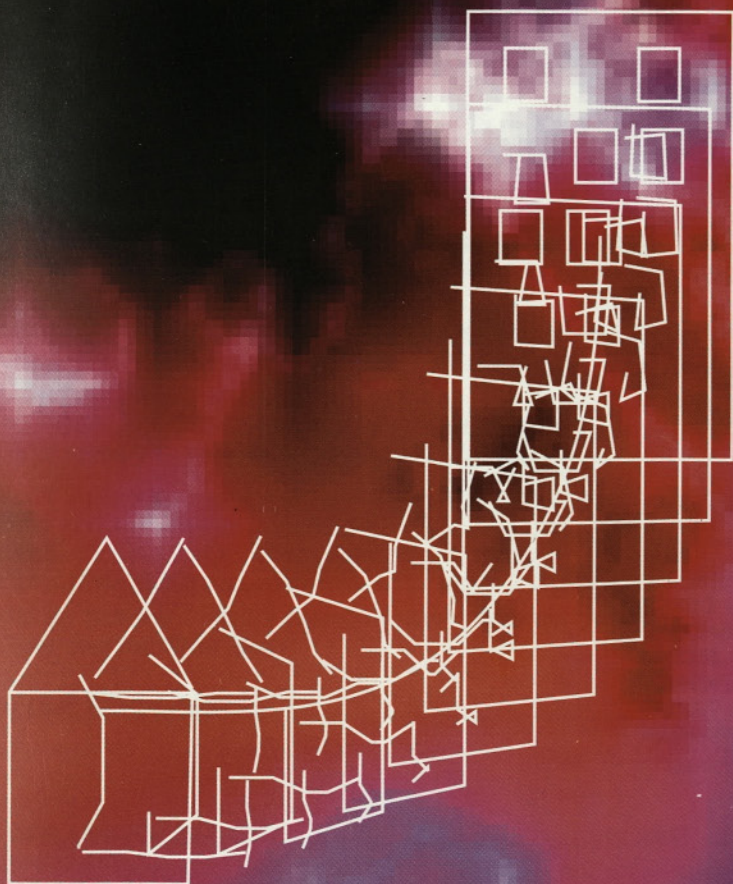


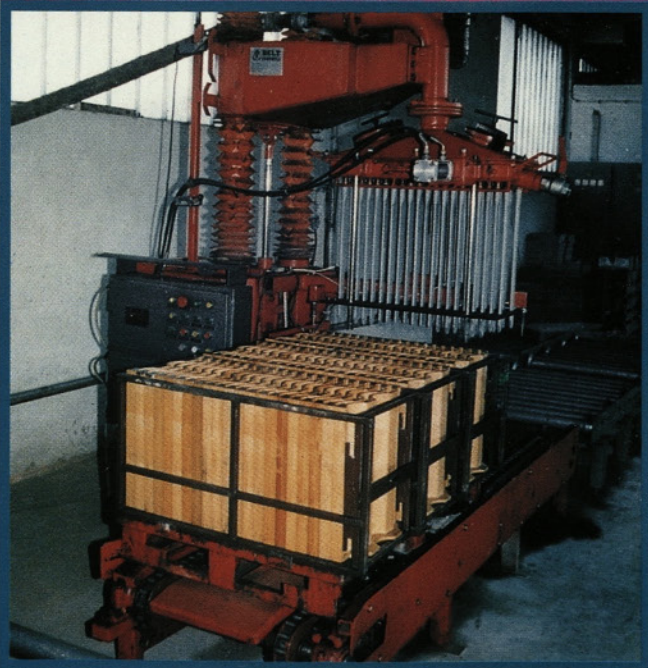
GRADBENI VESTNIK

GLASILO
ZVEZE DRUŠTEV
GRADBENIH INŽENIRJEV
IN TEHNIKOV
SLOVENIJE

1-2-3
1997



GRADBENI INŠTITUT ZRMK



Izdelava litih betonskih strešnikov iz aeriranega betona
po inovacijskem postopku Gradbenega inštituta ZRMK

Glavni in odgovorni urednik:

Franc **ČAČOVIČ**

Lektor:

Alenka **RAIČ-BLAŽIČ**

Tehnični urednik:

Danijel **TUDJINA**

Uredniški odbor:

Sergej **BUBNOV**
mag. Gojmir **ČERNE**
prof. dr. Miha **TOMAŽEVIČ**
dr. Ivan **JECELJ**
Andrej **KOMEL**
Stane **PAVLIN**
dr. Franci **STEIMAN**

Tisk:

TISKARNA TONE TOMŠIČ d.d.
v LJUBLJANI

Revijo izdaja Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Karlovska c. 3, telefon/faks: 061/221-587, ob finančni pomoči Ministrstva za znanost in tehnologijo, Gradbenega inštituta ZRMK, Zavoda za gradbeništvo Slovenije, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, Univerze v Ljubljani ter Fakultete za gradbeništvo, Univerze v Mariboru.

Tiska Tiskarna Tone Tomšič d.d., Ljubljana.

Letno izide 12 števil. Individualni naročniki plačajo letno naročnino v višini 2.600 SIT, študentje in upokojenci 1.300 SIT. Gospodarske organizacije in podjetja plačajo letno naročnino za 1 izvod revije 32.000 SIT. Naročnina za naročnike v tujini znaša 100 US\$.

Po mnenju Ministrstva RS za kulturo je v ceno vključen 5% prometni davek.

Žiro račun se nahaja pri Agenciji RS za plačilni promet, nadziranje in informiranje, Enota Ljubljana, številka: 50101-678-47602.

GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH
INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
UDK-UDC 05:625; ISSN 0017-2774
LJUBLJANA, JANUAR, FEBRUAR, MAREC • 1997
LETNIK XXXVI • STR.: 1-84

VSEBINA-CONTENTS

Članki, študije, razprave • Articles, studies,
proceedings

Matjaž Mikoš: OCENA OGROŽENOSTI ALPSKEGA SVETA Z NARAVNIMI UJMAMI 2 Natural hazard Assessment of Alpine Habitats	2
Svetko Lapajne: LOMI DALJNOVODNIH STEBROV 7 Ruptures of cableline pillars	7
Rudi Brinšek: SANACIJA SIDRANEGA PODPORNEGA ZIDU V PODSLAPJU PREGRADE HE MOSTE 9 Rehabilitation of the anchored support wall in the stilling pool of the HPP Moste dam	9
Blaž Dolinšek, Janez Duhovnik: ROBOTIZIRANO SESTAVLJANJE ARMATURE LINIJSKIH ARMIRANOBETONSKIH ELEMENTOV 14 Robotized Assembling of Reinforcement of Linear Reinforced Concrete Elements	14
Marjana Šijanec-Zavrl, Matjaž Malovrh: ENERGETSKI PREGLEDI OSNOVNIH ŠOL V OBČINI KAMNIK 26 Energy Audits of Primary Schools in Municipality of Kamnik	26

Poročila – Informacije • Reports – Information

Gorazd Humar: KAMNITI VELIKAN NA SOČI 33 Most čez Sočo pri Solkanu – most z največjim kamnitim lokom na svetu The Stone Giant over the River Soča	33
Anka Holobar: ZAPISNIK REDNE SKUPŠČINE 42	42

IN MEMORIAM

Ciril Stanič: g. dipl. inž. CIRILA MRAVLJE-MIŽKA 56	56
--	----

Poročila Fakultete za gradbeništvo
in geodezijo Univerze v Ljubljani •
Proceedings of the Department
of Civil Engineering and Geodesy,
University in Ljubljana

Meta Gorišek: DIFUZIJSKI TRANSPORT V VODI RAZTOPLJENIH SNOVI SKOZI GLINENE PREGRADE POD ODLAGALIŠČI ODPADKOV 57 Diffusion Transport of Solutes Dissolved in Water in Clay Liners under the Waste Disposals	57
---	----

Novosti Fakultete za gradbeništvo,
Univerza v Mariboru •
Civil Engineering News of the
University in Maribor

Jože Lep: DOLOČEVANJE OBRATNE MATRIKE: a) s pomočjo sistema linearnih enačb in b) s pomočjo razširjene matrike 73	73
--	----

Informacije – Gradbeni Inštitut ZRMK •
Information – Civil Engineering Institute ZRMK

Gojmir Černe: PREDSTAVITEV ORGANIZIRANOSTI IN DEJAVNOSTI GRADBENEGA INŠTITUTA ZRMK 81 Organisation and Activities of Civil Engineering Institut ZRMK	81
--	----

OCENA OGROŽENOSTI ALPSKEGA SVETA Z NARAVNIMI UJMAMI

Natural Hazard Assessment of Alpine Habitats

UDK [699.83+340.132.2](234.3)

MATJAŽ MIKOŠ

P O V Z E T E K • S U M M A R Y

Ocenjevanje ogroženosti prostora v alpskem svetu je prevladujoča oblika načrtovanja varstva pred naravnimi nesrečami. Po Zakonu o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami je priprava in sprejem ocene ogroženosti v Sloveniji v pristojnosti države in občin. Za poenoteno določanje ocene ogroženosti je potrebno pripraviti ustrezna navodila za njihovo pripravo in sprejem. Kvalitetna in uporabna ocena ogroženosti bo osnova za dejanske ukrepe varstva pred naravnimi nesrečami v Republiki Sloveniji. Prispevek kratko prikazuje zakonodajno prakso na področju ocenjevanja ogroženosti prostora v treh alpskih državah: Avstriji, Švici in Franciji, ter predlaga dejanske korake, ki bi bili potrebni za harmonizacijo slovenske prakse s tisto v drugih alpskih državah.

Natural hazard assessment in the Alps is the prevailing mitigation measure against natural hazards. After the Slovene Act on protection against natural and other hazards, preparation and confirmation of natural hazard assessments is in Slovenia under the jurisdiction of the state and communities. For a unified natural hazard assessment, a corresponding manual or handbook for their preparation and confirmation should be prepared. Qualitative and useful natural hazard assessment will be a basis for other mitigation measures against natural hazards in the Republic of Slovenia. Paper gives a short review on legislation praxis in the field of natural hazard assessment in three alpine countries: Austria, Italy, and France, and proposes definite steps needed for a harmonisation of the slovenian praxis with the one in the other alpine countries.

1. UVOD

Določanje ogroženosti prostora je razširjena in zakonsko sprejeta oblika varstva pred naravnimi ujmami v alpskem prostoru (npr. Scheuerlein in Hanausek, 1996; Rickli in Banzer, 1996) kot tudi v Sloveniji (Zakon o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami, Uradni list RS, št. 64, 14. X. 1994). Poleg gradbenih varstvenih ukrepov (del, objektov in naprav) poznajo praktično vse alpske države tudi sistem varstva v obliki načrtov ogroženih območij. Na primeru nekaterih alpskih držav bomo pokazali, kdaj in kako se je ta pristop razvil. Pokazali bomo tudi prevladujoč način delitve prostora v območja z različno stopnjo ogroženosti in neposredni pomen take delitve. Osnovni problem pri taki delitvi v posamezne stopnje je seveda, kako določiti meje med

posameznimi določenimi stopnjami ogroženosti. Preden podamo pregled v treh izbranih alpskih državah, pogledimo še definicijo ogroženosti. Kaj sploh je pojem naravne ogroženosti ali naravnega rizika? Po Unesco velja naslednja opredelitev:

ogroženost = naključje × ranljivost

Pojem naključja ali slučajnosti opredeljuje pogostost in intenzivnost kake naravne nevarnosti (potres, vodna ujma), ki kot naravni pojav ogroža neko človekovo dejavnost (materialno ali osebnost). Pojem ranljivosti pa opredeljuje ceno (stroške) te človekove dejavnosti, kjer seveda osebnostna varnost oz. človekovo življenje predstavlja neprecenljivo vrednost. Takšna ocena ogroženosti je seveda antropocentrična, saj v oceni ogroženosti ranljivost obsega le človekovo dejavnost. Ujme so

Avtor:

dr. Matjaž Mikoš, dipl. inž. gradb., docent na Katedri za splošno hidrotehniko pri FGG Univerze v Ljubljani in višji razvojni sodelavec na vodnogospodarskem inštitutu v Ljubljani

vendar naravni pojav in sestavni del narave, škoda, ki jo povzročajo, pa je antropogena. Naravni prostor, ki je podvržen naravnim nevarnostim, sam po sebi ni ogrožen, če ni obenem tudi ranljiv zaradi prisotnosti človekove dejavnosti.

2. PREGLED PRAKSE V ALPSKIH DRŽAVAH

Avstrija

Avstrija je zaradi skokovitega naraščanja rabe prostora v šestdesetih letih tega stoletja, ko se taka raba ni ustavila pred ogroženimi območji, s posebnim zakonom o gozdovih v l. 1975 in iz njega izhajajočo odredbo iz l. 1976 zakonsko določila izdelavo načrtov območij ogroženosti (orig. Gefahrenzonenplan) v hudoourniških območjih, na plazljivih zemljiščih in na snežnimi plazovi ogroženih plazovitih območjih. Do konca leta 1994 so tako v Avstriji izdelali 865 takih načrtov (Aulitzky, 1996) in z njimi obsegli večino območij, ki jih ogroža 10.000 hudoournikov in 5.000 plazov. Izdelati morajo še nekaj načrtov za še neobdelana območja ogroženosti in tudi revidirati nekatere že izdelane načrte ogroženosti. Vzrok je v spremembah naravnih pogojev, ki so nastopile v času po njihovi izvedbi, predvsem v odmiranju gozdov. Zato se je v Avstriji pojavila zahteva po enotnem pristopu pri izdelavi takih načrtov območij ogroženosti. Pri tem gre predvsem za vprašanje ustrezne metodike raziskovanja in za v obliki smernic podprti način pristopa k izdelavi načrta ogroženosti nekega območja. Pomen izdelave načrtov ogroženosti območij lahko razložimo z zanimivo mislijo Herberta Aulitzkyja, dolgoletnega profesorja na dunajski univerzi BOKU, da lahko "izdelovanje načrtov ogroženih območij razumemo kot usmerjeno delovanje za varnejšo prihodnost ljudi, ki dosedanjih katastrof sploh niso doživeli in jih naj tudi v prihodnosti ne bi" (Aulitzky, 1996).

Naraščanje rabe prostora je bilo prisotno v prejšnjih desetletjih tudi v Sloveniji, kar je še posebej pomembno v njenem alpskem svetu, kjer je večina dejavnosti v tem prostoru koncentrirana v dolinskem svetu, ki obsega le do največ 10 odstotkov celotne površine. Posledično je povečana raba prostora vodila tudi v večjo občutljivost prostora pred naravnimi nesrečami, saj se je zaradi človekovega poseganja v naravo intenziviralo napredovanje nekaterih naravnih pojavov in obenem tudi škodni potencial v tem prostoru.

Švica

Dejstvo, ki je neizpodbitno prisotno v celem alpskem prostoru, namreč, da se je raba prostora povečala in obenem tudi gostota prebivalstva, je tudi del švicarske stvarnosti. Po velikih poplavih leta 1987 so tako prišli do spoznanja, da redki izredni pojavi lahko dosežejo take razsežnosti, ki presegajo meje naših predstav. Osnovno spoznanje je tisto, da vode potrebujejo več prostora. Tako je švicarsko najvišje zakonodajno telo

leta 1989 naročilo Zveznemu zavodu za vode in Zveznemu zavodu za prostorsko načrtovanje, naj pripravita posebna priporočila, kako upoštevati nevarnosti vodnih ujm pri prostorskem načrtovanju. Tovrstna priporočila so v Švici tik pred izdajo (Petraschek, 1996).

Po švicarski zakonodaji skrbi za prostorsko načrtovanje 23 kantonov in 7000 občin. V takem sistemu je pomembno, da se naravne nevarnosti upoštevajo pri načrtovanju prostora, kar lahko uspe le, če so akterji načrtovanja prepričani o taki nujnosti obravnave. Zato so se Švicarji lotili izdelave objektivnih prikazov ogroženosti prostora v obliki kart ogroženosti. Le-te morajo biti prikazane tako, da lahko odgovorna oseba sama iz njih razbere potrebne varstvene ukrepe (prepreči, zahteve ali individualne ukrepe za lastno varnost).

Zakonodajna rešitev v Zveznem zakonu o prostorskem načrtovanju iz leta 1979 določa, da kantoni določijo, katera območja so znatno ogrožena z naravnimi nevarnostmi. Zvezni zakon o vodah iz leta 1991 pa določa, da kantoni zagotavljajo varstvo pred visokimi vodami predvsem z rednim vzdrževanjem in ukrepi prostorskega načrtovanja. Šele če to ne zadošča, lahko uporabijo gradbene ali druge varstvene ukrepe. Za ta namen je potrebno izdelati ustrezne podloge, predvsem karte ogroženosti (orig. Gefahrenkarte) in kataster ogroženosti (orig. Gefahrenkataster). Taka zahteva je zapisana tudi v Zveznem zakonu o gozdovih. Področje nevarnosti pred snežnimi plazovi je že rešeno in tako obstajajo ustrezne karte ogroženosti, kar pa še ni storjeno za ogroženost prostora z vodnimi ujami.

Francija

V Franciji so najprej v departementu Isere začeli leta 1967 z izdelavo uradnih kart naravne ogroženosti. Pri tem so upoštevali poseben zakonski člen, ki pravi: "Če je na območjih, ki so izpostavljena naravnim nevarnostim, kot so poplave, erozija in plazovi, dovoljena gradnja, se ta lahko podredi posebnim pogojem. Ta območja so določena z odlokom prefekta, potem ko je opravljena javna razgrnitev in jih je s sklepom sprejel občinski svet". Zakonska določitev ogroženega območja so izvajali na topografskih kartah v merilu 1:10000. Na njej so določili območja, kjer je veljala prepoved gradnje in območja, kjer je bila gradnja dovoljena pod posebnimi pogoji. Tako karto so imenovali "občinska karta naravne ogroženosti".

V Franciji dandanes tako prikazujejo območja ogroženosti prostora na kartah v merilu 1:5000 ali 1:10000. Pri tem upoštevajo dekret z dne 15.marca 1993 in uporabljajo naslednjo delitev območij na (Besson, 1996):

- zelo izpostavljene ogrožene predele (gradnja prepovedana);
- delno ogrožene predele (gradnja dovoljena pod omejitvami ali določenimi pogoji) in
- ostala območja, predvidoma neogrožena ali zanemarljivo ogrožena.

V skladu z zakonom morajo biti karte ogroženosti opremljene s prepovedmi in zahtevami za gradnjo in urejanje prostora na sploh. Opremljene morajo biti z mejami parcel, tako da jih je mogoče prenesti iz topografskih kart v parcelne karte. Praviloma so torej naravno ogrožena območja razvrščena v nezazidljiva območja, vendar to ne onemogoča sedanjega urejanja prostora. Toliko bolj, ker so območja sedanje ogroženosti lahko uvrščena – pač glede na ekonomsko upravičenost, ali med nezazidljiva ali v zazidljiva pod določenimi pogoji, kjer morajo vsi graditelji upoštevati te pogoje in graditi skladno z zahtevami. Takšna območja navadno ne potrebujejo obdelave po zemljiških parcelah, ker potrebujejo model kolektivnega varstva (naj bo javni ali zasebni), ne pa individualnega varstva.

3. OGROŽENA OBMOČJA V SLOVENIJI

Posebnost vodnih ujm

Ogroženost prostora zaradi vodnih ujm je potrebno razlikovati od ogroženosti zaradi drugih naravnih ujm. Za razliko od potresov, podorov in plazov, ki jih lahko uvrstimo med nenadne naravne pojave (glej preglednico 1), poplave ne nastopijo hipno in tako niso popolno presenečenje. Pri vodnih ujmah gre predvsem za tri vrste ogroženosti:

- preplavitev,
- blatne in muraste tokove ter
- obrežno erozijo.

Zato lahko tovrstne pojave uvrstimo v ti. postopne procese (glej preglednico 2 in 3). V primeru poplav imam praviloma še dovolj časa za rešitev golega življenja, bolj neposredno pa smo ogroženi v primeru

Intenziteta
(razred)

velika	ogroženo		
srednja			
majhna			delno ogroženo
	velika	srednja	majhna
	verjetnost (razred)		

Preglednica 1. Določanje stopnje ogroženosti prostora za nenadne procese: snežne plazove, podore in kamnite plazove (po Kienholzu, 1996).

izbruhov hudournikov, ki lahko nastopijo v obliki blatnih ali murastih tokov. Žalosten primer za to je tragedija v kampu Biescas v Španiji leta 1996, ko je nenaden izbruh hudournika zahteval skoraj sto smrtnih žrtev med turisti. Posebno pozornost je zato potrebno nameniti tistim delom prostora, v katerem se lahko vsaj občasno zadržuje veliko ljudi (razni prireditveni prostori, smučišča, kampi). Primerjava smrtnih žrtev in materialnih škod v Švici v obdobju 1972-1992 zaradi poplav (33 žrtev in ogromne materialne škode) in snežnih plazov (10 krat toliko žrtev in 10 krat manjše materialne škode), kaže na relativno majhno ogroženost človeških življenj pri poplavah, ki pa povzročajo neprimerno višje materialne škode kot snežni plazovi (Egli, 1996). Vzrok temu je v tem, da poplave prizadenejo velike površine, ki jih je obenem še težko natanko omejiti. Tako lahko npr. zamašitev mostne odprtine s plavjem in drugo navlako povzroči preplavitev bližnjih površin, ki smo jih sicer označili kot poplavno varne. Zamašitev mostnih odprtín je mnogokrat posledica napačnega hidravličnega dimenzioniranja (Brilly in Mikoš, 1996) in lahko razen do preplavitve vodi tudi do lokalne erozije in uničenja premostitve ali bližnjih objektov (Mikoš, 1996a). Napake se v naravi v glavnem le seštevajo in redko izničujejo. Izločitev tako dobljenih ogroženih površin, ki so v primeru poplav običajno bistveno večje od tistih pri podorih ali plazovih, nujno privede do večjih odporov pri uporabnikih prostora. Zakaj?

Ogroženost prostora in lastništvo

Uresničitev zahtev ali omejitev v območjih ogroženosti s pomočjo ukrepov prostorskega načrtovanja pomeni v svojem bistvu omejevanje lastniške pravice. To praktično pomeni, da je potrebno pri uresničevanju imeti podporo prizadetih lastnikov ali uporabnikov v prostoru. Pristop je precej podoben problemu obrežnih pasov ob vodotokih na Bavarskem, kjer s finančnimi sredstvi iz posebnega fonda kupujejo obrežna poplavna zemljišča iz privatnega lastništva v državno lastništvo, predvsem z namenom vodam dati več prostora za potrebe sonaravnega urejanja. Pri tem se namesto principa podržavljenja ali nasilnega odkupa poslužujejo principa prepričevanja in iskanja podpore pri obrežnih lastnikih. Pri neposredni življenjski nevarnosti je ogroženost prostora in ljudi jasno razvidna, pri stvarnih škodah pa se začne tehtanje, ali niso izgube zaradi omejitev večje kot občasne škode zaradi poplav, čeprav se le-te lahko v posameznih primerih tudi zelo visoke.

V Švici so v preteklem stoletju lastniki poplavnih zemljišč nosili finančno breme in koristi take protipoplavne zaščite in tudi seveda morebitnih poplavnih škod. Kasneje je postalo varstvo pred poplavami javna zadeva. Obenem je možnost zavarovanja v primeru elementarnih nesreč, ki so pokrivala poplavne škode v posameznih primerih, še dodatno zmanjšala neposredno lastno skrb in zavest prebivalstva o potrebi po ustreznih ukrepih za zmanjševanje poplavnih škod. Ukrepi pro-

Intenziteta

(razred)

velika

ogroženo

srednja

delno
ogroženo

majhna

neogroženo

velika

srednja

majhna

verjetnost (razred)

Intenziteta

(razred)

srednja

delno
ogroženo

majhna

neogroženo

velika

verjetnost

(razred)

Preglednica 2. Določanje stopnje ogroženosti prostora za postopne procese: izbruhe hudournikov, preplavitve, zablatenje površin, erozijo brežin, spontano plazenje zemljišč (po Kienholzu, 1996).

Intenziteta

(razred)

majhna

neogroženo

storskega načrtovanja namreč pomenijo omejitve rabe prostora v ogroženih območjih in s tem manjšajo škodni potencial v poplavnem prostoru. Vodogradbeni objekti pa nasprotno zmanjšujejo nevarnost preplavitve, ne pa obenem tudi škodnega potenciala. Ogroženost prostora je ob primeru njihove porušitve vsaj tako velika, če ne tudi večja, kakor da zaščitnih objektov ne bi nikoli zgradili. Za dejansko uveljavitev ukrepov prostorskega načrtovanja je potrebno veliko potrpljenja in prepričevanja, samo zakonska regulativa ne zadostja. Pri tem velja poudariti vodilno vlogo vodarških strokovnjakov, tudi pri prostorskem načrtovanju vodnega in obvodnega prostora. Krajinski videz tega prostora ali pa njegova turistična izraba mora biti sestavni del celovitega urejanja in gospodarjenja s tem prostorom, ki temelji na dinamiki voda (VGI, 1994; 1995a). Pomemben korak je prav prikaz nevarnosti v obliki kart ogroženosti.

Karte ogroženosti

Uspešno varstvo pred naravnimi nesrečami zahteva dobro poznavanje posameznih nevarnosti. Le-te prikazujemo v kartah ogroženosti, ki so same po sebi namenske karte. Prikazujejo, katera območja so ogrožena in sicer v kolikšni meri (intenziteta, pogostost) in zaradi katerih naravnih sil. Stopnja ogroženosti je določena z matriko vrednosti dveh parametrov: intenzitete in verjetnosti nastopa pojava (glej preglednice 1, 2 in 3). Na podlagi kart ogroženosti se lahko določi primernost kakega območja za razne rabe prostora (npr. območje namenjeno gradnji). Pri tem je natančnost obdelave odvisna od izbranega cilja (npr. občinski

Preglednica 3. Določanje stopnje ogroženosti prostora za postopne procese: stalno plazenje zemljišč (po Kienholzu, 1996).

prostorski razvojni načrt). V Švici predstavlja karta ogroženosti strokovno podlogo in nima pravnega značaja. Pogosto se karta ogroženosti spremeni v načrt ogroženih območij. Za tako določena območja ogroženosti pa nato obstajajo pravni predpisi (npr. v primeru snežnih plazov je za območje velike ogroženosti določena prepoved gradnje objektov za stalno zadrževanje ljudi in živali). Zato morajo karte ogroženosti vsebovati vse relevantne parametre ali druge informacije o naravnem pojavu, ki naj omogočijo spremembo teh kart v konkretne predpise za rabo prostora v posameznih ogroženih območjih.

Vplivi procesov na prostor in potrebni ukrepi

Pri nenadnih procesih (npr. snežnih plazovih ali kamnitih plazovih) je razen v ozkih prehodnih pasovih smrtna nevarnost ali prisotna ali popolnoma odsotna. Situacija je precej črno-bela, kolikor je ogroženo območje določeno dovolj natančno. Praktično to s stališča ukrepov prostorskega načrtovanja pomeni prepoved gradnje objektov za stalno zadrževanje ljudi in živali v ogroženih območjih. Če pa se določeni objekt vseeno zgradi, je jasno, da so ukrepi za zaščito objekta njegovi nujni sestavni del. Pri poplavah je drugače. V Švici je med 33 smrtnimi žrtvami zaradi poplav v letih 1972-1992 umrlo 82 % teh oseb zunaj zgradb. Zgradbe predstavljajo pomemben element zaščite pred poplavami. Zato lahko prepoved jemljemo kot primeren ukrep varstva pred škodljivim delovanjem voda le v primeru njihovega zelo intenzivnega delovanja. Materialne škode na objektih v poplavnih območjih se dajo pri tem ustrezno znižati s pomočjo raznovrstnih drobnih posameznih ukrepov, ki jih lahko skupaj imenujemo protipoplavna gradnja. Le-ta je predvsem stvar vsakega posameznika in ne javnih oseb. Primer poplav reke Ren v Kölnu potrjuje upravičenost izvajanja protipoplavnih ukrepov, saj so bile poplavne škode leta 1995 nižje kot leta 1993, in to kljub višji maksimalni gladini visoke vode.

4. SKLEPI

Dejstvo je, da je erozijska problematika v alpskem prostoru zelo sorodna in tako lahko pri reševanju problemov v Sloveniji velikokrat črpamo bogate pozitivne in tudi negativne izkušnje alpskih sosedov. Čeprav podani pregled ni popoln, zadošča za ugotovitev, da je potrebno tudi v Sloveniji izpeljati zakonodajno predpisano ugotavljanje ogroženosti prostora. Pri tem je potrebno zagotoviti enotnost ocenjevanja ogroženosti, saj takih ocen ne bodo izdelovali vedno isti organi. Po sedaj veljavni zakonski ureditvi področja varstva pred naravnimi in drugimi nesrečami je izdelava ocen ogroženosti na področju Republike Slovenije v pristojnosti države in občin. Glede na prikazano kompleksnost problematike na področju ogroženosti prostora bi bilo smiselno čim prej izdelati smernice ali navodila za izdelavo ocen ogroženosti in pospešeno podpreti raziskovalno razvojno področje, ki bo nudilo osnovo za izdelavo takih ocen ogroženosti. Obenem je potrebno sedanje zakonske rešitve v Zakonu o varstvu pred naravnimi in drugimi nesrečami (Uradni list RS, št. 64, 14. X. 1994) nadgraditi in povezati z rešitvami v naslednjih zakonih: o vodah, urejanju prostora, graditvi objektov, sanaciji škod, geodetskih evidencah, zemljiškem katastru in morebiti še kakšnem. V Sloveniji so že bile izdelane prve ocene ogroženosti prostora zaradi poplav (VGI, 1995b), snežnih plazov (PUH, 1994) in zemeljskih plazov (Petkovšek in Marolt, 1994). Tovrstne ocene lahko uvrstimo v kategorijo katastrof ogroženosti, na podlagi katerih bo potrebno izdelati karte ogroženosti ali načrte ogroženih območij v ustreznih merilih. Le tako bo lahko preventivna vloga ocen ogroženosti polno zaživela. Posebno pomemben del izdelave ocen ogroženosti je delitev prostora na različne stopnje ogroženosti, pri čemer je potrebno določiti odločilne parametre in kriterije naravnih procesov, ki povzročajo ogroženost (Mikoš, 1996b).

L I T E R A T U R A

- Aulitzky, H.: "Richtlinienvorschlag für die Erstellung von Wildbach-Gefahrenzonenplänen", Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1996 – Garmisch-Partenkirchen, Tagungs publikation, Band 4, str. 177-186, 1996.
- Besson, L.: "Les risques naturels en montagne", Artes – Publiapl, 438 str., 1996.
- Brilly, M., Mikoš, M.: "Kriteriji za nadvišanje nad kritične vrednosti gladin vode pri hidravličnem dimenzioniranju nekaterih objektov", Strokovno posvetovanje Voda in ceste, Novo mesto 10.5.1996, Zbornik referatov, str. 93-98, 1996.
- Egli, T.: "Hochwasserschutz und Raumplanung", Mitteilungen der VAW ETHZ, 1996.
- Mikoš, M.: "Premostitve naravnih vodotokov in lokalna erozija", Strokovno posvetovanje Voda in ceste, Novo mesto 10.5.1996, Zbornik referatov, str. 105-111, 1996a.
- Mikoš, M.: "Kriteriji poplavne in erozijske ogroženosti prostora", Strokovno posvetovanje Mišičev vodarski dan 1996, Maribor, Zbornik referatov, str. 8-15, 1996b.
- Kienholz, H.: "Gefahrenkarten: Massgebliche Parameter und Kriterien zur Festlegung von Intensitätsstufen", Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1996 – Garmisch-Partenkirchen, Tagungspublikation, Band 3, str. 47-58, 1996.

Petkovšek, B., Marolt, P.: "Rezultati študije ogroženosti Republike Slovenije zaradi zemeljskih plazov", Prvo slovensko posvetovanje o zemeljskih plazovih, Idrija, str. 21-29, 1994.

Petrascheck, A.: "Grundsätze zur Berücksichtigung der Wassergefahren in der Raumplanung in der Schweiz", Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1996 – Garmisch-Partenkirchen, Tagungspublikation, Band 3, str. 59-70, 1996.

PUH: "Ogroženost Slovenije s snežnimi plazovi", Podjetje za urejanje hudournikov, Ljubljana, študija, 1994.

Rickli, C., Banzer, E.: "Gefahrenkartierung im Fürstentum Liechtenstein", Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1996 – Garmisch-Partenkirchen, Tagungspublikation, Band 3, str. 183-192, 1996.

Scheuerlein, H., Hanausek, E.: "Risikomanagement im alpinen Wasserbau", Internationales Symposium INTERPRAEVENT 1996 – Garmisch-Partenkirchen, Tagungspublikation, Band 3, str. 19-28, 1996.

VGI: "Metodologija za določitev vodnih zemljišč in gospodarjenje z njimi", Vodnogospodarski inštitut, Ljubljana, Poročilo C-261, 72 str., 1994.

VGI: "Metodologija za določitev vodnih zemljišč v Sloveniji na različnih tipih vodotokov", Vodnogospodarski inštitut, Ljubljana, Poročilo C-331, 151 str. + priloge, 1995a.

VGI: "Ocena ogroženosti Republike Slovenije pred poplavami", Vodnogospodarski inštitut, Ljubljana, Poročilo C-319, 200 str., 1995b.

LOMI DALJNOVODNIH STEBROV

Ruptures of Cableline pillars

UDK 624.97.046:621.315.1

SVETKO LAPAJNE

P O V Z E T E K • S U M M A R Y

Velike škode zaradi lomov daljnovidnih napeljav izzivajo iskanje njihovih vzrokov. Avtor navaja 4 točke vzrokov:

1. Premili predpisi (nemški) za naše klimatske razmere.
2. Podružna uklonska dodatna nevarnost tenkostenskih HOP L prerezov.
3. Priporočilo za vgrajevanje »statičnih varovalk«, ki naj s svojo porušitvijo zaščitijo glavni drog.
4. Preprostejše in bolj masovno oblikovanje nosilnih stebrov naj ima prednost pred filigranskimi jeklenimi paličji.

Primeren opazovalni in znanstveno-inženirski inventivni študij naj prispeva k dobrim projektnim rešitvam.

Great damages caused by ruptures of cablelines provoke the search for their reasons. The author cites 4 causes:

1. Too mild regulations (Germain VDE) for our climate conditions.
2. The secondary additional danger of buckling steel HOP L profiles.
3. Recommendation for providing "statical safety-members" that could protect the pillars by their rupture.
4. Forming of simple and massive pillar constructions should have priority over filigrane steel truss.

An appropriate study of observation, engineering and inventiveness can contribute to good project solutions.

Avtor:
Svetko Lapajne, dipl. inž. gr., upok. prof.

Ob pobožičnem snegu lani in novoletnem dežju z zmrzaljo ter burjo na Notranjskem in na Krasu je prišlo do množičnega loma dreves in tudi daljnovodnih drogov. Ti lomi so povzročili z izpadom električnega toka velike škode. Pravo katastrofo predstavlja lom treh paličnih stebrov 400-kilovoltnega daljnovoda na vodu Logatec–Razdrto in lom 220-kilovoltnega paličnega droga na Zaplani. Porušenih je bilo mnogo lokalnih električnih vodov s težkimi posledicami za nekatere gorske zaselke. Rušenje drogov za telefonske vode je odrezalo mnogo gorskih krajev od dolin. Velika škoda, nastala zaradi pomanjkanja električne energije in pomanjkanja zvez, bo še večja zaradi dragih popravil porušenih drogov. Problematiki varnosti teh drogov za napeljave je vsekakor treba posvetiti veliko pozornost.

Pri sekundarnih napeljavah skozi gozdove je v večini primerov povzročilo rušenje napeljav drevje, porušeno zaradi žleda. Za podeželje so podzemne napeljave daleč predrage, širši izseki gozdov in višje napeljave pa tudi niso zaželeni. Lom paličnih drogov visokonapetostnih napeljav na čistini pa ima svoj vzrok v – statiki samih drogov. Dejanske obremenitve so bile višje od nosilnosti teh drogov, varnostni faktor je padel pod 1. Kot zelo star statik, ki se nisem nikdar ukvarjal s projektiranjem daljnovodnih stebrov – sem obiskal svojega kolega, statika konstrukterja inž. Ivana Mareka*. Kolega je znan kot odlični teoretik in prizadeven studiozen statik. Bil je v službi Elektroprojekta in sam preračunaval in konstruiral daljnovodne droge. V naslednjem navajam njegova pojasnila in priporočila. Osebo jih dobro razumem in tudi odobravam, zato sem pripravil ta članek. Skupne ugotovitve so naslednje:

1. Navedeni porušeni jekleni palični daljnovodni stolpi so bili statično preračunavani po nemških predpisih VDE. Ti predpisi so za naše klimatske razmere premili, preveč varčni. V poštevek jemljejo zaledenelo žico brez vetra ali nezaledenelo žico z najhujšim vetrom. V konkretnem primeru pa je nastopilo oboje hkrati, obilna zaledenitev s kraško burjo. Če bi se držali klasičnega varnostnega faktorja 1,75 (7/4), bi ti drogovni izredno obremenitev še morali zdržati. Kolega inž. I. M. priporoča, naj se obremenitveni podatki o debelini zaledenelosti točno merijo, prav tako naj se beležijo hitrosti vetrovnih sunkov, pa bo mogoče natančno ugotoviti najhujše obremenitve. Drogove je potem treba dimenzionirati na te najhujše obremenitve s primerno nižjim varnostnim faktorjem, morda 1,25 (5/4). Razume se, da bi bilo v tem smislu treba pripraviti navodila za projektante, ki se ne bavijo z raziskavami, in predvideti naše nove ustrezne normative.

2. Porušeni daljnovodni drogovni konstrukcijski HOP – jekleni L profilovi. Preračunani so – verjetno pravilno – po klasičnih načinih dimenzioniranja na poševni uklon. Dejstvo je, da nudi L profil tako odpornost le na stiku obeh kril, prosti repi kril pa so izpostavljeni še dodatnemu sekundarnemu uklonu, izbočenju pločevine, to pa bistveno zmanjšuje njihovo odpornost. Kolega inž. Ivan Marek je že v letu 1973 posvetil svoj študij temu problemu in prišel do zanimivih rezultatov. To dodatno izbočenje roba krila L prereza zmanjšuje uklon-

sko odpornost tega dela v odvisnosti razmerja $(b/d)^2$, pri čemer pomeni b dolžino krila, d njegovo debelino. Ta drugi vzrok bi se dal odpraviti z zmanjšanjem dopustne obremenitve po Marekovi formuli, ali pa z uporabo profilov, ki so manj nevarni za izbočenje (klasični valjani L profili).

