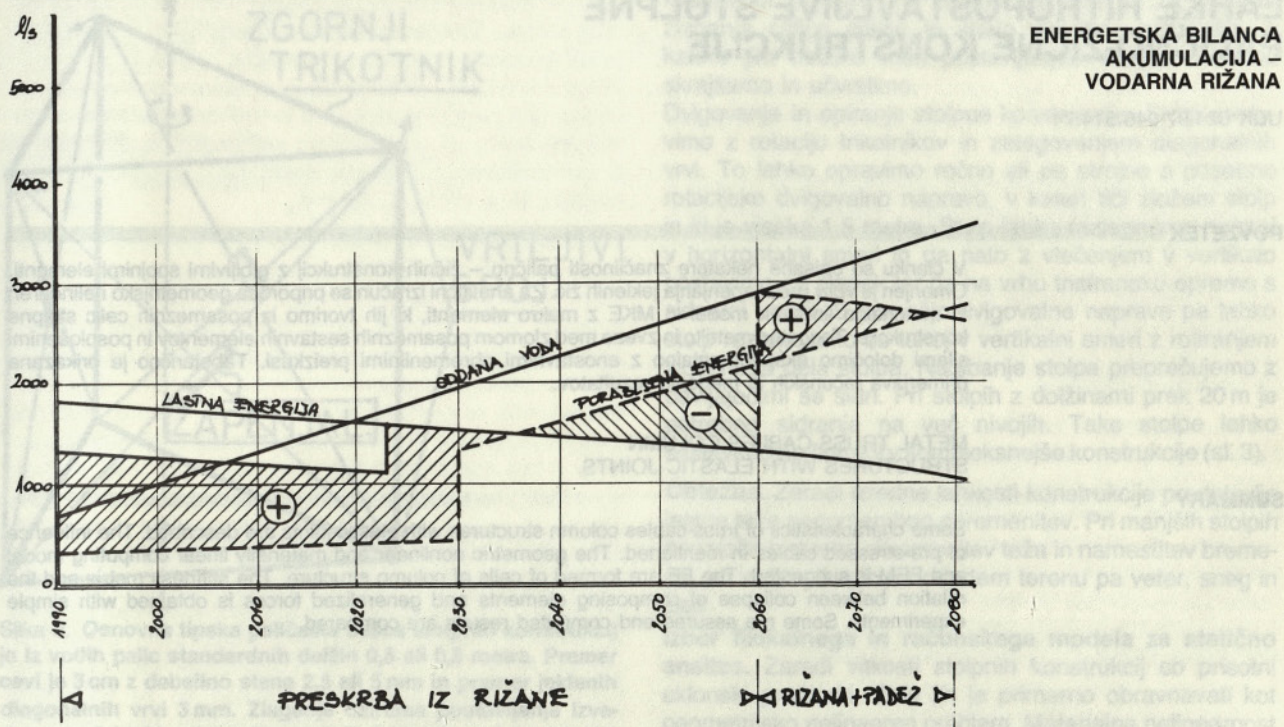
$N_{maks.} = 1770 \text{ KWh}$

$N_{min.} = 1125 \text{ KWh}$

Iz diagrama energetske bilance je razvidno, da je proizvodnja lastne energije večja od potreb do leta 2035. Od tedaj je potrebna nabava dodatne energije za potrebe vodovoda na območju Izvir-vodarna. Velik skok porabe energije nastopi ob prehodu transporta vode proti Kopru

ENERGETSKA SHEMA





iz težnostnega na prečrpalni transport. Tedaj se poraba poveča za ca. 900 KW. Dodatno povečanje porabe se pojavi od leta 2060 naprej z dobavo vode s Padeža. Tu sta možni dve vrsti porabe glede na to, ali se spušča voda na Rižano podzemno ali po cevovodu. Po cevovodu se pridobi nazaj ca. 80 % energije, porabljene na Padežu. Če pa pridemo s Padeža do Rižane po gravitacijskem rovu, porabe energije ni, pridobimo pa dodatno energijo ob ca. 200 m padcu.

10. SKLEPNE UGOTOVITVE

Iz vseh dosedanjih študijskih raziskav izhaja skupna ugotovitev, da na Primorskem ni vira vode od Gradolj do Malnov, ki bi bil zmožen pokrivati potrebe porabnikov ob nizkih vodostajih med sušo.

Ugotovljeno je tudi, da tega ne zmore niti več združenih izvirov. Poletni sušni čas je treba pokriti iz prihrankov v eni ali več možnih akumulacijah. Za preskrbo Obale se ponuja kot najbolj prikladna od vseh akumulacija na Rižani. Ta nabiralnik je za dva in polkrat večji kot Botonega ali Padež. Vključuje se v sistem primorskega vodovoda

s tem da dokončno izgradnjo prenaša v naslednji dolgoročni načrt kar v teh kriznih časih prav pride. Koliko pomeni zanesljiva akumulacija, je vidno iz poletnih suš ali iz izredne zimske suše leta 1988/89, ki je vse izvire spravila daleč pod svoj normalni letni minimum. Lastni vir energije je pomemben tudi iz vidikov varnosti, ekonomičnosti in SLO.

V teku je gradnja dolgoročnega tranzitnega cevovoda izvir Rižana-Obala in od pravilne izbire naslednjih etap bodo odvisni cena investicije, zanesljivost in stroški pogona ter rok izgradnje.

ZAHVALA

Zahvaljujem se najbližjim sodelavcem Leonu Grošlju in Tomu Kvaterniku za pomožne izračune ter Deanu Guštinu za risbe. Hvala tudi vsem ostalim za strokovna dela, ki so bila uporabljena kot vir informacij.

LITERATURA

- Krivic P.: Letna poročila Geoloških raziskav povodnja Rižane, geološki zavod Ljubljana 1982–1988.
 Guštin J.: Idejni projekt zaščite izvira in akumulacije Rižana, Rižanski vodovod Koper 1988.
 Guštin J.: Študija vodne preskrbe Obalnega območja, Rižanski vodovod Koper 1964.
 Guštin J.: Študija Primorskega vodovoda, Zveza vodnih skupnosti Ljubljana 1976.
 Pirc V.: Študija akumulacije Padež, Zveza vodnih skupnosti Ljubljana 1976.
 Guštin J.: Razvojni program Rižanskega vodovoda Koper 1984.
 Tomšič M.: Regionalni Primorski vodovod, idejni projekt, Vodno gospodarski inštitut Ljubljana 1988.
 Breznik M.: Razna strokovna poročila, Hidrotehnična smer FAGG Ljubljana.

LAHKE HITROPOSTAVLJIVE STOLPNE PALIČNO-ŽIČNE KONSTRUKCIJE

UDK 624.97.046:514.74

POVZETEK

V članku so opisane nekatere značilnosti palično – žičnih konstrukcij z gibljivimi spojnimi elementi. Omenjen je vpliv prednapenjanja jeklenih žic. Za analitični izračun se priporoča geometrijsko nelinearen in materialno linearen model in MKE z makro elementi, ki jih tvorimo iz posameznih celic stolpne konstrukcije. Togostno matriko in zvezo med zlomom posameznih sestavnih elementov in posplošenimi silami določimo eksperimentalno z enostavnimi obremenilnimi preizkusi. Tabelarično je prikazana primerjava računskih in merjenih rezultatov.

METAL TRUSS-CABLES COLUMN STRUCTURES WITH ELASTIC JOINTS.

SUMMARY

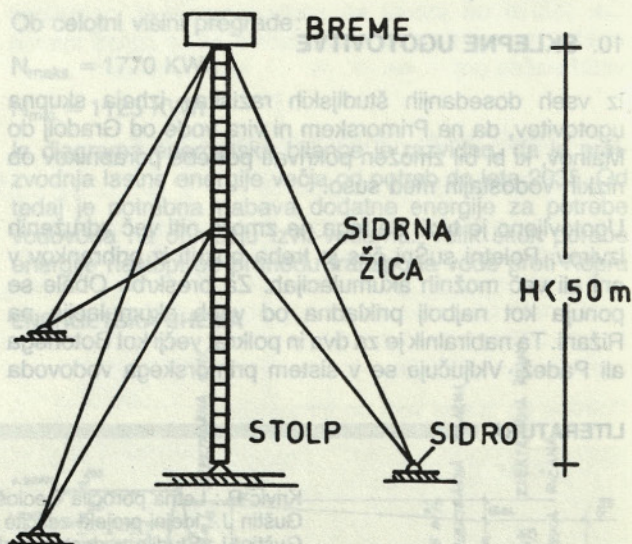
Some characteristics of truss-cables column structures with elastic joints are described. The influence of pre-stressed cables is mentioned. The geometric nonlinear and materially linear computing model and FEM is suggested. The FE are formed of cells of column structure. The stiffness matrix and the relation between collapse of composing elements and generalized forces is obtained with simple experiments. Some me assured end computed results are compared.

S paličnimi konstrukcijami dosegamo zelo ugodna razmerja med uporabno težo in lastno težo. Razmerje je lahko še ugodnejše pri uporabi jeklenih vrvi, ki prevzamejo natezne sile v paličju. Če uporabimo za spoje ustrezne gibljive členkaste zveze, lahko take konstrukcije zaradi relativno majhne lastne teže izredno hitro postavimo in kasneje po potrebi spet zložimo. Zato so take konstrukcije posebno primerne kot začasne naprave, ki jih je treba večkrat premikati in pred transportom zložiti. Kot primer področja uporabnosti bi omenili nosilno ogrodje dvigalnih naprav, podporne montažne odre, antenske in osvetljevalne stolpe in podobno.

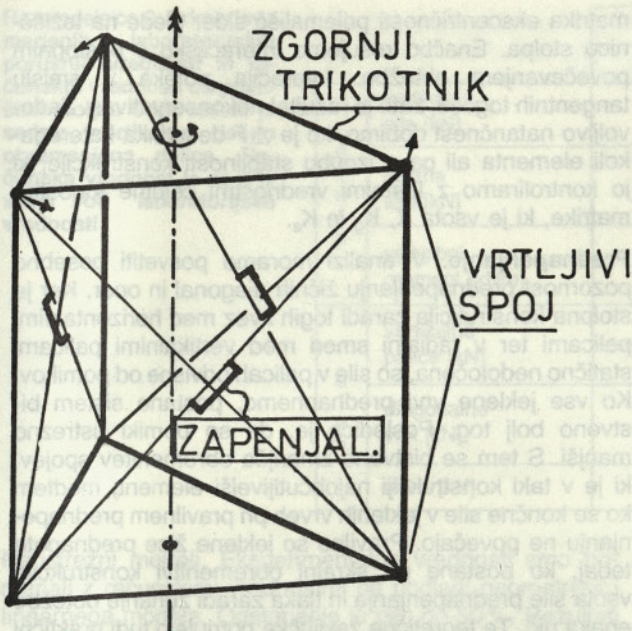
V okviru raziskovalnega projekta smo na TF VTOG v Mariboru in v tovarni Gorenje s sodelovanjem še nekaterih drugih institucij razvili lahke zložljive tipske stolpne konstrukcije. Možno jih je sestavljati v kompleksnejše sisteme, ki ustrezajo različnim potrebam uporabe. Sestavimo in postavimo jih lahko v zelo kratkem času. Dvajset metrov dolg aluminijast stolp (slika 1), težak okoli 110 kg, z nekaj tonami težkim bremenom, ki je zložen visok samo okoli 1 m, je možno postaviti v nekaj deset minutah.

Konstrukcijska zasnova. Osnovni tipski sestavni element stolpne konstrukcije je v obliki tristranične prizmatične celice z enakimi robovi, katere predstavljajo votle aluminijaste cevi standardnih dolžin 0,6 ali 0,8 metra (slika 2).

Cevi v osnovnem iz zgornjem trikotniku so med seboj toga povezane. Trikotnika sta med seboj v ogliščih razprta z vertikalnimi cevmi z nekoliko debelejšo steno. Vertikalne cevi so pritrjene na oglišče trikotnika s posebnimi gibljivimi členkastimi tečaji, ki omogočajo, da zgornji trikotnik z rotacijo okoli vertikalne težiščne osi celice pokrije spodnjega. Na tak način lahko celotni stolp v kratkem času zložimo na samo 6 % njegove višine.



Slika 1. Postavljeni stolp s sidrnimi oporami in bremenom. Iz zloženega stanja, ki znaša samo 6 % njegove razstegnjene dolžine, ga postavimo v nekaj deset minutah. Nosilnost je nekaj ton in je odvisna od površine in namestitve bremena ter od višine in načina opiranja stolpa



Slika 2. Osnovna tipska paličasta celica stolpnih konstrukcij je iz votlih palic standardnih dolžin 0,6 ali 0,8 metra. Premer cevi je 3 cm z debelino stene 2,5 ali 5 mm in premer jeklenih diagonalnih vrvi 3 mm. Zlaganje oziroma postavljanje izvedemo z deblokiranjem diagonalnih jeklenih vrvi in rotacijo zgornjega trikotnika okoli vertikalne težiščne osi celice

Členki dopuščajo samo rotacijo trikotnikov, medtem ko strižni zamik elastično ovirajo. Zaradi togih zvez horizontalnih trikotnikov ter elastičnih deformacij členkov nastopijo v palicah poleg dominantnih osnih sil tudi upogibni momenti in strižne sile.

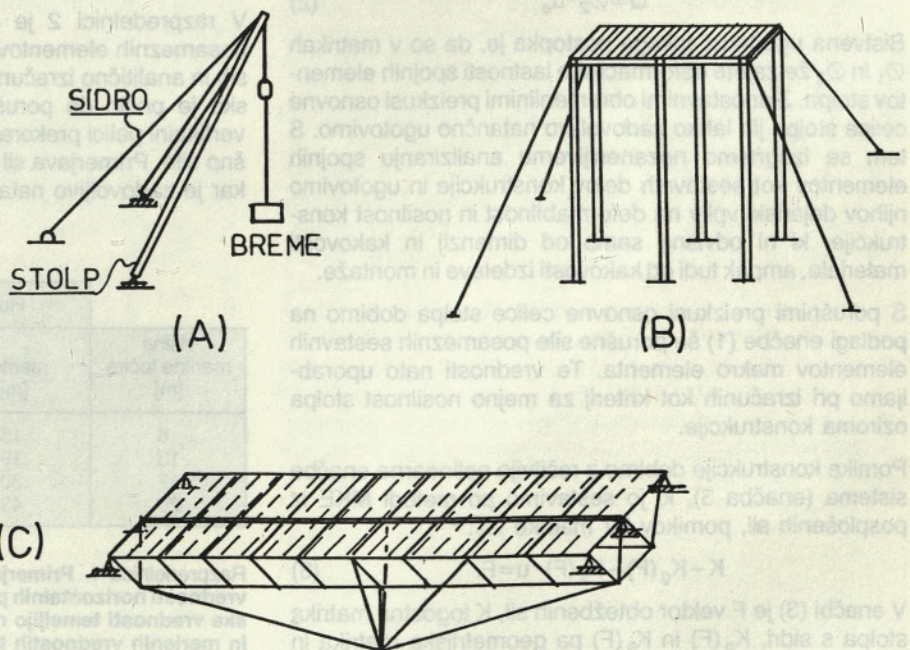
Celici zagotavljajo stabilnost šest tankih jeklenih vrvi, pritrjenih diagonalno med oglišča vseh treh stranskih

kvadratnih ploskev. Tri diagonalne vrvi so za potrebe zlaganja celice daljše in imajo posebno zatezalko, s katero jim dolžino med postavljanjem stolpa ustrezno skrajšamo in učvrstimo.

Dvigovanje in opiranje stolpne konstrukcije. Stolp postavimo z rotacijo trikotnikov in zategovanjem diagonalnih vrvi. To lahko opravimo ročno ali pa strojno s posebno rotacijsko dvigovalno napravo, v kateri tiči zložen stolp in ki je visoka 1,5 metra. Stolp lahko raztegemo najprej v horizontalni smeri in ga nato z vlečenjem v vertikalno postavimo na členek ter ga na vrhu tristransko opremo s sidrnimi vrvmi. S pomočjo dvigovalne naprave pa lahko stolp raztegujemo že takoj v vertikalni smeri z rotiranjem zloženega dela stolpa. Nagibanje stolpa preprečujemo z odvijajočimi se sidri. Pri stolpih z dolžinami prek 20 m je potrebno sidranje na več nivojih. Take stolpe lahko sestavimo po potrebi v kompleksnejše konstrukcije (sl. 3).

Obtežba. Zaradi izredne lahкости konstrukcije predstavlja lastna teža nepomembno obremenitev. Pri manjših stolpih povzročata bistveno obremenitev teža in namestitve bremena, pri večjih stolpih na odprtem terenu pa veter, sneg in žled.

Izbor fizikalnega in računskega modela za statično analizo. Zaradi vitkosti stolpnih konstrukcij so prisotni uklonski problemi. Zato jih je primerno obravnavati kot geometrijsko nelinearen problem. Materialna nelinearnost je izrazita v spojnih elementih, medtem ko so v palicah deformacije linearne. Zaradi majhnih dimenzij spojnih elementov je njihova nelinearnost samo lokalna in ne vpliva bistveno na globalne pomike konstrukcije. Ko dosežemo porušno obtežbo konstrukcije, se začnejo spojni elementi intenzivno plastično deformirati do loma, kar povzroči odpoved celotne konstrukcije. V laboratorijskih testih so spojni elementi vzdržali bistveno večje sile, kot so sile, ki delujejo nanje ob rušenju konstrukcije. V konstrukciji je potek deformacij spojnih elementov očitno



Slika 3. Primeri sestavljenih stolpnih konstrukcij. Brez posebnih težav lahko dosežemo višine do 50 metrov. (A) Opora za škripčno dvigalo. (B) Delovni oziroma montažni oder. (C) Mostna konstrukcija

precej drugačen kot tedaj, ko jih preizkušamo kot samostojne elemente. Glede na omenjene lastnosti oklepamo, da lahko za preračun konstrukcije kot celote uporabimo materialno linearen model, pri čemer ugotovimo elastične lastnosti elementov na podlagi obremenjevanja ene ali več celic stolpa.

Računski postopek. Preračun konstrukcije je možen s standardnimi programi po metodi končnih elementov. Zaradi velikega števila prostorskih elementov in nelinearnosti problema je analiza časovno precej zahtevna in manj pregledna. Dodatno težavo povzročajo dokaj deformabilne povezave med elementi konstrukcije, ki jih je analitično težko zajeti, predstavljajo pa bistveni dejavnik za ustreznost izračuna.

Glede na omenjene težave smo se lotili analiziranja stolpa nekoliko drugače. Ves stolp z opornimi sidri smo transformirali v ravninski linijski nosilec na elastičnih podporah. Po višini smo nosilec razdelili na linijske končne makro elemente, ki sestojijo iz ene ali več celic. S tem smo bistveno zmanjšali računsko število prostostnih stopenj in notranjih sil. Sile v posameznih sestavnih elementih stolpa smo izrazili kot funkcijo prečnih in osnih sil ter upogibnih momentov stolpa in jih zapišemo z enačbo:

$$P = \varnothing_1 \cdot Q. \quad (1)$$

V enačbi (1) je P vektor sil v posameznih elementih makro elementa konstrukcije, Q vektor mejnih prečnih in osnih sil ter upogibnih momentov stolpnega makro elementa (posplošene robne sile), \varnothing_1 matrika, ki predstavlja funkcijsko zvezo med P in Q.

Zvezo med posplošenimi mejnimi pomiki u_e ter silami Q makro elementa podaja matrika \varnothing_2 v enačbi (2), ki je dobro znana iz metode končnih elementov za linijske elemente.

$$Q = \varnothing_2 \cdot u_e \quad (2)$$

Bistvena ugodnost takega postopka je, da so v matrikah \varnothing_1 in \varnothing_2 že zajete deformacijske lastnosti spojnih elementov stolpa. Z enostavnimi obremenilnimi preizkusi osnovne celice stolpa jih lahko zadovoljivo natančno ugotovimo. S tem se izognemo nezanesljivemu analiziranju spojnih elementov kot sestavnih delov konstrukcije in ugotovimo njihov dejanski vpliv na deformabilnost in nosilnost konstrukcije, ki ni odvisna samo od dimenzij in kakovosti materiala, ampak tudi od kakovosti izdelave in montaže.

S porušnimi preizkusi osnovne celice stolpa dobimo na podlagi enačbe (1) še porušne sile posameznih sestavnih elementov makro elementa. Te vrednosti nato uporabljamo pri izračunih kot kriterij za mejno nosilnost stolpa oziroma konstrukcije.

Pomike konstrukcije dobimo z rešitvijo nelinearne enačbe sistema (enačba 3), ki jo sestavimo po metodi MKE iz posplošenih sil, pomikov ter matrike \varnothing_2 :

$$K - K_g(F) - K_s(F) \cdot u = F. \quad (3)$$

V enačbi (3) je F vektor obtežbenih sil, K togostna matrika stolpa s sidri, $K_g(F)$ in $K_s(F)$ pa geometrijska matrika in

matrika ekscentričnosti prijemališč sider glede na težiščnico stolpa. Enačbo rešujemo interacijsko s postopnim povečevanjem obtežbe. Interacija poteka v smislu tangentialnih togosti, zato je rezultat nekonservativen. Zadovoljivo natančnost dobimo, ko je ΔF desetinka kateregakoli elementa ali pa z izgubo stabilnosti konstrukcije, ki jo kontroliramo z lastnimi vrednostmi celotne togostne matrike, ki je vsota K , K_g in K_s .

Prednapenjanje. V analizi moramo posvetiti posebno pozornost prednapenjanju žičnih diagonal in opor. Ker je stolpna konstrukcija zaradi togih zvez med horizontalnimi palicami ter v radialni smeri med vertikalnimi palicami statično nedoločena, so sile v palicah odvisne od pomikov. Ko vse jeklene vrvi prednapnemo, postane sistem bistveno bolj tog. Posledica je, da so pomiki ustrezno manjši. S tem se bistveno zmanjša obremenitev spojev, ki je v taki konstrukciji najbolj občutljivejši element, medtem ko se končne sile v jeklenih vrveh pri pravilnem prednapenjanju ne povečajo. Pravilno so jeklene žice prednapete tedaj, ko postane pri skrajni obremenitvi konstrukcije vsota sile prednapenjanja in tlaka zaradi zunanje obtežbe enaka nič. Te teoretične zaključke potrjujejo tudi praktični preizkusi. Pri eksperimentih smo dosegli samo s pravilnim prednapenjanjem več kot 50 % povečanje nosilnosti konstrukcije. Jeklene diagonale v stolpu so že tovarniško prednapete, medtem ko moramo sidrne žice napeti ob postavitvi stolpa glede na predvideno obtežbo.

Primerjava računskih in eksperimentalnih rezultatov. Ustreznost izbrane metode smo preverjali z meritvami rušilnega preizkusa 20 metrov visokega stolpa, prikazane na sliki 1. Z vlečenjem stolpa z več vrvmi poševno na horizontalno smo simulirali silo vetra in bremena. Pri obtežbi, ki ustreza vetru s hitrostjo 200 km na uro, se je stolp zrušil. Izračunali smo pomike in sile v konstrukciji. Primerjava računskih in izmerjenih pomikov je podana v razpredelnici 1 in kaže zadovoljivo ujemanje.

V razpredelnici 2 je podana primerjava porušeni sil posameznih elementov in celic pri laboratorijskih preizkusih in analitično izračunanih sil ob poružitvi stolpa. Računsko je prišlo do porušitve, ko je računsko sila tlaka v vertikalni palici prekoračila v laboratoriju ugotovljeno porušno silo. Primerjava sil kaže samo triodstotno odstopanje, kar je zadovoljivo natančen rezultat.

višina merilne točke [m]	Horizontalni pomik		razmerje M : R %
	meritev [m]	računska vrednost [m]	
6	.15	.16	94
13	.19	.18	105
17	.30	.32	94
20	.43	.44	98

Razpredelnica 1. Primerjava merjenih vrednosti in računskih vrednosti horizontalnih pomikov stolpne konstrukcije. Računske vrednosti temeljijo na geometrijsko nelinearnem modelu in merjenih vrednostih togostne matrike celice stolpa

Razpredelnica 2: Primerjava merjenih laboratorijskih porušnih vrednosti in računskih vrednosti ob porušitvi stolpa. Odpovedala je sedma vertikalna tlačno obremenjena palica. Računska vrednost je za 3% večja od laboratorijske vrednosti

		Porušna vrednost		Številka elementa	Razmerje M : R [%]
		merjena	računska		
stolp	vertikalna sila [kN]	-95,5	-43,8	0-12	46
	strižna sila [kN]	8,15	3,0	8	37
	upogibni moment [kNm]	± 28,0	-12,1	12	43
elem.	vertikalne palice [kN]	+ 33,0	+ 10,2	6	31
		-31,5	-32,4	7	103
	diagonalne vrvi [kN]	6,7	2,5	9	37
	sidra [kN]	16,3	8,9	20	55

Neustrezni modeli. Eksperimentalne vrednosti smo primerjali z računskimi vrednostmi na podlagi geometrijsko linearnega modela. Odstopanje je bilo do 50%. Rezultati na podlagi togostne matrike, izračunane iz geometrije celice in tabelaričnih materialnih konstant, pa so bili neuporabni.

SKLEP

Za statično analizo palično-žičnih stolpnih konstrukcij z dokaj zahtevnimi in deformabilnimi spojnimi elementi je

uspešna metoda končnih elementov, ki temelji na materialno linearnem modelu in geometrijsko nelinearnem. Končne elemente tvorimo iz ene ali več osnovnih celic stolpa. Togostno matriko računskega elementa ugotavljamo eksperimentalno z enostavnimi obremenilnimi preizkusi. Analitično računanje togostne matrike končnega elementa na podlagi geometrije in materialnih konstant sestavnih elementov makro elementa je zamudno delo in daje zelo nezanesljive rezultate. Pri analizi in postavljanju stolpnih konstrukcij moramo posvetiti posebno pozornost prednapenjanju jeklenih žic, saj dosežemo s tem bistveno večjo nosilnost.

KATODNA ZAŠČITA PREDNAPETIH KONSTRUKCIJ, DA? NE! – VPLIV BLODEČIH ELEKTRIČNIH TOKOV

UDK 620.193:621.3:624

Leopold Vehovar

POVZETEK

Prispevek obravnava faktorje, ki vplivajo na krhkost prednapetih jekel v prednapetih konstrukcijah zaradi katodne zaščite. Obravnavani pa so še anodni in katodni efekti, ki so lahko v posebnih primerih prisotni zaradi blodečih tokov. Atomarni vodik, ki se tvori, lahko prodira v kovino z vsemi pripadajočimi negativnimi posledicami. Pri običajnem mehkem jeklu lahko tovrstne posledice zanemarimo, pri prednapetem jeklu z zelo visoko natezno trdnostjo, ki je v praksi tudi zelo obremenjeno, pa se poraja velika tendenca nastajanja vodikove krhkosti. Negativnega katodnega učinka torej ni možno izključiti.

THE CATHODIC PROTECTION OF PRESTRESSED STRUCTURES, YES? NO! – THE INFLUENCE OF STRAY ELECTRICAL CURRENTS

SUMMARY

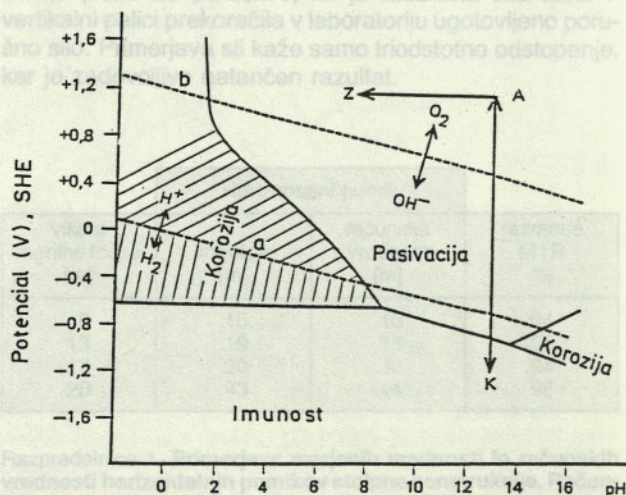
This paper discusses factors affecting the embrittlement of prestressing steel in prestressed structures due to cathodic protection. There are also anodic and particularly cathodic effects arising from stray currents which may be present in special cases. The atomic hydrogen formed may penetrate the metal with all the attendant negative consequences. With ordinary mild steels, these consequences can usually be neglected but with prestressing steel which has a very high ultimate tensile strength and which in practice is usually in a high-loaded condition, there is a strong tendency for hydrogen embrittlement to occur. Thus, a possible adverse cathodic effect cannot be excluded.

1. UVOD

Povod za katodno zaščito armiranobetonskih in prednapetih konstrukcij je bila korozija nekaterih njihovih elementov, kot so voziščne plošče na mostovih ali pa nosilni stebri, ki so bili v stiku z agresivno zemljino oziroma morskovo vodo. Obsežna korozija in njeno hitro napredovanje v globino materiala je v takšnih primerih predvsem posledica delovanja kloridnih ionov, nastalih pri soljenju cest in iz morske vode. Vsaka jeklena armatura pa se v betonu pri dovolj visoki pH vrednosti in ustreznih koncentraciji OH⁻ ionov v porni tekočini zaščiti s tvorbo pasivnega filma. To je razvidno iz Pourbaixovega diagrama na sliki 1, v katerem so prikazana različna področja, ki ponazarjajo stanje kovine v odvisnosti od potenciala, ki ga ta zavzema v mediju z različno pH vrednostjo. To so področja korozije, pasivnosti in imunosti. Slednje imuno področje je pri dovolj nizkih potencialih, pri katerih ne more potekati anodna reakcija (odtapljanje – oksidacija kovine M v obliki kovinskih ionov Mⁿ⁺), temveč le katodna (korozijski proces je namreč sestavljen iz parcialnega anodnega in katodnega procesa). Pri tej se lahko pod vplivom od zunaj vnesenega toka in pri določenem potencialu elektroni porabljajo z reakcijo H⁺ ionov iz korozijskega medija ali z v njem raztopljenim kisikom.

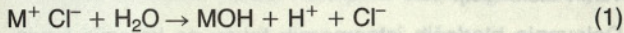
Avtor:
Dr. Leopold Vehovar – SOZD Slovenske železarne, Metalurški inštitut Ljubljana, Lepi pot 11

Razmere pa se popolnoma spremenijo v prisotnosti kloridov – slika 2. Področje korozije se širi, pasivacije pa oži, kar povzroča korozijo jekla v obliki pittinga (korozijskih pitov, tj. izjed). Porajajo se številne globoke izjede, ki so posledica velike gostote anodnega toka (mala anodna površina) in majhne gostote katodnega toka (velika katodna površina). Pri visokih koncentracijah kloridnih ionov se lahko številne izjede združijo, kar daje videz enakomernejše korozije.

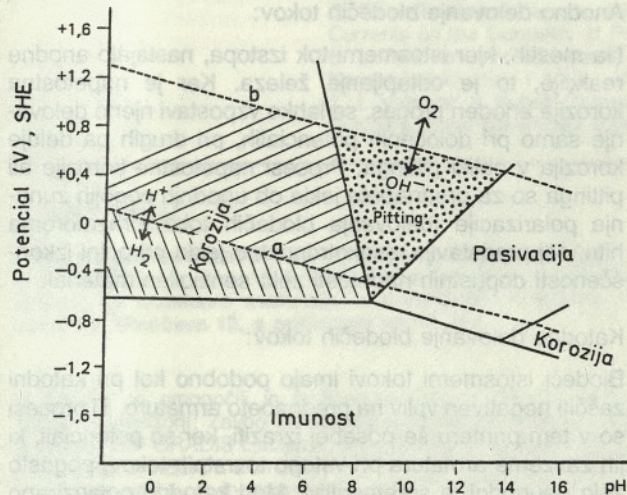


Slika 1. Pourbaixov diagram za sistem železo–voda pri 25°C

V globini korozijske izjede potekajo v prisotnosti kloridnih ionov drugačni korozijski procesi kot na površini armature, kjer prevladuje visoka pH vrednost. Posledica tega je tvorba korozijskih produktov M^+Cl^- (v primeru jeklene armature se ti tvorijo z reakcijo: $Fe^{2+} + Cl^- \rightarrow FeCl_2$), ki pa nimajo nobene zaščitne sposobnosti. V prisotnosti vode (vlage) se hitro raztapljajo:



Nastali H^+ ioni povečujejo kislost v izjedi in s tem tudi možnost nastajanja vodikove krhkosti, stalna migracija Cl^- ionov v notranjost izjede pa omogoča njihovo stalno visoko koncentracijo. Povsem jasno je, da je nastajanje izjed in povečanje kislosti možno tudi v odsotnosti kloridov, vsekakor pa so ti procesi najizrazitejši v prisotnosti teh izjemno destruktivnih ionov.



Slika 2. Pourbaixov diagram za sistem železo–voda, v prisotnosti kloridov

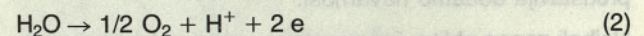
Nastajanje izjed je še posebej nevarno pri visokotrdnostnih jeklih, kot so različne kakovosti patentirane žice ali poboljšane palice (Dywidag jeklo). Korozijska izjede predstavljajo inicialna mesta za napetostno korozijo, ki pogosto deluje vzajemno z vodikovo krhkostjo, ali za nastajanje korozijsko-utrujenostnih zlomov. To pa so bili glavni motivi, ki so pripeljali do zamisli o katodni zaščiti prednapete armature, pa tudi običajne mehke armature, pri kateri je bil glavni namen ohraniti nosilni postopek.

Po začetnem navdušenju, ki sega približno 25 let nazaj, so kmalu ugotovili, da povzroča v visokotrdnostnih jeklih, vgrajenih v prednapete konstrukcije, katodna zaščita krhkost armature in številne nenadne zlome. Takšna zaščita mnogih običajnih armiranobetonskih konstrukcij je postala v določenih primerih zaradi majhnega učinka popoln nesmisel in kovanje dobička na račun gradbeništva (lit. 1). Danes se šteje kot ekonomsko opravičljiva le katodna zaščita nekaterih elementov običajnih armiranobetonskih konstrukcij, ki so v stalnem (zelo pogostem) stiku z vlago (to so deli konstrukcij, npr. v morskii vodi ali močvirnatih tleh), čeprav gradbeništvo tudi v teh specifičnih primerih

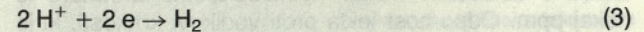
že povsem uspešno izriva tovrstno zaščito z uporabo boljših – kompaknejših betonov, z ustreznim betonskim prekritjem armature in dovršeno hidroizolacijo (lit. 1, 2, 3 in 4). Katodna zaščita prednapetih konstrukcij se nikakor ne priporoča. FIP – Federation Internationale de la Précontrainte jo odločno odklanja. Razlogi za to so, kot sledi.