3. Avtor članka je posvetil kar precej razmišljanja problemu, kako ohraniti obstoj daljnovodnih stebrov in katerihkoli drogov napeljav v primerih, ko pride zaradi izredno hudih obremenitev do trganja napeljav. Ali ne bi bilo možno predvideti med žice in nosilni drog posebne »statične varovalke«? Te naj bi bile tako tesno dimenzionirane, da bi se vselej ob preobremenitvah izdatno podale in tudi zrušile, sami drogovni pa bi ostali nepoškodovani. Kolega inž. Ivan mi je dal tudi v tem pogledu pozitiven odgovor: nekateri italijanski visokonapetostni daljnovodi imajo vrvico z izolatorji tako šibko, da se v primeru preobremenitve najprej porušijo izolatorji ali njih nosilna vrvica, daljnovod pade dol, drog pa ostane. Avtor je mišljenja, da bi se dale vse nosilne ročice izolatorjev oblikovati in dimenzionirati primerno šibko v navedenem smislu. Oblike so lahko različne: ali možnost zasuka ročice, možnost raztegnitve pentljastega oblikovanja ali podobno ali celo oboje hkrati. Ta rešitev – z uporabo »statičnih varovalk« – bi bila uporabna v različnih oblikah pri vseh napeljavah, od visokonapetostnih daljnovodov do lokalnih električnih, pa tudi telefonskih vodov. V primerih rušenja ob izrednih obremenitvah bi bilo treba nadomestiti le sorazmerno ceni varovalni element, sam nosilni drog pa bi ostal neprizadet.

4. Kolega inž. Ivan Marek odsvetuje za visokonapetostne daljnovodne droge uporabo filigransko konstruiranih oblik paličja. Taka paličja imajo veliko število tankih elementov, pri čemer zadostuje odpoved enega elementa, enega stika za porušitev. Priporoča enostavnejše, bolj preproste konstrukcije po Bloudkovem načelu, da morajo biti »preproste in zelo dobre« (»ajnfah in fajnfah«). Za zgled navaja švicarske daljnovodne droge na visokogorskih prelazih: vogalni stebri paličja okrogle jeklene cevi, znotraj zabetonirane. Diagonale pa iz prednapetih žičnih vrvi (kablov). Vse skupaj s čim manjšim številom vozlišč, vendar s povezavo tudi v diagonalnih smereh, ne le obodnih.

* Dne 13. 3. 1997 je ing. Ivan Marek preminil.

SKLEP

Avtor članka je mišljenja, da bi intenzivni in inventivni študij problematike daljnovodnih drogov mogel nuditi dobre inženirske rešitve za primere izrednih preobremenitev. Rešitve bi morale zagamčiti ohranitev samih daljnovodnih stebrov, zamenjati bi bilo treba le sekundarne elemente: izolatorje, njih pritrditve, eventualne varovalne ročice. Ta načela naj bi se uporabila pri vseh napeljavah, od visokonapetostnih do telefonskih. Razume se, da bi moral sam investitor pokazati določeno razumevanje za navedeni študij problematike in za znanstveno-inženirski trud novatorjev. Rezultati naj bi se uporabili tako za nova dela kakor tudi pri obnavljanju sedaj porušenih drogov.

SANACIJA SIDRANEGA PODPORNEGA ZIDU V PODSLAPJU PREGRADE HE MOSTE

Rehabilitation of the Anchored Support Wall in the Stilling Pool of the HPP Moste Dam

UDK 627.8.04+69.059.2

RUDI BRINŠEK

P O V Z E T E K • S U M M A R Y

V članku je predstavljen primer izdelave prednapetih zemeljskih sider podporne konstrukcije, pri kateri je igrala odločilno vlogo geotehnično problematična zaledna zemljina. Prednapeta zemeljska sidra je bilo treba vgraditi v oligocensko prekonsolidirano sivo morsko glino, imenovano sivica, ki se v slovenskem prostoru pretežno pojavlja kot hribina z mehanskimi lastnostmi slabšega betona. Žal so bili v obravnavanem primeru geotehnični posegi v sivici zelo zahtevni, saj se njene lastnosti s povečano vsebnostjo vlage bistveno poslabšajo.

V članku so prikazane smeri in vrednosti pomikov podporne konstrukcije pred sanacijo, karakteristični prerez konstrukcije s položajem zemeljskih sider in zemljin, rezultati meritev sidrskih sil po sanaciji in statistična obdelava laboratorijskih rezultatov (korelacija med naravno vlago in strižno trdnostjo sivice v odvisnosti od različnih normalnih obremenitev ter korelacija med naravno vlago in tlačno trdnostjo sivice).

Rezultati meritev med vgrajevanjem sider so pokazali, da znaša pri povprečni naravni vlagi sivice $w = 11,4\%$ povprečna strižna napetost v fazi porušitve veznega dela sidra ca. $\tau = 150 \text{ kN/m}^2$.

The article gives an example of construction of prestressed earth anchors of a supporting structure where the predominant role has been played by geotechnically problematic hinterland soil. The prestressed earth anchors had to be fixed into the Oligocene overconsolidated gray marine clay, called also tertiary marly clay which on the Slovenian territory appears mostly in form of a soil material with mechanical characteristics of poor concrete. Unfortunately, in the present case the geotechnical interventions in the tertiary marly clay were very demanding since its characteristics are essentially aggravated by increased humidity content.

The article gives directions and values of the supporting structure movements prior to rehabilitation, a characteristic section of the structure with earth anchors and soil position, results of measurements of anchor stresses after rehabilitation and a statistical processing of laboratory results (correlation between natural humidity and shear strength of the tertiary marly clay in function of different normal loads as well as a correlation between natural humidity and compression strength of the tertiary marly clay).

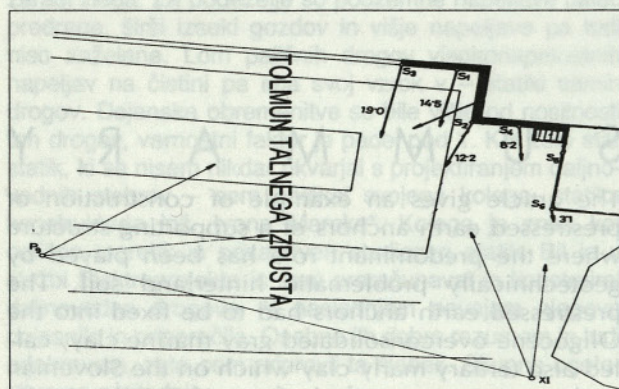
The results of measurements carried out during anchors installation showed that by average natural humidity of the tertiary marly clay of $w = 11.4\%$ the average shear stress in phase of destruction of the binding part of the anchor amounts to approximately $\tau = 150 \text{ kN/m}^2$.

Avtor:

Rudi Brinšek, dipl. inž. gradb., Savske elektrarne Ljubljana d.o.o.*

UVOD

Podporni zid na desni brežini podslapja pregrade HE Moste je bil zgrajen leta 1952. Zid varuje umirjevalni tolmun talnega izpusta pred zasutjem pobočnega grušča. Na strmi konglomeratni brežini nad zidom je z leti prihajalo do večjih odlomov in krušenja slabo vezanega konglomerata, zato je bila v letu 1968 brežina deloma zavarovana s trivrstnim kaštnim zidovjem, sam podporni zid pa je bil v vogalu nadvišan (glej sliko 1 – potemljeni del) in dodatno stabiliziran s prednapetimi zemeljskimi sidri. Dolžina sider je znašala prek 15 m. Na novih konstrukcijah je bil vzpostavljen tudi sistem geodetskega opazovanja. Zaradi istega vzroka je v letu 1983 prišlo do dodatne sanacije. Strmo pobočje je bilo zavarovano z varovalnimi žičnimi mrežami, podporni zid pa je bil nadvišan po njegovi celotni dolžini.



Slika 1: Situacija podpornega zidu z vektorji pomikov (v mm od leta 1985 do 1993)

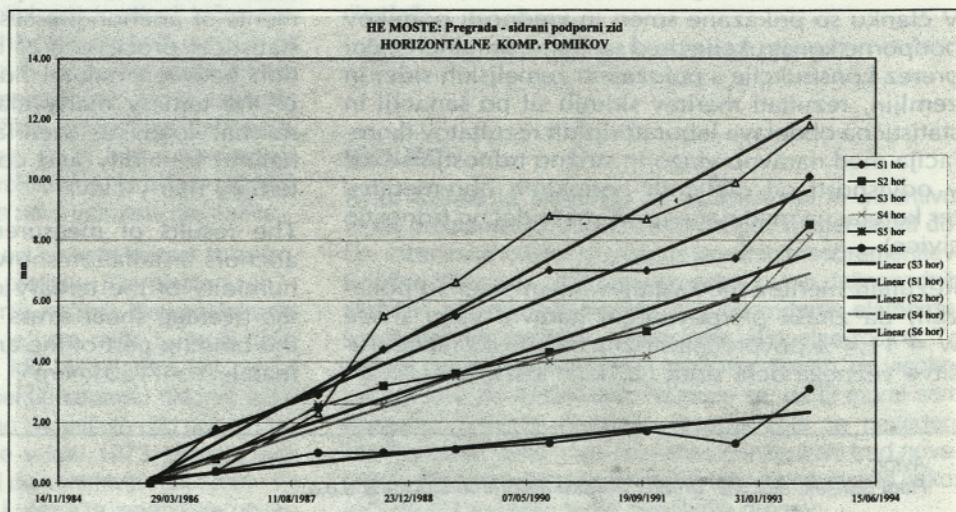
Skupna dolžina podpornega zidu znaša danes 48,70 m, maks. višina pa 4,60 m. Rezultati kasnejših geodetskih meritev so kazali, da podporni zid kljub sidranju ni v stabilnem stanju. Ugotovljeno je bilo posedanje in odpiranje zidu v smeri tolmana talnega izpusta. Prirastki pomikov so znašali ca. 2 mm/leto. Postalo je jasno, da

prednapeta zemeljska sidra zaradi premajhne nosilnosti aktivnega pritiska zaledja ne prevzemajo. Vezni deli sider so vgrajeni v poltrdno slabo nosilno oligocensko morsko sivo glino, imenovano sivica, ki se nahaja pod plastjo pobočnega grušča. Na stiku z naklonom ca. 20° proti tolmu je sivica preperela. Preperina ne zagotavlja zadostnega strižnega odpora, da plast pobočnega grušča na podporni zid ne bi izvajala prevlekega pritiska. Počasno lezjenje zemljin na stiku nakazuje njihovo rezidualno stanje. Ob večji potresni aktivnosti ali deževjih je bilo pričakovati rušenje podpornega zidu in s tem zasutje tolmana talnega izpusta.

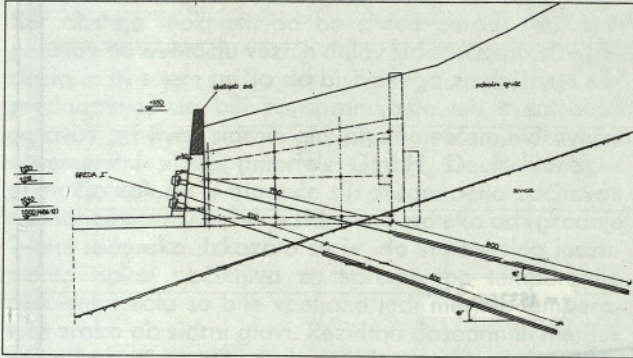
OPIS SANACIJE PODPORNEGA ZIDU

Merjeni pomiki konstrukcije z leti niso kazali znakov umiranja (glej sliko 2), zato je bil v letu 1990 izdelan projekt sanacije podpornega zidu. Projekt je izdelal ZRMK Inštitut za geotehniko. Glede na izkušnje predhodnega sidranja je bil projektant postavljen pred dokaj zahtevno nalogo. Zaradi omejenega prostora obstoječe konstrukcije ni bilo mogoče ojačiti drugače kot z vgradnjo novih prednapetih zemeljskih sider, katerih vezni deli so lahko iz geoloških in statičnih razlogov segali le v slabo nosilno sivico. Zaradi navedenega je projektant predvidel izdelavo večjega števila sider nosilnosti 300 kN, dolžine veznih delov 8,0 m in dolžine posameznega sidra 15,0 m. Glede na geometrijske karakteristike varovane konstrukcije je medosna razdalja sider znašala 3 m ali manj. Prenos sidrne sile na podporni zid je bil zagotovljen s pomočjo sidrne AB grede, višine 1,5 m in debeline 0,4 m. Po stabilnostni analizi je znašala potrebna skupna računška sidrna sila na celotni podporni zid 6300 kN oziroma ca. 630 ton. Ker izkušenj s sidranjem v takšnih slabo nosilnih materialih v slovenskem prostoru do takrat praktično ni bilo, je bilo predvideno izdelati rezervna »sekundarna« sidra. Če bi se med napenjanjem »primarnih« sider izkazalo, da računške sidrne sile pri predpisani varnosti na porušitev ni mogoče doseči, bi se »primarna« sidra

Slika 2: Horizontalne komponente pomikov repnih točk na zidu od leta 1984 do leta 1994 z linijami trendov



prednapela le na silo 150 kN, kasneje pa bi se v istem profilu sidrne grede vgradilo še »sekundarno« sidro z enako silo prednapetja. Zaradi tega so bili v sidrni gredi izdelani utori za oboje vrst sider oziroma sidrnih glav. Na sliki 3 je v prečnem prerezu prikazana situacija »primarnih« in »sekundarnih« sider, položaj obstoječega zidu in nove sidrne grede ter geološka sestava zaledja. V posameznem sidrnem profilu je eno sidro »primarno«, drugo »sekundarno«.



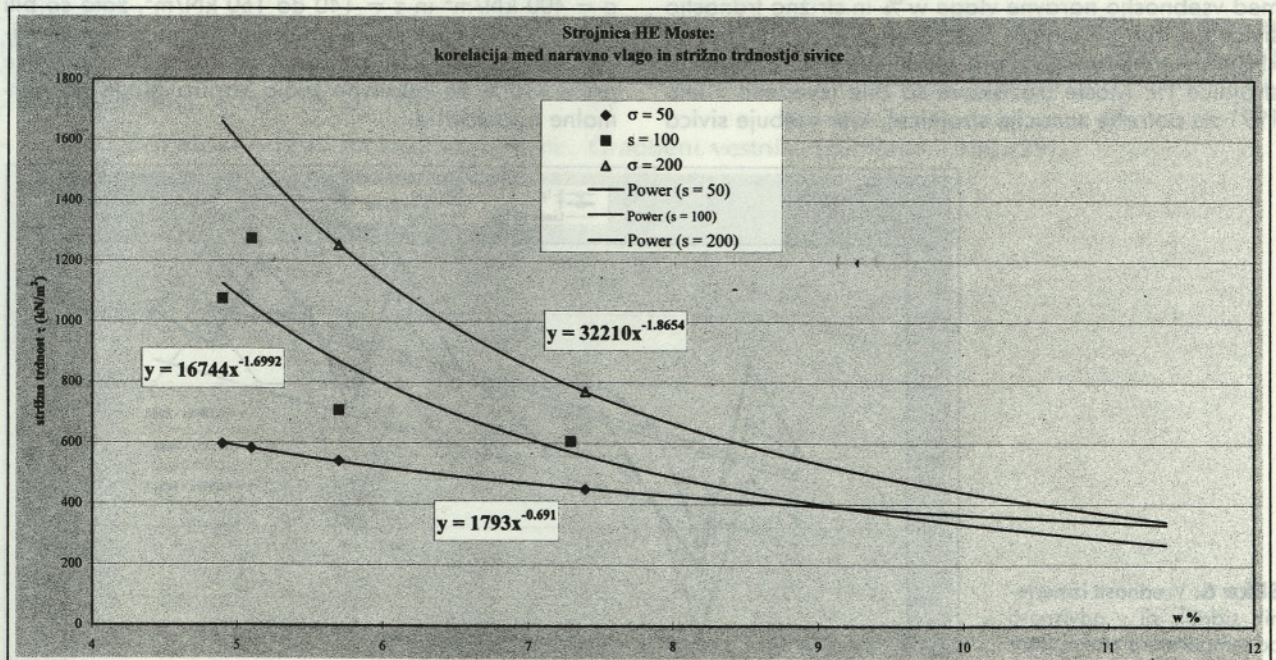
Slika 3: Prečni prerez podpornega zidu s položajem sider

S sanacijskimi deli se je pričelo jeseni 1995, končana pa so bila spomladi leta 1996. Pred pričetkom vrtanja sidrnih izvrtin $\Phi 116$ do $\Phi 86$ mm je bila izvedena raziskava naravne vlage sivice. Rezultati raziskave so pokazali, da je treba na območju veznih delov sider računati z naravno vlago sivice med 14,5 in 7,6 % (povprečno 11,4%), kar bi pomenilo, da enoosna tlačna trdnost takšne sivice znaša okrog $q_u = 1423,92$ kN/m² (glej sliko 5), oziroma da pri normalni napetosti $\sigma = 0$ strižna trdnost ne bo preseгла vrednosti $\tau = 350$

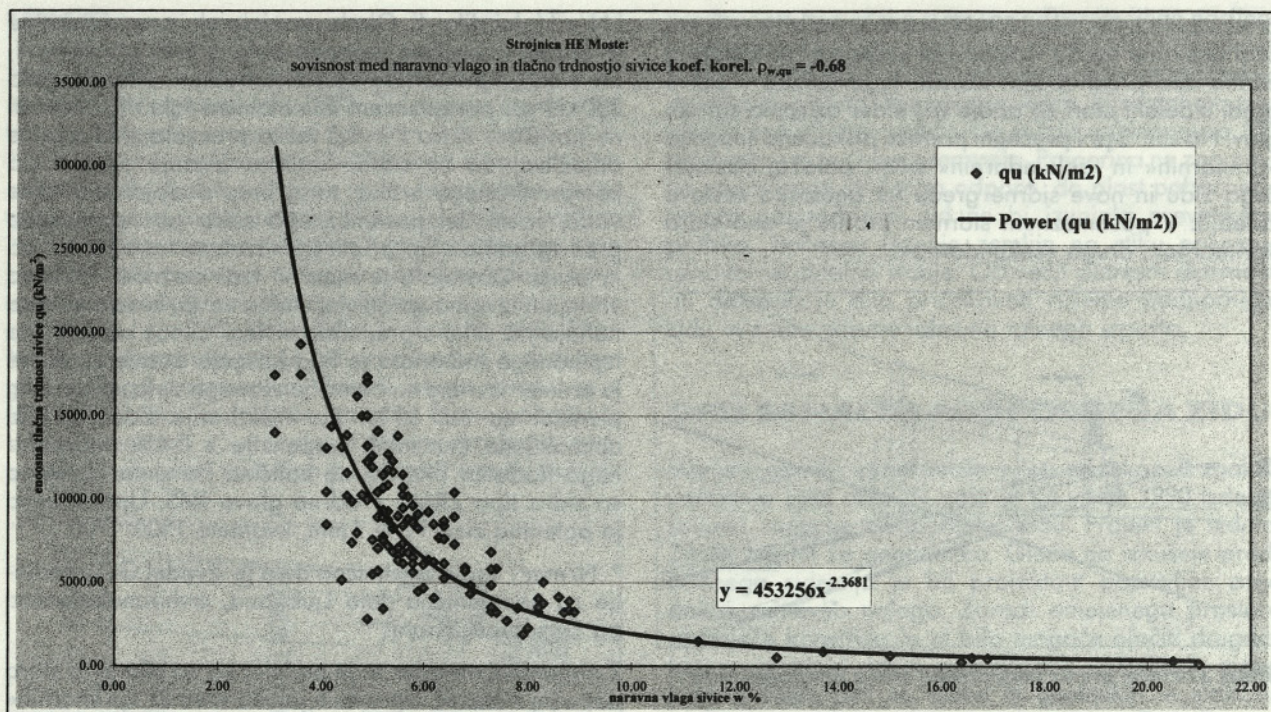
kN/m² (glej sliko 4). Glede na minimalni premer izvrtine $\Phi 86$ mm in dolžino veznega dela je bilo pričakovati, da bodo »primarna« sidra potrebno računsko silo 300 kN pri predpisanem minimalnem faktorju varnosti na porušitev sidra $F = 1,5$ težko prevzela. Prišlo je do odločitve, da se sidrne izvrtine izvrtajo s pomočjo komprimiranega zraka, torej brez dodajanja vrtalne vode, vezni del posameznega sidra pa neposredno pred vgradnjo s komprimiranim zrakom temeljito izpiha in osuši. Obstajala je namreč tudi možnost, da med vrtanjem izvrtino sproti vlaži talna voda, ki se mestoma nahaja na stiku s preperelo sivico. Glede na količino izpihanega materiala je bilo kasneje ocenjeno, da se je premer izvrtine na območju veznega dela na ta način povečal za ca. 85 %. Za injektiranje sider je bila uporabljena cementna suspenzija z 0,4 % nabrekalnega dodatka (Ikaton) na količino cementa. Izdelana so sidra tipa ZRMK s sidrno glavo IMS. Uporabljena je patentna žica 12 $\Phi 7$ mm, kvalitete 1500/1700

* N/mm². Vsa geotehnična dela je izvedel GZL, Podjetje za geotehnična dela Ljubljana, armiranobetonska pa Gradbinec Kranj.

Z napenjanjem sider se je pričelo, ko so bila le-ta stara najmanj 1 mesec. Vgrajenih je bilo vseh 21 »primarnih« sider nosilnosti 300 kN. Napenjanje je potekalo v skladu s švicarskimi standardi SIA 191. Med popolnimi in enostavnimi napenjalnimi preizkusi se je izkazalo, da pri faktorju varnosti na porušitev sidra $F = 1,5$ vsa »primarna« sidra prevzemajo računsko silo in da vgradnja »sekundarnih« sider ni potrebna. S tem je prišlo do bistvenega zmanjšanja stroškov sanacijskih del. Sidro, ki se nahaja v vogalu podpornega zidu, je bilo »žrtvovano«, tako da je bilo napeto do porušitve. Do porušitve je pri opisanih pogojih prišlo pri sili



Slika 4

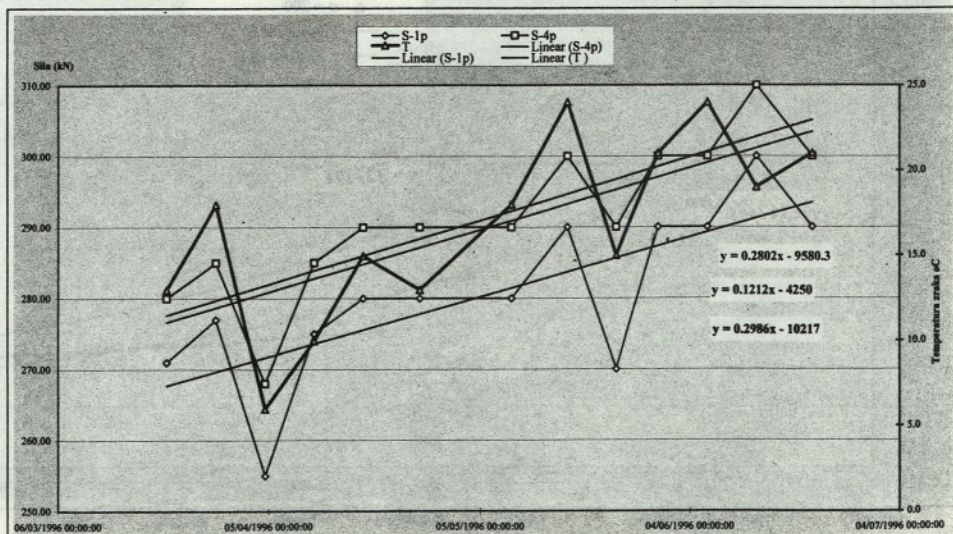


Slika 5

600 kN, kar pomeni, da dejanski faktor varnosti na porušitev sidra po hribini znaša ca. $F_z = 2,0$, faktor varnosti na porušitev po jeklenih žicah pa $F_j = 2,53$. Povprečna strižna napetost na stiku med veznim delom sidra in sivico je v fazi porušitve znašala ca. $\tau_{ruš} = 150 \text{ kN/m}^2$.

Na sliki 4 so prikazane sovisnice (močnostne funkcije) med vsebnostjo naravne vlage $w \%$ in strižno trdnostjo sivice pri treh normalnih napetostih $\sigma = 50, 100$ in 200 kN/m^2 . Analizirani so vzorci intaktno sivice iz območja strojnice HE Moste (raziskave so bile izvedene v letu 1991 za potrebe sanacije strojnice), kjer vsebuje sivica

nekoliko več peščenih frakcij. Na podlagi prikazanih rezultatov bi sklepali, da znaša pri vlagi $w = 11,4 \%$ strižna trdnost takšne sivice okrog $\tau = 315,0 \text{ kN/m}^2$, kar je bistveno več od dosežene strižne trdnosti pri napanjanju sidra. Rezultati raziskave strižne trdnosti intaktno sivice so pri nekaterih vzorcih pokazali, da znaša strižna trdnost pri $\sigma = 50 \text{ kN/m}^2$ in $w = 10,4 \%$ le $\tau = 138,0 \text{ kN/m}^2$. V direktnem strižnem aparatu je do začetka zdrsa (0,6 mm) prišlo pri vlagi $w = 5,6 \%$, $\sigma = 400 \text{ kN/m}^2$ in $\tau = 140$ do 160 kN/m^2 , zato so bili dvomi o kakovosti sivice pri projektiranju sider upravičeni. Iz slike 4 je tudi razvidno, da strižna trdnost sivice pri $w > 10 \%$ že relativno malo variira glede na normalne napetosti σ .



Slika 6: Vrednosti izmerjenih sidrskih sil v odvisnosti od temperature zraka, koeficient korelacije $\rho_{S4p,T} = 0.833043$

Na sliki 5 je uporabljena močnostna funkcija za sovisnost med naravno vlago w in enosno tlačno trdnostjo q_u sivice na območju strojnice HE Moste. Na podlagi statistične obdelave teh parametrov je razvidno, da znaša pri vlagi $w = 11,4\%$ povprečna vrednost enosne tlačne trdnosti sivice $q_u = 1423,92 \text{ kN/m}^2$ s koeficientom korelacije $\rho_{w,q_u} = -0,68$. V tem primeru bi lahko računali s kohezijo sivice $c = q_u/2 = 711,96 \text{ kN/m}^2$, kar je veliko več od dosežene strižne trdnosti pri napenjanju sidra.

Ker obstaja možnost, da bo sivica zaradi reoloških pojavov na območju veznih delov sider sčasoma relaksirala in bi s tem prišlo do bistvenega zmanjšanja sile prednapetja, sta bili za spremljanje teh eventualnih pojavov pri dveh sidrnih glavah nameščeni hidravlični obremenilni plošči (Interfels GmbH, Deutschland), s pomočjo katerih je mogoče sile prednapetja odčitavati na manometrih. Merjenje sidrnih sil poteka od vgradnje 1-krat tedensko. Izkazalo se je, da sta merilna instrumenta dokaj občutljiva za spremembo temperature ambienta, zato so bile vpeljane tudi meritve temperature zraka ob sidrni glavi. Rezultati dosedanjih meritev so prikazani na sliki 6. Iz njih je razvidno, da se po statistični poti »parazitski« vpliv temperature lahko eliminira. Koeficient korelacije med izmerjeno sidrno silo in temperaturo ambienta znaša na podlagi doseda-

njih meritev $\rho_{S_{4p,T}} = 0,833043$. Paralelnost aproksimacijskih linij trendov kaže, da se dejanski sidrni sili v opazovanem obdobju praktično nista spremenili oziroma da je po vnosu sidrnih sil najverjetneje ostalo nespremenjeno tudi napetostno deformacijsko stanje na celotnem območju podpornega zidu. Po prednapetju vseh sider so bile v sidrno gredo vgrajene nove reperne točke za spremljanje eventualnih nadaljnjih pomikov konstrukcije. Izvršena je bila tudi osnovna meritev. Zaradi relativno kratkega obdobja opazovanja rezultati teh meritev še niso znani.

ZAKLJUČEK

Obravnavani rezultati meritev kažejo, da je sanacija podpornega zidu na desni brežini podslapja pregrade HE Moste izvedena uspešno. Med potekom sanacijskih del se je izkazalo, da bojazen o doseganju obravnavanih sidrnih sil v danem slabše nosilnem materialu in pri dani tehnologiji izvedbe ni upravičena. Če se bo z leti kljub temu izkazalo, da prihaja do popuščanja sidrnih sil ali da je celotna sila prednapetja premajhna, bo vgradnja »sekundarnih« sider še vedno mogoča. Pri povprečni naravni vlagi sivice $w = 11,4\%$ je znašala povprečna strižna napetost v fazi porušitve veznega dela sidra ca. $\tau = \text{ca. } 150 \text{ kN/m}^2$.

L I T E R A T U R A

- Projekt sanacije podpornih in kaštnih zidov na desni brežini podslapja pregrade HE Moste, ZRMK Ljubljana, z dne 4. 1. 1991.
- Poročilo o vzpostavitvi dodatnega sistema tehničnega opazovanja z analizo rezultatov meritev in pregledov ter geomehanskih raziskav zalednih materialov strojnice HE Moste (dela v letih 1990 do vključno 1992 za ugotavljanje vzrokov deformacij strojnice oziroma izdelavo predloga njene sanacije), ZRMK Ljubljana, z dne 19. 8. 1992.
- Šuklje: Zemeljski pritiski na strojnico Moste, Gradbeni vestnik, Ljubljana 1980 (29).

ROBOTIZIRANO SESTAVLJANJE ARMATURE LINIJSKIH ARMIRANOBETONSKIH ELEMENTOV

Rehabilitation of the Anchored Support Wall in the Stilling Pool of the HPP Moste Dam

UDK 691.87:62-52:007.52

BLAŽ DOLINŠEK, JANEZ DUHOVNIK

P O V Z E T E K • S U M M A R Y

V članku je predstavljena zasnova robotskega sistema za sestavljanje armature linijskih armiranobetonskih elementov. Opisan je postopek, primeren za robotizacijo sestavljanja armature na različne načine armiranih linijskih elementov. Na podlagi tega postopka je bila zasnovana robotska celica, v kateri poteka sestavljanje. Vhodni elementi so že izdelane armaturne palice, izhodni pa sestavljeni armaturni koši. Sestavljanje izvajajo roboti, opremljeni z orodji za krivljenje armature, za spajanje armature ter s prijemali. Poleg robotov so potrebni še razni mehanizmi, ki rabijo za podpiranje in logistiko med sestavljanjem. Zaradi posebnih zahtev glede prilagodljivosti robotov, ki morajo z orodji doseči določene položaje na armaturnem košu, hkrati pa se morajo izogibati oviram, ni bilo mogoče uporabiti standardnih robotov, ampak smo zasnovali nove. Prikazana robotska celica je v fazi zasnove. Modelirana je bila s programom za simulacijo robotov WORKSPACE 3, ki omogoča proučevanje, optimizacijo in dimenzioniranje njenih sestavnih delov [1] [2]. Iz te simulacije so tudi slike v prispevku, ki prikazujejo princip delovanja sistema. Opisana je tudi vloga in mesto robotske celice v celotnem procesu proizvodnje armature.

The paper presents the design of a robot system for the assembling of the reinforcement cages for beams and columns. A principle of the assembling suitable for the robotisation is described. It could be used for a wide area of the various types of the reinforcement of the columns and beams. Based on this principle a robot cell, where the complete process of the assembling is carried out, was designed. The input elements are pre-manufactured rebars and the output elements are assembled reinforcement cages. The assembling in the robot cell is performed by the robots equipped with tools for grasping of the rebars, tools for bending of the stirrups, and tools for connecting the stirrups with the longitudinal bars. Besides, various mechanisms for the logistic and the supporting of the rebars during the assembling process were also designed. Because of the special requirements of the robots regarding their flexibility the standard robots could not be used. Therefore, a special solution of the robot configurations was designed. The robots have to avoid the obstacles during their movement to the certain position. The robot cell, described in this paper, is at present in the design phase. It was modelled and simulated using the program WORKSPACE 3 for the robot simulation, which enables its studying, optimisation and dimensioning of its parts [1]. In the paper the figures, presenting the working of the robot system are also taken from this simulation. The paper also describes the position and role of the robot system inside of the whole production process of the reinforcement.

Avtorja:

mag. Blaž Dolinšek, dipl. gradb. inž.; prof. dr. Janez Duhovnik, dipl. gradb. inž., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo.

1. UVOD

Pomena armature za varnost, trajnost in uporabnost armiranobetonskih konstrukcij ni treba posebej dokazovati. Temu pomenu ustrezno pozornost je treba nameniti njenemu projektiranju in izvedbi. Vse zmožljivejši računalniški sistemi in programska oprema nam omogočajo vse bolj in bolj natančno analizo armiranobetonskih konstrukcij in s tem omogočajo tudi natančnejše dimenzioniranje armature. Vse te analize pa lahko postanejo nesmiselne, če jih ne spremlja tudi temu primerna natančnost pri izvedbi armiranja konstrukcije.

Armatura je gradbeni polizdelek, ki se vsakodnevno proizvaja v ogromnih količinah. Proizvodnja armature sestoji iz izdelave armaturnih palic in njihovega sestavljanja v armaturne koše. Ti so polizdelek, ki mora zagotoviti projektirano lego armaturnih palic med betoniranjem.

Zaradi velikega obsega proizvodnje je razumljivo, da številni raziskovalci iščejo odgovore na vprašanje, kako proizvodnjo armature avtomatizirati in kako pri tem uporabiti moderne tehnike proizvodnje, ki obstajajo v ostalih industrijah. Proizvodnja armature le deloma sledi modernim trendom, ki jih trenutno stanje na področju tehnike omogoča. Velik napredek je bil narejen na področju izdelave armaturnih palic. Obstaja že več proizvajalcev, ki ponujajo popolnoma avtomatizirane proizvodne linije za izdelavo armaturnih palic. Avtomatizirana linija sestoji iz več numerično krmiljenih strojev za izvajanje posameznih faz izdelave armature, ki so računalniško krmiljeni na nivoju celotne tovarne za proizvodnjo armature. Raziskave potekajo tudi na področju povezovanja med računalniško podprtim projektiranjem in računalniško vodeno proizvodnjo, kar omogoča direkten prenos podatkov iz projektive v proizvodnjo [3].

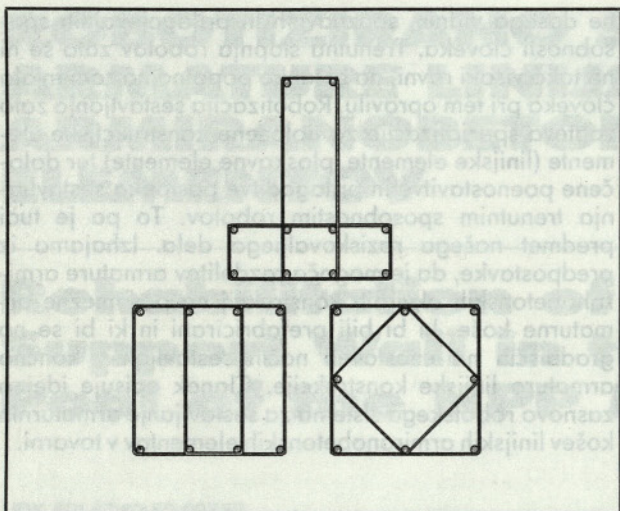
Precej slabše stanje pa je na področju sestavljanja armature, ki se v večini primerov še vedno izvaja ročno. Lastnost armature armiranobetonskih konstrukcij je, da se položaj, količina, oblika in dimenzije armaturnih elementov (palic, kablov, mrež) stalno spreminjajo. Te značilnosti armature so vir napak, težki in spremenljivi delovni pogoji, ki vladajo na gradbiščih, pa imajo za posledico tudi najmanj neenakomerno kvaliteto. Sodobna tehnologija ponuja za te vrste sestavljalnih nalog robotizacijo. Proces sestavljanja armature pa ima nekaj značilnosti, ki otežujejo robotizacijo postopka. Sestavljanje se izvaja v glavnem na gradbiščih, kar zahteva inteligentnejše in odpornejše robote, kot so klasični industrijski roboti [4]. Armatura posameznega elementa se ponavadi ne konča na njegovih geometrijskih mejah, ampak se prepleta z armaturo sosednjih elementov. To zahteva sestavljanje neposredno na konstrukciji. Problem predstavljajo tudi oblike armaturnih palic, ki so prilagojene ročnemu sestavljanju. Armatura armiranobetonske konstrukcije je zelo zapleten sestav več armaturnih palic, ki so fleksibilne, zelo dolge, med seboj pa se prepletajo. Sestavljanje je zahtevno že za človeka, kaj šele za stroj, ki še zdaleč

ne dosega vidnih, spoznavnih in prilagojevalnih sposobnosti človeka. Trenutna stopnja robotov zato še ni na tako visoki ravni, da bi lahko popolnoma zamenjala človeka pri tem opravilu. Robotizacija sestavljanja zato zahteva specializacijo za določene konstrukcijske elemente (linijske elemente, ploskovne elemente) ter določene poenostavitve in prilagoditve postopka sestavljanja trenutnim sposobnostim robotov. To pa je tudi predmet našega raziskovalnega dela. Izhajamo iz predpostavke, da je mogoča razdelitev armature armiranobetonskih okvirnih konstrukcij na posamezne armaturne koše, ki bi bili prefabricirani in ki bi se na gradbiščih na enostaven način sestavljali v končno armaturo linijske konstrukcije. Članek opisuje idejno zasnovo robotskega sistema za sestavljanje armaturnih košev linijskih armiranobetonskih elementov v tovarni.

2. ZASNOVA POSTOPKA SESTAVLJANJA

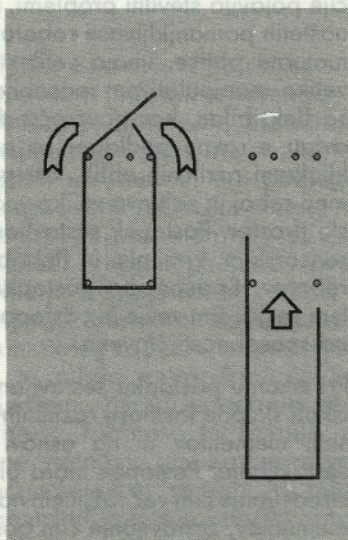
Armiranobetonski linijski elementi imajo podoben način armiranja. Armaturne koše v glavnem sestavljajo vzdolžne palice in stremena. Oblika in njihova razporeditev je odvisna od vrste konstrukcijskega elementa (greda, steber...) in pa od obremenitev, ki jim bo element izpostavljen. Ročno sestavljanje armature je na videz precej enostavno, vendar se pri poskusu robotizacije pojavijo številni problemi, ki so posledica v uvodu naštetih pomanjkljivosti robotov. Sestavni elementi, armaturne palice, imajo velike dimenzije, kar zahteva velike manipulativne sposobnosti med sestavljanjem; so fleksibilne, kar povzroča deformacije palic že ob dvigu z ravne podlage; so neravne in zaključene s kljukami različnih oblik, kar povzroča zatikanje palic med seboj in zahteva veliko večji potrebni manipulacijski prostor. Postopek sestavljanja mora biti prilagojen senzorskim, krmilnim in fleksibilnostnim sposobnostim robotov. Sprememba postopka glede na ročnega je tem večja, čim večje je odstopanje sposobnosti robotov od sposobnosti človeka.