2. MEHANIZMI KRHKOSTI PREDNAPETE VISOKOTRDNOSTNE ARMATURE V PRISOTNOSTI KATODNE ZAŠČITE IN BLODEČIH TOKOV

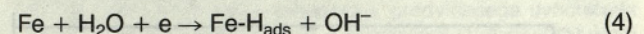
Med katodno polarizirano armaturo, ki je v neposrednem stiku z betonom ali injekcijsko maso (v ta obdajajoči medij prodirajo ob poškodbah atmosferilije, to je voda in različne količine v njej absorbiranih pospeševalcev korozije, kot so kloridi, sulfati, kisle komponente, kisik itd.), se pri katodni zaščiti izpostavijo na elektrodnih površinah jekla katodne reakcije. Vpliv katodne polarizacije si je v takšnem primeru možno razlagati s Pourbaixovim diagramom, ki je prikazan na sliki 1. V diagramu sta podani karakteristični črtkani črti a in b. Ravnotežni potencial sistema H_2/H_2O oziroma H^+/H_2 je v diagramu predstavljen s črto a, z b pa ravnotežni potencial sistema O_2/H_2O in s tem tudi reakcije O_2/OH^- . Pri potencialih med črtama a in b je stabilno področje vode, ne glede na pH vrednost. Nad črto b se bo iz vode sproščal kisik in vodikovi ioni:



Pod črto a se bodo H^+ ioni iz vode oz. korozijskega medija (ta lahko predstavlja vodno raztopino iz enačbe 1) reducirali v molekularni (plinasti) vodik:

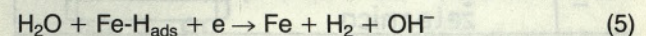


Pri potencialih, ki so negativnejši od potenciala reakcije H^+/H_2 , torej tudi v katodnem področju, kjer je prisotna korozijska imunost jekla, nastopi pod vplivom zunanje katodne polarizacije delna hidroliza vode (vlage) v betonu:

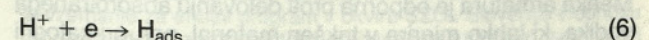


$Fe-H_{ads}$ = na jeklu adsorbirani atomarni vodik, nastal po razelektrenju H^+ ionov v stiku z elektroni

S sekundarno reakcijo pa nastaja plinasti vodik:



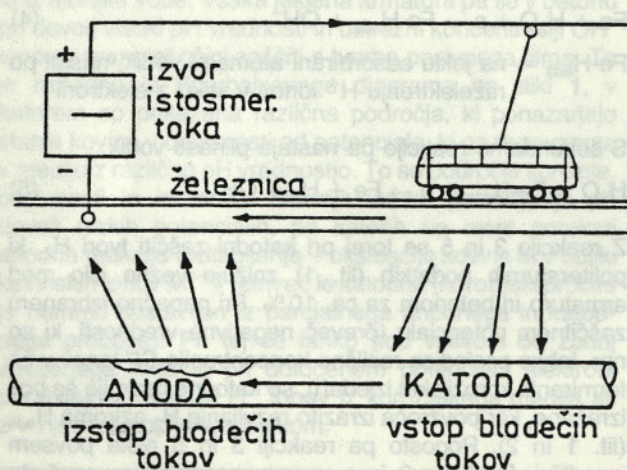
Z reakcijo 3 in 5 se torej pri katodni zaščiti tvori H_2 , ki politeraturnih podatkih (lit. 1) znižuje vezno silo med armaturo in betonom za ca. 10%. Pri napačno izbranem zaščitnem potencialu (preveč negativne vrednosti, ki so npr. lahko posledica različne koncentracije Cl^- ionov v že formiranih korozijskih izjedah), so katodne reakcije še bolj izražene, kar povzroča izrazito razvijanje H_2 oziroma H_{ads} (lit. 1 in 2). Pogosto pa reakciji 3 in 5 nista povsem izvedljivi. Reakcija 3 je sumarna, parcialna pa vodi do začetne tvorbe in adsorpcije atomarnega vodika (H_{ads}) na jeklu:



Ali se bo na katodnih površinah armature izločal molekularni vodik ali pa tvoril atomarni, ki povzroča vodikovo krhkost visokotrnostne armature, je odvisno predvsem od t. i. notranjih faktorjev (kemične sestave in mikrostrukture jekla). Ker atomarni vodik ne more reagirati na jekleni površini z elektroni s tvorbo molekularnega vodika, ostaja adsorbiran na teh površinah. To povzroča t. i. prenapetost izločanja vodika (pogosto imenovana katodna prenapetost), ki predstavlja temeljni pogoj za vodikovo krhkost (lit. 6).

Atomarni vodik bo difundiral v jeklo na mestih, kjer je potrebna najmanjša aktivacijska energija. Takšna ugodna mesta so različni defekti na površini, določene nečistote in faze v jeklu, dislokacije, katerih gostota narašča z naraščanjem napetosti v materialu, ugodno orientirane kristalne meje itd. Potem ko je atomarni vodik vstopil v kristalno mrežo jekla, v kateri izkazuje visoko mobilnost in sposobnost difuzije, se lahko ujame na pasteh (defekti v kristalni mreži, različne nečistote itd.), kjer se pod ugodnimi pogoji veže z drugim atomarnim vodikom v molekularnega. Nastajanje molekularnega vodika povzroča v materialu visoke tlake (do 10^5 bara), ki jih visokotrnostna armatura ne prenese. Tvorijo se mikro razpoke, ki se združujejo v makro razpoke, ki vodijo do krhkosti – nenadnih lomov. Poleg tega pa atomarni vodik v armaturi znižuje vezno silo med atomi železa, kar predstavlja dodatno nevarnost.

Najbolj znana oblika časovnega delovanja absorbiranega atomarnega vodika so t. i. zapoznani lomi, ki nastajajo, potem ko se je v kovini s časom absorbirala dovolj velika – kritična količina atomarnega vodika. Ta kritična količina znaša v določenih vrstah visokotrnostne armature le nekaj ppm. Odpornost jekla proti vodikovi krhkosti, ki je posledica bodisi katodne zaščite bodisi korozijskih procesov, je torej odvisna od kakovosti visokotrnostnega jekla, ki pa se pogosto drastično spreminja s spremembo proizvajalca (lit. 7).



Slika 3. Nastajanje in delovanje blodečih tokov

Mehka armatura je odporna proti delovanju absorbiranega vodika, ki lahko migrira v takšen material, npr. pri katodni

zaščiti običajnih armiranobetonskih konstrukcij. Vzrok večje odpornosti je sposobnost jekla, da akumulira veliko količino energije, nastale pri omenjeni rekombinaciji atomarnega vodika v molekularni. Material je torej žilavejši in v mnogo manjši meri podvržen hladni učvrstitvi pri nastajanju plinskih mehurčkov v njegovi notranjosti, kjer povzročajo deformacijo kristalne mreže in nastajanje številnih dislokacij.

Delovanje blodečih istosmernih tokov na korozijo kovinskih konstrukcij je dobro znano. Blodeči tokovi povzročajo precejšnja razdejanja predvsem v prednapetih konstrukcijah (lit. 4 in 5), kjer je armatura podvržena odtapljanju (anodno delovanje blodečih tokov) in katodnim reakcijam (nastajanje vodikove krhkosti). Izvor istosmernih blodečih tokov je npr. lahko elektrificirana električna poga – slika 3.

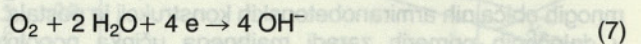
Anodno delovanje blodečih tokov:

Na mestih, kjer istosmerni tok izstopa, nastajajo anodne reakcije, to je odtapljanje železa. Ker je napetostna korozija anoden proces, se lahko vzpostavi njeno delovanje samo pri določenih potencialih, pri drugih pa deluje korozija v obliki pittinga. Procesi napetostne korozije ali pittinga so za prednapeta jekla ob ugodnih pogojih zunanje polarizacije (delovanja blodečih tokov) razmeroma hitri, saj predstavlja visokotrnostno jeklo pri polni izkoriščenosti dopustnih napetosti zelo senzibilen material.

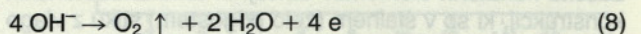
Katodno delovanje blodečih tokov:

Blodeči istosmerni tokovi imajo podobno kot pri katodni zaščiti negativen vpliv na prednapeto armaturo. Ti procesi so v tem primeru še posebej izraziti, ker so potenciali, ki jih zavzema armatura pri vstopu tovrstnih tokov, pogosto zelo neugodni in spremenljivi. Med katodno polarizirano armaturo (vse površine armature, po kateri teče istosmerni tok, so katodne, razen tiste, kjer tok izstopa – slika 3) in medijem, ki jo obdaja (betonom ali injekcijsko maso), se vzpostavijo katodne reakcije.

Vpliv blodečih tokov lahko razložimo s pomočjo že prikazanega Pourbaixovega diagrama na sliki 1. V njihovi prisotnosti postane potencial armature v odnosu do okolice, ki jo obdaja (betonom), negativnejši (potencial K na sl. 1). Toda ker se spreminja intenziteta zunanje polarizacije (spreminja se torej velikost blodečih tokov), obtaja možnost spremembe potenciala armature glede na okolico tudi proti pozitivnejšim vrednostim (označeno s puščico v smeri A). V prisotnosti blodečih tokov potekajo tako številne elektrokemične reakcije. Iz vode z raztopljenim kisikom nastanejo v potencialnem področju med črtama a in b na katodnih površinah OH^- ioni:



Nad črto b pa z anodno reakcijo (npr. na mestih, kjer blodeči tokovi izstopajo) nastaja kisik:



Z rabo OH^- ionov upada pH medija v okolici anodnega

dela armature (sistem se pomika v kislno področje, označeno s puščico v smeri Z), kjer tok izstopa. Pri dovolj nizkem pH betona nastopi depasivacija in vzpostavi se korozijsko žarišče.

Podobno kot pri katodni zaščiti se bo zaradi blodečih tokov nad črto a tvoril H^+ ion, ki lahko povzroča vodikovo krhkost, pod njo pa plinasti vodik (enačba 3). Ker je medij v okolici armature vodna raztopina bazičnega značaja z

različnim pH in zelo nizko koncentracijo vodikovih ionov, je povsem jasno, da se bo ustvarjal vodikov ion oz. atomarni vodik le s hidrolizo vode iz te raztopine (enačba 4); z reakcijo po enačbi 5 pa še molekularni vodik. Iz povedanega torej sledi, da blodeči tokovi lahko povzročajo bodisi običajno oz. napetostno korozijo bodisi vodikovo krhkost v visokotrnostni armaturi, vgrajeni v prednapete konstrukcije.

LITERATURA

1. J. B. Vrable: Cathodic Protection for Reinforcing Steel in Concrete, ASTM-STP 629. P. M. Ward: Cathodic Protection: A User's Perspective, ASTM-STP 629.
2. FIP – Technical Report – 1982: Cover to Steel Reinforcement for Floating Concrete Structures.
3. R. C. Robinson: Cathodic Protection of Steel in Concrete, Publication SP-49, American Concrete Institute.
4. F. M. Burdekin, G. P. Rothwell: Survey of Corrosion and Stress Corrosion in Prestressing Components Used in Concrete Structures with Particular Reference to Offshore Applications, Wexham Springs, Slough SL3 6PL.
5. FIP – Technical Report – 1980: Report on Prestressing Steel: 6. The Influence of Stray Electrical Currents on the Durability of Prestressed Concrete Structures.
6. L. Vehovar: Korozija kovin, Vodikova krhkost str. 143–162, Učbenik za podiplomski študij na Konstrukcijski smeri FAGG – VTOZD GG, Univerza E. Kardelja, Ljubljana, 1989.
7. L. Vehovar, V. Kuhar: Corrosion of High-Strength Steel in Prestressed Concrete Containing Calcium Sulphide, Steel Committee United Nations, Geneva 1984.

ZAPISNIK

redne skupščine Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, z dne 16.5.1989, ki je potekala v dvorani Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana, v Ljubljani, Dimičeva 12, s pričetkom ob 11. uri.

Skupščino so omogočili in jo finančno podprli s propagando naslednji sponzorji: Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana, GIP GRADIS Ljubljana, GIP PIONIR Novo mesto, PUV NIVO Celje in HELIOS Dmžale – TOZD Srpenica. Vsebinsko pa smo jo obogatili s predhodnim predavanjem »o potresu v Armeniji«, ki ga je pripravil in izvedel prof. Sergej Bubnov.

PRISOTNI: delegati iz 10 društev GIT in 3 specialnih društev ter drugi gostje – skupaj 56 udeležencev

Dnevni red:

1. Otvoritev skupščine
2. Poročilo predsednika ZDGITS
3. Poročilo predsednika nadzornega odbora
4. Poročilo glavnega in odgovornega urednika Gradbenega vestnika
5. Razprava po poročilih
6. Predlog o višini članarine in naročnine za Gradbeni vestnik
7. Razrešitev organov ZDGITS
8. Volitve novih organov ZDGITS
9. Podelitev priznanj zaslužnim in častnim članom ZDGITS
10. Zaključna beseda
11. Aktualna razprava na temo: Problemi gradbeništva v bodoči Evropi

Ad 1

Skupščino z uvodnim pozdravom otvori dosednji predsednik izvršnega odbora ZDGITS, Boris Pečenko in predlaga v izvolitev naslednje organe skupščine:

- **delovno predsedstvo:**
predsednik: prof. Sergej Bubnov
člana: Vida Jug, Ludvik Bonač
- **zapisnikar:** Ana Holobar
- **overovatelja zapisnika:** Janez Bojc in Adolf Derganc

– verifikacijska komisija:

predsednik: Maks Megušar
člana: Darinka Omahen in Josip Vitek

– kandidacijska komisija:

delo poverjeno predsedniku delovnega predsedstva

– komisija za sklepe:

predsednik: Boris Pečenko
člana: Borut Gostič in Peter Mandeljč

Po soglasni izvolitvi predlaganih članov v skupščinska telesa, jim tov. Pečenko zaželi uspešno delo, prisotne pa povabi k čim večji aktivnosti.

1.1. Predsednik delovnega predsedstva, prof. Sergej Bubnov, se v imenu vseh izvoljenih zahvali za zaupanje in predlaga skupščini v sprejem dnevni red. Obenem pa delegatom opraviči morebitno odsotnost tov. Emila M. Pintarja, predstavnika Republiškega komiteja za razvoj znanosti in tehnologije, predvidenega uvodničarja k zadnji točki dnevnega reda, ki je namenjena obravnavi aktualnih problemov gradbeništva v bodoči Evropi. Imenovani se je bil pripravil za našo skupščino in potrdil udeležbo, vendar je trenutno službeno zadržan in bo prišel le, ako bo svojo službeno dolžnost pravočasno opravil.

SKLEP I.: Dnevni red je sprejet skupaj s pojasnilom z zvezi z zadnjo točko.

1.2. Prof. Bubnov nato pozdravi vse prisotne, zlasti toplo predsednika Zveze inženirjev in tehnikov Slovenije, dr. Pavla Štularja in prebere pozdravni brzojavki, ki sta ju skupščini naslovljena član IO predsedstva RK SZDL Slovenije, tov. Primož Hainz in predsednik Zveze gradbenih inženirjev in tehnikov Hrvatske, tov. Branko Bergman. Oba v svoji brzojavki izražata najboljše želje in obilo uspeha pri nadaljnjem delu.

1.3. Skupščino pozdravi v imenu Zveze inženirjev in tehnikov Slovenije njen predsednik, **dr. Pavel Štular**, in da v svojem nagovoru nekaj pobud in zamisli o vključevanju vseh inženirjev in tehnikov Slovenije v družbenopolitično in gospodarsko preobrazbo, ki se ravnokar oblikuje. Dr. Štular poudarja, da lahko prav tehnična inteligenca s svojimi konkretnimi akcijami največ prispeva k porajajočemu se pluralizmu. Predlaga enotno podporo dopolnitvam ustavnih sprememb, objavljenim v Delu dne 22.4.1989 in zavzemanje za enotni program v okviru SZDL Slovenije v odnosu na republiško in zvezno ustavo. Zadeva nas tudi novo nastajajoči

zakon o društvih. Po njegovih besedah je nujno, da inženirji in tehniki skupaj in enotno izdelajo minimalno platformo za izboljšanje danih razmer. Aktualna je tudi problematika osrednjega slovenskega doma inženirjev in tehnikov, katerega lokacija je še zmeraj vprašljiva; nadalje je pomembno vprašanje standardizacije in preostalega strokovnega tiska. Dr. Štular zaključuje svoje misli z željo, da bi vse zveze inženirjev in tehnikov Slovenije poiskale skupno pot in zavzele svojo aktivno vlogo in mesto pri premagovanju skupnih gospodarskih in političnih problemov.

Prof. Bubnov, kot delovni predsednik, se dr. Štularju zahvali za pozdrave, dobre želje in pobude ter dodatno komentira, da je vključevanje inženirjev in tehnikov v naši družbi dejansko pre-skromno in tudi premalo upoštevano. Tehnični inteligenci se doslej ni dalo ustreznega priznanja za svoje prispevke in je bila pogosto označena s predznakom tehnokratizma.

1.4. Po spodbudnem uvodu, da predsednik delovnega predsedstva besedo verifikacijski komisiji, ki je skladno z določili Statuta ZDGITS preverila sklepčnost.

Predsednik verifikacijske komisije, **Maks Megušar**, poroča, da bi se moralo skupščine udeležiti, glede na število društev GIT v Sloveniji 65 delegatov, prisotnih pa je 43 delegatov, kar zagotavlja sklepčnost skupščine.

Ad 2

Poročilo predsednika predsedstva Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, **tov. Feliksa Strmoleta** (bo podano v št. 9/10 G. V.).

Ad 3

Poročilo predsednika nadzornega odbora, **tov. Janeza Bojca** (bo podano v št. 9/10 G. V.).

Ad 4

Poročilo glavnega in odgovornega urednika Gradbenega vestnika, **tov. Franca Čačoviča** (bo podano v št. 9/10 G. V.).

Ad 5

Po podanih poročilih o delovanju Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, njeni problematiki ter zastavljenih načrtih in o realizaciji njene primarne in pomembne funkcije izdajanje Gradbenega vestnika, povabi predsednik delovnega predsedstva, prof. Sergej Bubnov, prisotne k razpravi.

5.1. Prvi se prikloni k razpravi naš dolgoletni aktivist, član in starosta slovenskih gradbincev, **Ciril Stanič** in izrazi priznanje stanovski zvezi, ki kljub hudim tegobam v gradbeništvu uspešno povezuje strokovno članstvo preko Gradbenega vestnika in z drugimi oblikami izobraževanja, druženja idej in poti k skupnim ciljem stroke, ki so ji zapisani.

Z Gradbenim vestnikom je zadovoljen; vesel je tudi novih opremskih poživitev. Pogreša pa oglašanje s področja prometa. Strinja se tudi z dr. Štularjem in prof. Bubnovom in tudi sam meni, da so gradbeniki preveč skromni in premalo agresivno uveljavljajo svoje dosežke, ki so pomembni za družbo.

V zvezi z obstoječimi sistemskimi oblikami gradbeniške politike izraža obžalovanje in kritično oceni ukinitve nekdanjih revizijskih komisij.

5.2. **Leon Skaberne**, več kot 40 let pomembno prisoten v slovenskem gradbeništvu, se pridružuje Staničevim kritikam v zvezi z nadzorstvom projektov. Za ponazoritev odsotnosti nadzora v notranji kontroli projekta omeni rezultate zadržne gradnje, kjer so bila angažirana najcenejša podjetja, ki ne zagotavljajo kakovosti izgradnje. Često se dogaja, da investitor med gradnjo spreminja namembnost objekta, med tem časom pa se zapravljajo milijarde. Tako imenovana težnja po spajanju z Evropo je brezpredmetna, če ne vidimo in ne posnemamo reda, ki v tej Evropi obstaja in se strogo upošteva. Tam se dosledno sledi projektu s strogim nadzorom. Pri nas pa kvaliteta pada.

5.3. **Gorazd Humar**, predsednik DGIT Ajdovščina-Gorica-Tolmin, seže v poročilo predsednika predsedstva in ga popravi pri navedbi neaktivnih društev, med katero je pomotoma uvrstil tudi tolminsko. DGIT Tolmin je bilo nekoč resda samostojno društvo, katerega delo je za nekaj let zamrlo. Od leta 1987 pa so gradbinci s Tolminskega aktivno vključeni v enotno društvo gornje Primorske, s sedežem v Ajdovščini.

5.4. **Vladimir Čadež**, priznani gradbenik in vseskozi aktivni ustvarjalec Gradbenega vestnika, s članstvom v uredniškem odboru, pozdravi skupščino s posebnim poudarkom in pozivom gradbincem, da se zavzemajo za ustrezno gradbeniško regulativo, zlasti za novi zakon o graditvi objektov, ki je sedaj preglomazen in kompliciran in ni v skladu z novimi smernicami tržnega gospodarstva.

5.5. **Anton Virc**, v svoji diskusiji predstavi DGIT Novo mesto, ki združuje gradbenike iz širše dolenske regije in po besedah predsednika Virca, je njihova aktivnost močno vezana na razvoj industrije in drugih gospodarskih dejavnosti v regiji. Veliko skrb posvečajo zlasti gradnji takih objektov, ki vplivajo na podobo pokrajine in bi lahko povzročili veliko gospodarsko škodo. Med take objekte sodijo savske elektrarne, ki so v intenzivni izgradnji in avtocesta. Predsedstvo društva je to problematiko skrbno obravnavalo in ustanovilo komisijo, ki bo spremljala delo na teh objektih.

Kar zadeva strokovnost, poskušajo tudi dolenski gradbinci slediti evropskim aktualnim trendom. V društveni dejavnosti pa si vsekar želijo več sodelovanja med društvi in več stikov s kolegi, da bi lahko izmenjavali svoje strokovne in društvene izkušnje.

Z Gradbenim vestnikom so zadovoljni, pravi tov. Virc in poudarja, da financiranje Gradbenega vestnika ne bi smelo predstavljati problema.

5.6. Predsednik mariborskega društva, **Peter Kovačič**, seznan prisotne s strokovnim posvetovanjem o sanaciji starih zgradb, kiga bo, po že utečenih in uspešnih izkušnjah, 22. septembra letos ponovno organiziralo društvo GIT v Mariboru. Udeležba strokovnjakov bo mednarodna v okviru Delovne skupnosti Alpe-Jadran. Pričakujejo pa podporo širše domače strokovne javnosti, zato v imenu organizatorja vabi k aktivnemu sodelovanju vse prisotne.

Ad 6

Sekretar zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, **Peter Mandeljc**, seznan skupščino s problemi financiranja Gradbenega vestnika, ki so letos narekovali spremembe glede pobiranja naročnine po članstvu. Ker nam tiskarna ni mogla zagotoviti natančnega predračuna za stroške tiskanja do konca leta 1989, višina stroškov pa narašča od številke do številke skladno z naraščajočo inflacijo, smo tudi pri pobiranju naročnine morali upoštevati te nove razmere. Predsedstvo in izvršni odbor sta sprejela sklep, da se naročnina poravnava v dveh obrokih, s tem, da je en obrok že pretežno poravnana. Sekretar zdaj predlaga skupščini, da izvršnemu odboru ponovno poveri določitev višine drugega obroka naročnine za Gradbeni vestnik na podlagi stroškov, ki bodo nastajali ob nadaljnjem tiskanju revije.

SKLEP II.: Izvršnemu odboru se poveri naloga za določitev končne višine članarine in naročnine za Gradbeni vestnik v letu 1989, skladno z rastjo cen tiskarskih storitev.

Ad 7

Razrešnica organov skupščine v preteklem mandatnem obdobju in volitve v te organe za obdobje 1989–90 sta zaupani delovnemu predsedstvu.

7.1. Prof. Bubnov daje, na osnovi 16. člena Statuta ZDGITS, na glasovanje razrešnico sedanjim organom skupščine.

SKLEP III.: Skupščina sprejme razrešnico za organe ZDGITS v preteklem mandatnem obdobju.

Po tem, ko je skupščina izglasovala razrešnico, prof. Bubnov izpostavi delo dosedanjega predsednika izvršnega odbora, Borisa Pečenka, ki je neprecenljive vrednosti za Zvezo. Tovariša Pečenka

je označil za človeka širokega formata, z odličnim poznavanjem stroke in razmer in vključevanja stroke v te razmere. To je človek z bogatim znanjem in delavnostjo in kot takega ga je Zveza vsa štiri leta čutila na vseh nivojih delovanja.

Prof. Bubnov se čuti dolžnega, da se mu na tem mestu pred delegati vseslovenske stanovske organizacije zahvali ter mu izreče priznanje.

7.2. **Boris Pečenko** se zahvali za izrečeno priznanje in na kratko oriše problematiko, s katero se je v dvojnem predsedniškem mandatu spoprijemal. Obljublja pa, da bo tudi v bodoče aktiven član svoje stanovske organizacije.

Ad 8

Sledi glasovanje za člane organov Zveze v mandatnem obdobju 1989–90, zato prof. Bubnov skupščini predstavi vse kandidate, ki so jih za posamezne funkcije predlagala društva in jih sedaj tudi on predlaga skupščini v izvolitev.

SKLEP IV.: Za obdobje 1989–90 skupščina soglasno izvoli:

- za predsednika predsedstva **Feliksa Strmole**
- za prvega podpredsednika **Borisa Pečenka**
- za drugega podpredsednika **Janeza Kokola**
- za predsednika izvršnega odbora **Boruta Gostiča**
- za glavnega in odgovornega urednika Gradbenega vestnika **Franca Čačoviča**

– za predsednika Komisije za izobraževanje **dr. Darinko Battelino**

– za predsednika Komisije za regulativo **dr. Mirka Pšundra**

– za predsednika Komisije za razvojno delo in inovacije **Staneta Petriča**

– za predsednika Založniškega sveta **Miho Sitar**

– za predsednika Komisije za SLO **Slavico Vetrin**

– za člana izvršnega odbora **Vido Jug**

– za člana izvršnega odbora **Antona Žerjal**

– za predsednika nadzornega odbora **Adolfa Derganc**

– za člana nadzornega odbora **Marinko Žvorc**

– za člana nadzornega odbora **Dragana Kranjca**

– za namestnike članov v nadzornem odboru: **prof. dr. Franca Kržiča, Slavka Kukovec in Janeza Bojca**

– za predsednika disciplinskega sodišča **Veljka Gačiča**

– za člana disciplinskega sodišča **Petra Ambrožiča**

– za člana disciplinskega sodišča **Jožeta Vučajnika**

– za člana disciplinskega sodišča **Jožeta Vučajnika**

– za člana disciplinskega sodišča **Jožeta Vučajnika**

– za člana disciplinskega sodišča **Jožeta Vučajnika**

– za člana disciplinskega sodišča **Jožeta Vučajnika**

– za člana disciplinskega sodišča **Jožeta Vučajnika**

častni člani:

1. Vida Jug
2. Franc Čačovič
3. Drago Beton
4. Franc Renčelj
5. Martin Gorišek
6. Andrej Komel
7. Stane Petrič

Ad 10

Ker smo izčrpali vsebino, ki jo po Statutu obravnava skupščina, predsedujoči prof. Bubnov predlaga, da jo zaokroži z zaključnim govorom novo izvoljeni predsednik izvršnega odbora ZDGITS Borut Gostič.

Tov. Gostič pravi, da se zaveda odgovornosti te težavne funkcije v obdobju in razmerah, ki nista rožnata za gradbince in gradbeništvo vobče. Veliko bo treba storiti po strokovni in društveni plati, da bomo prebrodili vse obstoječe težave.

Vsi vemo in občutimo, da so se znatno zmanjšala investicijska sredstva; da je nivo kvalitete padel: da ni dovolj kadrov in da tudi ni interesa med mladimi za gradbene poklice. Teh problemov se je treba načrtno lotiti, pričevši z dvigom kvalifikacijske strukture, dejavnikom, ki v največji meri omogočajo približati stroko svetovni kvaliteti.

Del teh prizadevanj je že v teku z akcijo, da bi ostal naš Zvezni center za izobraževanje gradbenih inženjrov, katerega namembnost se skuša spremeniti in ga dati drugim v last. Ena od možnosti je, priključitev Centra k Zavodu za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana, ki bi s svojimi pripravljenimi načrti zapolnil dosežanje vrzeli v gradbeništvu in bi v njem vpeljal sodobne uporabne dejavnosti kot so: informacijsko razstavni center, INDOK Center, dopolnilno strokovno izobraževanje do vključno VII. stopnje strokovnosti. Slovensko gradbeništvo tak center prav gotovo potrebuje in prva tovrstna konkretna naloga je pristop vseh nas k akciji, da ga dobimo.

Novo izvoljeni predsednik izvršnega odbora je svoj prvi govor pred skupščino usmeril že kar h konkretnim ciljem, zato je bilo zaupanje, za katerega se je na koncu zahvalil, v polni meri izraženo z aplavzom.

Ad 11

Prof. Bubnov ugotavlja, da uvodničarja k temi »O problemih gradbeništva v bodoči Evropi« ni in odsotnost tov. Pintarja še enkrat opraviči.

Kljub temu odpre diskusijo in prisotne povabi k razmišljanju o problemih gradbeništva, ki so pred nami; o našem gradbeništvu, ki bi se naj znašlo v konkurenčni Evropi leta 1992.

11.1. **Dr. Pavel Štular**, predsednik Zveze inženirjev in tehnikov Slovenije, seznanil prisotne z akcijo, ki jo v tej smeri vodi RK SZDL, katerega 23. 5. 1989 pripravlja problemsko konferenco v zvezi z vključevanjem v Evropo 1992.

11.2. **Boris Pečenko** v zvezi s taisto problemsko konferenco kritično ugotavlja, da je iz gradiva, ki ga je z vabilom na to konferenco prejel, razvidno, kako je vsa prioriteta namenjena družboslovni problematiki, ne pa tisti, ki poganja razvoj družbe – konkretnemu delu, finalistom, katerih proizvodi se bodo merili v Evropi. V zvezi vključevanja gradbeništva v projekt Evropa 1992 izpostavlja naslednje:

1. Pomanjkanje predpisov, ki naj bi jasno in obvezujoče opredelili vsebino in kvaliteto tehnične dokumentacije in seveda materialno odgovornost projektantov, dopušča neenakopravni nastop na licitacijah in slabe tehnično-tehnološke rešitve. Zato naj Splošno združenje gradbeništva in IGM Slovenije skupaj z Republiškim komitejem za industrijo in gradbeništvo v okviru novopredlaganih pooblastil pripravita ustrezne rešitve.

2. Izvršni svet SR Slovenije in Gospodarska zbornica Slovenije morata izdelati detajlni program približevanja naše regulative regulativi Evrope 1992, oceniti pravne in ideološke ovire ter tehnične možnosti. Kolikor v ostalih predelih Jugoslavije ne bo ustreznega zanimanja, naj pripravita program ukrepov, ki jih bo izvedla SR Slovenija, da se ne bo še povečal zaostanek v razvoju in poslovanju za razvitimi deželami. S soglasjem Zveznega zavoda za standardizacijo je potrebno uvesti sistem atestiranja, ki bo usklajen z evropskim ter bo omogočal recipročnost atestiranja proizvodov. V tej zvezi je potrebno vsebinsko in formalno v celoti spremeniti sistem zagotavljanja in kontrole kvalitet v vseh fazah od projektiranja do proizvodnje in uporabe.

3. Izvršni svet in Gospodarska zbornica Slovenije morata omogočiti, da bodo zainteresiranim podjetjem na razpolago celovite informacije o dogajanjih ob integracijskih procesih v Evropi insicer glede:

- skupnih predpisov, posebej pa direktiv o poenotenju standardov
 - tehnične in pravne regulative
 - cen
 - unifikacije na družbeno-upravnem sektorju
- vse z ustreznimi tolmačenji in strokovnimi nasveti.

4. Splošno združenje gradbeništva in IGM Slovenije naj formira svojo projektno skupino, ki naj se aktivno vključi v aktivnosti Gospodarske zbornice Slovenije in Izvršnega sveta SR Slovenije ter posebej obdelava vse probleme gradbeništva.

5. Raziskovalna skupnost Slovenije naj financira realizacijo že zastavljene projekta o možnosti in posledicah prehoda gradbeništva na evropske standarde.

6. Izvršni svet naj preko skupščinskega sistema sproži postopek za takojšnjo pripravo jugoslovanske strategije oziroma programa aktivnosti, s katerimi bi se opredelile kratkoročne in dolgoročne naloge pristojnih organov za prilagoditev enotnemu evropskemu trgu, cilji ter prehodno obdobje. Seveda mora država za to zagotoviti potrebna finančna sredstva.

Tov. Pečenko predlaga, da se v tem okviru dovoli posameznim regijam ali pa panogam hitreje uvajanje predvidenih sprememb.

7. Izvršni svet SR Slovenije naj sproži postopek za pripravo takšnega davčnega sistema, ki bo učinkovito preprečil nekontrolirano izvajanje gradbene dejavnosti vključno s projektiranjem in konsultantskimi uslugami izven regularnih oblik delovanja, onemogočil posrednike, omejil obseg sive ekonomije ter zaježil nepravilno bogatenje spretnih posameznikov.

11.3. **Mag. Janez Reflak**, predstavnik Posebne raziskovalne skupnosti za graditeljstvo, razmišlja takole:

»Ob vseh teh pogledih na vključevanje v »Evropo 92« si moramo predvsem biti na jasnem, kako se bomo prestrukturirali in kako bomo dvignili našo tehnologijo. Za vse to pa rabimo ustrezne predpogoje, katerih kazalci so zelo slabi. Ob dejstvu, da je v graditeljstvu v Sloveniji zaposlenih ca. 14% od vseh zaposlenih in da še vedno ustvarja okoli 10% družbenega proizvoda, so naslednji podatki za nadaljnji razvoj sigurno zaskrbljujoči:

– Od 1000 FTE (polno zaposlenih raziskovalcev), ki jih financira Raziskovalna skupnost Slovenije, na osnovnem programu odpade

na graditeljstvo samo 2%, v kar so vključene vse temeljne raziskave s področja visokih zgradb, nizkih zgradb, komunale, stanovanjske gradnje, voda, industrije gradbenega materiala idr. – Od ca. 1500 novih raziskovalcev, ki se pripravljajo v letih 1986–90 na različnih področjih v okviru programa RSS, jih ima graditeljstvo okoli 56 ali ca. 3,5%, in sicer:

Gradbeni materiali	8 novih raziskovalcev
Konstrukcije v gradbeništvu	18 novih raziskovalcev
Računalništvo in potresno inženirstvo	15 novih raziskovalcev
Teoretična hidravlika	11 novih raziskovalcev
Arhitektura	2 nova raziskovalca
Geodezija	2 nova raziskovalca
Stanovanjsko in komunalno gospodarstvo	0 novih raziskovalcev

– Naslednje dejstvo je, da se na fakulteto za gradbeništvo vpisuje vedno manj študentov in to vedno slabši, in bo čez čas verjetno pomanjkanje visoko strokovnih kadrov v gradbeništvu.