Pri iskanju postopka sestavljanja je bilo potrebno poiskati skupne lastnosti različnih načinov armiranja linijskih elementov in na osnovi teh določiti postopek sestavljanja. Postopek mora biti tak, da bo omogočal sestavljanje čim več različnih načinov armiranja linijskih elementov, sestavljanje čim gostejše armature in armiranje čim večjega števila različnih oblik prečnih prezov elementov. Biti mora dovolj enostaven in primeren za robotizacijo. Upoštevali smo, da predvideni roboti ne bodo imeli posebnih vizualnih senzorjev za razpoznavanje okolice. Zato postopek temelji na predpostavki, da je položaj palic v prostoru ves čas sestavljanja dovolj natančno določen. Predpostavili smo tudi, da bodo armaturne palice imele klasične oblike, ki se trenutno uporabljajo v praksi. Obstajajo namreč primeri robotizacije, ko se poleg postopka tudi produkt prilagodi robotskemu sestavljanju. To prilagajanje ne sme poslabšati njegove zanesljivosti (varnosti, trajnosti, uporabnosti).



Slika 1. Sestavljanje in dokončno oblikovanje

Preskušali smo več načinov sestavljanja [5], na koncu pa smo se po opravljenih primerjavah odločili za postopek, pri katerem na podprte vzdolžne palice natikamo enostransko odprta stremena, ki se šele nato dokončno zakrivijo (slika 1).



Slika 2. Različni načini armiranja prerezov, ki jih omogoča izbrani postopek sestavljanja

Ta postopek omogoča uporabo širokega spektra načinov armiranja (slika 2). Armatura lahko vsebuje posevno krivljene vzdolžne palice, omogočeno je sestavljanje armature linijskih elementov različnih prečnih prerezov. Posamezen armaturni koš ima lahko tudi stremena različnih oblik, kar pride v poštev pri armaturi stebrov, kjer morajo biti vse vzdolžne palice podprte s stremenom.

Postopek zahteva za razliko od ročnega sestavljanja nekaj specialnih orodij in mehanizmov, s katerimi bi lahko robot opravljal zahtevane operacije. To so:

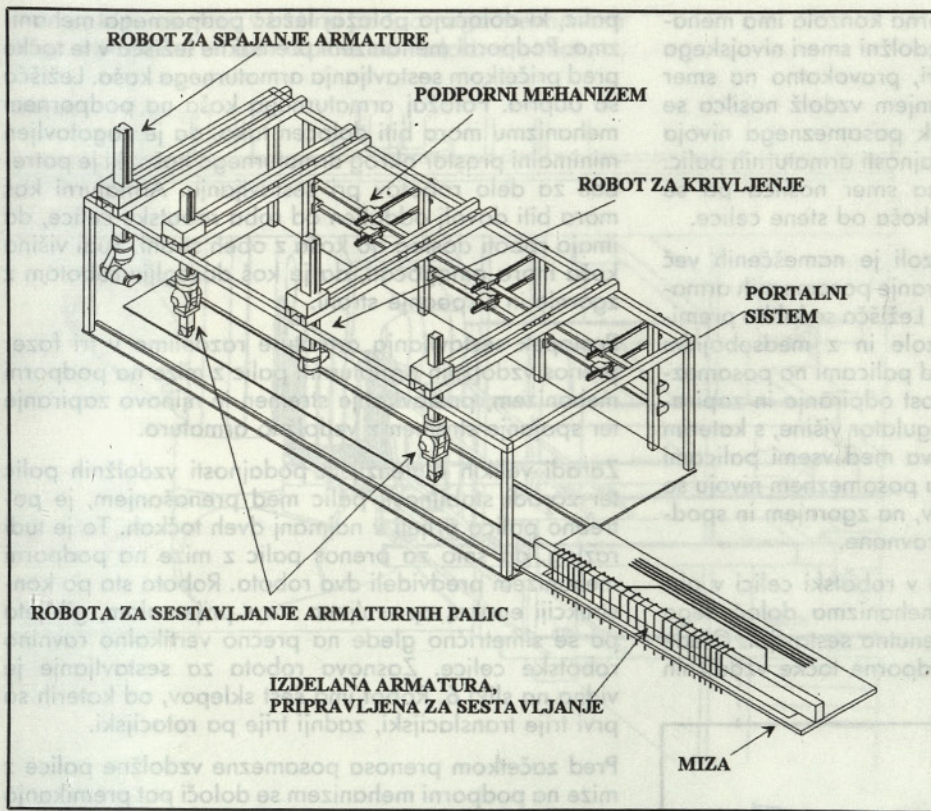
- prijemala, ki lahko palico zgrabijo in dovolj dobro primejo, da jo je možno premikati v prostoru, ne da bi izpadla ali se zavrtela okrog vzdolžne smeri. Prijemala morajo biti oblikovana tako, da je možno prijemati palice različnih profilov in površin (gladka ali rebrasta armatura);
- mehanizem za podpiranje vzdolžnih palic med sestavljanjem. Prva faza sestavljanja je postavitve vzdolžnih palic. Ker se te palice ne dotikajo med seboj, da bi se lahko medsebojno podpirale, je potrebno palice med sestavljanjem podpreti s podporami. Ker se število palic, njihov premer, oblike, dimenzije in lege v elementu spreminjajo od primera do primera, je potrebno zasnovati prilagodljivo podporno konstrukcijo za vzdolžne palice, ki se bo lahko prilagajala najrazličnejšim razporeditvam armature;
- orodje za zapiranje stremen na že položeni vzdolžni armaturi. Orodje mora zakriviti streme v določeni legi za določen kot krivljenja. Pri tem je potrebno upoštevati minimalni polmer krivljenja armature. Orodje naj bi bilo univerzalno, tako da bi z njim lahko krivili vse profile stremen. Ker se krivljenje izvaja na že položeni vzdolžni armaturi, orodje med krivljenjem ne sme poseči v notranjost armaturnega koša, da pri tem ne poškoduje že položene armature. Orodje mora imeti tudi dovolj močan pogon mehanizma za krivljenje;
- orodje za spajanje stremen z vzdolžno armaturo. Spajanje lahko poteka z vezanjem ali z varjenjem. Bolj verjetna je varianta z varjenjem, saj so danes varilni roboti v svetu najbolj razširjeni.

3. ZASNOVA ROBOTSKÉ CELICE

Glede na opisani postopek sestavljanja smo zasnovali robotsko celico (slika 3) z vsemi roboti in mehanizmi, ki so potrebni za njegovo izvajanje. Vhodni elementi so posamezne izdelane vzdolžne armaturne palice in stremena, izhodni element pa je sestavljen armaturni koš.

Ogrodje robotske celice predstavlja portalni sistem, ki je okvirna konstrukcija dolžine 12 m, širine 5 m in višine 3 m. Portalni sistem nosi in podpira vse ostale robote in mehanizme. Roboti so štirje, in sicer dva robota za sestavljanje, ki sta opremljena s prijemalom, robot za zapiranje stremen, opremljen z orodjem za krivljenje, in robot za spajanje stremen z vzdolžno armaturo. Vsi roboti so viseči (overhead) in nameščeni na stropu portalne konstrukcije. Na strop so pritrjeni prek mehanizma, ki jih lahko premika v vseh treh koordinatnih smereh robotske celice. To jim omogoča, da lahko na enostaven način dosežejo vsako točko robotske celice. Takšna zasnova postavitve robotov je primerna, kadar roboti manipulirajo s predmeti v velikem delovnem območju. Obtežba robotov se prenese preko portalnega sistema enakomerno preko več stebrov na podlago [6].

Prve tri prostostne stopnje robotov so torej translacijske in z njimi robot doseže določen položaj v prostoru. Z ostalimi prostostnimi stopnjami, ki so tudi redundantne,



Slika 3. Robotska celica

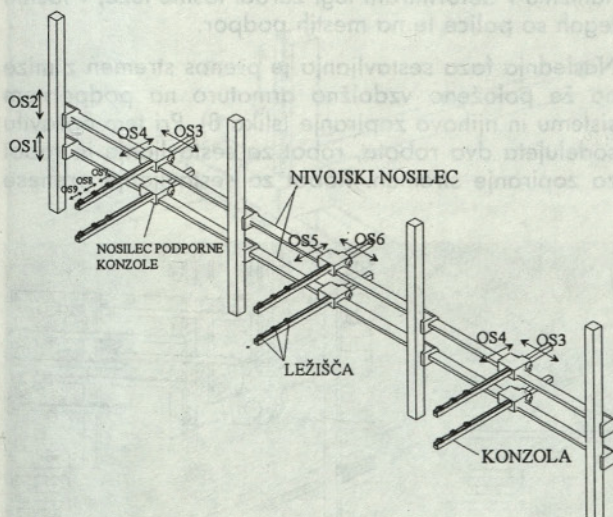
pa doseže pravilno orientacijo orodja v vsaki delovni točki, hkrati pa se lahko tudi izogiba oviram. Roboti imajo nalogo prenašati svoje orodje po robotski celici iz enega v drug delovni položaj, ne da bi pri tem trčili v že postavljeno armaturo ali v druge dele sistema. Konstrukcije rok robotov in njihove kinematične značilnosti so odvisne od orodja, s katerim so opremljeni in od zahtevnosti pristopa z orodjem do določene točke. Gostota armaturnih palic, ki jih je robot sposoben

sestavljati, je odvisna prav od kinematičnih sposobnosti robotov in pa od prostora, ki ga zaseda roka robota z orodjem. Manjši je ta prostor, več je manevrnega prostora.

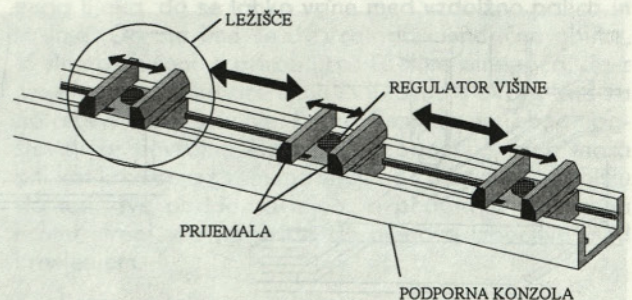
Na zadnji steni portalnega sistema se nahaja podporni mehanizem (slika 4). Njegova naloga je, da podpira vzdolžne palice med sestavljanjem. Pri podpiranju palic izkoriščamo dejstvo, da se vzdolžne palice v nosilcu nahajajo na posameznih višinskih nivojih. Za podpiranje vsakega višinskega nivoja armature je namenjen po en nivojski nosilec, ki se premika v vertikalni smeri.

Z medsebojnim razmikom med posameznimi nosilci je določen razmik nivojev armature.

Vsak nivojski nosilec nosi več podpornih konzol (slika 5), ki podpirajo vzdolžne palice posameznega nivoja



Slika 4. Podporni mehanizem



Slika 5. Podporne konzole in ležišča

na določenih razdaljah. Podporna konzola ima mehanizem, ki jo lahko premika v vzdolžni smeri nivojskega nosilca in v horizontalni smeri, pravokotno na smer nivojskega nosilca. S premikanjem vzdolž nosilca se določa razmik podpornih točk posameznega nivoja armature, ki je odvisen od podajnosti armaturnih palic. S premikanjem pravokotno na smer nosilca pa se omogoča odkmik armaturnega koša od stene celice.

Na posamezni podporni konzoli je nameščenih več ležišč, ki so namenjena za fiksiranje posameznih armaturnih palic določenega nivoja. Ležišča se lahko premikajo vzdolž posamezne konzole in z medsebojnim razmikom določajo razmik med palicami na posameznem nivoju. Ležišče ima možnost odpiranja in zapiranja. Poleg tega vsebujejo še regulator višine, s katerim se doseže vertikalna poravnava med vsemi palicami na določenem nivoju. Palice na posameznem nivoju so namreč lahko različnih profilov, na zgornjem in spodnjem nivoju pa morajo biti poravnane.

Pred začetkom sestavljanja se v robotski celici v območju dosega podpornega mehanizma določi lega armaturnega koša, ki se bo trenutno sestavljal. Glede na to lego se določijo vse podporne točke vzdolžnih

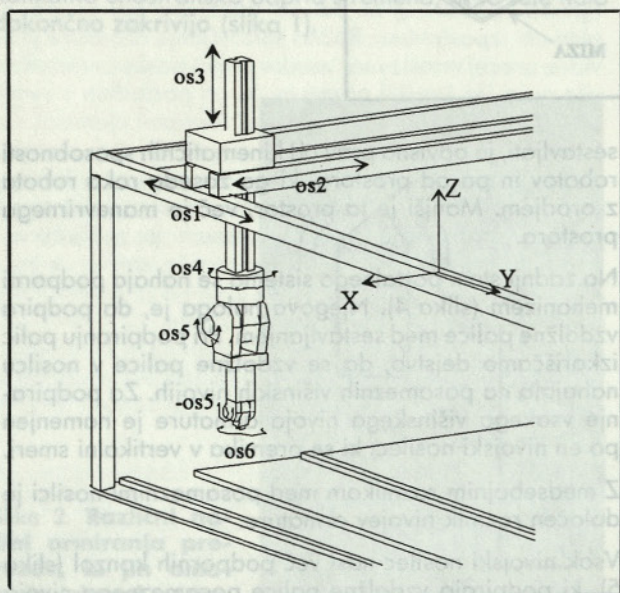
palic, ki določajo položaj ležišč podpornega mehanizma. Podporni mehanizem premakne ležišča v te točke pred pričetkom sestavljanja armaturnega koša. Ležišča so odprta. Položaj armaturnega koša na podpornem mehanizmu mora biti določen tako, da je zagotovljen minimalni prostor okrog armaturnega koša, ki je potreben za delo robotov pri sestavljanju. Armaturni koš mora biti dovolj oddaljen od roba robotske celice, da imajo roboti dostop do koša z obeh strani. Tudi višina koša mora omogočati, da je koš dosegljiv robotom z zgornje in s spodnje strani.

Postopek sestavljanja armature razdelimo v tri faze: prenos vzdolžnih armaturnih palic z mize na podporni mehanizem, postavljanje stremen in njihovo zapiranje ter spajanje stremen z vzdolžno armaturo.

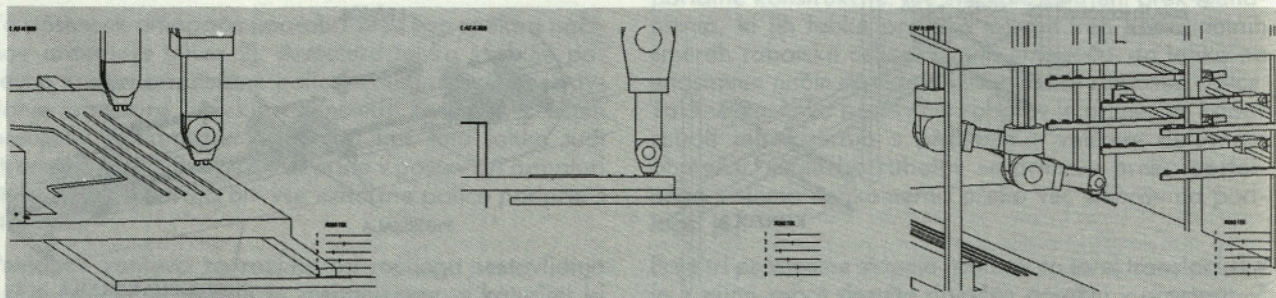
Zaradi velikih dimenzij in podajnosti vzdolžnih palic ter zaradi stabilnosti palic med prenašanjem, je potrebno palico prijeti v najmanj dveh točkah. To je tudi razlog, da smo za prenos palic z mize na podporni mehanizem predvideli dva robota. Robota sta po konstrukciji enaka, opremljena sta s prijemalom, gibljeta pa se simetrično glede na prečno vertikalno ravnino robotske celice. Zasnova robota za sestavljanje je vidna na sliki 6. Robot ima šest sklepov, od katerih so prvi trije translacijski, zadnji trije pa rotacijski.

Pred začetkom prenosa posamezne vzdolžne palice z mize na podporni mehanizem se določi pot premikanja z vsemi parametri. Določiti je treba prijemni točki na palici, ki morata biti izbrani tako, da ne pride do prevelikih deformacij zaradi lastne teže, ki se pojavijo takoj ob dvigu palice s podlage. Robota palico primeta v prijemnih točkah, jo preneseta na podporni mehanizem in jo položita v zanjo pripravljena ležišča, ki se ob zaznavanju palice zapro. Ko so zaprta vsa ležišča, namenjena za podpiranje te palice, je to znak, da je palica pravilno nameščena. Zaporedje prenosa palic mora biti takšno, da že položene palice ne ovirajo postavljanja novih palic. Palice so na podpornem mehanizmu v deformirani legi zaradi lastne teže, v točnih legah so palice le na mestih podpor.

Naslednja faza sestavljanja je prenos stremen z mize na že položeno vzdolžno armaturo na podpornem sistemu in njihovo zapiranje (slika 8). Pri tem opravilu sodelujeta dva robota, robot za sestavljanje in robot za zapiranje stremen. Robot za sestavljanje prenese



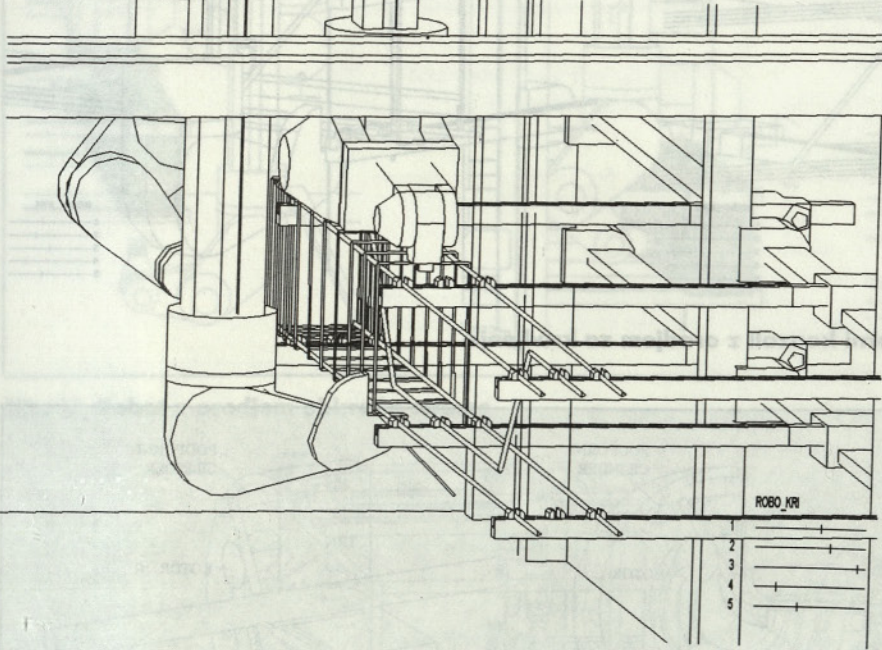
Slika 6. Robot za sestavljanje



Slika 7. Potek sestavljanja

streme, ki je na mizi, v bližino podpornega mehanizma in ga s primerne strani natakne na vzdolžno armaturo.

C.KOMP_SLI.M00



Slika 8. Zapiranje stremen na vzdolžni armaturi

V tej legi ga drži, dokler ga robot za krivljenje s posebnim orodjem ne zapre.

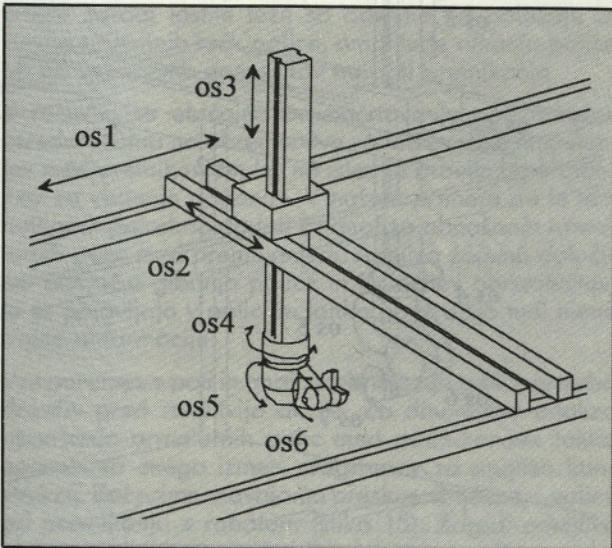
Med zapiranjem stremena se mora robot za krivljenje izogibati vsem oviram. Te pa so: že položena armatura, podpirne konzole in robot za sestavljanje, ki drži streme. To mu omogoča sedem prednostnih stopenj, od katerih so prve tri translacijske, ostale pa rotacijske.

Robot je opremljen z orodjem za krivljenje, ki je nameščeno na roko ekscentrično, tako da je celotna

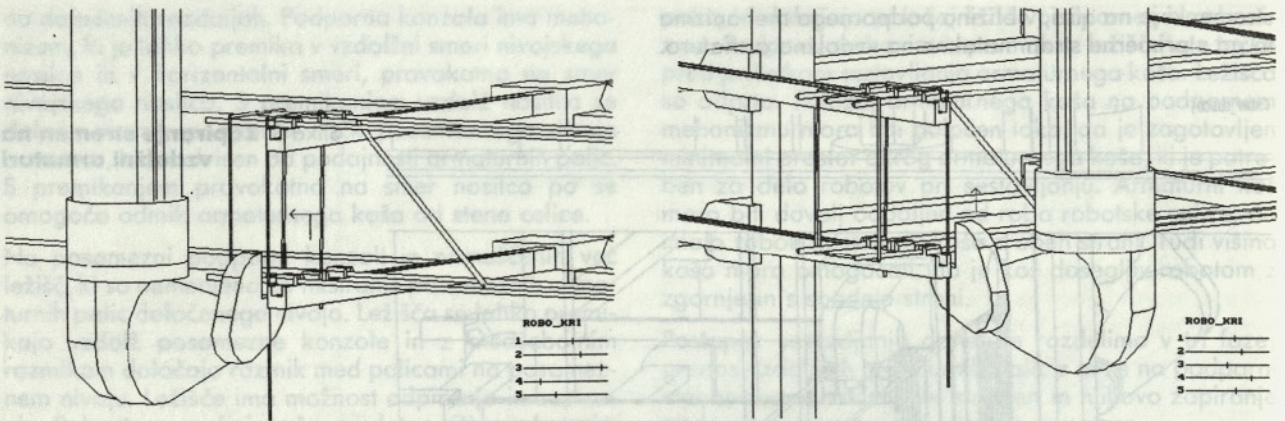
konstrukcija manipulatorja na eni strani orodja. To mu omogoča, da se lahko z orodjem približa stremenom, ki so tik pred in za podporno konzolo. Pri zapiranju posameznega stremena deluje robot v ravnini tega stremena. To ravnino dosega s pomočjo prve osi, ki omogoča gibanje vzdolž celice. S četrto osjo, ki je rotacijska okrog vertikalne osi robota, uravnava, ali bo konstrukcija manipulatorja pred ali pa za stremenom, kar pa je odvisno od bližine podpornih konzol, ki se jim mora izogibati (slika 10). Z ostalimi osmi določa lego in orientacijo orodja v ravnini. Prostostne stopnje so redundantne in omogočajo izogibanja oviram.

Orodje za krivljenje mora ustrezati naslednjim zahtevam: ne sme seči v notranjost armaturnega koša, hkrati pa mora zagotavljati primeren radij krivljenja stremena. Shema orodja v akciji je na sliki 11. Sestavlja ga ohišje, ki ima obliko tričetrtinskega valja. V centru ohišja je nameščen trn, ki ima obliko vzdolžno prisekanega lijaka, da se lahko vrine med vzdolžno palico in streme. Orodje ima še dva rotorja cilindrične oblike, ki sta zaključena s prirobnico. Ta jima omogoča, da z njo ujameta krake stremena in ju ovijeta okrog trna za potreben kot zakrivitve. Pri krivljenju je potrebno upoštevati še povratno elastično deformacijo, zato mora biti kot krivljenja stremena večji od kočnega. Na ohišju sta tudi dva podpirna klina, ki podpirata streme na hrbtni strani, da ne pride do njegove izbočitve med krivljenjem.

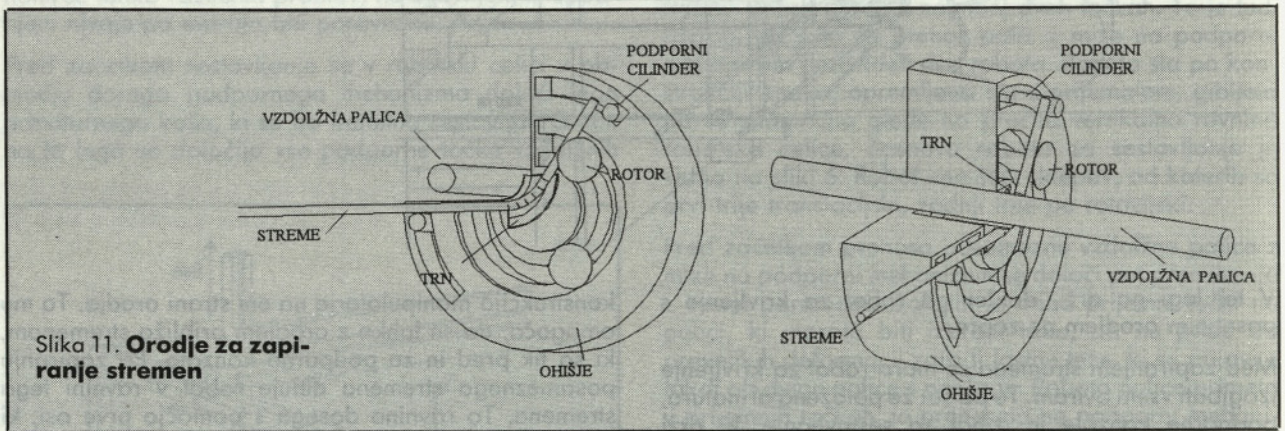
Slika 9. Robot za zapiranje stremen



Krivljenje poteka na naslednji način: Orodje se z zunanje diagonalne smeri približa vogalu, v katerem



Slika 10. Doseg stremen ob podporni konzoli z orodjem za krivljenje

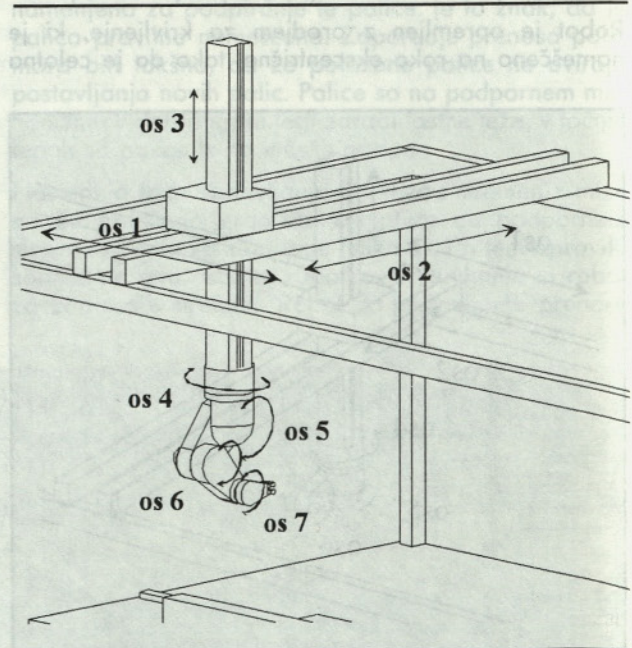


Slika 11. Orodje za zapiranje stremen

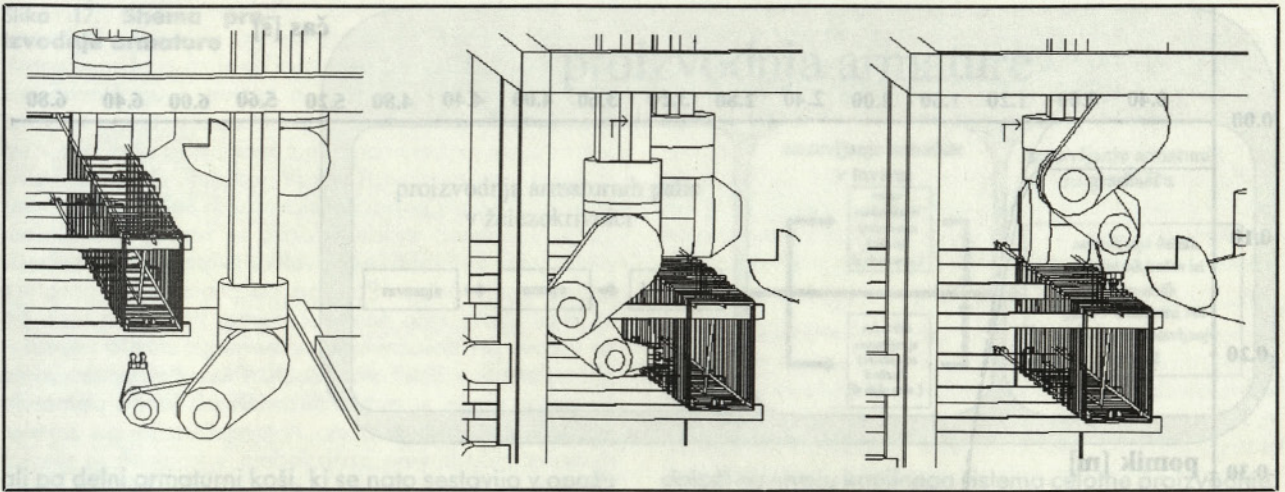
bo potekalo krivljenje. Pri tem porine vzdolžno palico, povešeno zaradi lastne teže, v pravo pozicijo. Nato z rotorji ujame krak stremena, vrine med krak in vzdolžno palico trn in z rotorjem ovije streme okrog trna za potrebni kot krivljenja.

Naslednja faza je spajanje stremen z vzdolžno armaturo. To delo opravlja robot, ki je opremljen z orodjem za varjenje oziroma vezanje (slika 12). Njegova funkcija je, da premika orodje po obodu stremena iz ene v drugo pozicijo, kjer je potrebno izvesti spoj (slika 13). Tudi na tem robotu je orodje nameščeno ekscentrično, tako da je celotna konstrukcija na eni strani orodja. Vzroki so podobni kot pri robotu za krivljenje: dostop do stremen, ki se nahajajo ob podpornih konzolah. Tudi ta robot ima sedem prostostnih stopenj. Med prenašanjem orodja okrog stremena robot ne sme zaiti z njim ali s svojo konstrukcijo v notranjost armaturnega koša. Tudi njemu to omogočajo redundantne prostostne stopnje.

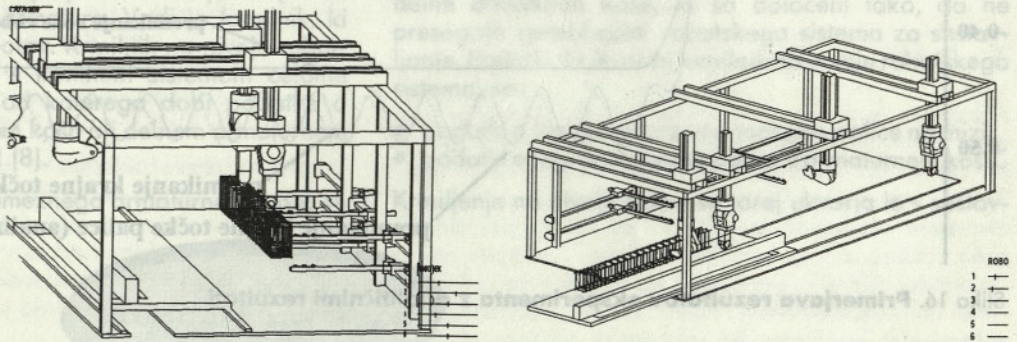
Ko je proces spajanja končan, se roboti vrnejo v začetno lego, robota za sestavljanje pa preneseta armaturni koš s podpornega mehanizma nazaj na mizo, ki ga nato odpelje iz celice v nadaljnjo fazo proizvodnje (slika 14).



Slika 12. Robot za spajanje



Slika 13. Robot z orodjem obkroža streme



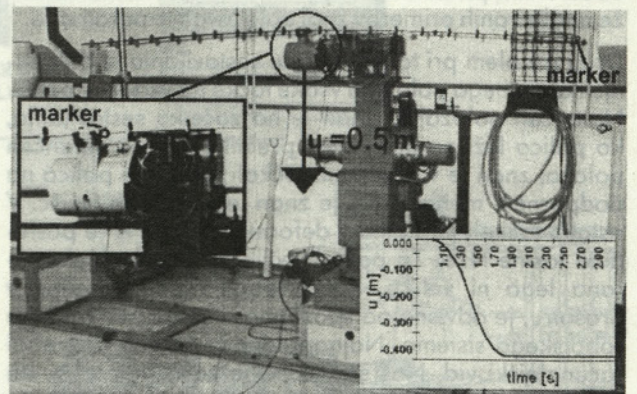
Slika 14. Prenos armature s podpornega mehanizma na mizo

Pri procesu robotskega sestavljanja armature imamo opravka s premikanjem palic. Kot smo že omenili, je ena izmed lastnosti palic, ki lahko otežuje proces sestavljanja, njihova velika fleksibilnost. Posledica tega je, da lahko pride do nihanja palic med premikanjem in do relativno velikih deformacij zaradi lastne teže, ki se pojavijo ob dvigu palice s podlage. Deformacije palice zaradi lastne teže so odvisne od položaja in števila prijemnih točk palice, amplitude nihanja palice pa od sprememb pospeškov na poti premikanja.

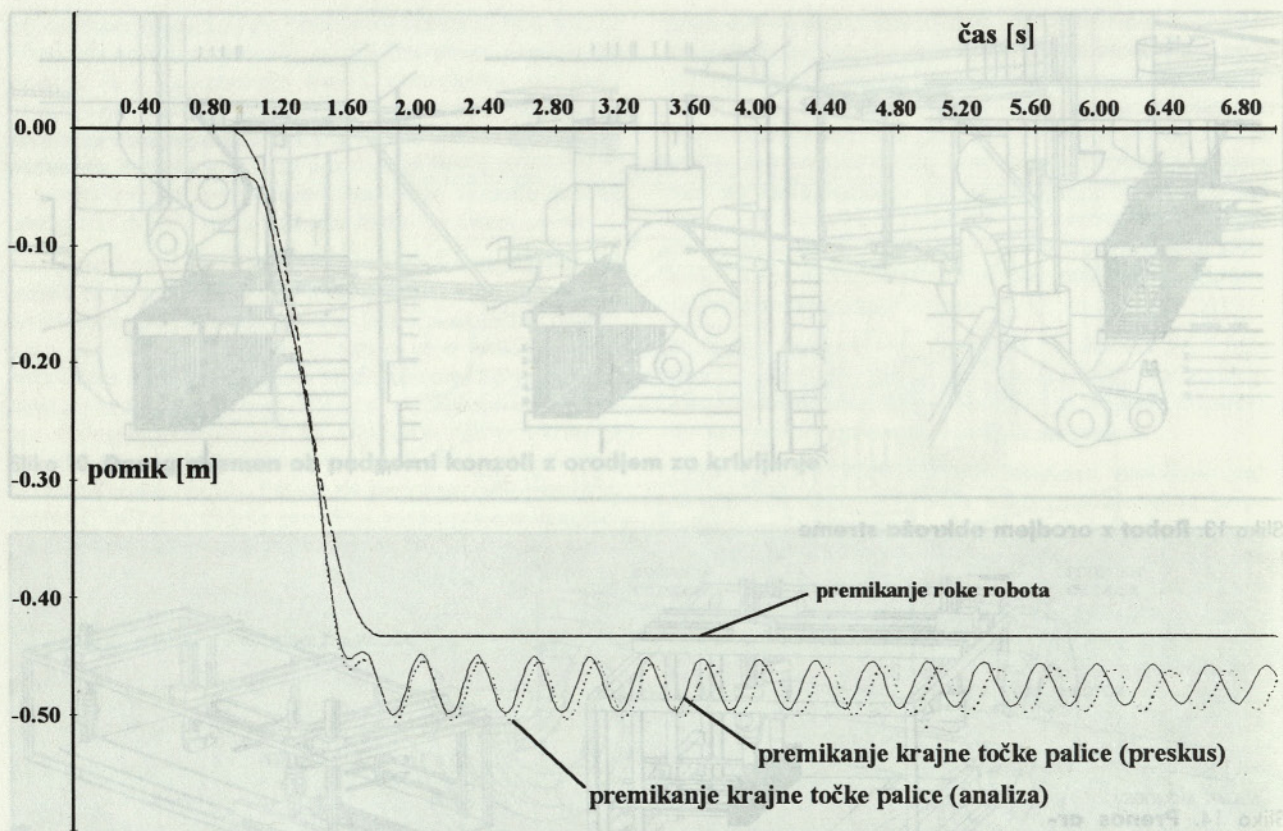
V robotiki se običajno pri načrtovanju poti robotov osredotočamo na obremenitve robotske roke in motorjev med premikanjem ter na iskanje pravih parametrov za vodenje pogonov. V našem primeru pa je tem naloga potrebno dodati še analizo obnašanja armaturnih palic med premikanjem. Analiza zajema določitev območja gibanja palice in določitev obremenitev, ki se pojavljajo v palici in lahko povzročijo tudi njene trajne deformacije.

Vse parametre poti in analize obnašanja palice je treba določiti pred izvršitvijo akcije. Za dinamično analizo obnašanja armaturnih palic med premikanjem lahko uporabimo enega izmed programov za analizo konstrukcij. Kot primer navajamo preskus obnašanja palice pri premikanju z robotom (slika 15). Zaradi omejitve prostora v laboratoriju je bil izdelan pomanjšan model palice. Isti preskus smo simulirali tudi z računalniškim

programom za analizo konstrukcij NISA [7] ter primerjali rezultate. Primerjali smo amplitude nihanja, čas nihanja in obremenitve armaturnega elementa med nihanjem. Pot gibanja je bila ravna, v navpični smeri, dolžine približno 0.50 m. Robotu smo predpisali pomik, določen s kvadratno časovno funkcijo (u_t). V programu nam prijemna točka armaturne palice predstavlja pomično podporo, ki se premika na isti način kot vrh robotu v preskusu. Rezultati kažejo na dokaj dobro ujemanje pomikov prostega konca palice.



Slika 15. Preskus premikanja armaturne palice



Slika 16. Primerjava rezultatov eksperimenta z analitičnimi rezultati

S spreminjanjem pospeškov in spreminjanjem prijemnih točk lahko nihanje palice ublažimo. Nihanje palice je zelo neugodno, saj povzroča zastoje pri sestavljanju in čakalne dobe, ko čakamo, da se palica umiri. To pa lahko traja precej časa, saj ima palica zelo majhno dušenje. Pred premikom palice je treba določiti vse parametre njene poti, med katere spadajo tudi pospeški. Dejstvo, da so numerične analize obsežne in da se določene palice ponavljajo, nas napeljuje k temu, da bi bilo pametno sestaviti neko bazo podatkov z že obdelanimi primeri in ekspertni sistem, ki bi na osnovi že analiziranih primerov znal določevati te parametre.