Ob pogledu na vse te porazne kazalce smo se v okviru Posebne raziskovalne skupnosti za graditeljstvo – PORS 06, kjer razpolagamo v letu 1989 s ca. tremi milijardami dinarjev za aplikativne raziskave, s skupščinskim sklepom odločili, da izdvojimo 5% sredstev za pripravo določenih projektov za naslednje srednjeročno obdobje. Trenutno je v osnutku predloga projekt »Evropa 92« uvajanje in harmonizacija evropskih standardov, normativov in tehničnih predpisov na področju graditeljstva. Predlog projekta je bil pozitivno sprejet tako na Komiteju za IG SR Slovenije, na izvršnem odboru Združenja IGM, kakor tudi na skupščini združenja. Osebnostno smatram, da za vstop v Evropo 92, gradbeniki rabimo predvsem tehnično legitimacijo; če pa to želimo doseči, moramo najti način, kako spremeniti naš odnos do pridobivanja znanja. Danes namreč naš denar, zaradi naše neorganiziranosti in parcialnosti, se pretaka v druge branže, kjer so bistveno bolj agresivni. Zato smatram, da projekt »Evropa 92«, katerega nosilec in organizator je Splošno združenje GIGM, mora imeti podporo celotnega združenega dela in gradbene sfere.«

11.4. **Tov. Gostič** še spregovori, kako bi v te namene najbolj učinkovito uporabili prostore Zveznega centra za izobraževanje gradbenih inštruktorjev, če bi ga dobili. **Jože Vučajnik** pa pripomni, da so dvomi o pridobitvi tega Centra upravičeni, če ne bomo agresivno in z argumenti uveljavljali svojih zahtev, da ga zadržimo.

Slovenski gradbeniki so na svoji skupščini dokazali, da se z vso odgovornostjo zavedajo razmer, v katerih se gradbeništvo kot stroka nahaja in da so s prav takšno odgovornostjo pripravljene stroko peljati naprej, tudi v tako imenovano Evropo 1992.

Predsednik delovnega predsedstva, prof. Sergej Bubnov, se vsem delegatom in gostom zahvali za konstruktivno sodelovanje in jih vse skupaj povabi na družabni del srečanja ob skromnem prigrizku.

Predsednik
delovnega predsedstva
prof. Sergej Bubnov, dipl. ing. l.r.

Overovatelja zapisnika:
Janez Bojc l.r.
Adolf Derganc l.r.

ZAKLJUČKI KAMNOSEKOV IN PREDSTAVNIKOV KAMNARSKIH DO, SPREJETI NA SEMINARJU 19. 2. 1989

HEDI BERTONCELJ

1.

Današnji učni programi za poklic kamnoseka niso ustrezno sestavljeni, ker ni vzpostavljeno pravilno razmerje med teoretičnim in praktičnim znanjem, ki bi moralo kamnoseku dati popolno poznavanje kamna in vseh drugih materialov in opreme, ki jo uporablja kamnosek pri svojem delu. Nezaostno znanje se često odraža na slabi izbiri in obdelavi materiala, na neustrezni uporabi kamna, kar zahteva v sorazmerno kratkem času popravila in zamenjave materialov. Predlagamo, da Zavod za šolstvo SR Slovenije še v letošnjem letu pregleda učne programe na vseh stopnjah izobraževanja in usposabljanja. Do začetka naslednjega šolskega leta pa naj Zvezi obrtnih združenj Slovenije – Sekciji cementnarjev, kamnosekov in teracerjev – predloži osnutke dopoljenih vzgojnoizobraževalnih programov, da bi s skupnimi močmi določili take programe, ki bodo zagotavljali pridobivanje in uporabljanje znanja, ki je za kamnoseka nujno potrebno.

Mnogokrat so negativne posledice tudi odraz neznanja projektantov in investitorjev, ki ne znajo predvideti oz. izbrati ustreznih materialov, kar je pomanjkljivost, ki izvira iz učnih programov. Zato predlagamo, da se tudi na teh nivojih programi izobraževanja s tega vidika spremenijo, kar utemeljemo z naslednjim:

V današnjem času se z razvojem tehnike in znanosti porajajo tudi nove obrti, ki so odvisne od sodobnih potreb in tehničnih možnosti, torej je uspešnost takih obrti v odvisnosti od teoretičnih znanj. To so torej poklici, za katere je potrebno veliko teoretičnega znanja. Obstajajo pa obrti, katerih vrednost je odvisna od praktičnih znanj, torej ročnih spretnosti in dobrega poznavanja materiala, s katerim obrtnik dela, kar pa se mladi lahko naučijo le pri praktičnem delu v delavnici pri dobrem mojstru. Samo od njih, ali pa nikoli, in to v času, ki je za učenje najbolj primeren. Zato je treba obrti razdeliti v dve skupini: na obrti, kjer ima prednost šola in teoretično znanje, in na obrti, kjer prevladujejo ročne spretnosti. Slednje je treba vrniti v kamnoseške delavnice, teoretično-strokovnega znanja pa morajo učenci v šoli pridobiti toliko, da je učenje v delavnici uspešnejše.

2.

Glede na to, da se v svetu pa tudi pri nas, vedno več vlaga v prenovo kulturne dediščine, katere velik del je ravno v kamnu, pa tudi pri novogradnjah se upravlja vedno več naravnega kamna, se kaže nujna potreba po zagotovitvi domačih avtohtonih kamnov, značilnih za slovenski prostor. V preteklosti je prišlo do velikega opuščanja kamnolomov naravnega okrasnega kamna, kar se kaže v pomanjkanju ustreznih vrst kamnov. Z namenom, da bi to družbeno škodo odpravili, se je potrebno takoj lotiti sprememb in dopolnitev zakona o rudarstvu, tako da se tudi zasebnim obrtnikom omogoči odpiranje in izkoriščanje kamnolomov okrasnega kamna. To nalogo naj opravi Republiški komite za industrijo in gradbeništvo še v letošnjem letu.

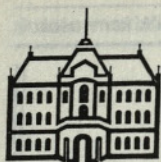
3.

Nedvomno so pokopališča odraz duhovnega in kulturnega bogastva vsakega naroda, lahko pa tudi dokaz revščine nekega časa. Posvetiti bi morali več pozornosti predvsem načrtovanju in oblikovanju naših pokopališč. Temu problemu mora dati arhitektura, ob sodelovanju kamnoseške stroke, z upoštevanjem tradicije in ljudskih običajev, svoj pečat. Ureditveni načrti za pokopališča pa bi morali nastati kot rezultat navedenih dejstev in javnih natečajev, v skladu s planom o urejanju naselij in drugih posegih v prostor.

Republiški komite za varstvo okolja in urejanje prostora naj preuči možnosti in potrebo po dopolnitvi navedenih ureditvenih načrtov, zakona o pokopališčih in ev. drugih zakonskih in podzakonskih predpisov.

4.

Z navedenimi ugotovitvami in predlogi je treba seznaniti ustrezne republiške organe, organizacije združenega dela kamnoseške industrije ter komunalne organizacije, ki gospodarijo s pokopališči in ustrezne občinske organe za varstvo okolja in urejanje prostora v Sloveniji.



GV XXXVIII 7-8

POROČILA

12

STANJE IN RAZVOJNE TEŽNJE PRI UPORABI RAČUNALNIKA V KONSTRUKCIJSKEM GRADBENEM INŽENIRSTVU

UDK 624-2/9:519.68

JANEZ DUHOVNIK

POVZETEK

V članku je prikazano stanje pri uporabi računalnika v konstrukcijskem gradbenem inženirstvu v svetu in pri nas. Opisane so tudi razvojne težnje na tem področju. Razmere v svetu so opisane na podlagi prispevkov na 13. kongresu Mednarodne zveze za mostove in stavbe (IABSE), ki je bil 6.–10. 6. 1988 v Helsinkih, razmere pri nas pa na podlagi prispevkov na 4. seminarju Računalnik v gradbenem inženirstvu, ki je bil 5. in 6. 4. 1988 v Ljubljani, in na posvetovanju Uporaba računalnika v gradbeništvu, ki je bilo 5. 4. 1989 v Gornji Radgoni.

STATE-OF-THE-ART AND DEVELOPMENT TRENDS IN COMPUTER-AIDED STRUCTURAL CIVIL ENGINEERING

SUMMARY

State-of-the-art in the computer-aided structural civil engineering in the world and in Yugoslavia are shown in the paper. Development trends in this field are also described. The circumstances in the world are described on the basis of the contributions on the 13th Congress of the International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE), held in Helsinki in June 1988. The circumstances in Yugoslavia are analysed on the basis of the contributions on the 4th Seminar Computer in Civil Engineering, held in Ljubljana in April 1988 and on the Conference Use of Computer in Civil Engineering and Construction, held in Gornja Radgona in April 1989.

1. UVOD

Gradbeni konstrukterji so bili med prvimi, ki so začeli pri svojem delu uporabljati računalnike. Sprva je bila uporaba omejena na analizo konstrukcij, sedaj pa se srečujemo s tem marljivim pomočnikom skoraj pri vsakem opravilu. Ker povzroča uporaba računalnika precejšnje spremembe pri delu in naši učinkovitosti, se pri uvajanju uporabe računalnika srečujemo z mnogimi ovirami. Tudi zato je to področje deležno velikega zanimanja strokovnjakov in raziskovalcev po vsem svetu. Ta članek je eden izmed poskusov opisati stanje v svetu in pri nas. Kot podlaga za opis stanja so bili uporabljeni prispevki dveh strokovnih

srečanj v letu 1988 in enega v letu 1989. V svojem okolju sodijo srečanja med najpomembnejša te vrste.

2. RAZMERE V SVETU

Trinajsti kongres mednarodnega združenja za mostove in stavbe (IABSE), je bil sklican z geslom Izzivi konstrukcijskemu inženirstvu. Med temami, objavljenimi v zborniku kongresa (1) in v sklepnem poročilu (2), (3) ter obravnavanimi na plenarnih sejah in seminarjih, je bila glede na število prispevkov (pregl. 1) največ pozornosti avtorjev in programskega odbora deležna tema o uporabi računalnika v inženirstvu (Computer Aided Engineering – CAE). Če upoštevamo, da je bila uporaba računalnika obravnavana tudi v številnih prispevkih v okviru drugih tem, in če predpostavimo, da je imel programski odbor srečo pri odločanju o tem, kateri prispevki spadajo v tisto tretjino, ki je bila sprejeta, lahko ugotovimo, da je to področje ta čas med najbolj izzivalnimi v konstrukcijskem gradbenem inženirstvu.

Avtor:

izr. prof. dr. Janez Duhovnik, dipl. gradb. inž., Fakulteta za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, VTOZD Gradbeništvo in geodezija, Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo, Ljubljana, Jamova 2

Preglednica 1. Pregled prispevkov, obravnavanih na 13. kongresu IABSE

Način dela	Število Tematika	prispevkov
Plenarne seje	A. Uporaba novih materialov	22
	B. Uporaba računalnika v inženirstvu	26
	C. Vzdrževanje konstrukcij	19
	D. Gradbena fizika in projektiranje	9
Seminarji	I. Odziv konstrukcij v izjemnih razmerah	11
	II. Upravljanje in tehnika obnove	13
	III. Specialne teme pri projektiranju	9
	IV. Vpliv detajlov na obnašanje konstrukcij	14
	V. Modeliranje konstrukcij	9
	VI. Konstrukcije velikih razponov	18
	VII. Nove tehnologije gradnje	8

Še vedno ni izpolnjena želja, da bi s pomočjo računalnika obvladovali celoten proces zamisli, projektiranja, gradnje, uporabe in odstranitve konstrukcije. Na to kaže vsebina prispevkov, ki se večinoma nanaša na posamezne vrste konstrukcij (mostovi, stavbe, hidrotehnični objekti) in na dele celotnega procesa (projektiranje, vzdrževanje). Po nekaj prispevkov obravnava: ekspertne sisteme, probleme in možnosti, ki se pojavljajo z uporabo računalnikov pri vzgoji konstrukterjev, komuniciranje med različnimi CAD sistemi in delovno mesto inženirja konstrukterja.

V prvem uvodnem poročilu (2) Taffs poroča o uporabi računalnika v velikem angleškem svetovalnem biroju. Ugotavlja, da je delež računalnika pri nekaterih projektih zanemarljiv, pri drugih pa nepogrešljiv. V prvo skupino spadajo enkratne naloge, v drugo pa nekajkrat se ponavljajoče, dobro definirane naloge. Pogosto uporabljajo računalnike za realistični prikaz objektov, kar je trenutno še drago, vendar zelo atraktivno. Vedno pogosteje se simulira obnašanje objektov v različnih razmerah: mehanskih, toplotnih, svetlobnih, v primeru požara. 3D modeliranje naprav v stavbah je zanj še vprašljivo. Priprava modela zahteva ogromno dela, postopkov, ki bi omogočali analizo takega modela, pa še ni dosti. Glede strojne opreme ugotavlja, da je za velike biroje potrebna oprema največjih možnih kapacitet. Karkoli so kupili, je bilo v kratkem času premajhno. Poudarja pomen povezave vse opreme v enotno mrežo, v kateri je mogoč enostaven in hiter prenos podatkov v vseh smereh. Njihovi inženirji uporabljajo pri svojem delu vse možne pripomočke od kalkulatorjev do grafičnih delovnih postaj. Delovne postaje 386 bodo pri njih standardna oprema. Glede ekspertnih sistemov je mnenja, da je do njihove praktične uporabnosti še daleč.

V drugem uvodnem poročilu (3) Haas poroča o integraciji uporabe računalnika v konstrukcijskem inženirstvu, ki je bila začeta že v šestdesetih letih, toda še vedno ni izvršena in uvedena v prakso. Največkrat se uporabljajo med seboj nepovezani programi, ki obdelujejo posamezne vrste elementov konstrukcij. Trenutno so vidna prizadevanja pri povezovanju programov za konstruiranje in programov za analizo po metodi končnih elementov. Vedno bolj se kaže potreba po možnosti izmenjave podatkov med

različnimi programi, ki jih pri svojem delu uporabljajo arhitekti, gradbeniki in projektanti naprav in opreme. Ker v graditeljstvu obstoječi standardi, ki obravnavajo prenos podatkov med CAD programi na področju strojništva, niso ustrezni, nastajajo zametki posebnih standardov. Pomemben del integriranih programov so grafični pre-in po-processorji, ki bistveno poenostavljajo pripravo podatkov in kontrolo rezultatov pri analizi konstrukcij. S programi za računalniško konstruiranje, ki omogočajo združevanje elementov iz enakih materialov, risanje v plasteh, generiranje ponavljajočih se elementov, avtomatično šrafitiranje in polavtomatično kotiranje, lahko ekonomično načrtujemo zelo zahtevne objekte. Avtor ugotavlja, da je pri objektih, sestavljenih iz prizem, mogoča učinkovita uporaba 2D sistemov. Pri bolj zapleteni geometriji objekta pa je smotrna uporaba 3D sistemov. Glede programov za konstruiranje armature opozarja na razliko med programi za avtomatično, parametrično izdelavo armaturnih načrtov in programi, ki omogočajo izdelavo načrtov ob uporabi interaktivne grafike.

V nadaljevanju so povzete vsebine poročil, ki so bila objavljena v posebnem poglavju Computer Aided Engineering zbornika kongresa (1).

Kako povezano obvladovati proces projektiranja in gradnje konstrukcije, obravnavata le dva prispevka. Jarsky opisuje, kako so se tega lotili v gradbenem podjetju Prumstav v Pragi. Od norveškega podjetja Data Design System so kupili mikroročunalniški CAD sistem. Ta omogoča geometrijsko modeliranje gradbenih delov objekta, vseh vrst instalacij, armature, terena in izkopov, končni rezultat pa so ustrezni načrti in popis količin. Različnih analiz (statičnih, toplotnih) sistem ne opravlja. Količine se na disketah prenašajo v programe za planiranje in vodenje proizvodnje, ki tudi tečejo na mikroročunalnikih. Sistem je bil uspešno uporabljen na več objektih. Predvidevajo dopolnitve sistema s programi za statično in toplotno analizo, programi za računanje temeljev in programi za optimizacijo. Sarja prikazuje razvoj podobnega sistema na Finskem. Doslej sta razvita podsistem za prefabricirane betonske elemente in sistem za projektiranje in vodenje gradnje stavb. Osnovni problem razvoja tega sistema je razvoj ustrezne podatkovne baze in prenos podatkov med uporabniki. Sistem bo izredno razvejan in odprt za vse uporabnike.

Sistemi za računalniško projektiranje mostov so obravnavani v petih člankih. Andersson opisuje sistem za projektiranje poševnih okvirnih mostov iz armiranega betona, ki jih na Švedskem vsako leto zgradijo okoli sto. Sistem omogoča izračun po metodi končnih elementov, grafični prikaz obremenitev v elementih konstrukcije, dimenzioniranje, armaturne in opazne črte, popis del in izračun stroškov. Sistem je sestavljen iz več ločenih programov – modulov, ki jih je treba poganjati po logičnem vrstnem redu, uporabljajo pa skupno bazo podatkov. Sistem deluje na računalnikih Prime in VAX. Za izdelavo načrtov uporabljajo splošni risarski program GDS firme McDonnell Douglas, v katerega se podatki prenašajo avtomatično. Razvoj programa je financirala švedska uprava za ceste. CAD sistem za projektiranje voziščnih plošč poševnih ploščastih mostov opisujejo Recuero, Rio in Tinao. Sistem trenutno obsega: določitev geometrije mostu, določitev nadomestne ravninske mreže, določitev obtežbe, izračun

premikov, notranjih in podpornih sil ter izračun sil za prednapenjanje. Os mostu mora biti ravna. Program avtomatično generira obtežne primere. Fan obravnava CAD sistem za projektiranje ločnih mostov. Sistem izdelava celotno izvedbeno dokumentacijo za most in opravi vse statične izračune, pri čemer izvede tudi optimizacijo oblike osi loka. Za mostove manjših in srednjih razponov poteka projektiranje z uporabo že znanih standardnih rešitev in vzorcev, pri večjih razponih in neobičajnih oblikah pa se izvrši celoten postopek za vsak most posebej. Razvoj programa vodi in financira kitajsko ministrstvo za promet. Soerensen, Andersen in Jakobsen obravnavajo CAD sistem za projektiranje mostov, ki temelji na tridimenzionalnem parametričnem prostornem modeliranju. Najprej določimo geometrijski model mostu, na katerem nato opišemo model za izračun po metodi končnih elementov. Sledi izdelava načrtov, ki se opravi s programom IGDS firme Intergraph. Program omogoča uporabo parametriziranih makroelementov. Razvit je bil v svetovalnem podjetju s podporo danskega razvojnega sklada. Chanard opisuje CAD sistem za projektiranje mostov splošne oblike. Geometrijski model sestavljajo vozlišča, prečni prerezi konstrukcije v vozliščih in prostorni elementi, razpeti med sosednjimi prerezi. Isti podatki so uporabljeni tudi za računski model. Kabli za prednapenjanje so določeni na dva različna načina, odvisno od tega, ali ležijo znotraj ali zunaj betonskega prereza. Sistem vsebuje lasten risarski program. Za konstruiranje mehke armature uporabljajo program CDP firme Intergraph. Sistem je bil razvit v velikem francoskem gradbenem podjetju Campenon Bernard.

CAD sisteme za projektiranje stavb opisujejo trije članki. Sajaniemi obravnava sistem ALVISR, ki je del širšega projekta, ki obsega urbanistično planiranje, projektiranje stavb, izračun stroškov, planiranje in vodenje gradnje ter vzdrževanje. V finski firmi Tekla so sistem zasnovali na že razviti osnovni programski opremi DOGS (Pafec GB) za grafične operacije in sistemu RDB (Digital) za upravljanje z bazo podatkov. Prenos grafičnih informacij je mogoč tudi v druge CAD sisteme. Sistem je namenjen arhitektom, konstrukterjem jeklenih in betonskih konstrukcij, projektantom klimatskih naprav, elektroinstalacij, vodovoda in kanalizacije. Avtor ugotavlja, da se prihranki pri projektiranju pojavijo šele pri tistih delih projekta, ki od arhitekta prejmejo geometrijski model objekta. Delo, ki ga je potrebno opraviti za zgraditev geometrijskega modela, pa ni nič manjše od tistega, ki ga opravimo pri običajnem projektiranju. Wessman opisuje izkušnje pri uporabi CAD sistema BOCAD-3D (Building oriented CAD) na Finskem. Sistem je bil razvit v ZRN, uporablja pa ga že prek 80 podjetij za projektiranje jeklenih in lesenih konstrukcij. Prednost sistema je tridimenzionalni geometrijski model, ki omogoča avtomatično risanje tlorisov, perspektiv, eksplodiranih slik, prerezov in detajlov. Posebnost sistema je avtomatično risanje delavniških načrtov sestavnih delov konstrukcije in priprava podatkov za krmiljenje NC strojev. Saweljev obravnava delovanje sistema GERA, ki omogoča geometrijsko modeliranje prostorskih kovinskih konstrukcij, kot so kupole, viseče strehe in hladilni stolpi. Van Baalen, Engering in Mostert opisujejo interaktivni sistem za analizo zemeljskih nasipov. Sistem trenutno omogoča analizo posedkov, kontrolo stabilnosti, izračun toka podtalnice in analizo konsolidacije.

Pacoste in Dubina opisujeta program za nelinearno statično in dinamično analizo ravninskih okvirov, mrež in prostorskih okvirov. Program omogoča analizo jeklenih in armiranobetonskih konstrukcij na mikroročunalniku.

Pet prispevkov v zvezi z ekspertnimi sistemi (ES) obravnava široko paleto področij. Ehlerter najprej razpravlja o gospodarnosti CAD in navaja izračun za primer uporabe CAD v manjšem biroju z dvema delovnim mestoma ob računalniku. Ugotavlja, da je gospodarnost skoraj vedno dosegljiva. Opozarja na težave, ki jih lahko povzročajo okvare opreme in zmanjšane možnosti sprotne kontrole dela konstrukterjev. Poudarja zmanjšanje možnosti za napake v projektih, ki sicer povzročajo velike škode. V ES vidi možnost povezave med različnimi CAD sistemi. Duhovnik opisuje ES, v katerega so vgrajeni jugoslovanski predpisi za beton in armirani beton. Za razvoj je bila uporabljena lupina VP-Expert. Problematiko CAE in predpisov obravnavata tudi Syvertsen in Sandvik. Na primeru norveškega standarda za obtežbo s snegom prikazujeta možnost formulacije predpisov v obliki, primerni za obdelavo na računalniku. Cerrolaza, Gomez-Sedano in Alarcon opisujejo ES za napovedovanje kakovosti betonskih konstrukcij. Sistem uporablja Bayesov postopek za vrednotenje probablističnih pojavov. Sistem je preizkušalo več strokovnjakov, ki so s svojimi predlogi še izboljšali njegovo delovanje. Seren analizira možnosti za uporabo ES pri proizvodnji betona in izdelavi montažnih elementov. Opisuje dva ES. ES za izbiro komponent sveže betonske mešanice je bil izdelan z lupino ES Insight 2+, ES za popravilo betonskih konstrukcij pa z lupino Xi Plus. Obe lupini uporabljata baze znanja v obliki pravil. Oba sistema delujeta na mikroročunalnikih. Smith, Zimmerman in Dieu poročajo o razvoju pilotnega ES za projektiranje jeklenih konstrukcij, odpornih proti utrujanju. Ob analizi priporočil evropskega združenja za konstrukcijska jekla ugotavljajo, da je to pomemben pripomoček, da pa še vedno ni zagotovljeno enotno tolmačenje posameznih določil. Na podlagi teh priporočil je bila zagrajena zbirka znanja s pravili v obliki, primerni za lupino EXYS.

Problematiko vzdrževanja železniških mostov obravnava Sorensen in Davidsen. Sistem uporabljajo danske državne železnice za 2200 mostov. Sistem omogoča pregled nad osnovnimi tehničnimi podatki, pregledi in nosilnostjo ter stroški vzdrževanja.

Štiri poročila obravnavajo izobraževanje konstrukterjev. Addis obravnava vprašanje, kako vzgajati kadre za projektiranje konstrukcij. Razčlenjuje proces projektiranja in ugotavlja, da gre za večino, podobno upravljanju aviona ali projekta gradnje. Tega pa se ne da učiti drugače kot s praktičnim delom. Navaja izkušnje ob učenju s pomočjo računalniške simulacije na univerzi v Readingu. Anderheggen in Prater opisujeta računalniško izobraževanje gradbenih konstrukterjev na ETH v Zurichu. Zanimiva je zgodovina, ki sega v leto 1953, še bolj pa dejstvo, da je švicarski parlament leta 1984 odobril poseben sklad za opremljanje ETH v Zürichu in Lausanni s 3000 PC v petih letih. En PC bo naslednjo pomlad uporabljalo le 5 študentov. Podrobno je opisana vsebina tistih predmetov, ki je povezana z računalništvom. Filippou opisuje uporabo razpredelnic kot pripomoček za izobraževanje konstrukterjev. Prednost programskih paketov, ki so namenjeni za delo z razpredelnicami, je sposoben kalkulator, upravljava-

nje z bazo podatkov ter enostavno uporabljiva učinkovita grafika. Za ilustracijo navaja primere iz projektiranja armiranobetonskih prerezov. Ishihashi, Wada in Mino navaja nekaj primerov uporabe mikroračunalnika pri vzgoji konstrukterjev. Poudarjajo pomembnost grafike.

Dve poročili obravnavata prenos podatkov. Hannus opisuje razvoj in uporabo standarda za prenos informacij med 2D CAD sistemi. Ugotavlja, da je prenos podatkov, napisanih po IGES, praktično neustrezen, ker so datoteke prevelike. BEC format omogoča zmanjšanje zapisov na desetino. Doslej je bila izdelana vrsta vmesnikov, ki omogočajo prenos podatkov med vsemi pomembnimi 2D CAD sistemi. Pfaffinger opisuje prizadevanja za olajšanje komuniciranja med različnimi programi v Švici. Dosedanji rezultat je priporočilo V 451, ki bo veljalo kot standard že letos.

Werner razpravlja o delovnem mestu konstrukterja, ki bo v prihodnosti v celoti prirejeno uporabi računalnika. V članku so navedeni problemi, ki jih bo do takrat treba rešiti pri strojni in programski opremi, komunikacijah ter izobraževanju konstrukterjev.

3. RAZMERE PRI NAS

4. seminar Računalnik v gradbenem inženirstvu (4) je vsebinsko zajemal celotno gradbeništvo. V skladu s pričakovanjem se je na vabilo za sodelovanje odzvalo največ konstrukterjev. S področja konstrukcije je v zborniku 21 člankov, 2 z izrazito konstruktersko tematiko pa sta še na področju operativnega gradbeništva in 1 na področju toplotnega odziva zgradb.

Yuan, Chen Zheng in Li opisujejo lastnosti, delovanje in uporabo pri nas močno razširjenega programa SAP84, ki je uporaben tudi v strojništvu. Njegove odlike so zlasti grafični poprocesor in možnost uporabe podkonstrukcij. Damjanič opisuje možnosti metode končnih elementov za analizo armiranobetonskih konstrukcij. Svoje navedbe ilustrira z nekaj primeri, ki kažejo na pomen realnejše analize v mejnem stanju konstrukcije. Za tiste, ki jih tematika zanima podrobneje, je naveden obširen seznam literature. Avtor večine navedenih virov je avtor obravnavanega prispevka. Fajfar obravnava rezultate primerjav znanega programa EAVEK z rezultati, ki so bili dobljeni pri poskusih na dejanskih stavbah. Sklepi primerjav so pomembni za izbiro računskega modela konstrukcij stavb. Lutar navaja pregled metod za elastično analizo prostorskih konstrukcij stavb, obteženih z vodoravno statično in dinamično obtežbo. Podaja značilnosti metod in razlike med njimi. Opiše osnovne lastnosti novega programa, ki bo omogočal natančnejšo analizo kot obstoječi programi. Stojanovski obravnava optimizacijo konstrukcij s poudarkom na optimizaciji topologije okvirnih konstrukcij. Opisan je postopek za redukcijo problema nelinearnega programiranja na zaporedje problemov linearnega programiranja. Opisan je računalniški program in prikazanih več praktičnih primerov. Čepun prikazuje rezultate dveh primerov lupin na elastičnih slojih. Tla so obravnavana kot slojevit elastičen polprostor. Za izračun je uporabljen program SHELLS. Opisano je računanje podajnostne matrike tal in model polprostora. Dobovišek prikazuje uporabnost novih možnosti programa SHELLS z uporabo okvirnih linijskih elementov in grafičnega prikaza rezultatov. Sočan opisuje uporabo konstrukcij pri programu SAP84. Posto-

pek je ilustriran s primerom. Bevc obravnava analizo mostov pri potresni obtežbi s programom SEISAB. Poleg opisa programa vsebuje članek tudi prikaz vhodnih podatkov za praktični primer. Ljubič, Marolt in Potočan opisujejo dopolnitev programa OKVIR z grafičnim poprocesorjem OKVIR G. Opisane so možnosti za uporabo pri ravninskih okvirjih in paličjih, zgradba programa, vmesnik za prenos podatkov iz programa OKVIR ter način vnašanja podatkov. Zadnik opisuje grafični poprocesor za program SAP IV. Program je zasnovan tako, da je mogoče predstaviti poljubno skupino podatkov, ki so razporejeni na običajen način: vozlišče, povezava vozlišč z elementi, pomiki vozlišča, napetosti v vozlišču. Kovačič opisuje program PLOŠČA za računanje plošč na PC. Prikazuje različne možnosti uporabe, omejitve programa in predvidene razširitve. Odlika programa je intenzivna uporaba grafike. Radnič in Damjanič opisujeta model za statično in dinamično analizo armiranobetonskih konstrukcij, ki upošteva večino pojavov, ki nastajajo pri obremenitvi tega sestavljene materiala. Uporabnost modela je ilustrirana s primeroma. Rogač podaja osnovne principe prevzemanja prečne sile in torzije v armiranobetonskih nosilcih, ki so bili uporabljeni pri računalniškem programu PREARM. F. Saje opisuje metodo za optimalno razporejanje armature po upogibno-osno obremenjenem, poljubno oblikovanem prerezu, ki je bila uporabljena pri programu ODIM. Banovec, Beg in Martinčič opisujejo računalniški program za dimenzioniranje elementov jeklenih konstrukcij po JUS za stabilnost jeklenih konstrukcij. M. Saje in Srpčič opisujeta računske postopke za analizo obnašanja konstrukcij pri požaru, ki omogočajo izračun časovnega poteka temperature okolja in konstrukcije ter mehanskih vplivov. Kostić in Djerđ opisujeta risanje opažnih in armaturnih načrtov za elemente sistema IMS. Uporabljen je princip parametrizacije posameznega načrta za določen tip prefabricirane elementa. Ljubič in Šajn opisujeta programski sistem AR-CAD za konstruiranje in izdelavo armature. Sistem vključuje risanje armaturnih načrtov s sezname armature ter vodenje železokrivnice. Žlajpah predstavlja novo metodo za računalniško konstruiranje armature. Poleg opisa postopka so navedene njegove bistvene prednosti in pomanjkljivosti, ki pa bodo z nadaljnjim razvojem odpravljene. Duhovnik, Kovačič, Ljubič, Marolt in Verčnik opisujejo program za projektiranje montažnih armiranobetonskih dvoranskih konstrukcij. Prikazan je nastanek programa, njegov dosedanji in predvideni razvoj, elementi, iz katerih je mogoče sestavljati konstrukcijo, računski model, obtežba, struktura programa, posamezni deli in delovanje programa. Samec in Duhovnik opisujeta program za statični račun opažnih konstrukcij za stene in plošče po JUS in DIN predpisih za opažni sistem LIP Bled. Ž. Turk in Duhovnik opisujeta program za risanje načrtov opažnih konstrukcij sistema LIP Bled. M. Saje in G. Turk prikazujeta tri značilne primere uporabe domačih računalniških programov za račun prenosa toplote: pospeševanje strjevanja betonskega nosilca s segrevanjem s paro, prevajanje toplote skozi ravno streho ter zmrzovanje in tajanje.

Namen posvetovanja Uporaba računalnika v gradbeništvu (5), ki je bilo organizirano v času gradbenega sejma na Pomurskem sejmu v Gornji Radgoni, je bilo ugotavljanje razmer v Sloveniji in Jugoslaviji, izmenjava izkušenj med uporabniki računalnikov, ugotavljanje njihovega mnenja o uporabnosti različnih vrst strojne opreme v naših razme-

rah in zbiranje mnenj uporabnikov o programski opremi različnih proizvajalcev.

Prispevke, ki v celoti ali delno obravnavajo področje konstrukcijskega gradbenega inženirstva, so pripravili avtorji iz gradbenih podjetij (3 prispevki), iz projektivnih birojev (4 prispevki), avtor iz raziskovalnega inštituta (1 prispevek), zasebnik (1 prispevek) in avtorji s fakultet (3 prispevki).