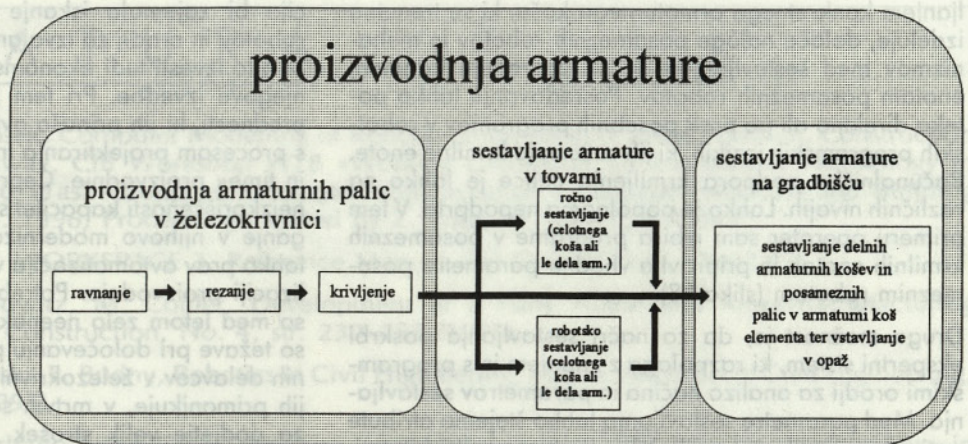
Drug problem pri takem načinu sestavljanja je določanje natančnega položaja vsake točke na vzdolžni palici. Natančen položaj je znan le na začetku sestavljanja, ko palica leži na mizi. Med premikanjem je natančen položaj znan le v prijemnih točkah; ko pa je palica na podpornem mehanizmu, je znan le na mestih ležišč. V ostalih točkah je palica v deformirani legi, ki je posledica lastne teže. Za palice večjih profilov ta deformirana lega ni velika. Kako roboti najdejo palico v prosotru, je odvisno od sposobnosti senzorske opreme robotskega sistema. Najnaprednejše bi bilo uporabiti računalniški vid. Naš sistem pa je zasnovan tako, da je iskanje določene armaturne palice možno tudi brez vidnih ali taktilnih senzorjev. Z regulacijo podpornih

konzol dosežemo, da povesi armaturnih palic ne presežejo določenih mej. Znan je natančna pozicija (idealna) armaturne palice, z definiranjem neke maksimalne dopustne deformacije pa je v vsaki točki znano tudi območje, kjer se mora palica nahajati. Orodja so zasnovana tako, da pred operacijo objamejo to območje in palico, ki jo najdejo v njem, premaknejo v natančno lego, izvršijo operacijo (krivljenje ali spajanje) in jo nato zopet sprostijo. Z dopolnitvijo senzorskih sistemov za razpoznavanje okolice so seveda možne druge rešitve.

4. MESTO ROBOTSKÉ CELICE V PROIZVODNJI ARMATURE

Proces izdelave armature se začne z izdelavo posameznih armaturnih palic (slika 17). Za izdelavo armaturnih palic že obstajajo delno ali pa popolnoma avtomatizirane proizvodne linije. Te linije vključujejo ravnanje žice, rezanje žice na odrezno dolžino ter krivljenje palice v projektirano obliko. Ko so palice določenega elementa izdelane, lahko sledi proces sestavljanja armature v tovarni, lahko pa se armatura sestavlja na gradbišču. Sestavljanje v tovarni je lahko ročno ali pa robotizirano. Sestavlja se lahko celoten armaturni koš

Slika 17. Shema proizvodnje armature



ali pa delni armaturni koši, ki se nato sestavijo v opažu še z ostalimi delnimi koši in z manjkajočimi palicami.

Robotska celica za sestavljanje armature je torej le en člen v proizvodni liniji armature. Vodi jo krmilnik, ki uravnava delo vseh robotov. Krmilnik na nivoju robotske celice je povezan s krmilnim sistemom celotne proizvodnje armature, od katerega dobi podatke o posameznem armaturnem košu ali delnem armaturnem košu, ki se bo izdeloval [8].

Strategija izdelave posameznega armaturnega koša se

določi na nivoju krmilnega sistema celotne proizvodnje. Tam se določi razdelitev armaturne konstrukcije na posamezne armaturne koše oziroma na posamezne delne armaturne koše, ki so določeni tako, da ne presegajo sposobnosti robotskega sistema za sestavljanje. Podatki, ki jih dobi krmilnik na nivoju robotskega sistema, so:

- podatki o legi posamezne armaturne palice na mizi,
- podatki o legi posamezne palice v armaturnem košu.

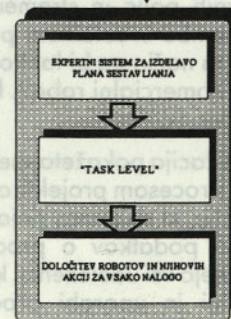
Krmiljenje na nivoju celice se torej ukvarja le s sestav-

PODATKI O ARMATURNEM KOŠU

PRIPRAVA PODATKOV
ZA ROBOTSKI SISTEM



OPERATER +
RAČUNALNIK



PROGRAMI +
PRIPADAJUČE
DATOTEKE
PODATKOV

OPERATER SAM



Slika 18. Načini krmiljenja robotskega sistema

ljanjem konkretnega armaturnega koša, ki se trenutno izdeluje, določa naloge posameznih robotov in mehanizmov med sestavljanjem in jih posreduje krmilnim enotam posameznih robotov. Posredovanje lahko poteka direktno ali pa prek posebnih programov v robotskih programskih jezikih, ki jih razumejo krmilne enote. Računalniška podpora krmiljenja celice je lahko na različnih nivojih. Lahko je popolnoma nepodprta. V tem primeru operater sam izbira programe v posameznih krmilnih enotah in pripravlja vhodne parametre posameznim robotom (slika 18).

Druga možnost je, da za načrt sestavljanja poskrbi ekspertni sistem, ki razpolaga z znanjem in s programskimi orodji za analizo načina in parametrov sestavljanja. Med parametre sestavljanja lahko štejemo attribute poti posameznih sestavnih delov (pot, pospeški, hitrosti, deformacije armaturnih palic med premikanjem). Možna pa je tudi vmesna stopnja, ko pri izdelavi plana sestavljanja sodelujeta operater in računalnik.

5. ZAKLJUČEK

Prikazana je zasnova robotske celice, robotov in procesa sestavljanja. Zasnova pomeni le začetni model, ki se bo z razvojem prototipa gotovo še spreminjal. Skušali smo poiskati najenostavnejši način sestavljanja armature ob predpostavki, da so oblike armaturnih palic takšne, kot se trenutno izvajajo. Postopek naj bi omogočal sestavljanje čimveč na različne načine armiranih linijskih elementov. Posledica teh predpostavk so zahtevnejše konfiguracije robotov in celotne robotske celice, na drugi strani pa ta način ne zahteva velikih sprememb v obstoječem procesu proizvodnje armature. Omogočena je tudi kombinacija z ročnim sestavljanjem. Druga možnost je, da se armatura popolnoma prilagodi robotskemu sestavljanju. Tu je mišljeno prilagajanje oblik armaturnih palic in stremen. To pa bi zahtevalo večje spremembe v celotnem procesu proizvodnje armature. Na ta način pa bi lahko dosegli, da bi armaturo sestavljali komercialni roboti, ki so cenejši od razvoja novih prototipov.

Avtomatizacija in robotizacija pokazeta vse svoje prednosti šele s povezavo s procesom projektiranja. Najprimernejši način integracije, ki se danes pojavlja v svetu, temelji na skupni bazi podatkov o produktu, ki jo uporabljajo in dopolnjujejo vsi udeleženci, ki sodelujejo pri zasnovi, proizvodnji in uporabi produkta. Prve aplikacije, ki nastajajo na osnovi te ideje, kažejo, da je to prava pot. Posledica tega je tudi mednarodno sprejet standard ISO 10303 (STEP [9]) za računalniško izmenjavo podatkov o produktih. Pri razvoju avtomatizacije je zato smiselno zasnovati podatkovne modele, ki jih potrebujemo pri računalniškem vodenju avtomatizacije, v smislu smernic standarda, da bi jih lahko kasneje uporabili pri integraciji s projektiranjem.

Robotski sistem je šele v razvojni fazi. Pri njegovem razvoju smo se trenutno osredotočili le na princip delovanja, manj pa na njegovo optimizacijo. Optimiza-

cija bi zajemala iskanje učinkovitejših konfiguracij robotov in orodij za izvajanje tega postopka. Potrebno bi bilo izvesti tudi ekonomsko analizo o opravičenosti njegove izvedbe. Pri tem je potrebno upoštevati vse prednosti, ki jih prinaša avtomatizacija, tudi povezava s procesom projektiranja in z možnostjo vpeljave »just in time« proizvodnje. Čeprav je videti, da je ob veliki neizkoriščenosti kapacitet slovenskih železokrivnic vlaganje v njihovo modernizacijo in razvoj nesmiselno, lahko prav avtomatizacija veliko pripomore k racionalizaciji proizvodnje. Potrebe po proizvodnji armature so med letom zelo neenakomerne. Posledica tega pa so težave pri določevanju primerne števila zaposlenih delavcev v železokrivnicah. V konicah proizvodnje jih primanjkuje, v mrtvih sezonah pa lahko pomenijo za podjetje velik strošek. Avtomatizacija pa ponuja možnost celodnevne proizvodnje v konicah in visoko kakovost in neodvisnost od delovne sile. Kot vse ostale razvitejše države se tudi Slovenija srečuje s pomanjkanjem kakovostnih gradbenih delavcev in nezanimanjem mladih ljudi za te vrste del. To podjetja še vedno sili v uvoz nekvalificirane delovne sile, kar pa povzroča številne socialne probleme in slabo kakovost, na koncu pa je cena veliko večja, kot bi bila ob posodobitvi proizvodnje.

Dosedanji razvoj sistema ni zahteval velikih stroškov, za kar gre zahvala programom za simulacijo robotov. Stroški bodo začeli naraščati šele z njegovo praktično izvedbo, ki bo odvisna od interesa morebitnih proizvajalcev. Zato je ta prispevek tudi povabilo k sodelovanju podjetjem, ki imajo izkušnje pri strojogradnji, krmilni tehniki ali robotizaciji.

ZAHVALA

Raziskave robotiziranega sestavljanja armature so bile opravljene v okviru raziskovalnih projektov, financiranih s strani Ministrstva za znanost in tehnologijo Republike Slovenije, ki financira tudi delo prvega avtorja v okviru akcije »2000 mladih raziskovalcev«.

L I T E R A T U R A

1. J. Duhovnik, B. Dolinšek, Computer Modelling of Robotic Assembling of Reinforcement, Construction on the Information Highway, CIB Workshop W78 »Working Commission on Information Technology in Construction« and TG 10 »Task Group on Computer representation of Design Standards and Building Codes«, Bled, 10.–12. 6. 1996, Proceedings, edited by Ž. Turk, str. 145-152 (1996).
2. Robot Simulation Ltd, WORKSPACE 3, Reference Manual and Guided Tour, (1994/95).
3. R. Navon, Y. Rubinowitz, M. Coffler, Development of a Fully Automated Rebar-Manufacturing machine, Automation in Construction, No. 4, str. 239–253 (1995).
4. C. Haas, M. Skibniewski, E. Budny, Robotics in Civil Engineering, Microcomputers in Civil Engineering, No. 10, str. 371–381 (1995).
5. B. Dolinšek, Robotizirano sestavljanje armature, magistrska naloga, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani, 143 strani (1996).
6. W. Leyh, Experience with the Construction of a Building Assembly Robot, Automation in Construction, No. 4 str 45–60 (1995).
7. NISA, Users Manual, Michigan, USA (1993)
8. B. Dolinšek, J. Duhovnik, Design of Control System of Robot for Assembling of Reinforcement, 6th International Conference on Computing in Civil and Building Engineering, Berlin 12.–15. 7. 1995, Germany, Proceedings II, str. 1579–1585, Balkema (1995).
9. ISO Standard 10303: Industrial Automation Systems and Integrations, parts 1, 11, 21, 41, 42, 43, 49, first edition 1994-12-15.

ENERGETSKI PREGLEDI OSNOVNIH ŠOL V OBČINI KAMNIK

Energy Audits of Primary Schools in Municipality of Kamnik

UDK 699.86:727.1

MARJANA ŠIJANEC ZAVRL, MATJAŽ MALOVRH

P O V Z E T E K • S U M M A R Y

Da bi zmanjšali rabo energije in stroške za porabljeno energijo za ogrevanje, razsvetlavo in toplo vodo v osnovnih šolah v občini Kamnik, se je občina odločila za sistematični pristop – za izvedbo energetskega pregleda osnovnih šol. V okviru projekta smo analizirali letno rabo energije in stanje zgradb ter ogrevalnih sistemov v 17 zgradbah osnovnih šol in njihovih podružnic v občini Kamnik. Rezultat energetskih pregledov je seznam priporočenih ukrepov za učinkovitejšo rabo energije ob upoštevanju kriterija stroškovne učinkovitosti posameznega ukrepa in možnosti za zmanjšanje rabe energije. Tak akcijski plan daje investitorju – občini – strokovno podlago za načrtovanje najučinkovitejšega vrstnega reda izvajanja ukrepov energetske sanacije in vzdrževanja ob vključevanju najprimernejših tehničnih rešitev. Tako z optimalno vloženiimi finančnimi sredstvi doseže največje možne energijske prihranke, najkrajše vračilne roke naložb ter hkrati izboljša bivalne pogoje v zgradbi. Članek opisuje metodologijo energetskega pregleda in demonstracijski primer izvedbe predlaganih ukrepov na OŠ Frana Albrehta.

In order to lower energy consumption and the costs for energy used for heating, lighting and hot water supply in primary schools in the municipality of Kamnik a systematic approach – an energy audit – has been made. Energy used during period of one year and the current state of building envelope and heating system has been established for each of 17 main schools and subsidiaries in the municipality. A list of energy saving measures has been determined regarding cost efficiency and energy saving potential in order to give the investor a professional basis to plan necessary investments in energy restoration and building maintenance in the most suitable sequence, implementing the most convenient technical solutions. With optimal plan of investment the highest energy savings and the shortest pay back periods as well as the improvement of living conditions in the building are achieved. Energy audit methodology and the demonstration project of execution of energy audit action plan for the Fran Albreht elementary school is described in the paper.

Avtorja:

Dr. Marjana Šijanec Zavrl, dipl. inž. gradb., Gradbeni inštitut ZRMK, Tehnološki center za materiale v gradbeništvo in zgradbe, Ljubljana, Dimičeva 12

Matjaž Malovrh, dipl. inž. str., Gradbeni inštitut ZRMK, Tehnološki center za materiale v gradbeništvo in zgradbe, Ljubljana, Dimičeva 12

1. UČINKOVITA RABA ENERGIJE V OBČINI

Znaten del stroškov pri vzdrževanju zgradb predstavljajo stroški za energijo, s katero zagotavljamo primerne bivalne in delovne pogoje v zgradbi. Večji del energije v zgradbi je namenjen ogrevanju, preostanek pripravi tople vode, razsvetlavi in električnim napravam, zato lahko največje prihranke dosežemo s kakovostno toplotno zaščito zgradbe, z učinkovitim sistemom ogrevanja in s primernim odnosom uporabnikov do rabe energije v zgradbi.

Stroški vzdrževanja javnih zgradb v veliki meri bremenijo novo nastale lokalne skupnosti in državo. Strošek za energijo je med največjimi, ki jih lahko nadzorujemo in vplivamo na njihovo višino z izvajanjem ukrepov za učinkovito rabo energije.

Manjša raba energije prispeva z zmanjšanjem emisij škodljivih snovi tudi k varovanju okolja, česar za zdaj še nismo primerno finančno ovrednotili, dolgoročno pa čisto okolje predstavlja neprecenljivo vrednoto.

Največji fond zgradb, katerih delovanje temelji na občinskem proračunu, predstavljajo osnovne šole in vrtci, sledijo pa jim zdravstveni domovi, občinske upravne zgradbe in kulturni objekti.

Z načrtnim vlaganjem v energetske sanacije obstoječih objektov je možno zmanjšati rabo energije in stroškov ter s tako privarčevanimi sredstvi ustvariti fond za investiranje v stroškovno intenzivnejše ukrepe energetske sanacije ali v posodobitev dejavnosti.

2. ENERGETSKI PREGLED

Energetski pregled zgradbe je študija, ki zajema skupino postopkov za oceno stanja rabe energije v zgradbah, evidentira možne ukrepe za zmanjšanje rabe energije, jih ovrednoti z vidika stroškovne učinkovitosti in analizira njihove možnosti za izvedbo.

Energetski pregled zgradbe omogoča investitorju, da se odloči za prioriteto izvajanja ukrepov za varčno rabo energije in za usklajen pristop k energetske sanaciji objekta in investicijskemu vzdrževanju objekta.

2.1. Namen energetskega pregleda

Namen energetskega pregleda zgradbe je zmanjšati rabo energije in stroškov zanjo z izvajanjem ukrepov, ki čimmanj stanejo in imajo kar se da velik energetske varčevalni učinek, vse to seveda ob hkratnem izboljšanju toplotnega ugodja v zgradbi.

Energetski pregled skupine zgradb z enako dejavnostjo, financiranih iz skupnega vira, je podpora investitorju pri odločanju o investiranju ne samo v ukrepe energetske sanacije, pač pa tudi v ukrepe investicijskega vzdrževanja zgradbe.

Investitorju omogoča, da načrtuje izbrane investicije v

najugodnejšem zaporedju in v najprimernejši tehnični izvedbi, da bo zagotovil kakovostno vzdrževanje zgradbe s tehničnega vidika ob hkratnem zmanjšanju rabe energije v zgradbi.

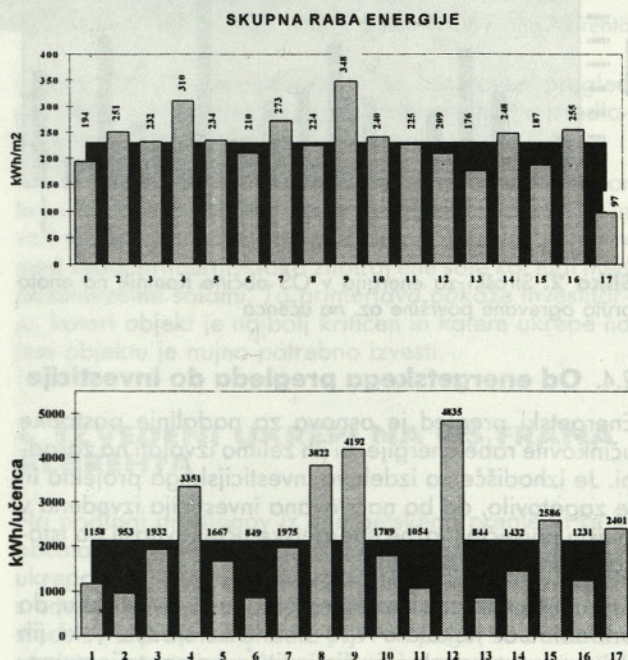
Energetski pregled ciljne skupine zgradb (npr. šol) zagotavlja preglednost na nivoju občine in je bodisi osnova bodisi kasnejše dopolnilo razvojnemu dokumentu – energetskega konceptu lokalne skupnosti.

2.2. Rezultati energetskega pregleda

Rezultat energetskega pregleda je spisek priporočenih ukrepov, ovrednotenih po stroškovni učinkovitosti. Izkaže se namreč, da je možno nekatere ukrepe, ki imajo za posledico velike energetske prihranke, izvesti ob minimalnih stroških, nekateri ukrepi pa zahtevajo glede na varčevalni potencial bistveno višjo investicijo in imajo zato daljšo odplačilno dobo.

Energetski pregled opozarja na kritična mesta v zgradbi, kjer so energijske izgube največje, kar je pogosto povezano tudi z neugodnimi bivalnimi pogoji (npr. pregrevanje ali podhlajevanje prostorov, hladne stene, toplotni mostovi, vlaga in plesen).

S pravilnim vrstnim redom izvajanja predlaganih ukrepov lahko z optimalno vloženi finančnimi sredstvi dosežemo največje možne energijske prihranke ter hkrati izboljšamo bivalne pogoje.



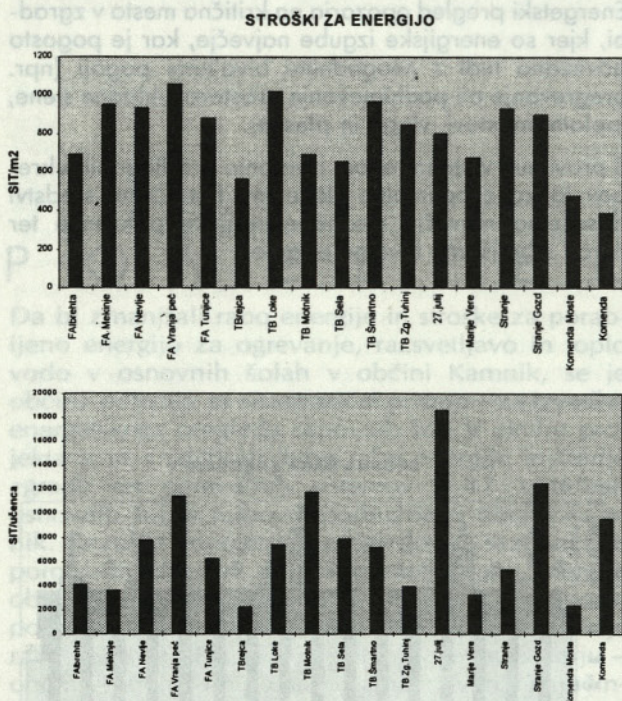
Slika 1. Skupna raba energije na enoto bruto ogrevane površine oz. na učenca v OŠ občine Kamnik

2.3. Predlagani ukrepi

Predlagani tehnični ukrepi zadevajo energetska sanacijo zgradbe in ogrevalnega sistema, zelo pa so pomembni tudi organizacijski ukrepi, ki le malo stanejo in je praviloma njihov učinek velik.

Eden izmed osnovnih organizacijskih ukrepov učinkovite rabe energije je vzpostavitev energetskega knjigovodstva, ki investitorju omogoča natančen vpogled v porabljeno energijo in stroške za energijo. S primerjavo med posameznimi časovnimi obdobji in s podobnimi objekti lahko v prihodnje investitor sam ugotavlja nepričakovana odstopanja in pravočasno poišče strokovno pomoč.

Z vidika višine investicije delimo ukrepe na: organizacijske, ki ne zahtevajo posebne investicije, vzdrževalne in investicijske.



Slika 2. Stroški za energijo v OŠ občine Kamnik na enoto bruto ogrevane površine oz. na učenca

2.4. Od energetskega pregleda do investicije

Energetski pregled je osnova za nadaljnje postopke učinkovite rabe energije, ki jih želimo izvajati na zgradbi. Je izhodišče za izdelavo investicijskega projekta in je zagotovilo, da bo načrtovana investicija izvedena v smislu največje možne energetske učinkovitosti ob istovremni gradbeni sanaciji.

Opravljen energetski pregled omogoča investitorju, da pridobi tudi nekatere vire finančnih sredstev, ki jih država v svoji strategiji učinkovite rabe energije namenja spodbujanju investicij, saj strokovno utemeljuje upravičenost investicije.

3. ENERGETSKI PREGLEDI OSNOVNIH ŠOL V OBČINI

Občina Kamnik se je načrtno odločila za urejanje energetske politike že s pristopom k izdelavi energetske zasnove mesta Kamnik. Energetska zasnova lokalne skupnosti je namreč temeljni dokument, ki je namenjen vodstvu lokalne skupnosti za strokovno pravilne odločitve o oskrbi mesta in naselij z energijo.

Odločitev za nadaljnjo energetska analizo v posameznih panogah in skupinah porabnikov energije je torej logično nadaljevanje že začrtane strategije, ki vodi k ureditvi optimalnih razmerij na področju lokalne energetike.

Osnovne šole v občini Kamnik so s svojim fondom 6 matičnih šol in s skupno 11 podružnicami največja skupina porabnikov energije, ki bremeni občinski proračun. Sredstva, ki jih namenja občina za redno in investicijsko vzdrževanje šol, bodo na osnovi izdelanega energetskega pregleda lahko uporabljena bolj načrtno in energetska učinkovito.

3.1. Potek energetskega pregleda

Energetski pregled poteka po vnaprej določeni metodologiji, za njegovo uspešno izvedbo pa je potrebno tesno sodelovanje med strokovnjaki, ki energetski pregled opravljajo, in investitorjem ter uporabniki zgradbe. Njihovo sodelovanje je najpomembnejše v prvem delu energetskega pregleda, ki zajema spoznavanje objekta, zbiranje podatkov o rabi energije in stroških ter ugotavljanje bivalnih razmer.

V drugem delu energetskega pregleda sledi analiza rabe energije in energijskih tokov v zgradbi, identifikacija kritičnih mest ter nabor možnih ukrepov.

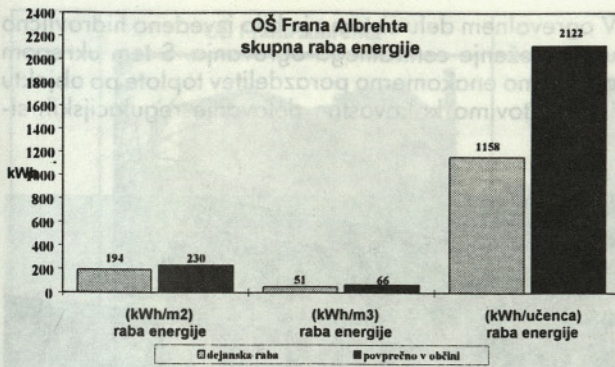
V zaključku energetskega pregleda na osnovi analize stroškov in energijskih prihrankov ter razgovora z investitorjem izdelamo prioriteto predlaganih ukrepov učinkovite rabe energije za posamezno zgradbo oz. za skupino zgradb.

3.2. Energetski pregled osnovne šole Frana Albrehta

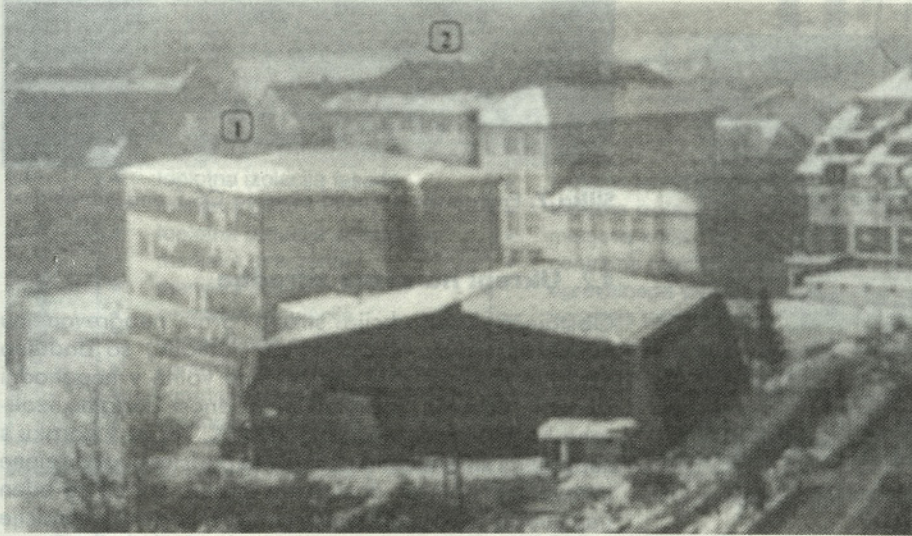
Kot primer bomo prikazali nekaj rezultatov energetskega pregleda na osnovni šoli Frana Albrehta [1]. Zgradba je tipičen predstavnik šole, grajene v šestdesetih letih. Zgrajena je bila leta 1963 in je glede na sedanja merila o toplotni zaščiti v zelo slabem stanju.

Ogrevanje šole je centralno. Kotlarna, ki poleg šole ogreva še tri zgradbe, uporablja ekstra lahko kurilno olje. Naprave v kotlarni so dotrajane in potrebne zamenjave.

Povprečna poraba kurilnega olja v ogrevalni sezoni za šolo Frana Albrehta znaša 65.000 litrov, povprečna letna poraba električne energije je 53.400 kWh. Energijsko število šole je 179 kWh/m²a in je nižje od povprečne vrednosti v občini, vendar še vedno višje od zahtev za energijsko varčne zgradbe.



Slika 3. Skupna raba energije na OŠ Frana Albrehta



Slika 4. OŠ Frana Albrehta

Na ovoj zgradbe je največje prihranke možno doseči s toplotno izolacijo fasade (13%), z menjavo oken oziroma stekel (9%) in s sanacijo strehe (3%).

Ukrep	Energijski prihranek (kWh)	Doba vračil investicije
sanacija fasade	120.000	•••
menjava oken	78.000	•••
sanacija podstrešja	26.000	•
zamenjava energenta	ni ocenjeno	••(•)
menjava kotla	25%	••
centralna regulacija	10%	••
termostatskih ventilov	5%	••
vgradnja varčnih sijalk	10%	••
organizacijski ukrepi	5%	•

• kratkoročna, •• srednjeročna, ••• dolgoročna

Preglednica 1. Priporočeni ukrepi za OŠ Frana Albrehta

Pri instalacijah pa so prihranki največji pri zamenjavi kotlov (25%), sledi zamenjava energenta, znatne prihranke pa lahko dosežemo tudi z usposobitvijo centralne (10%) in lokalne regulacije (5%).

Na podlagi prihrankov energije in stroškov, povezanih s sanacijo posameznega elementa, ter upoštevanje dobe vračila investicije so predlagani energetsko sanacijski ukrepi za šolo Frana Albrehta.

Pri vsakem od ukrepov je v preglednici 1 podana vrednost energijskega prihranka in ocena dobe vračila investicije.

3.3. Celostni pregled stanja in predlogov

Za skupino šol v občini Kamnik izdelana sumarna

tabela (tab. 2) omogoča hiter in enostaven pregled podatkov o možnih energijskih prihrankih in o predlaganih energetsko sanacijskih ukrepih.

Na podlagi tako prikazanih rezultatov se investitor lažje odloči o investicijah v energetsko sanacijo in vzdrževanje zgradbe, saj so učinki posameznih ukrepov med seboj primerljivi tako znotraj ene šole kot tudi med posameznimi šolami. Ta primerjava pokaže investitorju, kateri objekt je najbolj kritičen in katere ukrepe na tem objektu je nujno potrebno izvesti.

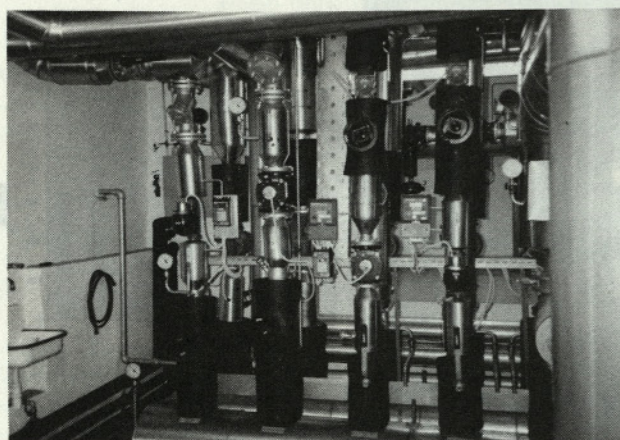
4. IZVEDENI UKREPI NA OŠ FRANA ALBREHTA

Na podlagi predlogov iz energetskega pregleda se je občina Kamnik odločila za izvedbo najpomembnejših ukrepov za učinkovitejšo rabo energije. Poleg lastnih sredstev je občina za investicijo pridobila tudi del sredstev iz projekta PHARE [4]. Prvi pogoj za odobritev sredstev iz tega in podobnih virov je izveden energetski pregled, študija, s katero lahko investitor dokaže upravičenost vlaganj.

4.1. Ukrepi na ogrevalnem sistemu

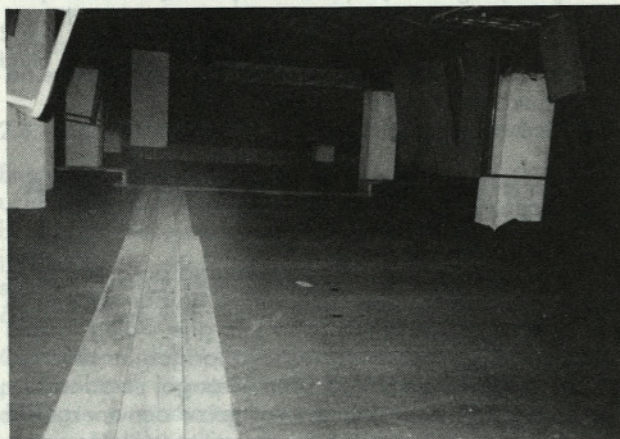
Za izboljšanje učinkovitosti ogrevalnega sistema so v okviru PHARE Demonstracijskega projekta [4] izvedli naslednje ukrepe na ogrevalnem sistemu in ovoju zgradbe.

Obstoječe dotrajane naprave v kotlarni, ki so kot vir energije uporabljale ekstra lahko kurilno olje, so nadomestili s toplotno podpostajo (sl. 5), ki je vezana na daljinski sistem ogrevanja iz tovarniške kotlovnice Svi-lanit. Vsi elementi toplotne podpostaje so toplotno izolirani, tako ventili, razvodi kot tudi izmenjevalec toplote. V sistem ogrevanja je bila vgrajena kakovostna centralna regulacija. Obstoječe radiatorske ventile so nadomestili s termostatskimi ventili, ki omogočajo lokalno regulacijo oddaje toplote v prostorih.



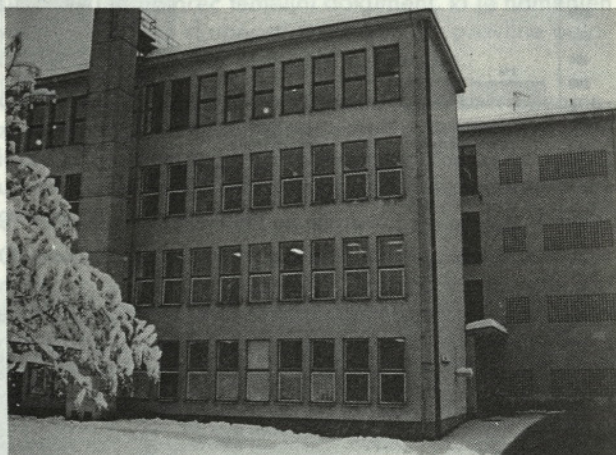
Slika 5. Elementi posodobljene toplotne podpostaje v OŠ Frana Albrehta

Ker je na toplotno podpostajo vezano ogrevanje treh različnih objektov, je bila nujna vgradnja merilnikov toplote, ki omogoča ugotavljanje in obračun dejanske rabe energije za ogrevanje objekta, kar je motiv za racionalno ravnanje z energijo.



Slika 6. Dodatna toplotna izolacija stropa proti podstrešju

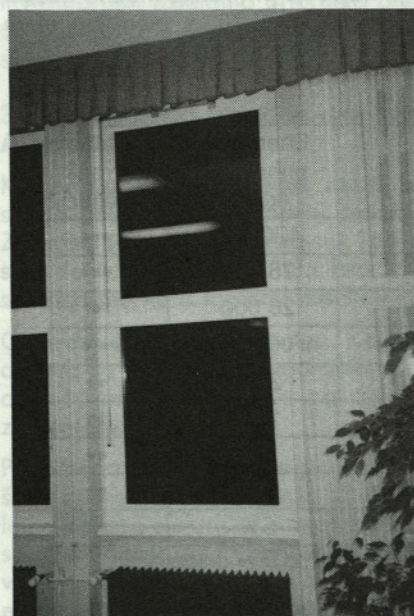
V ogrevalnem delu sistema je bilo izvedeno hidravlično uravnoteženje centralnega ogrevanja. S tem ukrepom dosežemo enakomerno porazdelitev toplote po objektu in zagotovimo kakovostno delovanje regulacijskih sistemov.



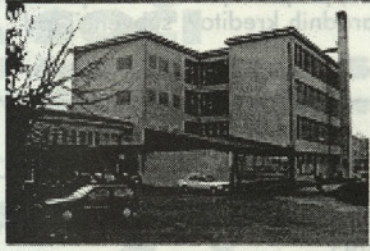


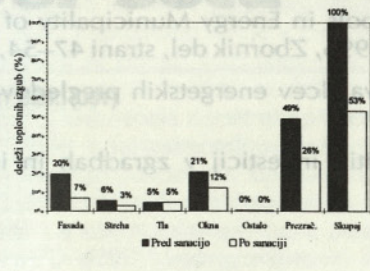
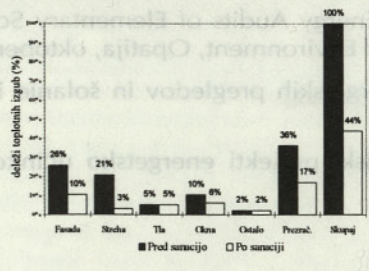
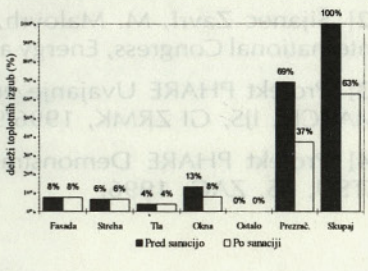
Slika 7. Energetska sanacija oken na OŠ Frana Albrehta

4.2. Ukrepi na ovoju zgradbe

Obstoječo konstrukcijo stropa proti neogrevanemu podstrešju (super strop s 5 cm maltona) so dodatno toplotno izolirali z 10 cm steklene volne v nepohodni izvedbi (slika 6). Toplotna prehodnost dodatno izolirane konstrukcije znaša $0.3 \text{ W/m}^2\text{K}$, kar je v koraku s sodobnimi smernicami stroke. Na podstrešju so urejene interventne poti za dostop do strehe. Ukrep je eden najcenejših med gradbenimi ukrepi energetske sanacije nasploh, saj se izplača v treh do štirih letih, če ga izvedemo sami, pa že v enem letu.



Slika 8. Zamenjava oken in vgradnja termostatskih ventilov na OŠ Frana Albrehta

	OŠ Frana Albrehta	OŠ Mekinje	OŠ Nevlje																																																																								
																																																																											
Možni prihranki pri energetski sanaciji zgradbe	 <table border="1"> <caption>Možni prihranki pri energetski sanaciji zgradbe - OŠ Frana Albrehta</caption> <thead> <tr> <th>Komponenta</th> <th>Pred sanacijo (%)</th> <th>Po sanaciji (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fasada</td><td>20%</td><td>7%</td></tr> <tr><td>Streha</td><td>6%</td><td>3%</td></tr> <tr><td>Tla</td><td>5%</td><td>5%</td></tr> <tr><td>Okna</td><td>21%</td><td>12%</td></tr> <tr><td>Otoplo</td><td>0%</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Prezrač.</td><td>49%</td><td>28%</td></tr> <tr><td>Skupaj</td><td>100%</td><td>53%</td></tr> </tbody> </table>	Komponenta	Pred sanacijo (%)	Po sanaciji (%)	Fasada	20%	7%	Streha	6%	3%	Tla	5%	5%	Okna	21%	12%	Otoplo	0%	0%	Prezrač.	49%	28%	Skupaj	100%	53%	 <table border="1"> <caption>Možni prihranki pri energetski sanaciji zgradbe - OŠ Mekinje</caption> <thead> <tr> <th>Komponenta</th> <th>Pred sanacijo (%)</th> <th>Po sanaciji (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fasada</td><td>26%</td><td>10%</td></tr> <tr><td>Streha</td><td>21%</td><td>3%</td></tr> <tr><td>Tla</td><td>5%</td><td>5%</td></tr> <tr><td>Okna</td><td>10%</td><td>6%</td></tr> <tr><td>Otoplo</td><td>2%</td><td>2%</td></tr> <tr><td>Prezrač.</td><td>36%</td><td>17%</td></tr> <tr><td>Skupaj</td><td>100%</td><td>44%</td></tr> </tbody> </table>	Komponenta	Pred sanacijo (%)	Po sanaciji (%)	Fasada	26%	10%	Streha	21%	3%	Tla	5%	5%	Okna	10%	6%	Otoplo	2%	2%	Prezrač.	36%	17%	Skupaj	100%	44%	 <table border="1"> <caption>Možni prihranki pri energetski sanaciji zgradbe - OŠ Nevlje</caption> <thead> <tr> <th>Komponenta</th> <th>Pred sanacijo (%)</th> <th>Po sanaciji (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Fasada</td><td>8%</td><td>6%</td></tr> <tr><td>Streha</td><td>6%</td><td>6%</td></tr> <tr><td>Tla</td><td>4%</td><td>4%</td></tr> <tr><td>Okna</td><td>13%</td><td>8%</td></tr> <tr><td>Otoplo</td><td>0%</td><td>0%</td></tr> <tr><td>Prezrač.</td><td>89%</td><td>37%</td></tr> <tr><td>Skupaj</td><td>100%</td><td>63%</td></tr> </tbody> </table>	Komponenta	Pred sanacijo (%)	Po sanaciji (%)	Fasada	8%	6%	Streha	6%	6%	Tla	4%	4%	Okna	13%	8%	Otoplo	0%	0%	Prezrač.	89%	37%	Skupaj	100%	63%
Komponenta	Pred sanacijo (%)	Po sanaciji (%)																																																																									
Fasada	20%	7%																																																																									
Streha	6%	3%																																																																									
Tla	5%	5%																																																																									
Okna	21%	12%																																																																									
Otoplo	0%	0%																																																																									
Prezrač.	49%	28%																																																																									
Skupaj	100%	53%																																																																									
Komponenta	Pred sanacijo (%)	Po sanaciji (%)																																																																									
Fasada	26%	10%																																																																									
Streha	21%	3%																																																																									
Tla	5%	5%																																																																									
Okna	10%	6%																																																																									
Otoplo	2%	2%																																																																									
Prezrač.	36%	17%																																																																									
Skupaj	100%	44%																																																																									
Komponenta	Pred sanacijo (%)	Po sanaciji (%)																																																																									
Fasada	8%	6%																																																																									
Streha	6%	6%																																																																									
Tla	4%	4%																																																																									
Okna	13%	8%																																																																									
Otoplo	0%	0%																																																																									
Prezrač.	89%	37%																																																																									
Skupaj	100%	63%																																																																									
Predlagani ukrepi	<ul style="list-style-type: none"> • toplotna izolacija fasade • menjava oken • toplotna izolacija podstrešja • menjava energenta • menjava kotla • centralna regulacija ogrevalnega sistema • vgradnja termostatskih ventilov • vgradnja varčnih sijalk • organizacijski ukrepi 	<ul style="list-style-type: none"> • toplotna izolacija fasade • toplotna izolacija podstrešja • menjava kotla • centralna regulacija ogrevalnega sistema • vgradnja termostatskih ventilov • vgradnja varčnih sijalk • organizacijski ukrepi 	<ul style="list-style-type: none"> • menjava zasteklitve • menjava kotla • centralna regulacija ogrevalnega sistema • vgradnja termostatskih ventilov • vgradnja varčnih sijalk • organizacijski ukrepi 																																																																								

Preglednica 2. Pregled energetske varčevalnega potenciala in predlaganih ukrepov pri OŠ v kamniški občini

Učinek ukrepa je opazen na sliki 4 (zima 1996/97), ki prikazuje streho OŠ Frana Albrehta (detajl 1), ki je dodatno toplotno izolirana, v primerjavi s streho sosednje zgradbe OŠ Toma Brejca (detajl 2), kjer je podstrešje neizolirano in so zato toplotne izgube večje. Na toplotno izolirani strehi je sneg praktično nedotaknjen, medtem ko se sneg na neizolirani strehi hitro topi, nastajajo pa tudi ledene sveče.

V energetskem pregledu smo priporočili zamenjavo oken (slika 7) z okni z dvojno zasteklitvijo, z nizkoemisijemskim nanosom in plinskim polnjenjem, ki ima toplotno prehodnost $k = 1.33 \text{ W/m}^2\text{K}$. Okvirji novih oken so plastični, tako smo dosegli skupno toplotno prehodnost oken $k = 1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$. Nova okna (slika 8) zmanjšajo tako transmissijske izgube zaradi prevajanja toplote kot tudi ventilacijske izgube zaradi nenadzorovanega prezračevanja skozi netesna mesta na okvirju. Ugotavljamo, da je rok vračila naložbe v zamenjavo oken najkrajši v primeru, ko menjavamo že dotrajana okna in dodatna naložba v energetsko učinkovitost predstavlja razliko med na primer navadno izolacijsko zasteklitvijo (termopan) in izboljšano inačico z nizkoemisijemskim

nanosom in plinskim polnjenjem. Naložba v boljše zasteklitve se povrne približno v štirih letih.

5. ZAKLJUČEK

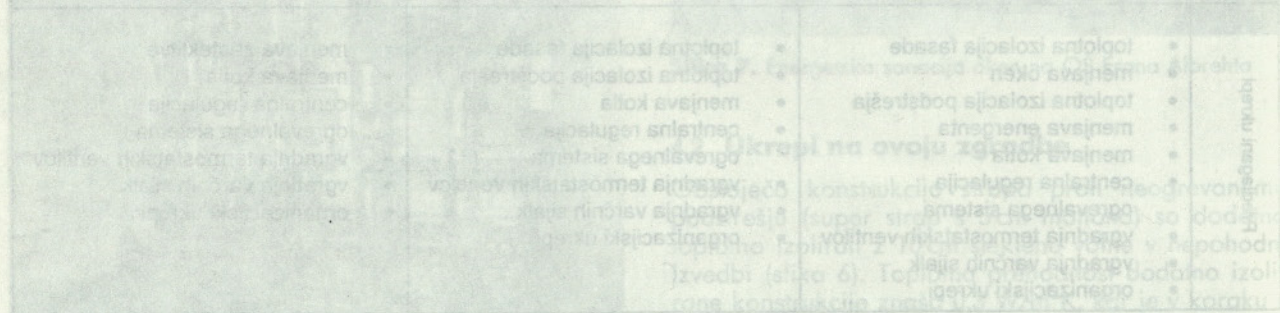
Energetski pregled OŠ v občini Kamnik je pokazal, da je celovit pristop in obdelava vseh objektov v določenem segmentu javnih zgradb – šol – smiselni in potreben iz naslednjih razlogov:

- nudi celovit pregled nad stanjem objektov v občini,
- omogoča načrtovanje porabe razpoložljivih občinskih finančnih sredstev na najbolj učinkovit način,
- pomaga pri celovitejšem odločanju o vrstnem redu tako izvajanja ukrepov kot izboru objekta,
- na osnovi zbranih izkušenj izvedenih ukrepov omogoča izbor sodobnih tehnoloških rešitev,
- omogoča oblikovanje celovite servisne in vzdrževalne službe,
- s stalnim spremljanjem učinkov izvedenih ukrepov pomaga pri oblikovanju celovitih programov za zniževanje stroškov za rabo energije in vzdrževanje objektov,

- opozarja na potrebo in možnosti izobraževanja in usposabljanja učencev in učiteljev kot uporabnikov ter hišnikov kot upravljalcev sistema,
- zbrani so vsi potrebni podatki za sodelovanje na javnih razpisih, pri prošnjah za dodeljevanje nacionalnih in mednarodnih kreditov, subvencij ipd.

L I T E R A T U R A

- [1] Projekt »Energetski pregledi osnovnih šol v občini Kamnik«, financer Ministrstvo za gospodarske dejavnosti, občina Kamnik, izvajalec GI ZRMK s sodelavci, 1994/95.
- [2] Šijanec Zavrl, M. Malovrh, Energy Audits of Elementary Schools in Energy Municipality of Kamnik, International Congress, Energy and Environment, Opatija, oktober 1996, Zbornik del, strani 47-54, 1996.
- [3] Projekt PHARE Uvajanje energetskih pregledov in šolanje izvajalcev energetskih pregledov, COWI, MARCH, IJS, GI ZRMK, 1996/97.
- [4] Projekt PHARE Demonstracijski projekti energetsko učinkovitih investicij v zgradbah in industriji, ETSU, IJS, ZAG, 1996.



Slika 5. Elementi opozredne toplote v OŠ Erano. Albreht

Ker je naša toplotna podopostaja vezana obseganje tihih stroškov, vendar imamo pri izvedbi takšnih ukrepov zahtevnejše pogoje, kar pomeni, da je potrebno v večini primerov zagotoviti dodatne stroške, ki so povezani z izvedbo ukrepov in vzdrževanje opake.

5. ZAKLJUČEK

Pri energetskem pregledu OŠ Erano smo opazili, da se v večini primerov ne izkoristi celotna kapaciteta obstoječih sistemov, kar pomeni, da bi bilo mogoče z ustreznimi ukrepi zmanjšati stroške za ogrevanje. Kljub temu pa opazimo, da se pri izvedbi takšnih ukrepov pojavijo dodatni stroški, ki so povezani z izvedbo in vzdrževanje opake. Zato je potrebno pri izvedbi ukrepov upoštevati tudi stroške vzdrževanja opake in stroške za vzdrževanje opake. Vendar pa so stroški za vzdrževanje opake v primerjavi s stroški za ogrevanje zelo majhni, zato je izvedba ukrepov za ogrevanje še vedno precej bolj rentabilna.

V energetskem pregledu smo opazili, da se v večini primerov ne izkoristi celotna kapaciteta obstoječih sistemov, kar pomeni, da bi bilo mogoče z ustreznimi ukrepi zmanjšati stroške za ogrevanje. Kljub temu pa opazimo, da se pri izvedbi takšnih ukrepov pojavijo dodatni stroški, ki so povezani z izvedbo in vzdrževanje opake. Zato je potrebno pri izvedbi ukrepov upoštevati tudi stroške vzdrževanja opake in stroške za vzdrževanje opake. Vendar pa so stroški za vzdrževanje opake v primerjavi s stroški za ogrevanje zelo majhni, zato je izvedba ukrepov za ogrevanje še vedno precej bolj rentabilna.

Ukrepi, ki jih je potrebno izvesti, so zmanjšanje izgub na stropih, zmanjšanje izgub na oknih in vratih, izboljšanje izolacije sten in tal. Kljub temu pa opazimo, da se pri izvedbi takšnih ukrepov pojavijo dodatni stroški, ki so povezani z izvedbo in vzdrževanje opake. Zato je potrebno pri izvedbi ukrepov upoštevati tudi stroške vzdrževanja opake in stroške za vzdrževanje opake. Vendar pa so stroški za vzdrževanje opake v primerjavi s stroški za ogrevanje zelo majhni, zato je izvedba ukrepov za ogrevanje še vedno precej bolj rentabilna.

Ukrepi, ki jih je potrebno izvesti, so zmanjšanje izgub na stropih, zmanjšanje izgub na oknih in vratih, izboljšanje izolacije sten in tal. Kljub temu pa opazimo, da se pri izvedbi takšnih ukrepov pojavijo dodatni stroški, ki so povezani z izvedbo in vzdrževanje opake. Zato je potrebno pri izvedbi ukrepov upoštevati tudi stroške vzdrževanja opake in stroške za vzdrževanje opake. Vendar pa so stroški za vzdrževanje opake v primerjavi s stroški za ogrevanje zelo majhni, zato je izvedba ukrepov za ogrevanje še vedno precej bolj rentabilna.

V energetskem pregledu smo opazili, da se v večini primerov ne izkoristi celotna kapaciteta obstoječih sistemov, kar pomeni, da bi bilo mogoče z ustreznimi ukrepi zmanjšati stroške za ogrevanje. Kljub temu pa opazimo, da se pri izvedbi takšnih ukrepov pojavijo dodatni stroški, ki so povezani z izvedbo in vzdrževanje opake. Zato je potrebno pri izvedbi ukrepov upoštevati tudi stroške vzdrževanja opake in stroške za vzdrževanje opake. Vendar pa so stroški za vzdrževanje opake v primerjavi s stroški za ogrevanje zelo majhni, zato je izvedba ukrepov za ogrevanje še vedno precej bolj rentabilna.

KAMNITI VELIKAN NA SOČI

Most čez Sočo pri Solkanu – most z največjim kamnitim lokom na svetu

The Stone Giant over the River Soča

UDK 624.21:625.1(091)

GORAZD HUMAR

P O V Z E T E K • S U M M A R Y

V tem prispevku opisuje avtor Gorazd Humar, diplomirani inženir gradbeništva, način gradnje in zgodovino velikega železniškega kamnitega ločnega mostu čez Sočo pri Solkanu v Sloveniji. Most, ki ima svetli razpon glavnega loka dolžine 85 m, je most z največjim kamnitim lokom na železniških progah na svetu. Čez most, ki je bil zgrajen leta 1905, so že leta 1906 stekli prometni tokovi druge železniške povezave Dunaja in Srednje Evrope s pristaniščem v Trstu. Z izgradnjo solkanskega mostu je bilo praktično zaključeno večtisočletno obdobje gradnje velikih kamnitih mostov. Solkanski most, ki je bil vrhunski izdelek avstrijske inženirske šole za mostove, je bil tudi zadnji v generaciji velikih železniških mostov, ki so bili na prelomu 19. in 20. stoletja zgrajeni na železnicah v Avstro-Ogrski.

Dogodki na soški fronti v I. svetovni vojni so bili za most usodni. V bojih za Gorico avgusta leta 1916 je bil razstreljen glavni lok mostu. Leta 1927 so italijanske državne železnice, pod katerih upravo je takrat bil most, spet obnovile lok v rezanem kamnu. To danes komaj razumljivo dejanje, ki je nastalo v obdobju cvetočega razvoja velikih betonskih mostov, je vredno vsega spoštovanja.

Tudi po obnovi je solkanski most še danes, kljub številnim letalskim napadom med 2. svetovno vojno, še vedno most z največjim kamnitim lokom na železniških progah na svetu.

In this article the author describes the way of building the large-size railway arch stone bridge over the river Soča in the vicinity of Solkan, Slovenia and its history. The bridge has a 85 m main arch span which makes it the largest stone arch railway bridge in the world. The bridge was built in 1905 and the traffic of the second railway connection of Vienna and Central Europe with the Port of Trieste began to run back in 1906. The building of the Solkan bridge, as it is called nowadays, also meant the end of millenniums of big stone bridge construction as the first big concrete bridges were already gaining ground reaching 100 m span in 1910. The Solkan bridge, a top-level product of the Austrian civil engineering school for bridge construction was one of the last that was built between the 19th and the 20th century in Austro-Hungarian Empire. The book offers interesting readings about the both Austrian engineers who designed and built the bridge.

The Isonzo Front battles during World War I proved to be fatal for the bridge. During the battles for Gorizia in August, 1916 the main arch was blown up. A temporary steel construction built in 1918 made the railway traffic possible till 1927 when the Italian National Railways, under whose management was the bridge, reconstructed an ashlar arch. This work, rather incomprehensible today, deserves all respect.

Avtor:
Gorazd Humar, dipl. inž. gradb., SGP Primorje, Ajdovščina

Avtor Gorazd Humar, ki solkanski most definira kot največje inženirsko delo v gradnji kamnitih mostov nasploh, je izdal tudi knjigo, ki na 296 straneh opisuje zanimivo zgodovino in gradnjo te svetovno znane gradnje. Knjiga z naslovom KAMNITI VELIKAN NA SOČI je obogatena s 320 fotografijami in reprodukcijami originalnih načrtov.

Also after reconstruction the Solkan bridge remains largest railway stone arch bridge worldwide regardless of the many air raids during World War II.

The author also gives a description of other railway and other large-size stone bridges in the world and defines the Solkan bridge the largest engineer work in stone bridge construction at all.

The book depicts in an interesting way the development of the civil engineering in bridge construction and describes the history of stone bridge construction since its beginnings.

V kraju Solkan, v neposredni bližini Nove Gorice in tik ob slovensko-italijanski meji, stoji železniški most z največjim kamnitim lokom (razpon loka je 85.00 m) na železniških progah na svetu. Solkanski most, kot ga domačini preprosto imenujejo, je most z daleč največjim kamnitim lokom na normalnotirnih železniških progah na svetu. Po velikosti loka sta na drugem mestu most čez reko Addo pri Morbegnu v Italiji (zgrajen l. 1903) in most Steyrling v Avstriji (zgrajen l. 1905). Oba imata lok zgrajen iz granita in z razponom po 70.00 m. Na svetu obstaja samo še en zidani most, ki ima lok, večji od solkanskega mostu. To je cestni most v Plauen u Nemčiji, ki ima lok razpona 90.00 m. Ta most, zgrajen leta 1905, ni premoščal reke, ampak manjšo dolino v mestu Plauen. Po načinu gradnje in po konstrukciji glavnega loka, lok je namreč zgrajen iz lomljenega kamna in malte v razmerju 55:45, se tako razlikuje od solkanskega mostu, da ju je težko medsebojno primerjati in ovrednotiti.

Solkanski most je bil zgrajen leta 1905 na železniški progi med Jesenicami in Gorico. Ta odsek proge, imenovane bohinjska proga, je bil v gradbenem pogledu najtežji odsek druge železniške povezave Dunaja kot centra avstro-ogrske države in Srednje Evrope z naglo razvijajočim se pristaniščem v Trstu. Železniško progo je 19. julija 1906 slovesno odprl avstrijski prestolonaslednik Franc Ferdinand, ki je bil kasneje leta 1914 ubit v atentatu v Sarajevu.

Z izgradnjo solkanskega železniškega mostu se je tudi končalo bogato obdobje gradnje kamnitih mostov. Od Asircev, Grkov in Rimljanov naprej se je znanje gradnje mostov postopno izpopolnjevalo. Največ kamnitih mostov je na tleh Evrope nastalo prav v v času Rimljanov. Še danes se je ohranilo veliko mostov iz tistega časa. Največji kamniti lok, zgrajen za časa starega Rima, je bil zgrajen pri Narniji v Umbriji v Italiji. Imel je lok polkrožne oblike razpona 34.75 m. Značilno za rimske mostove je bilo tudi to, da so bili zgrajeni iz natančno obdelanih kamnov, vgrajenih v lok brez kakršnega koli veziva.

Znanje o gradnji mostov (v glavnem izključno iz kamna) je dobilo nov polet v srednjem veku, posebno pa sredi 18. stoletja, ko je bila v Franciji ustanovljena Perronetjeva šola za mostove in ceste (École des Ponts et Chaussées – l. 1747).

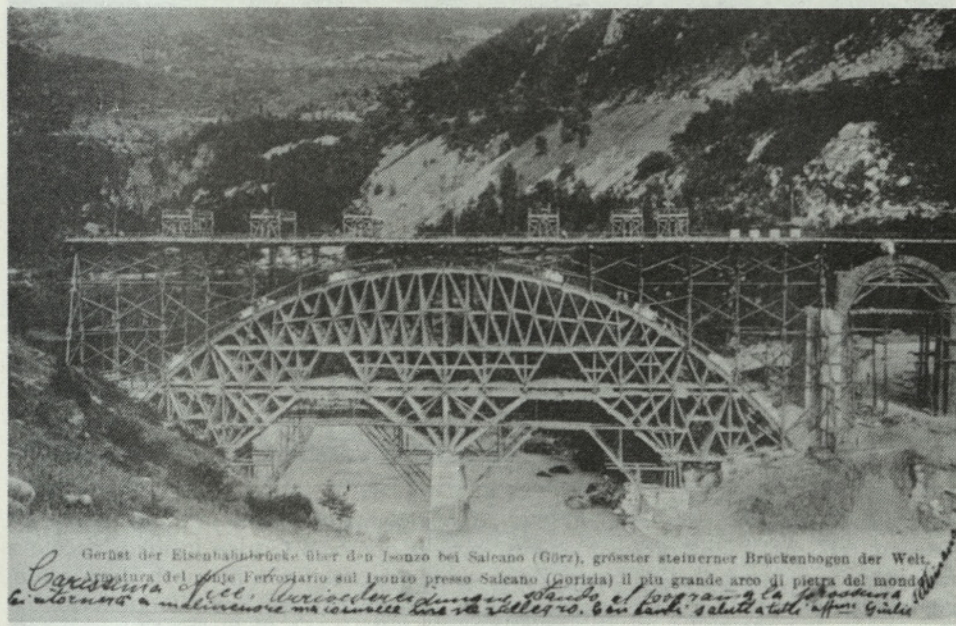
Ta znamenita francoska šola je izredno prispevala k razvoju inženirske znanosti v mostogradnji, saj so bila načela in izkušnje iz te šole uspešno uporabljena pri gradnji železniškega mostu čez reko Addo pri Morbegnu (Valtellina). Zanimivo je tudi to, da je bil projektant mostu čez Sočo pri Solkanu inženir Rudolf Jausser med gradnjo mostu v Morbegnu tam na študijskem potovanju. Pri gradnji tega mostu je pridobil pomembne izkušnje, ki jih je uspešno uporabil pri gradnji mostu pri Solkanu. Te izkušnje so se nanašale predvsem na način vgrajevanja kamnitih blokov v ločno konstrukcijo po metodi ločenih segmentov s postopnim zapiranjem loka na več mestih hkrati.

Gradnja samega solkanskega mostu se je pričela spomladi leta 1904, potem ko je dunajsko podjetje Brüder Redlich und Berger dobilo to delo na licitaciji, medtem ko so bili obrežni deli mostu oddani firmi Sard & Lenassi iz Gorice. Prvotni projekt je sicer predvideval 80-metrski kamniti lok. Po pričetih delih je bilo kmalu ugotovljeno, da na levem bregu Soče, kjer bi moral biti postavljen temelj, obstaja nenosilna

podlaga, zato je bil temelj prestavljen 14 m gorvodno, razpon loka pa se je zato povečal na 85 metrov.

Najtežja je bila pravzaprav postavitve podpornega odra bodočega mostu. Velika lesena podporna konstrukcija, zgrajena iz 1160 m³ najboljšega lesa iglavcev, je bila na sredini podprta na nosilni steber v sami strugi reke Soče. Visoke in hudourniške vode reke Soče so graditeljem večkrat močno nagajale in enkrat tudi odnesle vse delovne naprave za gradnjo stebra podpornega odra. Ta steber je bil temeljen s kesonsko tehniko 9 m pod nizko gladino reke Soče. V celoti je bil visok 18 metrov.

Kamnite bloke za gradnjo velikega loka so pripeljali iz kamnoloma Cava romana v Nabrežini. Kamniti bloki, ki so bili iz školjčnega apnenca, so bili velikosti od 0.2 m³ do 0.7 m³. V samo 18 delovnih dnevih so poleti leta 1905 delavci v lok vgradili celih 1960 m³ kamna. Impozantni lok je v peti loka meril v debelino 3.50 m, v temenu loka pa 2.10 m. Imel je obliko krožnega loka po celi svoji dolžini. Puščica loka je pri razponu 85.00 m znašala 21.80 m. Lok je bil grajen v osmih samostojnih segmentih, ki so bili med sabo ločeni z lesenimi razporami. Nanašnje kamnov, ki so jih s parnimi dvigali spuščali na podporni oder, je zato potekalo kar se da enakomerno in postopno. Razmaki med segmenti so bili zapolnjeni s kamnitimi bloki, ko je bilo na podporni oder naneseo približno dve tretjini teže. V stikih med kamni debeline 18 mm je bila vgrajena cementna malta, narejena iz portlandskega cementa iz cementarne Split in prane mivke iz Soče (razmerje volumnov 1:3).



Slika 1. Začetek gradnje kamnitega loka (junij 1905).

Po petih tednih ležanja loka na podpornem odru so 8. avgusta leta 1905 pričeli s spuščanjem in umikanjem podpornega odra. V tem trenutku se je kamniti lok podal za vsega le 6 mm, medtem ko je skupni povos odra in loka med gradnjo znašal 4.6 cm, kar je bilo tudi precej manj (predvideno 20 cm), kot so predvideli graditelji. Ves postopek gradnje mostu je vodil inženir Leopold Orley, ki je ves čas izvajal ma mostu natančne meritve posedkov odra in mostu do 1/10 mm natančno.

Med gradnjo so bile izvedene tudi številne druge meritve in poizkusi. Posebej so preverjali trdnost nabrežinskega kamna. Trdnost kamna so preizkušali na kockah s stranico 6 cm. Porušna trdnost kamna je preseгла 1300 kp/cm². Ob tem naj navedem, da so dejanske napetosti na mostu dosegle vsega le slabih 5 % od porušne trdnosti kamna.

Most je bil dokončan v celoti že novembra 1905, zaradi zakasnitve pri gradnji predora

Slika 3. Italijanske železnice so med leti 1925–27 ponovno zgradile lok v rezanem kamnu.

Bukovo na bohinjski progi, pa je bil most dan v promet skupaj s progo šele 19. julija 1906.

Po letu 1906 se praktično ni več gradilo velikih mostov iz kamna. Nastajali so že prvi veliki betonski mostovi, leta 1910 pa je že bil dosežen prvi 100-metrski razpon na mostu Il Risorgimento v Rimu. Solkanski most je tako ostal tudi zadnji kamniti velikan. Začela se je doba mostov iz betona in kmalu tudi iz prednapetega betona. To je obdobje, ki traja še danes.

Solkanski most je od izgradnje naprej doživiljal burne dogodke. Ob njem in na njem so se odsevala vsa na žalost krvava dogajanja tako prve kot druge svetovne vojne. Most je že leta 1915 ob nastanku soške fronte spremenil podobo in vlogo. Zamaskiran je služil prehodom vojakov in opreme vse do tragične noči med 8. in 9. avgustom leta 1916, ko so v bojih za Gorico avstrijski vojaki z 930 kg eksploziva porušili glavni lok mostu. Ob strašnem puku je lok v celoti zgrmel v reko Sočo.



Slika 2. Avstrijski vojaki so avgusta leta 1916 ob umiku razstrelili veliki lok.

V zadnji, 12. bitki na soški fronti, ki jo je zaznamoval zlom fronte pri Kobaridu, je 27. oktobra 1917 avstrijska vojska ponovno zavzela območje Gorice in takoj začela z obnovo prometa na bohinjski progi. Za ta namen je prek Soče, na mestu, kjer je prejel stal kamniti lok, do maja 1918 postavila jekleno konstrukcijo tipa Roth-Waagner dolžine 93 m. Konec leta 1918 je z novo razdelitvijo ozemelj, most in del bohinjske proge do Podbrda prešel v upravljanje italijanskih železnic (Ferrovie Italiane).

V obdobju obnove in prenove celotnega sistema italijanskih železnic po I. svetovni vojni je postopno nastopil tudi čas za obnovo solkanskega železniškega mostu. Obnovo je prevzel tržaški oddelek italijanskih državnih železnic, točneje Sekcija za dela v Vidmu (Compartimento di Trieste, Sezione Lavori di Udine), ki jo je vodil inženir Ferruccio Voghera.

Za obnovo mostu so bili izdelani številni projekti s še bolj številnimi rešitvami. Ena prvih zamisli je predvidevala zamenjavo začasne jeklene konstrukcije s trajno in bolj solidno rešitvijo v jeklu. Druga rešitev je predlagala izvedbo s tremi ali petimi manjšimi loki prek Soče. Zelo zanimiva in poceni je bila predlagana rešitev z armiranobetonskim lokom, ki je bil v teh letih v Evropi že močno uveljavljena rešitev za zahtevnejše premostitve rek.

Po izločitvi vseh teh predlogov je na mizi ostal le predlog o ponovni obnovi mostu z

enim samim lokom. Toda s kakšnim lokom – ali v betonu, armiranem betonu ali v rezanem kamnu, kot je bil zgrajen lok leta 1905?

Na srečo pa je bilo predlagano sožitje armiranega betona s kamnito konstrukcijo obeh obrežnih pristopnih viaduktov iz naravnega kamna ocenjeno kot nesprejemljivo.

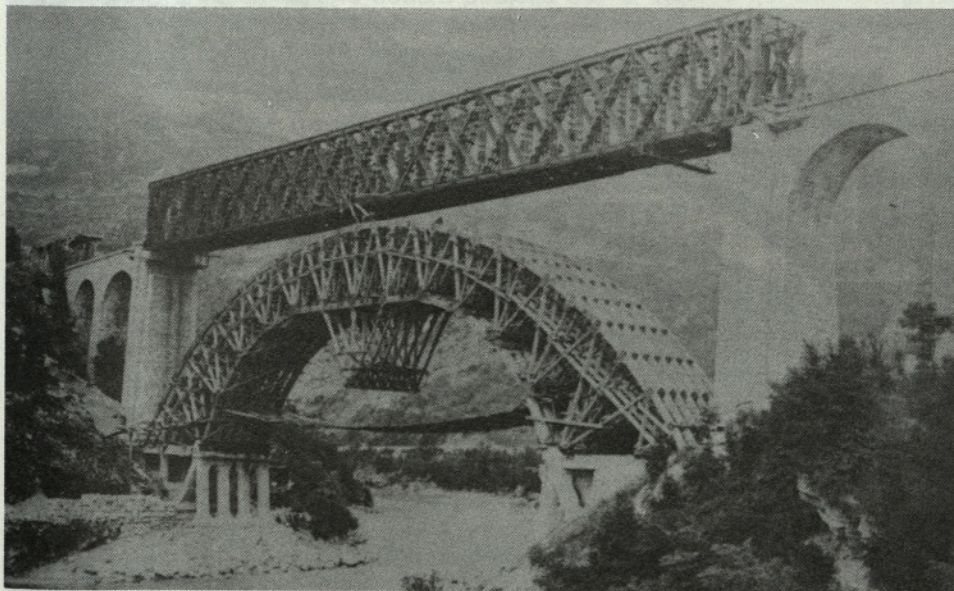
Sprejeta je bila jasna odločitev – lok mora biti ponovno izveden v rezanem kamnu in v izmerah, kot je bil narejen pred porušitvijo. Ta investitorjeva odločitev o obnovi mosta v rezanem kamnu je vredna vse pozornosti. Vedeti moramo, da je bilo obdobje okoli leta 1925 že cvetoče obdobje velikih betonskih in armiranobetonskih lokov in da se po letu 1910 nikjer na svetu ni več gradilo velikih kamnitih lokov. Taka odločitev, ki ni dopustila nepravlega sožitja med betonom in obstoječimi obrežnimi viadukti, je vsekakor hvalevredna in v gradbeni praksi zelo redka. Investitorji se pač težko uprejo cenejšim rešitvam. Tako se nam je do današnjih dni ohranil največji kamniti lok iz rezanega kamna, ki je bil kdajkoli narejen v človeški zgodovini. Čeprav narejen v tehnološko že bolj razvitem obdobju kot prvotni lok, še vedno ohranja svojo tehnično vrednost. Most je tako ohranil svojo lepoto in eleganco.

Na licitaciji, ki je 3. marca 1925 potekala na Sekciji za dela v Vidmu (Sezione Lavori di Udine), je dela pri obnovi mostu dobila firma Attilio ing. Ragazzi iz Milana. Do podpisa pogodbe je prišlo 2. aprila istega leta, pripravljala dela so se zato lahko kmalu pričela.

Popis del, ki jih je zajemala pogodba, je še posebej zanimiv. Detajlno namreč opisuje vse predvidene delovne postopke in obseg vseh del. Zahteve za kamnite kvadre glavnega loka so predvidevale tudi način površinske obdelave kvadrov, posebno na vidnih površinah mostu. Kamnite bloke, ki so jih pripeljali po železnici, je iz kamnoloma Chiampo pri Vicenzi dobavilo podjetje Industria marmi. Manjši del kamnov je bil pripeljan tudi iz kamnoloma v Nabrežini in v Avianu.

Pri obnovi loka je bil za malto, ki so jo vgrajevali v stike med kamni, tokrat uporabljen portlandski cement iz že leta 1921 zgrajene cementarne Anhovo ob Soči (Salona d' Isonzo).

Kamniti lok, ki so ga postavili italijanski graditelji in ki stoji še danes, je imel glede na prvotni avstrijski lok nekoliko spremenjeno obliko, ki pa je na oko komaj opazna. Ker je bil novi lok tudi tanjši, v peti loka je meril le 3.10 m namesto prejšnjih 3.50 m, v temenu loka pa 1.80 m namesto 2.10 m, so graditelji prihranili tudi 340 m³ kamna. Nad lokom so bile zgrajene tudi le po štiri razbremenilne odprtine, medtem ko je imel prvotni lok po pet takih odprtin na vsaki strani loka.



Slika 4. Sokarski most je v obnovljenim lokom še

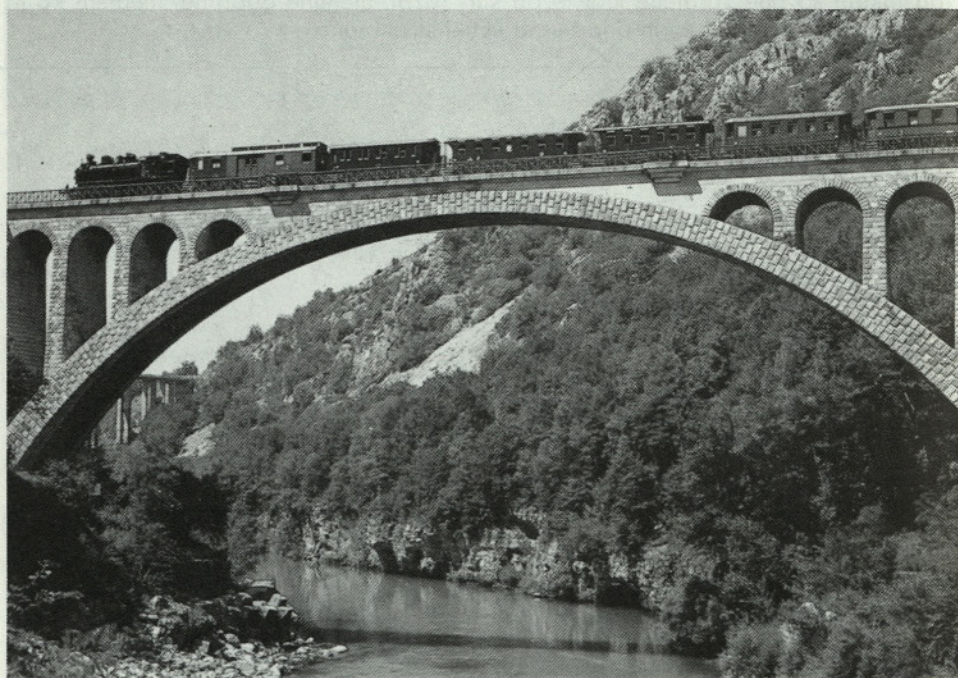
Slika 3. Italijanske železnice so med leti 1925–27 ponovno zgradile lok v rezanem kamnu.

Prve težave so se pojavile kmalu na začetku gradnje. Graditelji so nameravali postaviti popolnoma enak podporni oder, kot so ga uporabljali avstrijski graditelji. Narasla Soča je v začetku avgusta 1925 odnesla, podobno kot leta 1904, vse priprave za gradnjo vmesnega stebra podpornega odra v strugi Soče. Zato je bila takoj predlagana sprememba projekta podpornega odra brez vmesnega podpiranja v strugi Soče. Novi projekt je predvidel ločno leseno konstrukcijo tipa Séjourné. Podoben način podpiranja je veliki francoski konstruktor mostov Paul Séjourné uporabil za gradnjo velikega mostu Adolphe v Luksemburgu, ki ma vsega 35 cm krajši lok kot solkanski most (razpon 84.65 m, zgrajen leta 1903). Za tak način podpiranja je bilo tokrat uporabljenih le 650 m³ lesa.

Vgrajevanje kamnitih kvadrov v lok je potekalo od 20. avgusta 1926 do 9. decembra istega leta, ko je bil vgrajen zadnji, to je 4533. kamen loka. Sam postopek vgrajevanja ni bil niti najmanj enostaven, saj je železniški promet čez jekleno konstrukcijo mostu neprekinjeno tekkel. Dne 11. januarja 1927 pa je le nastopil trenutek, ko so lahko pričeli z umikanjem podpornega odra izpod kamnitega loka. S pomočjo naprav za spuščanje odra (leseni klini in vijalne naprave) je bil postopek končan v dveh dneh. Tudi tokrat se je vrh loka podal za vsega 6 mm.

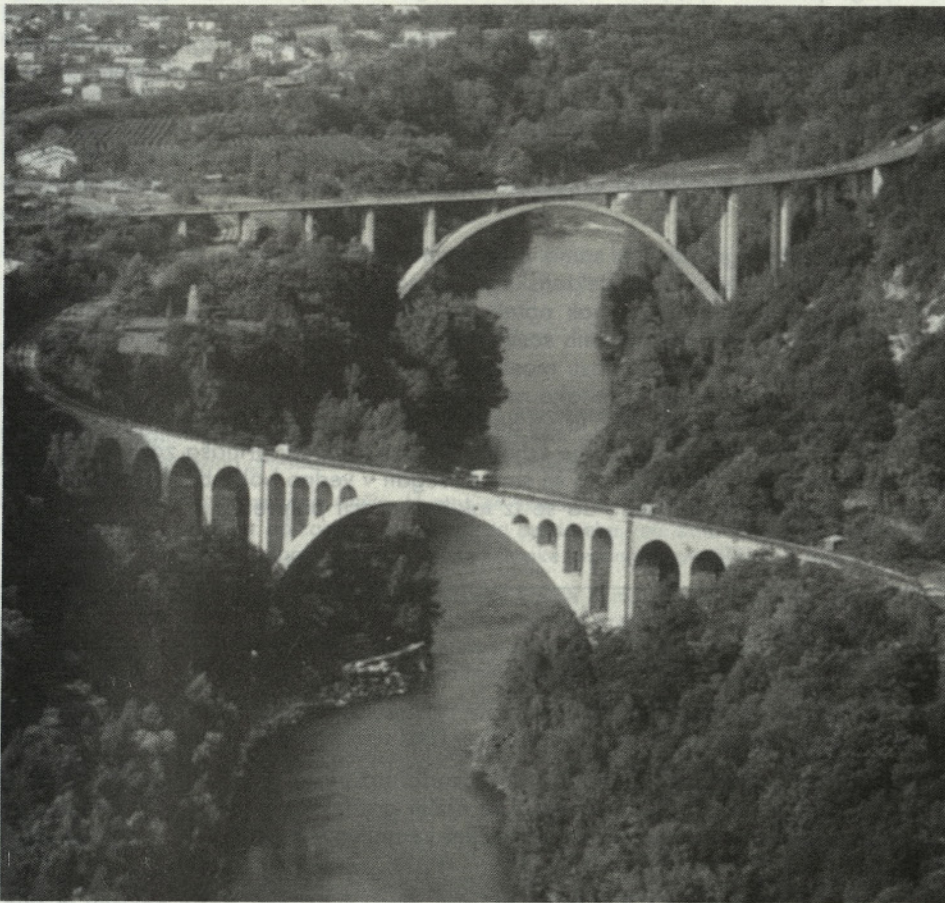
Dokončanje mostu je sedaj lahko teklo hitreje. V zaključni fazi gradnje je bila najtežja delovna operacija odstranitev 600 ton težke jeklene konstrukcije Roth-Waagner. Most je bil dokončan in pripravljen za slovesno otvoritev 8. avgusta 1927, prav na 11. obletnico porušenja velikega loka in vkorakanje italijanske vojske v Gorico. Otvoritvi sta prisostvovala nadvojvoda Emanuele Filiberto d' Aosta in takratni minister za promet Gianni Costanzo. Solkanski most je spet postal to, kar je bil nekoč – most z največjim kamnitim lokom na železniških progah na svetu.