Duhovnik in Kovačič opisujeta potek izobraževanja uporabnikov računalnika v gradbeništvu na gradbenem oddelku FAGG VTOZD GG v Ljubljani. Za vsako opisano stopnjo oz. vrsto izobraževanja so navedene vsebine, ki se obravnavajo znotraj posameznih predmetov. V članku je zajeto višješolsko in podiplomsko izobraževanje ter izpopolnjevanje strokovnjakov po končanem rednem šolanju. Završki in Rebolj opisujeta možnosti programa Personal GRANEDA za oblikovanje grafičnih izhodnih poročil kot dodatek k programom za mrežno planiranje, ki teh možnosti ne nudijo. Razvita je bila verzija, ki z uporabnikom komunicira v slovenščini in teče na mikroročunalnikih, ki so združljivi z IBM PC. Ljubič in Reflak opisujeta nastanek in delovanje Kluba uporabnikov programske opreme IKPIR na FAGG VTOZD GG. Podani so koncepti in naloge kluba, pravice in obveznosti članov ter seznam članov v letu 1988. Raič kritično obravnava uvajanje projektiranja na računalniškem sistemu COMPUTERVISION s tremi delovnimi postajami v Inženirskem biroju Elektroprojekt v Ljubljani. Vsebina članka je izredno koristna za bodoče uporabnike tovrstnih sistemov. Pomembna je vedno znova pridobljena izkušnja, da strojna oprema predstavlja manj kot tretjino stroškov, kar 40% pa je potrebnih za načrtno uvajanje. Šajn in Dimnik poročata o podobni problematiki v SCT TOZD Projekt v Ljubljani. Opisana je razpoložljiva strojna in programska oprema, možnosti obdelave gradbenih projektantskih nalog v njihovem biroju, načini internega izobraževanja uporabnikov in načrti za nadaljnji razvoj. Zanimiva so razmišljanja in mnenja o različni programski opremi in izbiri vrste računalnikov. Petrović poroča o stanju uporabe računalnika v IMS v Beogradu, kjer so za projektiranje njihovega montažnega sistema za stavbe razvili več aplikativnih programov in prototipov ekspertnih sistemov. V članku so opisane lastnosti te programske opreme. Omersel in Žnidar opisujeta izkušnje z uporabo računalnika v grafičnem računalniškem centru v Razvojnem centru v Celju. Delajo predvsem na grafični delovni postaji CALCOMP system 25. Vsebina se nanaša na arhitekturo, urbanizem,

nizke gradnje, geodezijo in inštalacije. Izkušnje so prenosljive tudi na področje konstrukcij. Zupanc, Žigante, Saje in Povše opisujejo izdelavo načrtov opažnih konstrukcij in armaturnih načrtov za plošče in stene stenastih armiranobetonskih stavb. Programska oprema je bila izdelana kot nadgradnja programa AUTOCAD v jeziku AUTOLISP. Žlajpah, Černelč in Kos poročajo o uporabi računalnika v GIP INGRAD v Celju. Na področju konstrukcij uporabljajo CALCOMP system 25. Izdelali so vrsto dopolnil h kupljeni programski opremi, kar močno racionalizira praktično delo. Zlasti je pomembno njihovo delo pri izdelavi zbirke pravil za risanje armaturnih načrtov ki je bilo opravljeno v sodelovanju z IKPIR. Poročilo Praprotnika je pomembno tudi za konstrukterje, saj so njegove izkušnje, ki si jih je pridobil kot nekdanji gradbeni operavec in sedanji avtor informacijskega sistema, razvitega posebej za gradbeno panogo, izjemno dragocene. V prispevku so navedeni predlogi, koristni ob nabavi strojne in programske opreme, izobraževanju uporabnikov, uvajanju dela z računalnikom in povezovanju računalnikov z mrežami. Tajnik, Sajko, Zajamšek, Videmšek, Lambizer, Jezeršek, Jarnovič in Stiplovšek v obsežnem prispevku prikazujejo celovito sliko uporabe računalnika v GIP VEGRAD v Titovem Velenju. Stanje, ki ga opisujejo, je rezultat večletnega, načrtnega, lastnega razvojnega dela in tesnega sodelovanja s fakultetama v Ljubljani in Mariboru. Hočevar navaja izkušnje z uporabo mikroročunalnikov v IB v Ljubljani. Prikazano je delovno okolje, strojna in programska oprema. Ocenjena je izkoriščenost in uporabnost več računalniških programov. Navedene so izkušnje avtorja z uvajanjem računalnikov in nekaj izkušenj pri sodelovanju s projektivnimi biroji v ZRN. Zanimive so ugotovitve avtorja o smotnosti neposredne uporabe zahtevnejših programov v manjših projektivnih birojih.

4. SKLEP

Pregled obravnavanih prispevkov kaže, da se uporaba računalnika v konstrukcijskem gradbenem inženirstvu uveljavlja postopoma. V svetu so se najprej uporabljali programi za različne analize, nato se je uporaba razširila na izdelavo načrtov in druge tehnične dokumentacije, ta čas pa je velika pozornost namenjena razvoju ekspertnih sistemov, od katerih se prvi že uporabljajo. Pri nas se postopoma uveljavlja druga stopnja uporabe, razvoj ekspertnih sistemov pa je šele začel. Stanje v gradbenih podjetjih in projektivnih birojih kaže da se kljub gospodarski krizi, ali pa morda prav zaradi nje, uporaba računalnika izredno hitro uveljavlja. Pojavljajo se razvojna jedra ustrezno usposobljenih strokovnjakov, ki dopolnjujejo rezultate raziskovalcev na fakultetah in jih prirejajo svojim specifičnim potrebam. Prav to pa je najvažnejši pogoj za dohitevanje na tem področju bolj razvitega sveta.

LITERATURA

13. kongres IABSE, Helsinki, 6.–10. 6. 1988, Zbornik del, poglavje Computer Aided Engineering, IABSE, Zürich, (1988).
- D. Taffs, Computer Infrastructure and Artificial Intelligence for the Design Office, 13. kongres IABSE, Helsinki, 6.–10. 6. 1988, Končno poročilo, IABSE, Zürich, (1989).
- W. R. Haas, Integration of Computer Applications in Structural Engineering, 13. kongres IABSE, Helsinki, 6.–10. 6. 1988, Končno poročilo, IABSE, Zürich, (1989).
4. seminar Računalnik v gradbenem inženirstvu, Ljubljana, 5. in 6. 4. 1988, Zbornik del, FAGG, IKPIR, (1988).
- Posvetovanje Uporaba računalnika v gradbeništvu, Gornja Radgona, 5. 4. 1989, Zbornik del, FAGG, IKPIR, (1989).

ELEKTROFILTRSKI PEPEL KOT PUCOLAN – nadaljevanje iz št. 287

UDK: 691.54:662.613:006.86

DAMIJANA DIMIC

Zaradi teh dveh lastnosti so se elektrofiltrski pepeli začeli uporabljati v gradbeništvu že prav kmalu, in sicer:

– kot dodatek v cement, kar pomeni delno nadomestilo portlandskocementnega klinkerja in

– kot dodatek v beton, kjer je pepel lahko:

- delno nadomestilo za cement,
- fina frakcija agregata oz. korektiv za granulometrijsko sestavo agregata,
- delno nadomestilo za cement in fino frakcijo agregata.

Preglednica 2: Razdelitev elektrofiltrskih pepelov po kemični sestavi

Označba pepela	TIP I I po ASTM	TIP II C po ASTM	TIP III	TIP IV
Kisli z visokim SiO ₂	kisli z visokim SiO ₂	alumosilikatni z manj SiO ₂	bazični z visokim CaO	visokosulfatni in visokobazični
Komponenta (%)				
SiO ₂	> 50	40–50	2–5	~ 3
Al ₂ O ₃	~ 35	17–25	7–8	~ 4
Fe ₂ O ₃	7–9	8–12	–	–
CaO	5–7	9–22	40–60 (~ 10 % prosti)	30–70 (do 40 % prosti)
SO ₃	1–5	0,5–5	< 9	7–25

Tehnični in inženirski aspekti uporabe elektrofiltrskega pepela kot delnega nadomestila portlandskocementnega klinkerja v cementu ali cementa v betonu so zelo obširno dokumentirani z večdesetletno eksploatacijo objektov, grajenih s takimi betoni. Za cementarno lahko pomeni

uvedba elektrofiltrskega pepela kot mineralnega dodatka v cementu velik prihranek energije. Lastnih podatkov o takšnih energijskih bilancah nimamo, literatura pa navaja vrednosti, ki so podane v preglednici 3 (7):

Preglednica 3: Skupna poraba energije (gorivo in električna energija) za proizvodnjo različnih vrst cementov istega razreda 35 po standardu DIN 1164

Vrsta cementa	Skupna energija GJ/t	%
Čisti portlandski cement	4,10	100
Portlandski cement z do 30 % dodatka žilindre	3,48	85
Portlandski cement z do 30 % dodatka elektrofiltrskega pepela	3,24	79
Metalurški cement	2,69	66

Seveda niso samo energijski stroški tisti, ki upravičujejo uporabo elektrofiltrskega pepela v cementu, zlasti v primerih, ko je elektrofiltrski pepel v bližini cementarne, kot je to na primer v Trbovljah. Prihranek pri stroških proizvodnje je lahko v primeru, ko je elektrofiltrski pepel zelo blizu cementarni – bliže kot sicer uporabljani mineralni dodatki (žilindre, tufi) – velik. Elektrofiltrski pepel v cementu nima pozitivnih učinkov samo za cementno industrijo, ampak s takimi cementi dosegamo tudi določene prednosti pri betonih; ena od teh je, npr. boljša vgradljivost svežega betona.

Seveda je za doseganje zahtevane kakovosti betona

potrebno zagotoviti tudi ustrezno kakovost cementa, to pa je mogoče doseči le z uporabo ustrezne kakovosti elektrofiltrskega pepela (8).

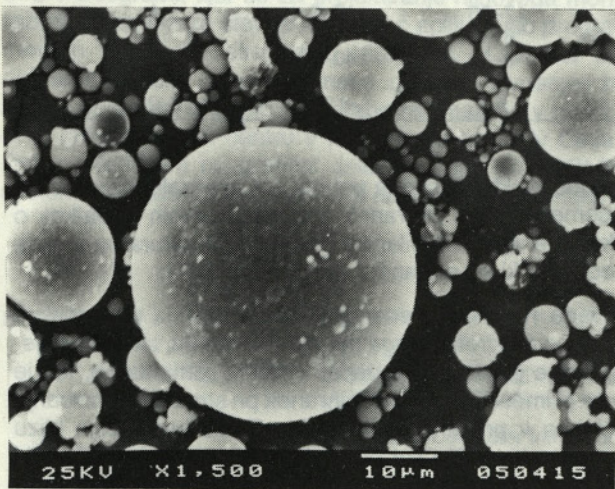
KRITERIJI ZA UPORABO ELEKTROFILTRSKEGA PEPELA KOT PUCOLANSKEGA DODATKA

Kakovost elektrofiltrskega pepela kot pucolana je odvisna od več dejavnikov, ki so zbrani v preglednici 4. Zelo pomemben dejavnik je način zgorevanja premoga v kotlih oz. način odvajanja pepela iz kurišča. Pri postopku odvajanja elektrofiltrskega pepela v tekočem stanju – talini dosega pepel temperaturo 1600–1700 °C, medtem ko so temperature pri suhem postopku odvajanja pepela 1100–1200 °C. Razlika med elektrofiltrskimi pepeli, nastalimi pri eni ali drugi temperaturi, je velika; zlasti pomembna je razlika v deležu najaktivnejše steklaste faze ter v obliki in velikosti zrn.

Preglednica 4: Dejavniki, pomembni za oceno kakovosti elektrofiltrskega pepela

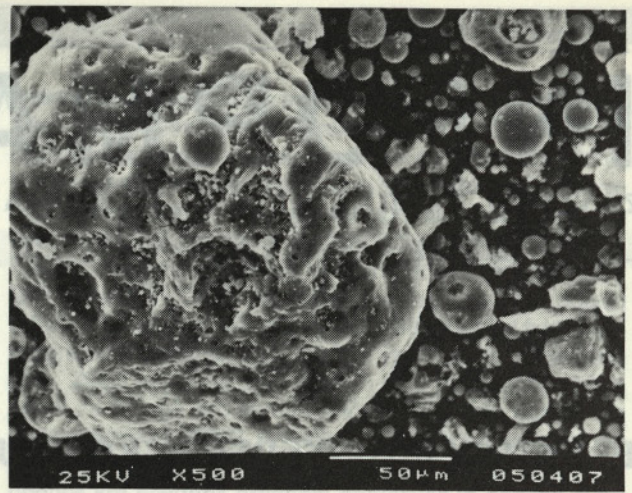
Postopek zgorevanja v kotlih	Temperatura pri nastajanju elektrofiltrskega pepela
Gorilniki in kotli	Mesto odvzema elektrofiltrskega pepela v filtru
Premog	Kakovost zgorevanja premoga
	Finost
	Enakomernost kakovosti
	Sestava pepela
Elektrofiltrski pepel	Finost
	Žarilna izguba
	Delež steklaste faze
	Enakomernost

V SR Sloveniji delajo vsi trije termoenergetski objekti po postopku suhega odvajanja pepela. Kakor nam je znano, ima le termoelektrarna v Kaknju tekoče odvajanje in tudi drugod po svetu so ti postopki, ki so ekološko manj primerni, vse redkejši. Nove objekte v glavnem gradijo po tehnologiji, ki obratuje s suhim odvajanjem pepela. Razlika v obliki in velikosti delcev tipičnih predstavnikov vsake vrste elektrofiltrskega pepela je razvidna iz posnetkov na scanning elektronskem mikroskopu (sliki 2 in 3).



Slika 2: Scanning elektronski mikroskop (SEM) – elektrofiltrski pepel Kakanj, odvajanje v talini

Elektrofiltrski pepel iz suhega postopka – v primerjavi s pepelom iz taljenega postopka, ki je v obliki pravilnih



Slika 3: Scanning elektronski mikroskop (SEM) – elektrofiltrski pepel Trbovlje, suho odvajanje

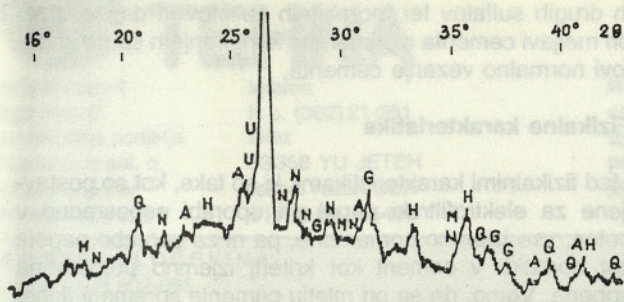
kroglic z gladko površino – nastaja v bolj grobih neenakomerno oblikovanih delcih s hrapavo površino.

Delež steklaste faze v elektrofiltrskem pepelu je pri določeni kemični sestavi odločujoč za oceno vrednosti pepela glede pucolana; po drugi strani pa je pri pepelih z več CaO poleg količine steklaste faze pomembna tudi sestava kristalne faze. Na sliki 4 je prikazan rentgenogram kristalne faze elektrofiltrskega pepela iz TE Šoštanj. Poleg tega so za uporabo elektrofiltrskega pepela v cementu in betonu enako pomembne tudi njegova kemijska sestava in fizikalne karakteristike. V preglednici 5 so prikazani kriteriji za karakteristike elektrofiltrskega pepela za uporabo v betonu, ki so predpisane z nekaterimi tujimi standardi.

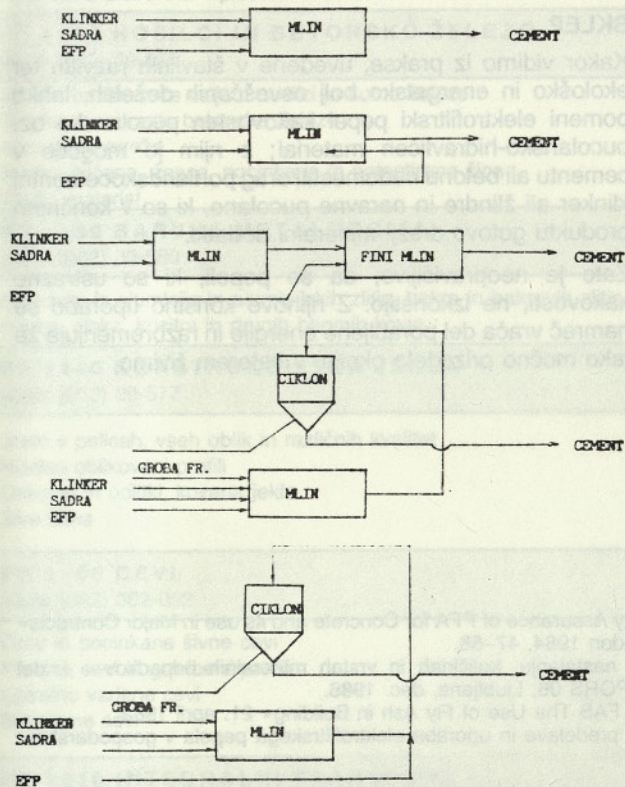
Pri tem naj poudarimo, da za elektrofiltrski pepel, ki se uporablja kot dodatek cementu, pridejo v poštev kriteriji za finost in pucolansko aktivnost po metodi preiskave, ki jo določajo standardi, le v primerih, ko se cement pripravlja s homogenizacijo pepela in cementa; v ostalih primerih sta ti dve karakteristiki manj pomembni. Cementi z dodatkom elektrofiltrskega pepela se večinoma pripravljajo po enem od postopkov, ki so shematično prikazani na sliki 5 (7).

V proizvodnji cementa naj bi za doseganje njegovih optimalnih kakovosti zagotovili tak tehnološki postopek mletja, da bo pri dani kakovosti klinkerja in elektrofiltrskega pepela zagotovljeno pomletje velikih zrn elektrofiltrskega pepela, medtem ko naj bi zrna, manjša od 45 mikronov, ostala nepomleta.

Kakor je razvidno iz preglednice 5, so skoraj v vseh standardih postavljene omejitve za večinoma iste parametre oz. kemijske komponente, kriteriji pa se med seboj razlikujejo.



Slika 4: Rentgenogram kristalne faze elektrofiltrskega pepela iz TE Šoštanj, Q – kremen, A – anhidrit, H – hematit, M – magnetit, G – galenit, U – mulit, N – anortit



Slika 5: Shema postopkov mletja za proizvodnjo cementa z dodatkom elektrofiltrskega pepela

Preglednica 5: Nekateri pomembnejši standardni predpisi za kakovost elektrofiltrskega pepela za uporabo v betonu

	Avstralija	Japonska	Kanada		ZDA		Vel. Britanija
	AS 1129	JIS A 6201	CA N3-A	C	ASTM C 6/8	F	BS 3892
Prosta vlaga, maks. %	1,5	1,0	3,0		3,0		1,5
Žarilna izguba, maks. %	8	5	6	12	6	12	7
SiO ₂ , min. %	–	45	–	–	–	–	–
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ , min. %	–	–	–	–	50	70	–
MgO, maks. %	–	–	–	–	–	–	4
SO ₃ , maks. %	2,5	–	5	–	5	–	2,5
Alkalije, maks. %	–	–	–	–	1,5	–	–
					(pogojno)		
Finost							
– spec. površina, min. m ² /kg	–	240	–	–	–	–	–
– delež zrn > 45 μm, maks. %	50	–	34	–	34	–	12,5
Obstojnost							
– avtokl. eksp., maks. %	–	–	0,8	–	0,8	–	–
Vodna potreba, maks. % etalona	–	102	–	–	105	–	95
Pucolanska aktivnost							
– s PC, min. % etalona 28 dni	–	60	68	–	75	–	85
– z apnom, min. MPa 7 dni 55° C	–	–	–	–	5,5	–	–

Vlaga

Vlaga se predpiše predvsem zato, ker je vlažen pepel problematičen pri transportu in doziranju; poleg tega lahko zlasti pri hidravlično aktivnih pepelih nekatere od komponent pepela predhodno reagirajo z vodo in pepel tako izgubi svojo učinkovitost. Kriteriji se gibljejo od 1 do 3,5%. Nimamo pa izkušenj, da bi lahko ocenili, ali so kriteriji pravi, oziroma kateri je bolj pravilen. Vsekakor menimo, da je kriterij za vlago potreben oziroma je lahko predmet dogovora med proizvajalcem in uporabnikom.