Za solkanski most se je z nastopom druge svetovne vojne zgodovina skoraj ponovila. Most je spet postal pomemben vojaški in strateški objekt, s tem pa tudi tarča napadov. Most je čuvala in okolico utrdila najprej italijanska in kasneje nemška vojska. Zaradi tega je od avgusta 1944 postal nenehna tarča zavezniških letal, ki so hotela za vsako ceno prekiniti promet po bohinjski proggi. V šestih letalskih napadih s težkimi bombami je zaveznikom 15. marca 1945 le uspelo zadeti most, na srečo pa je bomba most v temenu loka le prebila, ne da bi eksplodirala. Most se zaradi tega ni porušil. Luknjo v loku je nemška vojska zakrpala in kmalu most usposobila za promet.



Slika 2. Avstrijski vojski so avgusta leta 1914 ob umiku raztrhali veliki lok.

Slika 4. Solkanski most je z obnovljenim lokom še vedno most z največjim kamnitim lokom na svetu (l = 85.00 m).



Slika 5. Fotografija s hrbtne strani zloženke (foto: Rafael Podobnik).

Solkanski most danes

Po končani vojni je most doživel več zaporednih obnov. Prvo obnovo je zavezniška vojaška uprava konec let 1945 oddala podjetju Bajt in Resel iz Trsta. Po priključitvi Primorske k Jugoslaviji leta 1947 so postale gospodar mostu Jugoslovanske železnice, ki so leta 1953 izvedle obsežno sanacijo in popravilo mostu.

Za most se vse do konca leta 1968 ni dogajalo nič posebnega, tega leta so namreč sprožili alarm, saj so se razpoke na mostni konstrukciji, ki so jih prvič opazili že leta 1963, pričele nevarno večati. Razpoke, ki so bile največje na pristopnem delu mostu na levem bregu Soče, so nastale zaradi drsenja terena, na katerem je ležal ta del mostu. Z drznim gradbenim podvigom, ki je trajal nekaj let, je bila dosežena stabilizacija tal, drsenje dela mostu proti Soči pa je bilo povsem ustavljeno.

Pomemben korak k zaščiti solkanskega železniškega mostu pa je bil storjen leta 1985, ko je bil most razglašen tudi za tehniški spomenik in kot tak stopil pod spomeniško varstvo.

Od leta 1991 naprej, ko je Slovenija postala samostojna država, je most prešel pod upravo Slovenskih železnic. Slovenske železnice so tako postale končni dedič velike tehnične in kulturne dediščine vseh graditeljev solkanskega mostu.

Če bi po posameznih tehničnih kriterijih lahko izluščil posamezne primате solkanskega železniškega mostu, bi le te lahko razvrstil tako:

- lok solkanskega mostu je največji med železniškimi kamnitimi mostovi na svetu;
- lok je bil zgrajen izključno iz rezanega kamna in je še danes največji lok iz rezanega (obdelanega) kamna na svetu;

- lok, zgrajen leta 1905, je imel obliko krožnega loka in je bil največji krožni lok na svetu, ki je bil kdajkoli zgrajen iz kamna;
- solkanski most ima največji kamniti lok na svetu, ki je bil kdajkoli zgrajen nad vodo;
- pri gradnji solkanskega mostu je bila izdelana največja in najzahtevnejša lesena odrska konstrukcija, ki je bila kdajkoli uporabljena pri kamnitih mostovih;
- lok solkanskega mostu je bil tudi največji kamniti lok, ki je bil zgrajen po segmentni metodi vgrajevanja kamnitih blokov in s postopnim zaključevanjem posameznih prstanov loka – ta metoda je veljala za najboljšo metodo gradnje velikih kamnitih ločnih mostov.

Vrednost solkanskega mostu ni samo v njegovih tehničnih primatih. Posebej je zanimiv tudi iz oblikovalskega in arhitektonskega zornega kota. Naravnost materialov, iz katerih je most zgrajen, in mehak potek mostne linije v prostoru ter preiščljeno in usklajeno oblikovanje posameznih sestavnih delov mostu, ki je v celoti dolg 220 m, dajejo posebej v današnjem času mostu še posebno vrednost. Malokje boste našli tako velik prometni objekt, ki se tako nevsiljeno in naravno vklaplja v okolje naravno zelo lepe doline Soče in samega kraja Solkan, v katerega neposredni bližini leži most. Vrednost te zares velike gradnje je zato še toliko večja, saj prinaša za današnji čas pomembno sporočilo o tem, kako se sme posegati v vedno bolj občutljivo človekovo bivalno okolje. Prepričan sem, da se iz takih sporočil polpreteklega časa lahko še vedno učimo...

Pred kratkim je izšla obsežna knjiga avtorja Gorazda Humarja, dipl. gradb. inž., ki je zaposlen v SGP Primorje Ajdovščina. Knjiga, katere naslov je Kamniti velikan na Soči, opisuje način gradnje in zgodovino znamenitega železniškega mostu čez Sočo pri Solkanu. Ta most se ponaša z največjim kamnitim lokom na železniških progah na svetu (razpon loka je 85,00 m).

Knjiga, ki ima 296 strani (formata A4), je obogatena s 320 fotografijami, reprodukcijami starih načrtov in skic. Barvne fotografije, vseh je 75, so prispevali številni fotografi, med katerimi najbolj izstopa mojster fotografije dr. Rafael Podobnik.

V začetnem poglavju je na približno 50 straneh opisana gradnja bohinjske železnice, najtežje alpske proge v avstro-ogorskem cesarstvu (1903–1906). Jedro knjige predstavljata zapisa obeh glavnih avstrijskih inženirjev, ki sta most gradila. V ostalih poglavjih so opisani še mnogi drugi znameniti kamniti mostovi v Evropi in po svetu. Knjiga na zanimiv način prikazuje tudi razvoj inženirske znanosti v mostogradnji ter v zadnjem poglavju opisuje zgodovino gradnje kamnitih mostov od prvih začetkov naprej.

Knjigo je izdala založba BRANKO iz Nove Gorice, natisnila pa tiskarna Grafika Soča prav tako iz Nove Gorice.

Misli o knjigi

Nisem si predstavljal, da je to tako obsežno in temeljito delo. Vložili ste veliko energije in volje v to knjigo in s tem obogatili našo strokovno literaturo, ki žal ni ravno bogata. Knjiga sodi v vrh podobne literature v svetu in s tem dela čast gradbeni stroki v Sloveniji. To je tudi pomemben prispevek slovenski kulturi.

iz pisma avtorju, prof. Sergej Bubnov, dipl. inž.

– predsednik: Franc Hribar
– član: Boris Pečenko
– član: Peter Mandeljc

(e) Kandidacijska komisija:

Delo, ki se mu je Gorazd Humar predajal vrsto let, je odkrilo veliko pisnih in slikovnih virov, a bolj kot proučevanje le-teh, je bila težka njih interpretacija, zlasti zaradi pomanjkanja ustrezne slovenske strokovne terminologije. Zagotovo so največja odlika knjige vsa temeljna graditeljska (inženirska) spoznanja o solkanskem mostu, o mostu, o katerem je krožilo že od gradnje dalje ničkoliko netočnih oznak, s katerimi je bil (ali naj bi bil) povezan njegov svetovni primat ter tudi zaradi načina in kvalitete gradnje. Knjiga vsebuje veliko izrazito gradbeniških podatkov, razumeti jih je mogoče le z obvladovanjem temeljnih osnov gradbeništva. Pisec se je dobro zavedal te značilnosti in je zato želel knjigo približati tudi nestrokovnemu bralstvu z mnogimi razlagami in primerjavami pa tudi z objavo slikovnega gradiva.

Knjiga Gorazda Humarja je prva slovenska monografija o nekem mostu, obenem pa je med zelo redkimi slovenskimi tiski o gradnji mostov.

dr. Branko Marušič, zgodovinar

V knjigi o solkanskem železniškem mostu je poleg zgodovinskih dejstev še marsikaj, kar je posredno ali neposredno povezano s kamnitimi ločnimi mostovi, ki jim je knjiga predvsem posvečena. Številne preglednice ponujajo veliko koristnih podatkov, uporabnih za zgodovino gradbeništva in gradbeno stroko nasploh.

Knjiga je sestavljena na zanimiv način. Humar se spozna na gradnjo ločnih mostov, saj je sodeloval pri gradnji betonskega cestnega mostu na cesti iz Solkana v Goriška Brda pred nekaj leti. Zato je znal izbirati vrstni red poglavij tako, da bralca drži v stalnem pričakovanju. Postopno nam odkriva postopke gradnje in okoliščine, v katerih je most nastajal.

Humarju je kot pionirju pri pisanju prve slovenske knjige o mostovih manjkalo precej strokovnih izrazov. Poiskal in dosledno uporabil jih je kar nekaj, s katerimi je nadomestil v gradbeni stroki kar precej pogosto uporabljane popačenke, prevzete iz jezikov naših sosedov. Čeprav knjiga opisuje most in gradbene postopke, ki se v celoti ne bodo več ponovili, se bodo ti izrazi večinoma lahko uporabljali tudi pri sodobnejših objektih in postopkih.

Knjigo bi morali prebrati vsi, ki so udeleženi pri nastajanju grajenih prometnic v naši državi. Prav bo prišla bodočim strokovnjakom, ki se še šolajo, tistim, ki si že nabirajo izkušnje pri strokovnem delu, pa tudi tistim, ki kakorkoli odločajo, kaj vse nam bomo gradbeniki še zgradili.

dr. Janez Duhovnik, univerzitetni profesor

Inženirju Gorazdu Humarju gre zahvala in priznanje za visoko strokovno in obsežno delo, ki ga je opravil s pisanjem knjige o kamnitem velikanu na Soči.

Z izredno zanimivo knjigo, ki je nedvomno pionirsko delo na področju mostov v Republiki Sloveniji, je dana možnost širšemu krogu strokovne in ostale javnosti, da se seznanijo z zgodovino ter tehnologijami gradnje kamnitih mostov.

Še posebej pa je knjiga zanimiva za študente obeh slovenskih gradbenih fakultet in mlajše inženirje, ki so na začetku svoje strokovne kariere, saj je tokrat prvič v slovenskem jeziku opisana problematika projektiranja in izgradnje velikih ločnih mostov, ki so predhodniki sodobnih premostitvenih konstrukcij.

Marjan Pipenbaher, dipl. inž. gr., projektant mostov

Pa še nekaj velja omeniti ob Humarjevi knjigi. In sicer to, da bralca – ko je ta vanjo že enkrat zagrizel – ne spusti več zlepa iz rok. Ali drugače povedano: knjiga bralca drži v stalnem pričakovanju, saj se bere kot napet roman, ki mestoma naravnost preseneti s še nikoli slišanim zgodovinskim dejstvom, fascinantno fotografijo, dokumentom. Mimogrede: le kdo bi od monografije 'tihožitja mostu' kaj takega sploh pričakoval?

Mladina, 19. 11. 96, Danijel Vončina, novinar

ZAPISNIK REDNE SKUPŠČINE

Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, z dne 28. 11. 1996, ki je potekala v dvorani GI ZRMK v Ljubljani, Dimičeva 12, pod pokroviteljstvom SŽ Ljubljana, GI ZRMK Ljubljana, SGP Primorje iz Ajdovščine, GIP VEGRAD iz Velenja, GRADIS – Consulta Ljubljana, d.o.o., SCT Ljubljana in DDC iz Ljubljane.

PRISOTNI: delegati iz šestih društev GIT in štirih specializiranih društev, predstavniki pokroviteljev in drugi vabljeni gostje.

Dnevni red:

1. Otvoritev skupščine, izvolitev organov skupščine
2. Poročilo predsednika ZDGITS
3. Poročilo predsednika Nadzornega odbora
4. Poročilo glavnega in odgovornega urednika Gradbenega vestnika
5. Razprava o poročilih
6. Razrešitev organov ZDGITS
7. Sprejem novega Statuta ZDGITS
8. Izvolitev novih organov ZDGIT
9. Beseda novoizvoljenega predsednika ZDGITS
10. Razprava o novem Zakonu o graditvi objektov in o inženirski zbornici
11. Podelitev priznanj zaslužnim in častnim članom ZDGITS
12. Zaključna beseda

Ad 1/1

Skupščino otvori predsednik izvršnega odbora ZDGITS **gospod dr. Bogdan Zgonc**. Uvodoma pozdravi vse delegacije, vse prisotne strokovnjake, kolege, vse zveste člane ZDGITS. Posebno dobrodošlico izreče starostam med slovenskimi gradbenimi strokovnjaki in društveniki, g. Cirilu Staniču, g. prof. Svetku Lapajnetu in g. prof. Sergeju Bubnovu. Zahvali se za prisotnost predstavnikom obeh slovenskih univerz in v pozdravu izpostavi dekana mariborske Fakultete za gradbeništvo, g. prof. dr. Ludvika Traunerja ter prodekana ljubljanske Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, g. doc. dr. Janeza Reflaka. Gostitelju, GI ZRMK, ki ga med prisotnimi predstavlja direktor, g. mag. Gojmir Černe, se zahvali za gostoljubnost.

Vse prisotne nadalje seznanj z obstoječim skupščinskim poslovnikom ter zaželi, da bi skupščina potekala v konstruktivnem ozračju, pri čemer napove, da bo vsebinsko uperjena na številne spremembe, ki se nanašajo na bodoče delovanje ZDGITS. Od omenjenih sprememb navede: novi Zakon o graditvi objektov, ustanovitev Inženirske zbornice, sodelovanje in včlanitev Zveze v evropske asociacije, kot sta FEANI in ECCE; potem sprejetje novega Statuta ZDGITS, ki smo ga uskladili z novim Zakonom o društvih ter formiranje Strokovnega foruma, ki bo zapolnil dosedanje vrzeli v sodelovanju z državnimi organi pri sprejemanju pomembnih strokovnih odločitev, kar kot možnost ponuja tudi sam Zakon o društvih za vsa društva s pridobljenim statusom delovanja v javnem interesu. To pa, po govornikovih besedah, predstavlja za našo Zvezo nov pomen in izziv. Ugotavlja, da se v slovenskem gradbeništvu že kažejo boljše razmere, ki napovedujejo obetavnejšo prihodnost, kar pa je v pretežni meri odvisno od nas samih.

Gospod dr. Zgonc za tem skupščino tudi formalno otvori tako, da predlaga v sprejetje obstoječi poslovnik in imena članov za protokolarna skupščinska telesa, kot jih veleva predlagani poslovnik.

SKLEP I.: Poslovnik skupščine je soglasno sprejet.

SKLEP II.: Soglasno so izvoljena naslednja protokolarna skupščinska telesa:

a) Delovno predsedstvo

- predsednik: prof. Sergej Bubnov
- član: Borut Gostič
- član: Gorazd Humar
- član: Milena Skorobrijin

b) Zapisnikar: Anka Holobar

c) Overovatelja zapisnika:

- Anton Žerjal
- dr. Mirko Pšunder

č) Verifikacijska komisija:

- predsednik: Matija Blagus
- član: Boris Jukič
- član: Janja Divjak

- d) Statutarna komisija:
- predsednik: Franc Hribernik
 - član: Boris Pečenko
 - član: Peter Mandeljc
- e) Kandidacijska komisija:
- predsednik: Vlado Slokan
 - član: Viktor Rus
 - član: Franc Zupančič
- f) Komisija za sklepe
- predsednik: Gorazd Humar
 - član: Dr. Janez Reflak
 - član: Peter Mandeljc

Ad 1/2

Predsednik delovnega predsedstva, **g. prof. Sergej Bubnov**, se zahvali za izvolitev in izkazano zaupanje. Zaradi neugodnih vremenskih razmer, ki oddaljenim delegatom pogojujejo varno potovanje domov in zaradi zamude, ki je iz istih razlogov nastala, obljublja, da bo skupščino vodil čim bolj učinkovito, pri čemer prosi tudi prisotne za ustrezno sodelovanje.

Skupščino najprej seznanj z nekoliko prirejenim dnevnim redom in ga da na glasovanje.

SKLEP III.: Dnevni red skupščine je sprejet.

Ad 1/3

Ker o veljavnosti poteka skupščine in sprejetih sklepov odloča sklepčnost, predsedujoči prosi predsednika Verifikacijske komisije, **g. Matijo Blagusa**, da poda njeno ugotovitev, ki se glasi:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije ima v svoji sestavi 9 aktivnih območnih društev gradbenih inženirjev in tehnikov:

1. DGIT Gorica-Ajdovščina-Tolmin
2. DGIT Novo mesto
3. DGIT Celje
4. DGIT Maribor
5. DGIT Kočevje
6. DGIT Velenje
7. DGIT Pomurje
8. DGIT Koroška
9. DGIT Ljubljana

in ima 4 specializirana društva:

1. Specializirano društvo potresnih inženirjev
2. Specializirano društvo konstrukterjev
3. Specializirano društvo geomehanikov
4. Specializirano društvo za zaščito voda.

Na podlagi 14. člena Statuta in 4. člena skupščinskega poslovnika, se skupščina formira po delegatskem principu: po 5 delegatov iz vsakega posameznega društva. Po 5. členu poslovnika je skupščina sklepčna, če ji prisostvuje najmanj polovica delegatov in delegacij.

Po pregledu poverilnic, s katerimi so delegati izkazali svojo udeležbo, je le-ta naslednja:

1. DGIT Gorica-Ajdovščina-Tolmin	5 delegatov
2. DGIT Novo mesto	5 delegatov
3. DGIT Celje	3 delegati
4. DGIT Maribor	5 delegatov
5. DGIT Kočevje	0 delegatov
6. DGIT Velenje	5 delegatov
7. DGIT Pomurje	0 delegatov
8. DGIT Koroška	0 delegatov
9. DGIT Ljubljana	5 delegatov
10. Specializirano društvo potresnih inženirjev	4 delegati
11. Specializirano društvo konstrukterjev	1 delegat
12. Specializirano društvo geomehanikov	4 delegati
13. Specializirano društvo za zaščito voda	3 delegati

Skupno število prisotnih delegatov je 40 ali 61,5 %, kar pomeni, da je skupščina sklepčna in lahko nadaljuje svoje delo.

Ad 2

Sledi poročilo predsednika Predsedstva ZDGITS, **g. Gorazda Humarja**, ki skupščino seznanj z vsemi pomembnimi aktivnostmi Zveze v obdobju 1995–96 in s problematiko, ki se ji je v tem času predano posvečala.

(Glej **PRILOGO 1!**)

Predsednik delovnega predsedstva da poročilo predsednika Predsedstva ZDGITS na glasovanje.

SKLEP IV.: Poročilo predsednika Predsedstva ZDGITS je pozdravljeno in soglasno sprejeto.

Ad 3

Poročilo predsednika Nadzornega odbora ZDGITS, zaradi upravičene odsotnosti predsednika, **g. Feliksa Strmoleta**, prebere član Nadzornega odbora, **g. Ivan Parkelj**.

(Glej **PRILOGO 2!**)

SKLEP V.: Poročilo predsednika Nadzornega odbora je sprejeto.

Ad 4

Zaradi bolezni glavnega in odgovornega urednika Gradbenega vestnika **g. Franca Čačoviča**, prebere njegovo poročilo predsednik delovnega predsedstva, sicer pa tudi vidni član Uredniškega odbora Gradbenega vestnika, **g. prof. Sergej Bubnov**.

(Glej **PRILOGO 3!**)

SKLEP VI.: Poročilo glavnega in odgovornega urednika Gradbenega vestnika je v celoti sprejeto.

Ad 5

Po podanih poročilih povabi predsednik delovnega predsedstva, **g. prof. Bubnov**, prisotne k razpravi.

Ad 5/1

Spregovori najstarejši društvenik in častni član ZDGITS, **gospod Ciril Stanič**. Najprej se zahvali za izkazano pozornost in pozdrav, ki mu je bil namenjen ob otvoritvenem nagovoru predsednika izvršnega odbora ZDGITS, g. dr. Zgonca. Za tem se tudi on zahvali za gostoljubje Gradbenemu inštitutu ZRMK, ustanovi, ki ji pripisuje izredni pomen za slovensko gradbeništvo. Zahvali se ji za današnji priložnostni prikaz svoje dejavnosti in poudari njeno prisotnost s svojimi izsledki domala v sleherni številki Gradbenega vestnika.

Ko se v besedah ozre na dejavnost Zveze v zadnjih dveh letih, vidi pomemben dosežek v dolgoletnem prizadevanju za novi skupni dom inženirjev in tehnikov, ki smo ga, po izselitvi iz Erjavčeve 15, pridobili na Karlovški 3 v Ljubljani.

Spomni na inženirsko zbornico, novo pridobljeno institucijo, ki jo je omenil predsednik v svojem poročilu. Verjame v upravičenost njene ustanovitve, ker nove razmere postavljajo nove zahteve, novo organiziranost tehničnih strokovnjakov. Izpostavi že sam napredek stroke, ki tudi pri nas ne zaostaja za dosežki po svetu in v Evropi, s katero smo vseskozi hodili v koraku, zdaj je pa tudi prav, da strokovnjakom v Evropi tudi naši strokovnjaki po evropskih merilih pridemo naproti enotno in primerno organizirani. Še enkrat poudari revolucionarni razvoj slovenskega gradbeništva, njegov ponovni vzpon, ki ga narekujejo novi izzivi. Dosežke zadnjih let naslovi pod »epoho avtocest«. Mlajšim kolegom priporoča nenehno izobraževanje, vsakemu članu branje Gradbenega vestnika, ki njemu osebno veliko pomeni.

Za gradbeniški tehniški center razpozna Gradbeni center pri GI ZRMK in izrazi veselje, ker imamo gradbeniki tudi svoj poslovni center v okviru rednega gradbeniškega sejma v Gornji Radgoni.

Na koncu se zahvali vsem prisotnim in odsotnim društvenikom za njihove prispevke pri uspešnem delovanju Zveze, posebej pa še gospodu Petru Mandeljcu, ki je bil zadnjih dvajset let njen sekretar in je prav na tem odgovornem mestu med nami nedavno zaključil svojo delovno dobo in se upokojil.

Ad 6

Predsedujoči se g. Cirilu Staniču zahvali za prijazne in spodbudne besede in ker se nihče več ne priglasil k razpravi, usmeri skupščino k naslednji točki dnevnega reda.

Vse prisotne in delegate skupščine opozori, da bomo pred obravnavo in sprejemanjem novega Statuta, ki poleg drugih sprememb, predvideva tudi spremembe organov ZDGITS, izvedli razrešitev dosedanjih organov.

Predlaga sklep za razrešitev:

- a) celotnega Predsedstva ZDGITS, predsednika in oba podpredsednika;
- b) Izvršnega odbora in njegovega predsednika;
- c) Nadzornega odbora in njegovega predsednika;
- č) Disciplinskega sodišča in njegovega predsednika.

SKLEP VII.: Skupščina razreši vse dosedanje organe ZDGITS in se jim zahvali za uspešno delo.

Pred sprejemanjem novega Statuta ZDGITS poda poročilo o delu Statutarne komisije njen predsednik, **gospod Franc Hribernik**.

Najprej predstavi kronološki potek izdelave besedila, ki so ga pred zasedanjem skupščine prejela vsa društva.

Pove, da je bila strokovna izdelava Statuta zaupana gospe Vidi Bogataj, dipl. iur., ki je prvi osnutek predložila in pojasnila posebni delovni skupini za pripravo statuta 21. 3. 1996. Dne 17. 4. 1996 je bil ta osnutek predstavljen in obravnavan na 5. skupni seji Predsedstva in Izvršnega odbora ZDGITS; društvom v preučitev in obravnavo je bil poslan 22. 4. 1996. Pisne pripombe na besedilo Statuta so dala društva iz Velenja, Novega mesta in Maribora. Vse pripombe so bile za tem izročene avtorici. Na 6. seji Predsedstva in Izvršnega odbora, dne 9. 7. 1996, se je besedilo ponovno obravnavalo, pri čemer so bile upoštevane pripombe društev in strokovna mnenja avtorice Statuta. Na korespondenčni seji pri predsedniku Izvršnega odbora, 1. 10. 1996 so bile k besedilu Statuta dane nove pripombe in dopolnila, ki so bile ponovno izročene avtorici v strokovno presojo. Na skupni seji Predsedstva in Izvršnega odbora, dne 17. 10. 1996, je bilo obravnavano dokončno besedilo, vse pripombe, od člena do člena, pa so bile prikazane tudi v zapisniku navedene seje.

Delegat pouči, da nas je k spremembi Statuta obvezal novi Zakon o društvih, ki se od prejšnjega tudi sam bistveno razlikuje.

Za tem predstavi vseh 10 poglavij Statuta, zlasti vse spremembe in novosti v njem:

– III. poglavje obravnava članstvo:

Po novem so člani vsa društva GIT kot kolektivni člani. Ne glede na število članov posameznega društva, je za vsa društva določena enotna članarina.

Vsa društva, ki so vključena v našo Zvezo, morajo ta Statut priznati kot svoj statut in se po njem ravnati.

– V. poglavje določa organe zveze:

Novost v novem Statutu je ta, da je predsednik ZDGITS organ Zveze in da je predsednik ZDGITS istočasno tudi predsednik Izvršnega odbora. Sprememba je napravljena zaradi racionalizacije, delno pa tudi zato, da se ne bi sprejemale iste odločitve po dveh tirih.

– V/1 Skupščina:

Sprememba je v 17. členu, ki določa tak delegatski princip, po katerem prisostvuje skupščini iz vsakega društva, tudi specializiranega, po 5 delegatov.

– V/2 V tem poglavju so točno določene naloge predsednika.

Predsednik zveze je odgovorna oseba in mora biti vpisan v registru društva pri pristojni Upravni enoti.

– V/3 Izvršni odbor:

Po novem Izvršni odbor imenuje glavnega in odgovornega urednika Gradbenega vestnika ter člane Uredniškega odbora. Prej je glavnega in odgovornega urednika imenovala skupščina.

Gospod Hribernik pri tem poglavju opozori na neskladje med 2. in 3. alineo 26. člena, ki ena drugo izključujeta o vprašanju, kdo sprejema finančni načrt in zaključni račun, ali izvršni odbor (3. alineja) ali skupščina (2. alineja).

– V/4 Nadzorni odbor:

Naloge ostanejo iste. Novost prinaša Zakon o društvih, po katerem si računsko razsodišče prilašča pravico vpogleda v poslovno dokumentacijo, ne oziraje se na ugotovitve in sklepe Nadzornega odbora ZDGITS.

– V/5 Disciplinsko sodišče smo v novem statutu preimnovali v Častno razsodišče, pri čemer se naloge in pristojnosti ne spremenijo.

– VI. Finaciranje dejavnosti ZDGITS:

Novost je ta, da je članarina za vsa društva enotna.

– VII. Strokovni forum:

Ta posvetovalni organ je v celoti nova pridobitev Zveze, z nalogami, navedenimi v tem poglavju Statuta.

Oblikuje se s sklepom skupščine in ga sestavljajo vidni predstavniki s področja dejavnosti ZDGITS tako, da po enega predstavnika v Strokovni forum delegirajo:

- Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani
- Fakulteta za gradbeništvo Univerze v Mariboru
- Zavod za gradbeništvo Slovenije
- Gradbeni inštitut ZRMK Ljubljana
- Inštitut za gradbeništvo in promet pri Fakulteti za gradbeništvo Univerze v Mariboru
- Ministrstvo RS za okolje in prostor
- Ministrstvo RS za znanost in tehnologijo
- Ministrstvo RS za gospodarske dejavnosti
- Ministrstvo RS za šolstvo in šport

– IX. Strokovno administrativni sodelavci ZDGITS.

Pri tem poglavju predsednik Statutarne komisije še enkrat omeni kadrovske spremembe v administraciji ZDGIT, kjer se je prvotno število 3 delavcev zmanjšalo na 2 delavca.

– X. Pri Končnih določbah tega Statuta je navedeno, kdaj preneha delovanje ZDGITS in da ta Statut prične veljati, ko ga sprejme skupščina na svojem zasedanju. Podpisnika Statuta morata biti dva: praviloma predsednik in sekretar ZDGITS, v našem primeru na mesto sekretarja podpredsednik.

Predsednik Statutarne komisije, g. Hribernik, nato svoje poročilo usmeri še v samo sprejemanje Statuta pri pristojnem oddelku Upravne enote Mesta Ljubljana.

Delegate seznanjeni, da smo s strokovno službo pri navedeni upravni enoti želeli navezati stike že pred današnjim zasedanjem skupščine z namenom, da bi nam ta služba do današnjega dne posredovala na naš Statut svoje pripombe in bi danes sprejemali že korigirano besedilo. Ker pa se nam ta poskus ni posrečil, predlaga g. Hribernik v imenu Statutarne komisije skupščini, da se Statut ZDGITS danes sprejme tak, kakršen je, vendar pod pogojem, da se vse pripombe, ki bodo nanj dane s strani strokovne službe pri Upravni enoti Mesta Ljubljane, vnesejo v Statut, za to nalogo pa se obveže Izvršni odbor ZDGITS.

Priporoča tudi popravek besedila v Statutu za tisti del in tista določila, ki danes niso usklajena z določili Zakona o društvih. Za konkretni primer navede vprašanje pristojnosti sprejemanja poročila o poslovanju Zveze. Po Zakonu o društvih bi moral biti za to pristojen najvišji organ društva, to je skupščina, iz našega Statuta pa je razvidno, da je ta pristojnost določena Izvršnemu odboru.

Ad 7/2

Predsednik delovnega predsedstva, **g. prof. Sergej Bubnov**, se zahvali za izčrpno poročilo predsedniku Statutarne komisije in prisotne tudi opozori, da je registracija Statuta pri pristojnem organu na Upravni enoti strahotno komplicirana administrativna procedura, ki utegne izredno dolgo trajati.

Velik problem pri usklajevanju Statuta z Zakonom o društvih nastane zaradi tega, ker še ne obstaja podzakonski akt. Zakon o društvih je Državni zbor RS sicer sprejel v novi obliki, veljavni podzakonski akt pa je še iz starega Zakona. Prof. Bubnov nadalje razloži in svetuje postopke, ki nas v zvezi z registracijo Statuta in dejavnostjo Zveze čakajo. Predlaga sprejem sklepa, ki ga je pripravil g. Hribernik v imenu Statutarne komisije, po katerem skupščina pooblašča Izvršni odbor za uskladitev dikcije Statuta s pripombami, ki jih bomo dobili od pristojnega organa upravne enote.

Še prej pa prosi prisotne, da se oglasijo z morebitnimi pripombami in mnenji, ki zadevajo Statut in njegovo novo besedilo.

Ad 7/3

Gospod prof. dr. Miha Tomažević, seznanjeni prisotne, da je zavod, ki ga kot direktor upravlja, dobil novo ime, ki se glasi, Zavod za gradbeništvo Slovenije in torej ne več ZAG Ljubljana.

Gospod prof. Svetko Lapajne ponudi v razmislek višino članarine, katero Statut predvideva za vsa društva enako. Po njegovem mnenju bi veljalo upoštevati, da imajo društva različno veliko število članov, nekatera le nekaj deset, druga nekaj sto.

SKLEP VIII.: Skupščina sprejme Statut ZDGITS, kot ga je predlagala Statutarna komisija in ga v predloženi formulaciji predlaga v izročitev pristojnemu organu upravne enote Mesta Ljubljane za pridobitev odločbe o registraciji dejavnosti ZDGITS.

SKLEP IX.: Skupščina pooblašča Izvršni odbor, da uskladi besedilo Statuta z morebitnimi pripombami, ki jih bo na Statut dal pristojni organ upravne enote.

Ad 8

Predsednik delovnega predsedstva za tem napove volitve v nove organe ZDGITS, ki jih po 19. členu novega Statuta voli skupščina in prosi predsednika Kandidacijske komisije, da skupščino seznanijo s predlogi kandidatov v te organe.

Na glasovanje da način volitev.

SKLEP X.: Volitve novih organov ZDGITS so javne.

Ad 8/1

Predsednik Kandidacijske komisije, **g. Vlado Slokan** poroča, da je komisija opravila svoje delo in za mandatno obdobje 1996/97 predlaga skupščini v izvolitev naslednje člane v organe ZDGITS:

I. Izvršni odbor:

1. Za predsednika, ki se predstavlja kot **predsednik ZDGITS**, je predlagan **g. prof. dr. Janez Reflak**, prodekan na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani

2. Za podpredsednika je predlagan **g. Gorazd Humar**, dosedanji predsednik Predsedstva ZDGITS,

za člane pa iz vsakega društva GIT po en (1) predstavnik in sicer:

3. **Jože Barič** (DGIT Novo mesto)
4. **g. Petrič** (DGIT Gorica-Ajdovščina-Tolmin)
5. **g. Veljko Gačič** (DGIT Maribor)
6. **g. Matija Blagus** (DGIT Velenje)

7. **g. Boris Pečenko** (DGIT Ljubljana)
8. **g. Janko Veber** (DGIT Kočevje)
9. **g. Ivan Hali** (DGIT Koroška)
10. **g. Janez Erjavec** (DGIT Pomurje)
11. **g. Jože Vengust** (DGIT Celje)
12. **g. dr. Roko Žarnič** (Društvo potresnih inženirjev)
13. **g. Borut Gostič** (Društvo geomehanikov)
14. **g. Miro Zule** (Društvo konstrukterjev)
15. **g. dr. Milenko Roš** (Društvo za zaščito voda)

Predloge članov za predsednika ZDGITS, podpredsednika in izvršni odbor da skupščini na glasovanje.

SKLEP XI.: Skupščina soglasno izvoli predlagane člane Izvršnega odbora, predsednika in podpredsednika ZDGITS.

II. Nadzorni odbor:

1. za predsednika je predlagan **g. Feliks Strmole**

za člana sta predlagana:

2. **g. Ivan Parkelj**
3. **g. Bojan Čelofiga**

Gospod Slokan predlaga, da bi tri namestnike izvolili člani Nadzornega odbora sami.

SKLEP XII.: Predlagani člani Nadzornega odbora so soglasno izvoljeni. Skupščina soglaša tudi z mnenjem, da bi 3 namestnike Nadzorni odbor imenoval sam.

III. Častno razsodišče:

predlogi:

1. za predsednika: **g. Matija Blagus**
2. za člana: **g. Anton Žerjal**
3. za člana: **g. Jože Vučajnik**

SKLEP XIII.: Izvoljeni so vsi predlagani člani častnega razsodišča.

IV. Strokovni forum:

Predlagano je, da v strokovni forum delegirajo po enega predstavnika naslednje institucije:

1. Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani
2. Fakulteta za gradbeništvo Univerze v Mariboru
3. Ministrstvo RS za okolje in prostor
4. Ministrstvo RS za znanost in tehnologijo
5. Ministrstvo RS za gospodarske dejavnosti
6. Ministrstvo RS za šolstvo in šport
7. Zavod za gradbeništvo Slovenije
8. Gradbeni inštitut ZRMK Ljubljana
9. Inštitut za gradbeništvo in promet Maribor.

SKLEP XIV.: Skupščina soglaša s predlogi naslovov, ki bodo delegirali svojega predstavnika v Strokovni forum ZDGITS.

Ad 9

K besedi se priglasi novoizvoljeni predsednik ZDGITS, **g. prof. dr. Janez Reflak**, se zahvali za izvolitev in poda osnovne smernice delovanja ZDGITS v mandatu, ki mu je zaupan.

(Glej **PRILOGO 4.**)

Ad 10

Gospod prof. Bubnov se novoizvoljenemu predsedniku, g. prof. dr. Janezu Reflaku, zahvali za spodbuden govor in mu v imenu članstva ZDGITS še enkrat izrazi največjo mero zaupanja pri vodenju Zveze v naslednjih letih.

Po krajšem odmoru napove kratko razgrnitev aktualne problematike v gradbeništvu, kot sta novi Zakon o graditvi objektov in ustanovitev inženirske zbornice.

Ad 10/1

O zakonu o graditvi objektov spregovori **g. prof. dr. Janez Duhovnik**.

Uvodoma pove, da so dopolnitve in spremembe Zakona o graditvi objektov izšle v Uradnem listu RS 25. 10. 1996; v Državnem zboru RS so bile sprejete 10. 10. 1996; Zakon v novi obliki pa je začel veljati 9. 11. 1996.

Poudari, da imajo največ zaslug za spremembo zakona prav gradbeni inženirji, ki so bili vrsto let aktivni na tem področju. Namen Ministrstva RS za okolje in prostor, ki po pristojnosti ureja te zadeve, je bil spremeniti vse zakone, ki zadevajo graditev, od urbanističnega načrtovanja do gradnje, in napisati enoten zakon, ki bi vse to urejal. Pri problematiki urejanja prostora pa je Ministrstvo naletelo na številne probleme, ki so odvisni predvsem od politične volje zakonodajalca, zato so posegli po našem osnutku zakona o graditvi objektov, ki smo ga leta 1994 že objavili v Gradbenem vestniku ter nas vključili pri Ministrstvu za okolje in prostor v komisijo, ki je pripravljala predloge zakonov. Po tem, ko so se v komisiji dolgo časa ukvarjali z omenjenim enotnim zakonom in s spremembami vseh petih zakonov, ki so takrat sodili med aktualne, so se nazadnje le lotili tega zakona o graditvi in kakršen je zdaj izšel, je pravzaprav kompromis med tistim, kar so želele posamezne stroke.

Žal pa je Državni zbor sprejel nekaj sprememb, ki niso v celoti usklajene z vsem tistim, kar je predlagatelj zakona imel namen uvesti, zato se predvideva kar precej težav pri izvajanju tega zakona. G. prof. Duhovnik upa, da bodo prizadeti predlagali Državnemu zboru take spremembe zakona, da bo v življenju uporaben.

Udeležence skupščine nato seznanili z vsemi spremembami zakona:

- Določbe o investicijskem programu so v celoti opuščene. Razlog je bil ta, da sprejme zasebni investitor za svoja dejanja vso odgovornost in da se ga pri tem ne sme omejevati; država pa ima zato posebni zakon o javnih naročilih, ki te reči urejajo.

- Določbe o pogojih za opravljanje dejavnosti pri graditvi objektov.

Stari zakon je omejeval iniciativo zasebnikov tako, da je za izvajalce gradbenih del in za projektante predpisoval določene kadrovske pogoje. Ustavno sodišče je ugotovilo, da so te določbe preveč omejevane in naročilo Ministrstvu za okolje in prostor, da te omejitve odpravi.

- Dovoljenje za gradnjo: je pomembna sprememba.

Prej je bilo potrebno pred graditvijo pridobiti lokacijsko dovoljenje in za tem še gradbeno dovoljenje. Zdaj dobimo enotno dovoljenje in tako skrajšamo postopek pridobivanja dovoljenja, predvsem pa zmanjšamo možnosti tistih, ki gradnji nasprotujejo.

- Podobne spremembe so tudi pri nadzoru. Tehnični pregled ni bistveno spremenjen. Spremembe so pri uporabnem dovoljenju, kjer je bolj razdelano to, da se ločijo objekti, ki morajo imeti poskusno obratovanje. Spremenjene so tudi določbe o inšpekcijskem nadzorstvu, kjer, žal, naletimo na številne nedoslednosti. Za primer navede gradbeno inšpekcijo (ki ima svoj simel zaradi tega, ker pač obstaja gradbena stroka), ki je del svojih nalog predala inšpekciji za graditev, kjer pa se mešajo številne stroke, kar zmanjšuje njeno učinkovitost.

V predlogu, ki smo ga objavili že v Gradbenem vestniku, je bilo veliko govora o tem, da bi bilo treba uvesti neko neodvisno kontrolo projektov. Tako predlagatelju zakona kot tudi drugim strokam se, žal, ni zdelo potrebno uvesti te neodvisne kontrole. Ostala je samo neodvisna kontrola projektov gradbenih konstrukcij.

- Poglavje o investicijskem programu je v celoti zamenjano s poglavjem o gradbenih proizvodih in bistvenih zahtevah za objekte. To poglavje je podlaga za uporabo in razvoj vseh tehničnih predpisov in standardov. Razlagatelju se zdi ta sprememba najbolj pomembna in bo najbolj prispevala k temu, da se bo nivo gradbeniške stroke dvignil in približal svetovnemu nivoju.

- O kazenskih določbah pa meni, da so prilagojene vrednosti naše denarne enote.

S tem svojo obrazložitev novega zakona o graditvi objektov zaključil.

Ad 10/2

Gospod prof. Bubnov se g. prof. dr. Duhovniku zahvali za kratko in izčrpno predavanje in prosi **g. mag. Gojmirja Černeta**, da na kratko predstavi še ustanovitev in pomen inženirske zbornice.

Najprej prebere tista določila Zakona o graditvi objektov, ki določajo namen ustanovitve inženirske zbornice (76.a člen) o tem, kdo jo sestavlja, kateri je njen najvišji organ, o Statutu, ki ga sprejme skupščina zbornice in h kateremu da soglasje Vlada Republike Slovenije.

V Statutu Zbornice so podrobno določene njene naloge, obširno pa so opredeljene v 76.b členu Zakona o graditvi objektov.

O sredstvih za poslovanje zbornice govori 76.c člen Zakona. 76.č člen govori o disciplini, o disciplinskih organih zbornice in disciplinskih ukrepih (76.d člen), o disciplinskem prestopku 76.e člen.

Pomembne so prehodne in končne določbe Zakona, ki določajo pogoje in postopek ustanavljanja zbornice; govori o imeniku projektivnih podjetij in pooblaščenih inženirjev; določajo čas izvajanja posameznih postopkov in pogoje inženirjev za včlanitev v Inženirsko zbornico.

G. mag. Černe pove, da je bil ustanovitveni zbor Inženirske zbornice 21. novembra 1996 v SMELT-ovi dvorani v Ljubljani. Vpisalo se je približno 600 inženirjev. Tedaj je bil tudi sprejet Statut s približno 24 amandmaji, ki so bili večinoma sprejeti.

Statut ima 9 poglavij, 115 členov.

Za tem prebere Statut in pojasni posamezne člene.

Zanimivi so organi zbornice, navedeni v 8. členu statuta: skupščina zbornice, predsednik zbornice, upravni odbor zbornice, izvršilni odbori matičnih sekcij posameznih inženirskih strok, nadzorni odbor, disciplinski tožilec, disciplinska komisija, disciplinsko sodišče. Mandat organov traja 4 leta. Vse funkcije se opravljajo neprofesionalno.

Zanimivo je tudi 5. poglavje, ki govori o matičnih sekcijah inženirske zbornice. V 33. členu je navedeno, da sestavljajo zbornico naslednje matične sekcije inženirskih strok:

- inženirjev arhitektov urbanistov in krajinskih arhitektov
- gradbenih inženirjev
- strojnih inženirjev
- elektroinženirjev
- inženirjev tehnologov
- ter drugih inženirjev (v amandmaju zahteva, da se navedejo).

Vsaka matična sekcija je strokovno samostojna in avtonomna enota Zbornice (34. člen Statuta), ki posluje tudi finančno samostojno in neodvisno.

Vsaka matična sekcija ima izvršilni odbor, ki ga sestavljajo: predsednik, podpredsednik in najmanj 11 članov izvršilnega odbora.

Pomembne so tudi pristojnosti vsake matične sekcije, določene v 37. členu Statuta. Generalni sekretar zbornice je profesionallec s pravosodnim izpitom ali inženir, ki izpolnjuje z zakonom določene pogoje za pooblaščenega inženirja, z najmanj 5 let delovnih izkušenj na upravno-organizacijskih področjih.

Predstavi še vse akte Zbornice (kodeks poklicne etike... in drugi pravilniki...), rizični sklad zbornice, potem nameni nekaj besed pogojem, ki jih mora izpolnjevati posamezni inženir za včlanitev v Inženirsko zbornico.

Predstavljeni Statut Zbornice bo predan vladi v soglasje. V tem obdobju pa je določeno začasno vodstvo Zbornice, ki deluje na pripravi določenih aktov, ki so v 54. členu Statuta navedeni. To vodstvo je tudi zadolženo za ustanavljanje matičnih sekcij.

Za konec g. mag. Černe povabi vse zainteresirane inženirje, da se pridružijo delovanju matične sekcije gradbenih inženirjev Inženirske zbornice.

Ad 10/3

Sekretar Združenja za gradbeništvo in IGM pri Gospodarski zbornici Slovenije **gospod Jože Vučajnk** seznanj prisotne s posvetovanji o vprašanju novega zakona o graditvi objektov in inženirske zbornice in pove čas in kraj posameznih posvetovanj na različnih območjih po Sloveniji (Ljubljana, Nova Gorica, Maribor). Prosi, naj pridejo zainteresirani na posvet z izdelanimi vprašanji.

Opozori na nekaj najbolj pogostih vprašanj, ki se pojavljajo v zvezi z obravnavano problematiko (pr.: zakon govori o pooblaščenih inženirjih, o diplomiranih inženirjih z najmanj 2 leti prakse in inženirjih z višjo strokovno izobrazbo, z najmanj 10 leti prakse – vse to velja za pooblaščene inženirje; odgovorni projektanti so lahko samo diplomirani inženirji...)... itd.

Razloži tudi, kdo vse je lahko član Inženirske zbornice.

Ad 10/4

K diskusiji se priglasi **gospod Ciril Stanič** z vprašanjem o statusu cenilca. V imenu **g. prof. Svetka Lapajnet**a, ki je moral zaradi drugih obveznosti predčasno zapustiti zasedanje skupščine, g. Ciril Stanič naslavlja na g. prof. dr. Duhovnika, razlagatelja Zakona o graditvi objektov, vprašanje o pojmu »stabilnost«, ki je, po besedah g. prof. Lapajnet, pojem uklona in ga sprašuje o pravilnosti rabe pojma v zakonu (30. člen, točka 7). V 8. členu zakona predlaga, da se trdnosti in stabilnosti doda še varnost.

Na koncu g. Stanič predlaga, da bi se prvim pobudnikom za ustanovitev Inženirske zbornice, med katere vsekakor sodi g. dr. Pavle Štular, s tega mesta dalo pisno priznanje za njihova prizadevanja.

Ad 10/5

Gospod prof. Sergej Bubnov zaokroži diskusijo o novem zakonu in Inženirski zbornici in meni, da na današnji skupščini ne moremo sprejeti nekih posebnih stališč do spoznanih problemov; poudari pa, da je pred novi Izvršni odbor ZDGITS postavljena naloga, da sodeluje v razpravah, ki bodo potekale za iskanje rešitev, ki so najbolj pomembne za našo Zvezo, naše člane in našo družbo.

Napove naslednjo točko dnevnega reda, in sicer:

Ad 11/

Podelitev priznanj zaslužnim in častnim članom ZDGITS.

Za ta slavnostni del skupščine nas obvezujeta 11. in 12. člen Statuta, ki opredeljujeta pogoje za imenovanje zaslužnega oziroma častnega člana ZDGITS.

Ad 11/1

Priznanje za naziv ZASLUŽNEGA ČLANA Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije prejmejo:

1. Ga. Janja DIVJAK (DGIT Velenje)
2. G. prof. dr. Janez DUHOVNIK (DGIT Ljubljana)
3. Ga. Alenka ES (DGIT Velenje)
4. G. Boris JUKIČ (DGIT Velenje)
5. G. Peter KOSI (DGIT Maribor)
6. G. Peter MANDELJC (DGIT Ljubljana)
7. Ga. Ida SLAPŠAK (DGIT Novo mesto)
8. G. Franc VREČKO (DGIT Maribor)
9. G. prof. dr. Bogdan ZGONC (DGIT Ljubljana)

Priznanje za naziv ČASTNEGA ČLANA Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije prejmejo:

1. G. Franc ČAČOVIČ (DGIT Ljubljana)
2. G. Gorazd HUMAR (DGIT Gorica-Ajdovščina-Tolmin)
3. G. prof. Svetko LAPAJNE (DGIT Ljubljana)
4. G. Boris PEČENKO (DGIT Ljubljana)
4. G. Anton ŽERJAL (DGIT Novo mesto)
6. G. prof. Egon ŽITNIK (DGIT Maribor)

Priznanja je po sklepu skupščine o imenovanju zaslužnih in častnih članov ZDGITS slovesno podelil predsedujoči v delovnem predsedstvu **g. prof. Sergej Bubnov** in vsem slavljencem iskreno čestital.

Ad 11/2

Zaključek slovesnega dela pripravi dosedanji predsednik Predsedstva ZDGITS, **g. Gorazd Humar**, ki se v imenu vseh slovenskih gradbenikov, članov naše Zveze, Predsedstva in Izvršnega odbora, prisrčno poslovil od dolgoletnega sekretarja, **gospoda Petra Mandeljca**, ki je naši Zvezi služil 20 zadnjih let in se s tega mesta v letošnjem letu tudi upokojil. Za dolgoletno predano delo mu v imenu Zveze izroči spominsko darilo.

Gospod Peter Mandeljc se zahvali za izkazano pozornost; oriše čas, ki ga je prebil profesionalno pri Zvezi in se spomni vseh predsednikov in drugih funkcionarjev, ki jim ob tej priložnosti izreka hvaležnost, čast in slavo.

Ad 12

Gospod prof. Sergej Bubnov, predsednik delovnega predsedstva, zaključil zasedanje skupščine z najboljšimi željami za nadaljnje delo in vse lepo pozdravi.

Gospod Ciril Stanič za konec priporoča, da bi skupščina predlagala svoje pomembne strokovnjake iz področja gradbeništva za priznanja na državni ravni.

Gospod Borut Gostič, v imenu gostitelja Gradbenega inštituta ZRMK, opozori na dejavnost Inštituta, ki je prikazana na razstavnih panojih in v gradivu, ki je bilo pred zasedanjem razdeljeno vsem udeležencem, nakar povabi vse na družabno srečanje ob kosilu.

ZAPISNIKAR:

Anka Holobar, I. r.

OVEROVATELJA ZAPISNIKA:

- Dr. Mirko Pšunder
- Anton Žerjal

PREDSEDNIK
DELOVNEGA PREDSEDSTVA
Prof. Sergej Bubnov
Ljubljana, 28. 11. 1996

POROČILO PREDSEDNIKA PREDSEDSTVA ZDGITS

Spoštovani predsedujoči, g. prof. Bubnov, dragi kolegice in kolegi, spoštovani gostje!

Lepo vas pozdravljam. Vesel sem, da smo se po dveh letih spet zbrali na skupščini, od katere pričakujem, da bo potrdila naše dosedanje delo in načrte za bodočnost. Naša Zveza, ki praktično deluje že pol stoletja, je najmočnejši integrativni faktor vseh gradbenikov v Sloveniji. Prav naša volja po skupnem strokovnem delu nas je varno pripeljala mimo vseh političnih in ekonomskih sprememb, ki so se v teh desetletjih dogajale na naših tleh. Zato smo ponosni na našo preteklost in dejavnost v tem času in zato še bolj smelo in polni načrtov zremo v bodočnost, saj je pripadnost stroki tisto, kar nas bo združevalo še naprej.

Dveletno obdobje od zadnje skupščine v Velenju ni dolgo, vendar je bilo za izvršni odbor naše Zveze in za njeno predsedstvo dokaj intenzivno in delovno. Morda je prav v tem kratkem času nastalo nekaj večjih in pomembnejših sprememb, ki so vplivale tako na delo kot organiziranost naše Zveze.

Predvsem so v tem času izstopale naloge, ki so najbolj zaposlovale izvršni odbor ZDGITS; to je bilo sprejemanje novega Zakona o graditvi objektov in novega Statuta naše Zveze.

– Zakon o graditvi objektov (ZGO) je bil precej časa v razpravi, tako v naši Zvezi kot na drugih inštancah. Zakon je bil pred kratkim sprejet in na novo urejuje marsikatero področje gradbene dejavnosti, v katere mi gradbeniki ob svojem delu posegamo. Prva je na problematiko novega Zakona opozorila strokovna komisija, ki jo je vodil prof. dr. Janez Duhovnik – imenovali smo jo enostavno kar Duhovnikova komisija –, saj je pripravila največ tehtnih pripomb k novemu zakonu in se na tem mestu želim prof. dr. Duhovniku najlepše zahvaliti. V času usklajevanja predloga Zakona se je s pripombami vključevala tudi naša Zveza, predvsem na področju pristojnosti, ki jih imajo po novem ZGO gradbeni tehniki, najštevilčnejši del našega članstva.

Pri tem našem prizadevanju kljub vsemu trudu nismo najbolj uspeli, zato ostaja naloga podrobnejše definicije in vloga gradbenega tehnika v procesu gradnje še kot nezadostno rešeno vprašanje.

Vsekakor pa prinaša ZGO v področje našega dela večji red in zato predstavlja napredek v naši dejavnosti.

– Novi Statut, ki ga danes sprejemamo, je druga pomembnejša novost na področju dela Zveze. Nastal je zaradi novih zahtev, ki izhajajo iz Zakona o društvih, poleg tega pa prinaša boljšo organiziranost in omogoča racionalnejšo dejavnost naše Zveze, ki po novem ne bo imela več ločeno predsednika predsedstva in predsednika izvršnega odbora, ampak bo to predsedstvo združeno v eno samo osebo. Najvišji organ Zveze ostaja še naprej skupščina, medtem ko se vse operativne naloge Zveze rešujejo v izvršnem odboru ter v devetih področnih in štirih specializiranih društvih.

Novost v Statutu je Strokovni forum, ki je nastal na osnovi pobude prof. Bubnova. To je posvetovalni organ ZDGITS, ki kot strokovni posvetovalni organ deluje v pomoč vladnim organom pri reševanju problemov gradbeništva na področju zakonodaje, tehnične regulative, izobraževanja ter sodeluje z mednarodnimi organizacijami. Upam, da bo z novim Statutom ta forum dobil osnovo za svoje delo.

Pri usklajevanju pripomb k novemu Statutu je aktivno sodelovalo več področnih društev, med katerimi je najbolj izstopalo novomeško društvo. Ker je bilo za pripravo Statuta več usklajevalnih sestankov izvršnega odbora, pričakujem, da bo na današnji skupščini novi Statut tudi sprejet.

Med aktivnosti naše Zveze moram omeniti tudi seminar o tehničnih predpisih in regulativi, ki smo ga pripravili na radgonskem sejmu leta 1995. Seminar je bil dobro pripravljen, kar je potrdil tudi številni obisk udeležencev.

Našo Zvezo najbolj poseblja to, kar nas navzven najbolj predstavlja, to je Gradbeni vestnik, naše glasilo, ki je tudi najmočnejši in integrativni simbol vseh slovenskih gradbenikov. To je glasilo, ki povezuje obe univerzi, različne inštitute, ostale vzgojne ustanove in gradbenike v podjetjih. Ponosni smo, da to naše glasilo še vedno izhaja v takem obsegu in kvaliteti, za kar gre nedvomno zahvala glavnemu uredniku g. Čačoviču, tehničnemu uredniku g. Tudjini in članom uredniškega odbora. Pomembno je to, da smo znali ves čas zagotoviti sredstva za izhajanje tega glasila. Upam in želim, da bo delovanje Gradbenega vestnika tudi v prihodnje uspešno, pri čemer pa mislim, da so odprta vsa vrata za še privlačnejšo vsebino, saj Gradbeni vestnik ne sme biti samo glasilo za objavo ozko strokovnih prispevkov, ampak tudi za prispevke, ki bodo zanimali čimbolj širok krog bralcev.

Kar se tiče finančnega stanja ZDGITS, naj omenim, da je bilo ves čas stanje pozitivno; kar ne pomeni, da se nismo otepali s finančnimi težavami. Glavni prihodki Zveze so bili prihodki iz dejavnosti Gradbenega vestnika in organiziranja izobraževanja za strokovne izpite.

Posodobili in racionalizirali smo tudi poslovanje Zveze, ki se je v tem obdobju preselila iz stavbe na Erjavčevi cesti v stavbo na Karlovški 3. Nabavljena je bila nova in sodobnejša računalniška oprema, število zaposlenih v Zvezi pa se je z odhodom dosedanjega sekretarja Zveze zmanjšalo na dve osebi, kar pomeni strokovno gledano prihranek pri deležu za osebne dohodke.

V tem obdobju so naše vrste zapustili nekateri zaslužni in zelo dejavni člani Zveze, med katerimi naj posebej omenim Adolfa Derganca, Alberta Praprotnika in Vladimirja Čadeža. Imeli pa smo tudi lepše in prijetnejše trenutke. Veseli in ponosni smo bili, da smo pred dvema letoma skupaj z g. Bubnovom proslavili njegovo 80-letnico, zato danes gospodu Bubnovu še toliko bolj želimo čim več zdravlja in uspešnega dela.

V zadnjem obdobju, tik pred našo skupščino, pa je področje našega dela in zanimanje seglo tudi na formiranje Inženirske zbornice, ki je imela ustanovni sestanek pretekli teden. Zbornica, katere delovanje izhaja iz Zakona o graditvi objektov, je šele postavila pravila svojega delovanja. Ob tem želim poudariti pomembnost delovanja naše Zveze pri formiranju Zbornice, saj je zelo pomembno, kako bo ta Zbornica delovala in katere bodo njene pristojnosti.

Omeniti želim še dejavnost naše Zveze pri vključevanju v mednarodne organizacije. Ena od teh dejavnosti je vključitev v Evropsko zvezo gradbenih inženirjev (ECCE), ki je imela pred kratkim svoj sestanek v Atenah in ki sem se ga kot predstavnik naše Zveze in Slovenije udeležil. V to evropsko zvezo smo pristopili s statusom opazovalca, že naslednje leto pa bi lahko pridobili status rednega člana. Udeležba v tej mednarodni organizaciji je izredno pomembna, saj na nivoju te organizacije tečejo poenotene programske in strokovne usmeritve delovanja in tudi izobraževanja gradbenih inženirjev. Veliko je aktivnosti, ki tečejo v okviru te organizacije. O vseh teh dejavnostih bom podrobneje seznanil nov izvršni odbor, ki bo, upam, tudi sprejel program dela vključevanje v posamezne evropske projekte na tem področju.

Druga mednarodna organizacija, v katero se je že včlanila Slovenija, pa je FEANI, ki združuje vse nacionalne zveze inženirjev in tudi podeljuje pod določenimi kriteriji nazive Euroing. K tej asociaciji še nismo povsem pristopili, ne predvsem iz finančnih razlogov. Nov izvršni odbor bo na naslednji seji moral odločiti tudi o tej povezavi.

Eden od največjih problemov, ki tare našo Zvezo, je problem članstva, ki je v stalnem upadanju. Tudi delovanje nekaterih društev je skoraj povsem zamrlo. S tem se seveda pojavlja problem plačevanja članarine, ki ga bo treba odločneje rešiti. To je tudi ena od pomembnejših nalog, ki čaka vodstvo Zveze v novem mandatnem obdobju.

Predsednik Predsedstva ZDGITS
Gorazd Humar, dipl. inž.

PRILOGA št. 2

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije

Nadzorni odbor

Ljubljana, 28. 11. 1996

POROČILO O POSLOVANJU ZDGITS ZA LETI 1994 IN 1995

Na osnovi stauta ZDGITS je Nadzorni odbor na seji dne 17. 3. 1995 pregledal poslovanje ZDGITS za leto 1994, dne 12. 4. 1996 pa za leto 1995. Pri tem je največ pozornosti posvetil zapisnikom inventurne komisije, stanju sredstev, glavni knjigi in fakturam dobaviteljev. Pri pregledih finančnega in materialnega poslovanja za omenjeno obdobje Nadzorni odbor ni ugotovil nepravilnosti ali pomanjkljivosti v poslovanju in evidentiranju poslovnih dogodkov. Poslovanje ZDGITS se je odvijalo v skladu z letnimi plani in smernicami, ki jih je vsako leto sprejel Izvršilni odbor. Pregledana dokumentacija je bila vodena vzorno in ažurno in v skladu z veljavnimi predpisi.

Za leti 1994 in 1995 so bili pravočasno izdelani, pregledani in s strani Izvršilnega odbora in Predsedstva sprejeti zaključni računi.

Na osnovi navedenega Nadzorni odbor predlaga Skupščini ZDGITS v sprejem naslednje sklepe:

1. Sprejme in potrdi se zaključna računa ZDGITS za leti 1994 in 1995.
2. Sprejme in potrdi se poročilo Nadzornega odbora.
3. Materialno in finančno poslovanje ZDGITS za leti 1994 in 1995 se oceni kot pozitivno in uspešno.

Članom nadzornega odbora se zahvaljujem za vestno in konstruktivno sodelovanje v preteklem mandatnem obdobju, istočasno pa izrekam zahvalo za uspešno sodelovanje tudi Predsedstvu in Izvršilnemu odboru ter delavcem strokovnih služb.

Za Nadzorni odbor:
Feliks Strmole, dipl. gr. inž.

POROČILO GLAVNEGA IN ODGOVORNEGA UREDNIKA GRADBENEGA VESTNIKA

Spoštovani predsednik, delegatke, delegati in gostje!

Prejšnje poročilo je bilo dano na skupščini dne 5. maja 1994. Od takrat do danes je Gradbeni vestnik izhajal relativno redno.

Glede na svojo kvaliteto in redno izhajanje je Gradbeni vestnik ena od tistih revij, ki še vedno prejemajo finančno pomoč Ministrstva RS za znanost in tehnologijo.

V zadnjih treh letih je izšlo po pet zvezkov Gradbenega vestnika (po tri dvojne in dve trojni številki). Predzadnji letošnji zvezek bo izšel te dni, zadnji zvezek (št. 11/12) je v pripravi.

Precej napora je bilo vložena, da smo dobili interesente za »problemske« oziroma »podjetniške« zvezke. Ti interesenti so tak poseben zvezek tudi sofinancirali. Iz objavljenih zvezkov se vidi, da je vloženi napor rodil sadove.

Naklada Gradbenega vestnika se je v zadnjih treh letih znižala le za 50 izvodov (od 1200 na 1115). Od te naklade izmenjujemo z naslovi po 15 izvodov. Zanimivo je, da imamo 28 osebnih naročnikov tudi iz Republike Hrvaške.

Menim, da ima Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije revijo, na katero je lahko naše gradbeništvo, ki še vedno preživlja težke čase, ponosno.

Zahvaljujem se vsem, ki so v obravnavanem obdobju prispevali gradivo, lektorici, tehničnemu uredniku, uredniškemu odboru in drugim sodelavcem!

**Glavni in odgovorni urednik
Gradbenega vestnika
Franc Čačovič, dipl. inž.**

PRILOGA št. 4

Spoštovane kolegice in kolegi!

Dovolite mi, da se vam najprej zahvalim za vaše zaupanje. Upam, da bom lahko s pomočjo kolegov iz društev gradbenih inženirjev in tehnikov uspešno vodil to zvezo skozi naslednji mandat.

Ko prevzemam to funkcijo, imam občutek, da smo mi gradbeniki kakor tudi vsa ostala tehnična inteligenca nekako nezanimivi za to našo družbo in smo tudi ob največjih naših projektih današnjega časa vedno v senci politikov, čeprav smo mi realizatorji teh projektov. Nesprejemljivo za našo stroko je, da se pri otvoritvah mostov, avtocest ipd. objektov nikdar ne sliši ime odgovornega projektanta, ampak so vedno drugi v ospredju.

In prav zato menim, da moramo v naslednjih letih poskušati in storiti vse, da se dvigne »imidž« in ugled gradbenih strokovnjakov v naši družbi. To pa bomo lahko dosegli le, če bomo sami znali ceniti svoje delo in se izogibali nelojalne konkurence v svojih vrstah. Vse to pa nima nič skupnega s pravo konkurenco na osnovi znanja in stroke.

Vse to bomo lažje dosegli, če bomo po lastnih močeh vplivali na sistem in vsebino izobraževanja v srednjih tehničnih šolah, na visokem strokovnem študiju in na univerzitetnem študiju. Nesprejemljivo je, da bo srednja gradbena šola ena redkih srednjih tehničnih šol, ki ne bo imela poleg zaključnega izpita tudi možnosti opravljanja mature, ki je pogoj za vpis na univerzitetni študij gradbeništva in geodezije.

Da bi naši tehniki in inženirji sledili razvoju stroke, bomo morali ali prek društev ali prek gradbenega centra ali fakultet organizirati permanentno dopolnilno izobraževanje s pomočjo seminarjev, tečajev, delavnic ipd.

Aktivno se bomo morali vključiti v delo inženirske zbornice Slovenije in si izboriti vsaj enakopravnost naše stroke na vseh elementih dela zbornice.

Ena izmed izjemno pomembnih nalog v tem mandatu bo aktivnost Zveze na področju sprejemanja nove tehnične regulative, ki bo morala biti usklajena s smernico evropske unije. Na tem področju nas čaka ca. 1000 novih vsebin podzakonskih aktov, tehničnih predpisov in standardov. Zveza se bo morala vključiti tudi v razreševanje tega problema, čeprav je to v prvi vrsti obveza države. Zavedati se moramo, da ima Slovenija le izjemno majhno kritično maso strokovnjakov, ki so sposobni opraviti to delo in zato se bodo morali naši eminentni strokovnjaki angažirati pri reševanju teh problemov.

Z novitetami te regulative bomo morali seznanjati naše članstvo s pomočjo najrazličnejših publikacij.

Temeljito moramo sodelovati pri programu in izvedbi strokovnih izpitov.

Še nadalje bomo izdajali naše glasilo Gradbeni vestnik, ki bi ga bilo potrebno vsebinsko nekoliko reorganizirati in ga prilagoditi nivoju ostalih tehničnih glasil v Sloveniji.

Da pa bomo postali tudi v javnosti bolj odmevni, bomo morali razmisliti tudi o vsakoletnem skupnem elitnem plesu gradbenikov, in to vedno v drugem kraju Slovenije. Menim, da je prišel tudi čas, da v naslednjih štirih letih razmislimo o organizaciji 1. Slovenskega kongresa gradbenikov, ki bi bil za promocijo dosežkov panoge in stroke izjemnega pomena.

Preden zaključim svoje misli, bi se želel zahvaliti dosedanjemu vodstvu naše zveze, ki je znalo tudi v zelo kritičnih časih za gradbeništvo obdržati zvezo na primernem nivoju s svojo aktivnostjo.

Hvala vsem.

**Novoizvoljeni predsednik ZDGITS
Dr. Janez Reflak**

**Glavni in odgovorni urednik
Gradbenega vestnika
Franc Čačovič, dipl. inž.**

**Predsednik ZDGITS
Dr. Janez Reflak**

PRILOGA št. 2

Zveza inženirjev
in tehnikov Slovenije

izvoljeni odbor

PRILOGA št. 1

11. 11. 1991

Splošna skupščina kolegice in kolegi!

POROČILO O POSLOVANJU ZDGITS ZA LETI 1991 IN 1992

Dovolj mi je, da se vam priporočam, da se s tem poročilom seznanite, da vam lahko s pomočjo kolegice in kolegi
Gradbeni inženirji in tehniki Slovenije v zvezi s strokovno izobrazbo, da vam lahko s pomočjo kolegice in kolegi
KO greva inženirji in tehniki Slovenije, da smo mi gradbeniki inženirji in tehniki Slovenije, da smo mi gradbeniki inženirji in tehniki Slovenije
neka ne silijo odgovornega projekta, ampak so vedno drugi v opredeljenju.
In prav zato menim, da moramo v naslednjih letih poskušati in sodelovati, da se dvigne »imidž« in ugled gradbeni
strokovnjakov v naši državi. To pa bomo lahko dosegli, če bomo sami znali ceniti svoje delo in se izogibali nestrans
konkurence v svojih vajah. Vse to pa mora biti skladen s pravo konkurenco na osnovi znanja in strokovne
Vse to bomo lažje dosegli, če bomo po lastnih močeh vplivali na sistem in vsebine izobraževanja v srednjih tehničnih
šolah, na visokem strokovnem študiju in na univerzitetnem študiju. Neizpolnjevanje je, da po srednjih tehničnih šolah
ena redkih srednjih tehničnih šol, ki ne do imajo poleg zaključnega izpisa tudi možnost pripravljene matere, ki je podol
za vstop na visokostrokovni študij gradbenstva in geodetskega inženirstva.
Da bi naši inženirji in tehniki sledili razvoju stroke, bomo morali siliti prek države ali prek gradbenega centra ali fakultet
organizirati permanentno dopolnilno izobraževanje s pomočjo seminarjev, tečajev, delavnic ipd.
Aktivno se bomo vključili v delo inženirske zbornice Slovenije in si izboljšali vsaj strokovnost naše stroke na
vseh strokovnih področjih.

MAIFOMER



e m o n a **GLOBTOUR**
TRAVEL AGENCY

ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV
SLOVENIJE IN TURISTIČNA AGENCIJA EMONA GLOBTOUR
LJUBLJANA BOSTA V LETOŠNJEM LETU ORGANIZIRALA
OBISKE NASLEDNJIH GRADBENIH SEJMOV:

1. SAIE BOLOGNA, SEJEM JE OD 15. DO 19. OKTOBRA 1997
2. INTERBUILD BIRMINGHAM, SEJEM JE OD 23. DO 28. NOVEMBRA 1997
3. BATIMAT/INTERCLIMA PARIS, SEJEM JE OD 3. DO 8. NOVEMBRA 1997
4. HEIM UND HEIMWERK MÜNCHEN, SEJEM JE OD 29. NOVEMBRA DO 7. DECEMBRA 1997



ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH
INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE,
LJUBLJANA, KARLOVŠKA 3



e m o n a **GLOBTOUR**
TRAVEL AGENCY



*Ob smrti graditelja
hitre ceste Ljubljana–Zagreb,
g. dipl. inž. Cirila Mravlje-Mižka,
v spomin*

Umrl je naš veliki gradbenik, večni zanesenjak, entuziast in zaveden narodnjak gospod Ciril Mravlja-»Mižek«.

Že kot študent gradbene fakultete je sodeloval pri gradnji in tlakovanju mestnih vpadnic v Ljubljani. To njegovo prvo neposredno delo s cestami je bilo leta 1958 dodatno odločilno, da je z njegovo enkratno zagnanostjo preozel vodstvo gradnje hitre ceste Ljubljana–Zagreb.

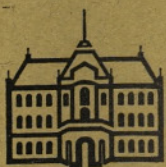
Osi, ki smo tedaj v eni ali drugi zadolženosti gradili to cesto, moramo priznati g. Mravlji, da je to delo prevzel in dokončal častno in v obljubljenem času. Leto dni je bilo zanj in vse sodelujoče izvirno in zagnano revolucionarno, cestarsko gradbeno leto brez odmora, predaha ali dopusta, dokler ni na Glavnem trgu v Novem mestu skupaj z mladinskimi brigadami predal hitro cesto Ljubljana–Zagreb »Sloveniji«.

Gospod Mravlja je moral ob občasni zaposlitvi kot direktor Slovenskih železnic osak dan usklajevati dela na cesti kot upravni, politični in tehnični organ. Nešteto opravkov je bilo z lokalnimi oblastmi, z odkupi zemljišč, z gradnjo naselij za mladinske brigade, z dopolnitvijo načrtov za cesto in 77 objektov, deseterico velikih gradbenih in asfaltnih podjetij itd.

Zelo veliko dela je bilo s 60.000 mladine, ki se je mesečno menjavala na gradbiščih, da je tako z elanom in pesmijo sanirala staro državno cesto Ljubljana–Novo mesto–Zagreb in zgradila istočasno novo hitro cesto Ljubljana–Zagreb, ki je bila tedaj tehnični višek vseh cest na Balkanu.

Ko bomo v okviru nacionalnega programa avtocest do leta 1998, ko bomo praznovali 40-letnico sedanje hitre ceste, odprli pretežno dolžino nove avtoceste, predlagam, da se v spomin g. Mravlja na Glavnem trgu v Novem mestu vzida vsaj plošča v njegov spomin.

Ciril Stanič



GV XXXXVI • 1-2-3

POROČILA

44

DIFUZIJSKI TRANSPORT V VODI RAZTOPLJENIH SNOVI SKOZI GLINENE PREGRADE POD ODLAGALIŠČI ODPADKOV

Diffusion Transport of Solutes Dissolved in Water in Clak Liners under the Waste Disposals

UDK 532.57

META GORIŠEK

P O V Z E T E K • S U M M A R Y

Namen naših raziskav je bil študij prevladujočih procesov v poroznem prostoru iz drobnozrnatih materialov. Osredotočili smo se na laboratorijske meritve transporta in akumulacije v vodi raztopljenih snovi, najbolj pogostih onesnaževal v okolju, v glinenih pregradah pod odlagališči odpadkov. Študij in laboratorijske meritve smo usmerili k praktičnim rezultatom.

V raziskavi smo morali:

(1) določiti ustrezno laboratorijsko tehnologijo za meritve difuzijskega procesa v drobnozrnatih glinenih zemljinah;

The purpose of our research was to study the dominant processes in the porous medium of fine grained soils of clay materials. We focused our study and laboratory measurements to chemical species, dissolved in water, of the environmental concern in compacted clay to pay attention to dominant processes in the clay liners under waste disposal facilities. The research is approached from the viewpoint of engineering practice.

The specific objectives of our research were:

(1) to provide insight into the laboratory procedures necessary to measure the diffusion process in fine

Avtor:

dr. Meta Gorišek, dipl. inž. gradb., Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo – Laboratorij za mehaniko tekočin, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Hajdrihova 28

- (2) izmeriti difuzijske koeficiente v vodi raztopljenih snovi v glinenih zemljinah v naravnih pH in oksidnih eH pogojih;
- (3) izmeriti pomembnejše parametre, ki vplivajo na transport in akumulacijo v vodi raztopljenih snovi v glinenih zemljinah;
- (4) izmeriti adsorpcijske izoterme $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ v odvisnosti od pH pogojev v štirih različnih zemljinah;
- (5) na podlagi rezultatov meritev difuzijskega in adsorpcijskega procesa določiti transport in akumulacijo v vodi raztopljenih snovi v glinenih zemljinah;
- (6) preučiti možnost uporabe rezultatov in zaključkov raziskav v inženirsko prakso.

Na podlagi rezultatov laboratorijskih meritev smo izpeljali analitični zvezi za določitev difuzijskega koeficienta in masne bilance merjenih snovi. S primerjavo izmerjene adsorpcijske kapacitete kromata v razsuti in zbiti zemljini s področja Vodice smo pokazali, da je aktivna adsorpcijska površina zemljine neodvisna od tega, ali so delci v razsutem ali zbitem stanju, posamično ali se medsebojno dotikajo.

1.0. UVOD

Glinene zemljine so sestavni in pomembni del geološkega okolja, v katerega posega človek s svojimi aktivnostmi. Nastanek, transport in odlaganje so posamezni procesi kroženja glinenih mineralov v naravi. Na svoji poti od mesta nastanka do mesta odlaganja se mineralni delci kemično in fizično odzivajo na spremenljive pogoje okolja. Človek je do nedavnega obravnaval glinene zemljine kot neprepusten material, ker je konvektivno pronicanje, pretok zaradi gradienta pritiskov zanemarljivo majhen, reda velikosti 10^{-9} , 10^{-10} m/s. V praksi so pogosto naravne plasti ali izgrajene pregrade iz glinenih zemljin tesnilo pod odlagališči odpadkov. Naše raziskave smo usmerili v določanje funkcije glinenih pregrad pri pretoku onesnaževal.

Gibanje snovi skozi porozni prostor določajo številni procesi in mehanizmi, ki so posledica medsebojnega delovanja "raztopina – delci zemljine" in vplivajo na hitrost in množino pretoka snovi. Študije, ki so jih opravili tako pedologi kot geologi v novejšem obdobju, kažejo, da v drobnozrnatih zemljinah kljub zanemarljivemu konvektivnemu pretoku potekata transport in akumulacija snovi. Gonilni mehanizem transporta je difuzijsko gibanje kot posledica gradienta koncentracije raztopljenih snovi v porni tekočini. Akumulacija pa je posledica adsorpcije ionov iz porne tekočine na površino kristalne mreže

- grained soils of clay materials;
- (2) to measure diffusion coefficients for the chemical species, dissolved in water at the soil natural pH and the oxide eH conditions;
- (3) to pay attention to some of the more important variables affecting the measured transport and storage of the chemical species dissolved in water;
- (4) to measure the adsorption isotherms of $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ with respect to pH conditions in four different clay soils;
- (5) according to measurements to calculate the transport and storage of the chemical species, dissolved in water, in the clay soil;
- (6) to draw conclusions that will aid the selection of clay soils for the design of clay liners.

According to the experimental data we derived the analytical solution for determination of the diffusion coefficients of various measured solutes and the mass balance equation for determination of the amount of transported and adsorbed solutes in the compacted clay sample from the region Vodice. Comparing the measured adsorption capacity of chromate on the suspended clay solid particles and on the compacted clay sample we indicate that the active surface area of the solid particles is independent whether the particles are compacted or suspended.

mineralnih delcev. Opravljene študije lahko razdelimo v dva sklopa. Pedologi so se osredotočili na transport gnojil skozi zemljino v koreninski sistem rastlin, geologi pa so proučevali transport sledil v podzemni vodni sistem. Meritve so izvajali tako v laboratoriju kot v naravi. Pedologi so podali odvisnosti difuzijskega transporta od zasičenosti, zbitosti, teksture, pH zemljine in vsebnosti glinenih mineralov ter organskih substanc. Skupni imenovalec vseh laboratorijskih meritev geologov pa je bil uporaba radioaktivnih sledil v majhnih glinenih vzorcih, volumna ca. 1 cm^3 in kratek čas trajanja poizkusov le nekaj dni ali nekaj ur. Kot rezultat so podali izračunane vrednosti difuzijskih koeficientov merjenih sledil. V naravi pa so merili napredovanje snovi v globino glinenih pregrad in naravnih plasti glin pod odlagališči odpadkov in pod cestnimi nasipi. Predvsem rezultati terenskih meritev so pokazali, da je gradient koncentracije v porni tekočini raztopljenih snovi kontrolni in prevladujoči mehanizem transporta, če so hitrosti pronicanja manjše od 0.5 cm/leto .