Žarilna izguba

Žarilna izguba je eden od pomembnejših parametrov, zato je predpisana v vsakem standardu. Dovoljene meje se gibljejo od 5 do 12%. Žarilno izgubo v pepelu v glavnem tvori neizgoreli ogljik. Pri veliki žarilni izgubi se poveča potreba po vodi za omočenje, poleg tega neizgoreli ogljik vpliva tudi na čas vezanja in na učinke kemijskih dodatkov, zlasti aeranta. Pri nihanju žarilne izgube se spreminja barva, kar je lahko za proizvodnjo cementa oz. betona zelo moteče.

SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃

Te komponente v steklasti fazi kažejo pucolansko aktivnost, tj. pri reakciji z apnom tvorijo produkte s hidravličnimi lastnostmi. Del teh komponent je v pepelu nedvomno v kristalinični obliki v spojinah, kot so kremen, mulit, hematit, ki z apnom ne reagirajo. Zaradi tega je ta kriterij, ki predpostavlja, da so vsi SiO₂, Al₂O₃ in Fe₂O₃ aktivni, nepravilen in ne daje pravilne slike o aktivnosti pepela. Zaradi tega bi bilo treba najti druge kemijske kriterije oz. metode, s katerimi bi znali določiti količino dejansko aktivnih komponent.

CaO

Elektrofiltrski pepeli, ki nastajajo pri zgorevanju rjavih premogov in lignitov, običajno vsebujejo prek 10% CaO, v nekaterih primerih celo do 30%. Večje količine CaO v elektrofiltrskem pepelu modificirajo njegove mineraloške karakteristike in reaktivnost; prvič, osnovna komponenta – steklo vsebuje več CaO, in drugič, vsebuje minoritetne

kristalne komponente, kot so 3CaO , Al_2O_3 , CaSO_4 , 3CaO . Komponente $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4$ so močno reaktivne; imajo hidravlične lastnosti, kar pomeni, da z vodo reagirajo brez apna. Zaradi tega bi bilo pri klasifikaciji elektrofiltrskih pepelov primerno upoštevati tudi količino CaO .

MgO

Količina MgO v elektrofiltrskem pepelu je v nekaj standardih omejena z največ 5,0%; verjetno zato, da bi se analogno cementom preprečila možnost neobstoynosti betona zaradi hidratacije kristalnega MgO . Ta omejitev je za elektrofiltrske pepele nepotrebna, saj vemo, da je večina MgO v melilitu.

Alkalijske sulfati

Neobstoynost oz. poškodbe betonov so lahko posledica velikih količin sulfatov, ki tvorijo etringit. Omejitve količin sulfatov v elektrofiltrskem pepelu so zato povsem upravičene, vprašanje je le, kateri kriteriji so optimalni in dovolj zanesljivi. Poleg tega lahko elektrofiltrski pepeli, ki poleg sulfatov vsebujejo tudi več alkalij, povzročajo pospeševanje vezanja ali navidezno vezanje cementa. Zaradi teh efektov sta oba kriterija zelo pomembna, vendar z uporabo elektrofiltrskega pepela v cementu bistveno bolj obvladljiva kot pri dodajanju v beton. Pri dodajanju pepela v cement je predvsem pomembno, da sta ti količini čim bolj konstantni, da je natančno znano razmerje alkalijskih

in drugih sulfatov ter morebitnih sulfidov in da se lahko pri meljavi cementa s primernim korigiranjem sadre zagotovi normalno vezanje cementa.

Fizikalne karakteristike

Med fizikalnimi karakteristikami, ki so take, kot so postavljene za elektrofiltrski pepel pri uporabi neposredno v beton, vse izjemno pomembne, pa ni za uporabo pepela kot dodatka v cement kot kriterij izjemno pomembna nobena. Vemo, da se pri mletju cementa spremeni finost pepela; s tem se spremeni njegova pucolanska aktivnost, hkrati pa tudi potreba po vodi. Ta se s pomletjem običajno zniža, ker z mletjem razbijemo večje votle kroglice, ki močno vpijajo vodo in jo do neke mere tudi zadržujejo.

SKLEP

Kakor vidimo iz prakse, uvedene v številnih razvitih ter ekološko in energetsko bolj osveščenih deželah, lahko pomeni elektrofiltrski pepel kakovosten pucolansko oz. pucolansko-hidravlični material; z njim je mogoče v cementu ali betonu nadomestiti drag portlandskocementni klinker ali žindre in naravne pucolane, ki so v končnem produktu gotovo dražji mineralni dodatki.

Zato je neopravičljivo, da se pepeli, ki so ustrezne kakovosti, ne izkoristijo. Z njihovo koristno uporabo se namreč vrača del porabljene energije in razbremenjuje že tako močno prizadeto okolje, v katerem živimo.

LITERATURA

1. Richards P. W. »10 Years of Quality Assurance of PFA for Concrete and its use in Major Contracts« Ach Tech 84, Conference Proc., London 1984, 47–58.
2. Droljc S., Dimic D. »Kataster o nastajanju, količinah in vrstah mineralnih odpadkov – I. del Elektrofiltrski pepeli, Razisk. naloga PORS 06, Ljubljana, dec. 1986.
3. Droljc S. »Report to RILEM TC 67 FAB The Use of Fly Ash in Building« 21. april 1982.
4. Droljc S. »Predstudija o možnosti predelave in uporabe elektrofiltrskega pepela v gospodarstvu« Študija za EGS Maribor, maj 1986.
5. ASTM C 618–1985 Knjiga 4.01.
6. Mehta, P. K. »Concrete, Structure, Properties, Materials« Prentice Hall, New Jersey 1986, 266.
7. Hentfers H., Magel Ph. »Flugaschezement – Herstellungsverfahren, Qualität und Wirtschaftlichkeit« ZKG, 2 (1984), 55–61.
8. Gordon G. J. »The Scandal of the Non-Utilisation of Fly Ash Concrete« Ash Tech 84, Conference Proc., London 1984, 13–21.

Na 26.000 m² pokritih in 65.000 m² odprtih skladiščnih površin imamo stalno v zalogi 80.000 raznovrstnih izdelkov, letni pretok blaga pa je 180.000 ton. Zato lahko brez pretiravanja zapišemo, da smo največje trgovsko podjetje s tehničnim blagom v severovzhodni Sloveniji, ki je močno povezano s celotno slovensko in jugoslovansko industrijo, gradbeništvom, obrtjo in trgovino na drobno.

PE 1110 PLOČEVINA

vodja (062) 302-095

- oddelek črna pločevina
 - oddelek svetla pločevina
- Toplo in hladno valjana pločevina in trakovi vseh kvalitete
Nerjavna pločevina
Pocinkana pločevina v ploščah in kolutih

PE 1120 NOSILCI IN BETONSKO ŽELEZO

vodja (062) 39-565

- Jekleni profili-vroče valjani nosilci in kotno železo
Gladko in rebrasto betonsko železo
Armature mreže
Svetlo vlečena, žgana, pocinkana in patentirana žica
Varilni material

PE 1130 BARVNA METALURGIJA

vodja (062) 39-580

- polizdelki iz aluminija in aluminjskih zlitin, bakra in bakrovih zlitin, svinca, cinka, kositra in drugih barvnih kovin

PE 1140 KONSTRUKCIJSKA JEKLA

vodja (062) 39-577

- Jeklo v palicah, vseh oblik in različnih kvalitete
Hladno oblikovani profili
Odkovki in odlitki, kovana jekla
Siva litina

PE 1150 CEVI

vodja (062) 302-092

- Črne in pocinkane šivne cevi
Profilne cevi in gradbeni profili
Spiralno varjene cevi
Brezšivne cevi

PE 1210 INTEGRALNI TRANSPORT

vodja (062) 302-485

- oddelek skladiščna oprema
 - oddelek prevozna sredstva
- Transportna sredstva - viličarji, vozički, hidravlična dvigala
Skladiščna oprema - regali, kovinsko pohištvo, kontejnerji
Manipulativna oprema - palete, zaboji
Pralna tehnika - industrijski pralni stroji, sušilni in likalni stroji
Gostinska oprema

PE 1220 STROJI

vodja (062) 302-692

- oddelek stroji za industrijo
 - oddelek stroji za gradbeništvo
- Stroji za kovinskopredelovalno in lesno industrijo - stružni rezkalni, brusilni in vrtalni stroji, varilni aparati, stroji za preoblikovanje pločevine, obdelovalni centri CNC
Gradbeni stroji in dvigala - mostna dvigala, gradbeni žerjavi, bagerji, kompresorji, verižna in elektrodvigala
Garažno - servisna oprema

PE 1230 ORODJE

vodja (062) 22-880

- oddelek rezilno orodje za kovine
 - oddelek ročno orodje
 - oddelek električno, pnevmatsko in rezilno orodje
- Rezilno orodje za obdelavo kovin, pribor in orodje za obdelavo lesa
Električno-ročno, pnevmatsko in merilno orodje ter pribor za varjenje, ročno orodje, pnevmatska oprema in pile

PE 1310 GRADBENI MATERIAL

komerciala (062) 302-560

- oddelek okovje in gradbena mehanizacija
 - oddelek osnovni gradbeni material
 - oddelek kovinski izdelki za gradbeništvo in industrijo
- Osnovni gradbeni material
Termo in hidroizolacije, betonska galanterija, litoželezni pokrovi, kritina, žagan les
Kleparsko-krovski izdelki, betonski mešalniki, samokolnice, stavbno in pohištveno okovje, žični izdelki, garažna vrata

PE 1320 VODOVODNA OPREMA

vodja (062) 302-185

- oddelek zunanji vodovod
 - oddelek sanitarna oprema
- Litoželezna in PVC kanalizacija, vodovodne litoželezne, alkatenske (PEHD), PVC tlačne cevi, litoželezni fazonski deli, pocinkani fittingi, črpalke, hidroforji, hidrantne omarice
Sanitarna oprema, WC školjke, kotlički, bojlerji in sanitarne baterije

PE 1330 OGREVANJE

vodja (062) 301-275

- oddelek ogrevalna tehnika
 - oddelek klimatizacija
- Peči za centralno ogrevanje, klimatizacija, avtomatika, medenina in litoželezne parne armature, radiatorji s priborom
Program talnega in sončnega ogrevanja, merilna tehnika

PE 1370 MURSKA SOBOTA
69000 MURSKA SOBOTA, Cvetkova 2a

tel. n. c. (069) 21-760 telex 35 245

vodja (069) 21-771

- oddelek črna metalurgija
 - oddelek kmetijska mehanizacija
 - oddelek gradbeni material
 - oddelek instalacije
 - oddelek široke potrošnje
 - skladišče črne metalurgije (069) 21-534
- Ulica Lole Ribarja 1

PRODAJNI CENTER LJUBLJANA
61000 LJUBLJANA, Kosijeva 5

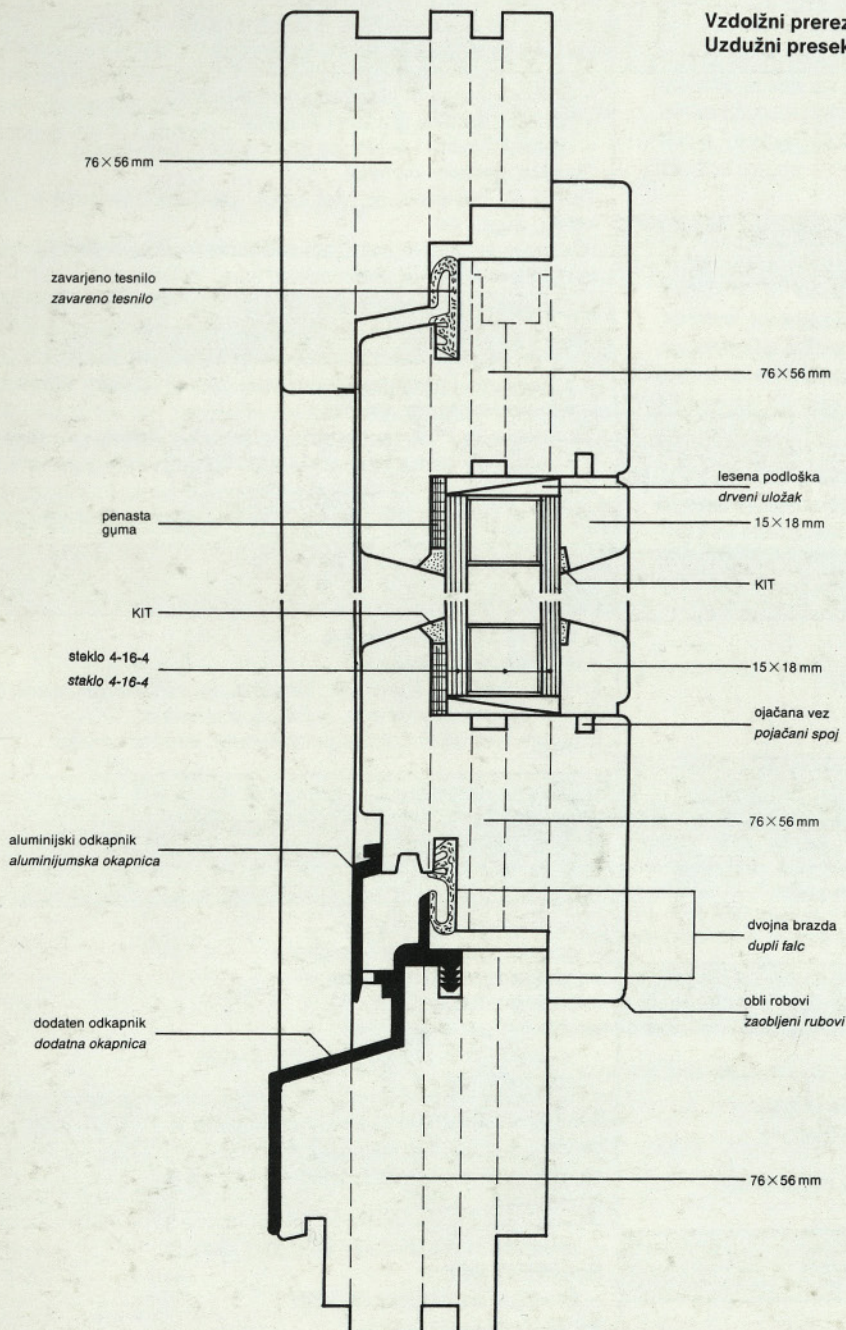
tel. (061) 51-886, 51-487, telex 31 790

direktor (061) 51-192

- skladišče in maloprodaja tel. (061) 454-248
- Šmartinska 64 a
- Prodajna enota Ostrožac, BiH
- tel. (077) 514-434

IZOLACIJSKA OKNA INLES INO-M

Vzdolžni prerez
Uzdužni presek



INO-M okna, balkonska vrata in fiksne stene

Značilnosti:

- so lazurno obdelana v naravni barvi lesa jelke/smreke
- zapiranje je z dvojno brazdo
- tesnenje je izvedeno z mehkim tesnilom vtisnjenim v utor zunanje brazde krila
- deli tesnila so v vogalih zavarjeni
- stekljenje je izvedeno z dvojnim, termopan, steklom debeljine 24 mm (4 + 20 + 4)
- okovje Centro 100 je močnejše
- aluminjski odkapnik je podaljšan čez cel spodnji prečnik okenskega okvirja
- kljuka je obla, eloksirana
- odlična vodotesnost in zrakovotesnost (grupa D)
- dobra toplotna izolacija ($k = 2,4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$) in
- zvočna izolacija: 25 dB

61310 Ribnica, Kolodvorska 22, tel. (061) 861-212
 25260 Apatin, Sončanska bb., tel. (025) 772-041
 22330 Nova Pazova, Lenjinova 103, tel. (022) 331-155
 35230 Čuprija, Cara Lazara 92, tel. (035) 461-409
 51213 Jurdani-Opatija, tel. (051) 741-330
 18000 Niš, Mramorska bb., tel. (018) 65-335
 55000 Slavonki Brod, Matoševićeva bb., tel. (055) 231-026, 241-510
 55300 Slavonka Požega, Beogradska bb., tel. (055) 72-845, 73-323
 56000 Vinkovci, Moše Pijade 101, tel. (056) 11-367
 14220 Lazarevac, Janka Stajčića 50, tel. (011) 813-217
 88000 Mostar, Bišće polje bb., (088) 33-665
 91000 Skopje – Dračevo, Ratka Mitrovića bb., tel. (091) 581-056



**Industrija stavbnega
pohištva**

61310 Ribnica
 telefon: (061) 861-441
 telegram: Inles-Ribnica
 telex: 31-262 inles Yu
 telefaks: (061) 861-603