Če se lotimo študija in reševanja procesov v glinenih zemljinah s strani inženirske prakse, moramo najprej opredeliti osnovne procese, ki so mehanizem transporta in akumulacije snovi v poroznem prostoru. Osnovna spoznanja sodobnih znanstvenih raziskav o glinenih zemljinah in procesih v poroznem prostoru, ki ga tvorijo, nam narekujejo previdnejše in bolj strokovno obravnavanje problemov tesnilnih pregrad iz glinenih jeder, posebej še, če projektiramo pregrade pod odlagališči odpadkov.

2.0 TEORETIČNE OSNOVE

2.1 Difuzijski transport v raztopinah

Difuzijski transport v poljubni raztopini matematično zapišemo s I. Fickovim zakonom (Robinson & Stokes, Crank; 1975).

$$J_i = -D_i \text{grad} C_i = -D_i \nabla C_i \quad (1)$$

kjer je J_i masni pretok oziroma transport na enoto preseza ($\text{kg/m}^2\text{s}$), D_i difuzijska konstanta raztopine (m^2/s) in C_i koncentracija snovi (mg/l).

Negativni predznak podaja gibanje delcev v smeri manjše koncentracije. Enačba I. Fickovega zakona je izpeljana z naslednjimi predpostavkami: masni transport je vektor, pogoji v raztopini so izotropni, difuzijski koeficient je konstanta.

Ker transport poteka v eni prevladujoči smeri, lahko osnovno enačbo zapišemo za smer x in po definiciji izrazimo masni pretok s časovno spremembo pretoka n molov topljenca skozi pretočni prerez A . Slika 1 podaja masni pretok skozi prerez A na razdalji Δx

$$J_i = -D_x \frac{dC_i}{dx} = \frac{dn}{dt} \frac{1}{A} = -D_i^o \frac{dC_i}{dx} \quad (2)$$

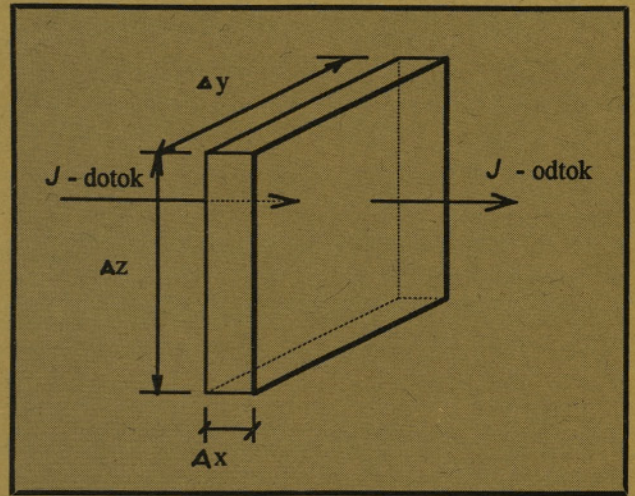
kjer je D_i^o (m^2/s) konstanta za dana topljenec in topilo pri dani temperaturi in jo imenujemo difuzijski koeficient topljenca v danem topilu.

Če I. Fickov zakon kombiniramo z zakonom o ohranitvi mase, lahko opišemo difuzijsko gibanje delcev v smeri nižje koncentracije raztopine v odvisnosti od časa. Ta zveza je poznana kot II. Fickov zakon. Ena izmed najbolj natančnih metod za merjenje difuzijskega gibanja v odvisnosti od časa je sistem dveh celic z raztopino različnih koncentracij. Difuzijski proces sledimo z meritvami časovnih sprememb koncentracije raztopine na neki poljubni razdalji x od razmejitve koncentracij raztopine, ki se povečuje ali pa z določanjem gradienta koncentracije v posameznih časovnih korakih, ki se zmanjšuje. V času $t=0$ je v spodnji celici sistema začetna koncentracija raztopine C_o , v zgornji pa je koncentracija raztopine enaka 0. Topljenec se prične difuzijsko gibati v smeri nižje koncentracije in razlika koncentracije se s časom zmanjšuje.

$$\frac{dC_i}{dt} = D_i^o \frac{d^2 C_i}{dx^2} \quad (3)$$

Predznak (-) odpade, ker se z naraščanjem razdalje x masni pretok J_i in gradient koncentracije dC_i/dx zmanjšujeta.

Oba Fickova zakona sta izpeljana v idealnih pogojih, t.j. mikroskopsko merilo in neskončno razredčene raztopine. V makroskopskem merilu za koncentrirane raztopine pa moramo upoštevati številne vplive na transport delcev.

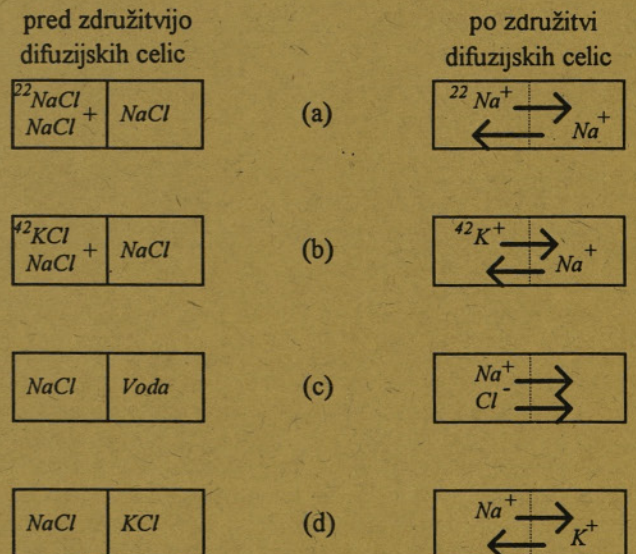


Slika 1. Masni pretok v smeri x skozi prerez $A = \Delta y \Delta z$

Dva najpomembnejša sta vpliv koncentracije in elektro-neutrnosti raztopine. V neidealnih pogojih moramo obe enačbi korigirati s parametri posameznih vplivov.

V raztopini lahko določimo štiri različne tipe difuzijskega transporta oziroma difuzijskih koeficientov:

- lastna difuzija: združimo celici z isto raztopino; v eni celici del topljenca zamenjamo z izotopom topljenca; sledimo ione izotopa, ki se gibljejo v smeri druge celice s čisto raztopino;
- difuzija sledila: združimo celici z isto raztopino; v eno celico dodamo topljenec sledila; sledimo ione sledila, ki se gibljejo v smeri druge celice s čisto raztopino;
- difuzija soli: združimo celici s solno raztopino in vodo; sledimo pozitivne in negativne ione soli, ki se gibljejo v smeri celice z vodo;



Slika 2. Shematski prikaz različnih difuzijskih sistemov po Li & Gregoryju, (1974): (a) lastna difuzija, (b) difuzija sledila, (c) difuzija soli, (d) nasprotna difuzija

– nasprotna difuzija: združimo celici z različnimi raztopinami; sledimo pozitivne in negativne ione obeh raztopin, ki se gibljejo v nasprotnih smereh.

Slika 2 podaja štiri različne difuzijske sisteme.

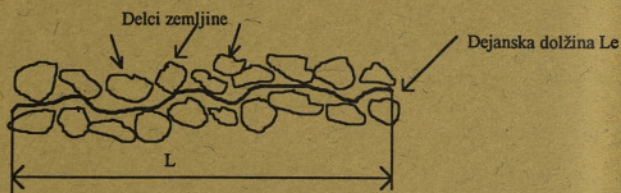
2.2 Difuzijski transport v zemljini

V zemljini je difuzijski transport počasnejši kot v raztopini, ker poteka skozi reducirano površino prereza in po zakrivljenih poteh med delci zemljine. Gibljivost snovi pa še dodatno ovira medsebojno delovanje raztopine v porah in površine mineralnih delcev zemljine (Helfferich, 1962).

Za opis transporta snovi v zemljinah moramo oba Fickova zakona ustrezno dopolniti. Pretočni prerez je omejen le na pore zemljine, zato je koncentracija topljenca enaka koncentraciji tekoče faze v volumnu por. Definiramo volumenski delež vode ($\theta = nS_r$) in zapišemo I. Fickov zakon difuzijskega transporta v zemljini:

$$J_i = -D_i n S_r \frac{\partial C_i}{\partial x} \quad (4)$$

Zaradi teksture zemljine so transportne poti zakrivljene in je dejanska dolžina transportne poti daljša od makroskopsko merjene dolžine, zato je gradient koncentracije manjši oz. vlečna sila, ki je posledica gradienta koncentracije, šibkejša. Pretočni prerez, ki ga določimo v makroskopskem merilu, v mikroskopskem merilu ni pravokoten na smer toka. Običajno oba vpliva vključimo v I. Fickov zakon z laboratorijsko izmerjenimi vplivnimi parametri. V literaturi najdemo različne definicije vplivnih parametrov, ki so jih podali posamezni avtorji na osnovi rezultatov meritev difuzijskega transporta v različnih zemljinah. Slika 3 podaja shematsko transportno pot v zemljini, tabela 1 pa pregled definicij difuzijskega koeficienta v zemljini po različnih avtorjih.



Slika 3. Shematski prikaz transportne poti v zemljini

Vse kemične in fizikalno kemične reakcije lahko razdelimo v naslednjih šest skupin:

- adsorpcijsko-desorpcijske reakcije
- reakcije kislina–baza
- reakcije sedimentacije topljenca
- reakcije oksidacije–redukcije
- združevanje ionov v pare
- mikrobsko spajanje.

Zaenkrat lahko opišemo kvantitativno le adsorpcijsko-desorpcijske reakcije, vse ostale pa upoštevamo le kvalitativno. II. Fickov zakon difuzijskega transporta v zemljini lahko zapišemo sledeče za neaktivne in aktivne snovi.

II. Fickov zakon za neaktivne snovi:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = D_i \cdot \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} \quad (5)$$

II. Fickov zakon za aktivne snovi:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = D_i \cdot \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} \pm \sum R \pm \sum \lambda C_i \quad (6)$$

Aktivne snovi pri prehodu skozi zemljino reagirajo z delci zemljine zaradi pribitka naboja (prostih vezi) na površini

Preglednica 1. Definicije fektivnega difuzijskega koeficienta po različnih avtorjih

Definicija	Avtor
$D_i^* = D_i \tau$	Gillham (1984)
$D_i^* = D_i \alpha / (1/\tau)$	Li & Gregory (1974)
$D_i^* = D_i \theta / (1/\tau)$	Berner (1971); Drever (1982)
$D_i^* = D_i \tau \alpha \gamma \theta$	Kemper (1964); Olsen & Kemper (1968); Nye (1979)
$D_i^* = D_i \tau \gamma$	Porter (1960)
$D_i^* = D_i \tau \alpha \theta$	van Schaik & Kemper (1966)

kjer je D_i^* efektivni difuzijski koeficient, D_i difuzijski koeficient v čisti raztopini, τ koeficient zakrivljenosti $(L/L_0)^2$, L razdalja med dvema točkama v zemljini, merjena v makroskopskem koord. sistemu, L_0 dejanska razdalja med dvema točkama v zemljini, α koeficient fluidnosti, γ koeficient negativne adsorpcije oz. izločanja anionov in θ volumenski delež vode.

II. Fickov zakon difuzijskega transporta v raztopinah podaja gibanje snovi v odvisnosti od časa. V zemljini je to gibanje počasnejše tudi zaradi medsebojnega delovanja površine delcev zemljine in ionov v raztopini. Topljenec, ioni raztopine, lahko kemično reagira z delci zemljine, je aktiven, ali pa ne sodeluje v kemičnih reakcijah pora raztopina – delci zemljine, je neaktiven (Freeze & Cherry, 1979).

kristalne mreže glinenih mineralov, ki ga nevtralizirajo ioni iz porne raztopine, t.j. površinska adsorpcija in zaradi zamenjave nižjevalentnih ionov v kristalni mreži glinenih mineralov z višjevalentnimi ioni iz porne raztopine, t.j. ionska izmenjava. Tako reakcije adsorpcije kot ionske izmenjave so posledica kristalne strukture glinenih mineralov. Nekatere vezi v osnovnih kremeno-oksidnih enotah so polomljene in zato ima osnovna enota pribitek naboja.

Glineni minerali težijo za ioni z višjo valenco, zato se nižjevalentni tako pozitivni kot negativni ioni v osnovnih mineralnih enotah zamenjujejo z višjevalentnimi ioni iz porne raztopine, npr. enovalentni vodni dipoli H^+ in OH^- .

absorpcija $\Delta \nabla$	absorpcija ni $\Delta \nabla$	adsorpcija (sorpcija)
smektit minerali	sepiolit poligorskit minerali	ilit kaolinit klorit itd. minerali

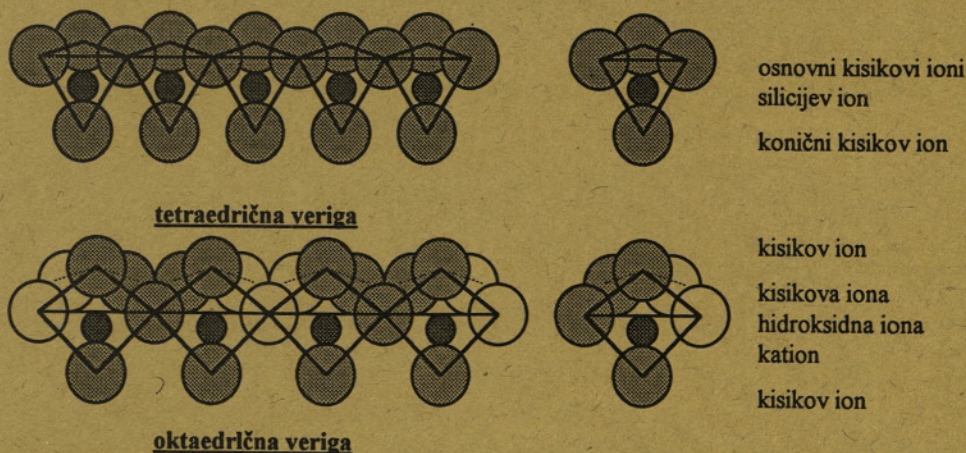
Slika 4. Razdelitev glinenih mineralov: absorptivni (nabrekajoči), adsorptivni (nenabrekajoči) sepiolit, poligorskit (absorptivna-nabrekajoča)

Nekateri glineni minerali lahko vežejo ione iz porne raztopine na površino in znotraj strukture kristalnih enot. Zmožnost absorpcije, vezave v kristalne enote, je povezana s kemijsko sestavo in obliko osnovnih enot. Tako vse glinene minerale ločimo na adsorptivne in absorptivne. Slika 4 podaja prerazporeditev glinenih mineralov glede na zmožnost adsorpcije na površino in absorpcije znotraj kristalne mreže. Pri absorpciji se poveča razdalja med posameznimi plastmi kristalnih enot, zato adsorptivni minerali nabrekajo, povečujejo volumen. Izjemi sta le minerala sepiolit in poligorskit, ki sta absorptivna, a ne nabrekata. Nabrekajoče minerale poznamo pod imenom smektit minerali.

obkrožata dva kisikova in dva hidroksidna iona, v dveh vmesnih ravninah pa še po en kisikov ion, je osnovna enota minerala oktaeder. Glinene minerale lahko sestavljajo plasti samih tetraedrov ali pa izmenoma tetraedrične in oktaedrične plasti. Slika 5 podaja osnovno plast tetraedričnih enot in oktaedričnih enot.

V nekatere osnovne enote kristalnih plasti so namesto silicijevih ionov vključeni ioni drugih kovin, ki dodatno definirajo lastnosti glinenih mineralov. Najbolj pogosti kovinski ioni, ki se vključujejo v osnovne enote mineralov, so železo, magnezij, kalcij, kalij in aluminij. Zaradi vsebnosti aluminija ima glinena zemljina nekatere lastnosti organske materije.

Ob stiku s porno raztopino lahko kovinski ioni iz raztopine zamenjajo predvsem nižjevalentne kovinske ione v osnovnih enotah. Te zamenjave so značilne predvsem v oktaedričnih enotah in na površini mineralov, ki jih sestavljajo izmenoma oktaedrične in tetraedrične plasti. Če se v oktaedrični plasti zamenjajo kovinski ioni z isto valenco (npr. Mg za Fe), je to ekvivalentna zamenjava. Če pa ion z višjo valenco zamenja ion z nižjo valenco (npr. Al za Mg), je to nestehiometrična zamenjava, pri kateri se kovinski ioni prerazporedijo v posamezne sklope. Kristalna plast mora biti navzven elektronevtralna in ker v naravi ne obstaja polovičen ion, se vsi kovinski ioni prerazporedijo tako, da je zadoščeno pogoju elektronevtralnosti. Med posameznimi sklopi pa je osnovna enota brez kovinskega iona. Če mineral sestavljajo izmenoma plasti tetraedrov in oktaedrov, obstaja veliko možnih zamenjav kovinskih ionov. Dva tipična primera sta tetraedrično-oktaedrična zamenjava in medplastna zamenjava. Pri tetraedrično-oktaedrični zamenjavi se vzpostavi elektronevtralna struktura v dveh sosednjih plasteh, tetra-



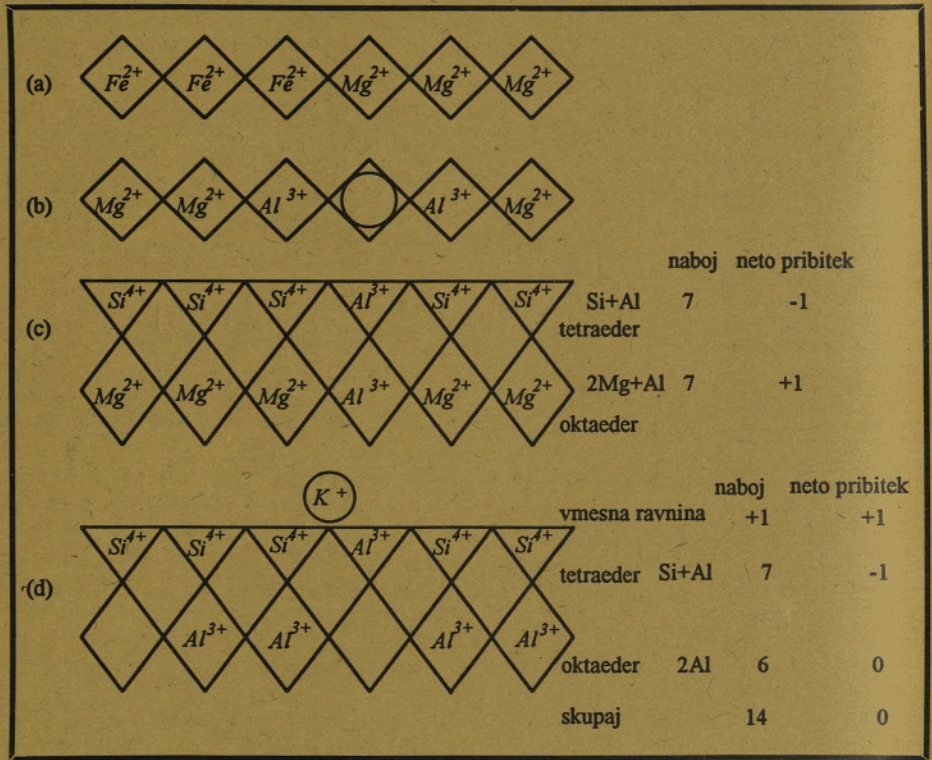
Slika 5. Osnovni kristalni enoti ter tetraedrična in oktaedrična plast (B. Velde, 1992)

Eden izmed parametrov, ki definira lastnosti glinenih zemljin, je torej oblika osnovnih enot kristalne mreže. Silicijev ion, kot osnovni element enote, lahko obkrožajo trije kisikovi ioni v osnovni ravnini kristala in en kisikov ion v vmesni ravnini, ki povezuje dve kristalni plasti. Taka prostorska razporeditev ionov v osnovni enoti minerala je tetraeder. Če pa v osnovni ravnini kristala silicijev ion

drični in oktaedrični. Sama tetraedrična plast pa ima negativni neto pribitek. Če so v oktaedrični plasti kovinski ioni že prerazporejeni po sklopih zaradi predhodne nestehiometrične zamenjave in še se dodatno zamenja silicijev ion v tetraedrični plasti z nižjevalentnim ionom (npr. Al), negativni neto pribitek nevtralizira ion na površini tetraedrične plasti. Vse tipe opisanih zamenjav podaja slika 6.

Slika 6.

- (a) ekvivalentna zamenjava Mg^{2+} za Fe^{2+}
 - (b) nestehiometrična (di-trioktaedrična) zamenjava Al^{3+} za Mg^{2+}
 - (c) tetraedrično-oktaedrična zamenjava ionov
 - (d) zamenjave med plastema tetraedrično-oktaedričnih struktur (struktura sljudā)
- (B. Velde, 1992)



3.0 PROGRAM LABORATORIJSKIH MERITEV

3.1 Zasnova meritev

Postopek laboratorijskih meritev smo zasnovali na dognanjih predhodnih študij in izpostavili posamezne vplivne parametre procesov v poroznem prostoru iz glinenih zemljin, ki so jih predhodni poizkusi obravnavali le delno. Naše laboratorijsko merilo se je v primerjavi z že uporabljenimi fizičnimi modeli procesov v drobnozrnatih zemljinah bolj približalo procesom v naravi, ker smo:

- merili v večjih vzorcih glinenih zemljin, volumna 157, 236 in 471 cm³;
- merili daljši čas, 2 -12 mesecev, ker v naravi procesi potekajo dolgotrajno, nekaj deset let;
- merili z raztopinami soli najbolj pogostih onesnaževal v naravi, ker v plasteh pod odlagališči odpadkov običajno poteka istočasno transport različnih snovi v smeri nižje koncentracije, t.j. difuzija soli in ne le enega sledila.

Namen laboratorijskih meritev:

- izmeriti difuzijske koeficiente v vodi raztopljenih snovi;
- izmeriti adsorpcijske izoterme kromata v različnih glinenih zemljinah in v spremenljivih pH pogojih in oksidnih eH pogojih;
- izmeriti transport snovi, raztopljenih v vodi, skozi zasičeno glineno zemljino.

Procesi transporta in akumulacije v zemljini potekajo v naravi zelo kompleksno, zato smo se pri laboratorijskih

meritvah omejili le na določitev tistih parametrov, ki po podatkih iz literature in že opravljenih meritvah bistveno vplivajo na količino in časovni potek difuzijskega transporta.

Upoštevali smo naslednje vplivne parametre:

- stopnja zasičenosti zemljine
- temperatura
- čas meritev
- tip merjenega difuzijskega koeficienta
- kemijska sestava raztopine v porah glinene zemljine
- kemijska sestava in koncentracija difuzijske raztopine
- mineraloška in granulometrijska sestava glinenih zemljin
- spremljajoče kemijske reakcije.

Vplivne parametre smo obravnavali glede na praktično uporabo merjenih in analitičnih rezultatov v inženirski praksi pri načrtovanju odlagališč odpadkov.

Stopnja zasičenja

Običajno so glinene pregrade pod odlagališči odpadkov delno zasičene. Ker pa meritve v nezasičenih pogojih zahtevajo sočasno spremljanje stopnje zasičenosti, je takšen eksperiment veliko težje izvedljiv. Po podatkih iz literature in že izvedenih meritvah je maksimalni difuzijski transport v zasičenih zemljinah, ker pretok poteka po celotnem prerezu por. Meritve smo izvajali v zasičeni zemljini in izmerili maksimalne vrednosti difuzijskih koeficientov in s tem maksimalni možni transport onesnaževal.

Temperatura

Po podatkih iz literature temperatura ne vpliva bistveno na efektivni difuzijski koeficient. Meritve smo izvajali pri konstantni laboratorijski temperaturi ca. 15°C.

Čas trajanja meritev

Difuzijski proces v naravi poteka izredno počasi. V laboratoriju smo z ustrežno zmanjšano debelino vzorcev glinenih zemljin na 2–6 cm in povečano koncentracijo raztopine na onesnaženi strani vzorcev pospešili sledenje porasta koncentracije raztopine na prvotno neonesnaženi strani vzorcev zemljine. Kljub temu pa smo izvajali posamezne meritve med 2 in 12 meseci.

Tip merjenega efektivnega difuzijskega koeficienta

Naše meritve smo izvajali z raztopinami soli, ker so na odlagališčih odpadkov različna onesnaževala. Gradient koncentracij v vodi raztopljenih snovi je v smeri glinene pregrade, tako da v večini primerov poteka difuzijski transport ionov soli. Možna je tudi nasprotna difuzija, vendar je prevladujoča smer gibanja iz površine glinene pregrade v pregrado.

Kemijska sestava raztopine v porah zemljine

V naravi je raztopina v porah zemljine običajno elektrolit, približno 0.01 molarna solna raztopina (Bolt & Bruggenwert, 1976). V tekočino v porah zemljine se izločajo prosti ioni s površine mineralnih delcev, ki tvorijo stene por. Z meritvami smo pričeli 14 dni po vgraditvi vzorcev glinenih zemljin v testne kolone. S tem smo omogočili proces izločanja ionov v tekočino v porah pred simulacijo difuzijskega transporta in vzpostavili naravne začetne pogoje v porah zemljine.

Vrsta in koncentracija uporabljenih sledil

Na odlagališčih odpadkov, predvsem industrijskih, lahko najdemo številne vrste onesnaževal. Predvsem so prisotne težke kovine, toksične snovi in druga kemijska onesnaževala.

Izbrana sledila so bila najbolj pogosta onesnaževala v naravi:

$K_2Cr_2O_7$	- kalijev kromat
KCl	- kalijev klorid
$Al_2(SO_4)_3$	- aluminijev sulfat
KCN	- kalijev cianid
$Fe_2(SO_4)_3$	- železov sulfat
KNO_3	- kalijev nitrat
$AlPO_4$	- aluminijev fosfat

V naravi najdemo obravnavana onesnaževala v koncentracijah reda velikosti mg/l. Meritve smo izvajali s koncentracijami reda velikosti 1 mg/l do 10 mg/l, le za sledenje kromata smo uporabili bolj koncentrirano raztopino, 400

mg/l, ker po preteku 320 dni na neonesnaženi strani vzorca glinene zemljine nismo zasledili prisotnosti sledila, koncentracij (1–10)mg/l.

Mineraloška in granulometrijska sestava glinenih zemljin

Mineraloška sestava glinene zemljine lahko bistveno vpliva na množino in hitrost difuzijskega transporta. Določeni minerali bodo adsorbirali na površini ione ene raztopljene snovi, drugi ione druge snovi. Nabrekajoče glinene zemljine bodo absorbirale polarne molekule znotraj kristalne mreže.

Za izgradnjo glinenih pregrad pod odlagališči odpadkov so najbolj primerne glinene zemljine, ki imajo čim bolj drobno strukturo, ker je pretočni prerez manjši, dejanska dolžina poti daljša in adsorpcijska površina večja.

Difuzijski transport različnih sledil smo merili le v eni glinini zemljini, ki smo jo vgradili v difuzijski sistem v debelinah 2, 3 in 6 cm. Ostale zemljine, drugačne mineraloške sestave zaradi nabrekanja in s tem spreminjanja volumna nismo mogli vgraditi vodotesno, da bi lahko sledili spremembam koncentracij na neonesnaženi strani glinenega vzorca. Difuzijski transport je namreč potekal nekontrolirano. Adsorpcijske izoterme kromata pa smo izmerili v štirih mineraloško in granulometrijsko različnih zemljinah.

Ostale kemijske reakcije

Novejše raziskave difuzijskega transporta so se omejile na kvantitativno določanje kemijskih reakcij povezanih z adsorpcijo. Ostale spremljajoče procese v zemljini pa so zaenkrat obravnavali le kvalitativno. Tudi v naši študiji smo upoštevali le adsorpcijo, ki smo jo določili s ponavljajočimi se testi ravnotežja z raztopino kalijevega kromata v štirih različnih zemljinah v oksidnih eH in spremenljivih pH pogojih.

3.2 Izvedbena meritev in laboratorijska merska oprema

3.2.1 Meritve fizikalnih in kemijskih lastnosti glinenih zemljin

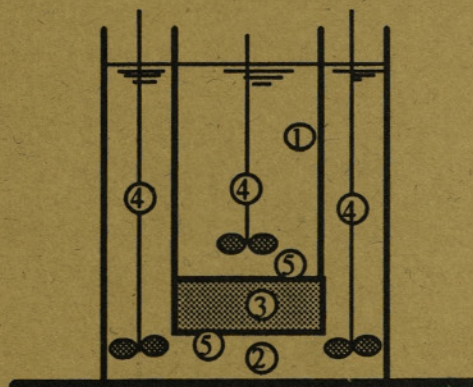
Fizikalne lastnosti posameznih glinenih zemljin so določili v Laboratoriju za mehaniko tal – FGG s standardizirano opremo. Vzorce glinenih zemljin prereza 38.485 cm² in začetne višine 1.901 cm so obremenjevali v mokrem stanju med 2.15 N/cm² in 10 N/cm². Pri različnih zbitostih zemljin so merili poroznost zemljine, volumenski delež vode v zemljini in hidravlični koeficient prepustnosti. Mineraloške lastnosti pa so podali dobavitelji glinenih zemljin, Keramična tovarna iz Kóbehavna. Preglednica 2 podaja za štiri merjene glinene zemljine poroznost, hidravlični koeficient prepustnosti, vsebnost mineralov in vsebnost posameznih kemijskih elementov.

3.2.2 Meritve difuzijskega transporta

Slika 7 podaja difuzijski sistem, ki sta ga sestavljali zunanja in notranja kolona z vgrajenim vzorcem glinene

vrsta zemljine	poroznost (n)	hidr. koef. prepust. (k cm/leto)	mineraloška sestava (% w/w) v suhi zemljini	vsebnost kemijskih elementov (% w/w)
kaolinit $(Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8)$	0.54	0.35	kaolinit (sintetična glina)	$Si=74.8$, $Al=19.5$ $Ca=1.6$, $K=1.4$ $Na=1.2$ ostali elementi < 1
glina $d_m \leq 0.2mm$	0.47	0.40	montmorilonit = 70 kristobalit = 8-12 kremen = 7 illit = 8 albit = v sledovih	$SiO_2 = 72.0$ $Al_2O_3 = 19.0$ $Fe_2O_3 = 3.2$ $MgO = 3.4$ $CaO = 1.5$ ostali elementi < 1
glina $d_m \leq 2mm$	0.39	4.80	montmorilonit = 55 vermikulit = 15 kristobalit = 11 kremen = 7 zeolit = v sledovih	$SiO_2 = 65.0$ $Al_2O_3 = 15.5$, $Fe_2O_3 = 2.5$ $MgO = 2.5$, $CaO = 2.3$ $Na_2O = 1.1$ ostali elementi < 1
glina s področja Vodic	0.49	0.41	kaolinit = 65 poligorskit = 17 ilit = 9 kremen = 7 klorit = v sledovih	$SiO_2 = 67.0$ $Al_2O_3 = 18.5$ $MgO = 4.5$ $Fe_2O_3 = 3.5$ ostali elementi < 1

Preglednica 2. Osnovne fizikalne in mineraloške lastnosti glinenih zemljin



- ① notranja kolona s sledilom
- ② zunanja kolona
- ③ vzorec glinene zemljine
- ④ mešala
- ⑤ perforirani jekleni plošči

Slika 7. Difuzijski sistem

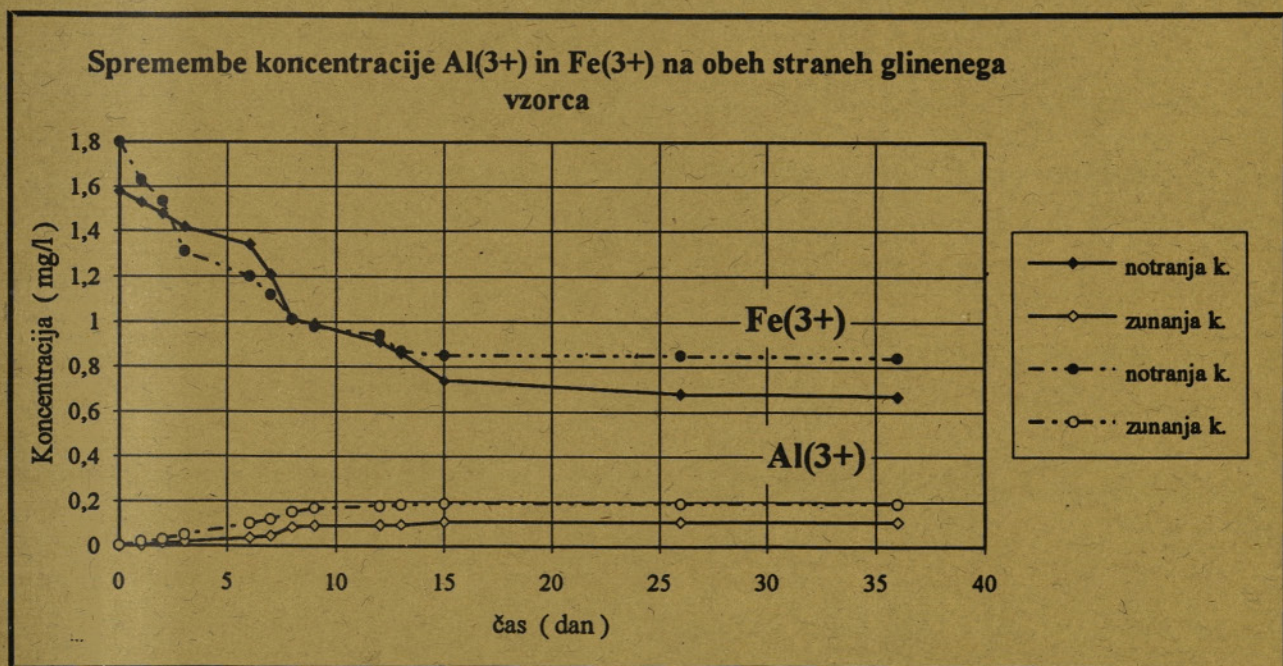
zemljine. Koloni sta bili enakega volumna, zato smo določili masno bilanco sledila direktno iz meritev koncentracij na obeh straneh vzorca zemljine. Glineno zemljino

smo vgradili med dve perforirani jekleni plošči in tako preprečili ekspandiranje, s tem pa tudi spremembe volumna, zbitosti in efektivne poroznosti vzorca.

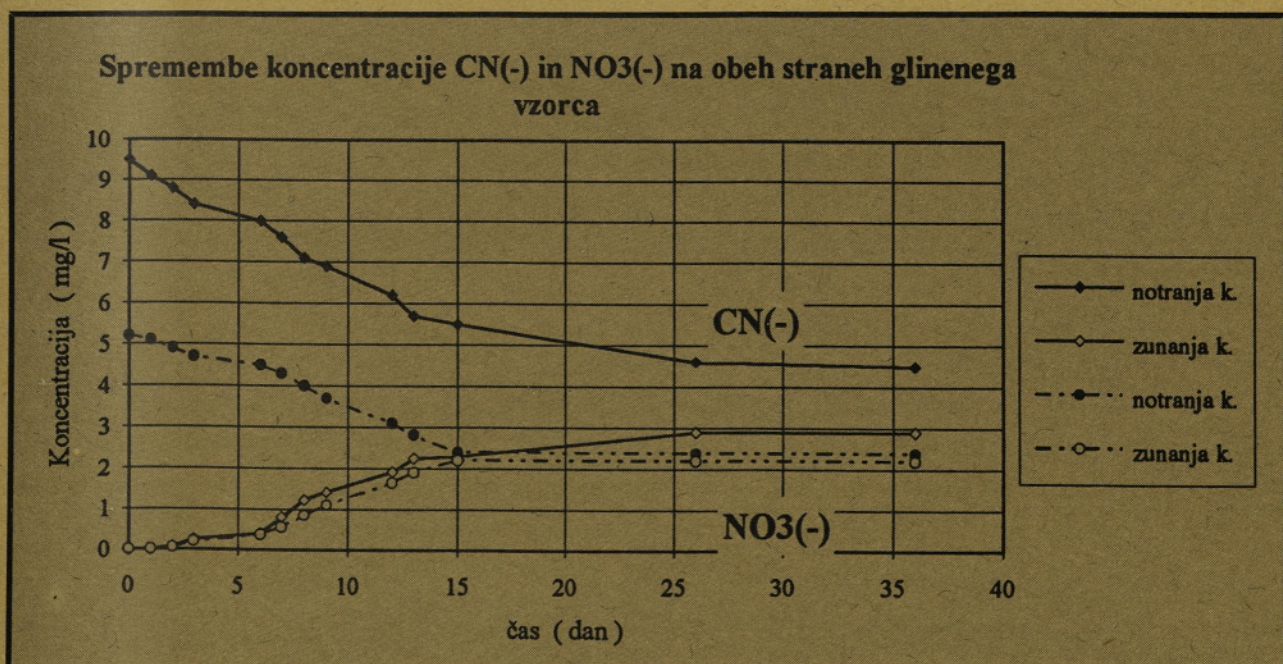
Vzorci smo pred pričetkom poizkusov pustili v vodi in tako omogočili predhodno ionsko izmenjavo na površini mineralov glinenih delcev z ioni iz tekočine v porah, nato pa smo na eno stran vzorca, v notranjo kolono, dodali sledilo, v zunanjo kolono pa do iste gladine čisto vodo. V obe koloni smo vgradili mešala in tako preprečili gradient koncentracije sledila v sami raztopini. Gradient koncentracije je bil le v glinenem vzorcu. Difuzijski tran-

sport vseh sledil smo merili v glinenem vzorcu debeline 3 cm, kromata pa še dodatno v vzorcih 2 in 6 cm.

Iz obeh kolon difuzijskega sistema, notranje in zunanje, smo zajemali enak volumen vzorcev in med poizkusom vzdrževali isti nivo gladin na obeh straneh zemljine. Krivulje sprememb koncentracij raztopin v odvisnosti od časa na obeh straneh vzorca podajajo slike 8.1–8.4.

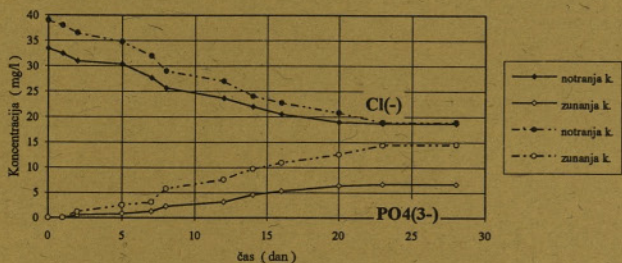


Slika 8.1. Spremembe koncentracije na obeh straneh vzorca glinene zemljine s področja Vodice



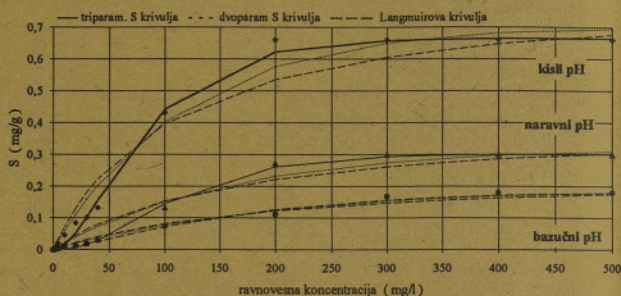
Slika 8.2. Spremembe koncentracije na obeh straneh vzorca glinene zemljine s področja Vodice

Spremembe koncentracije $Cl(-)$ in $PO_4(3-)$ na obeh straneh glinenega vzorca



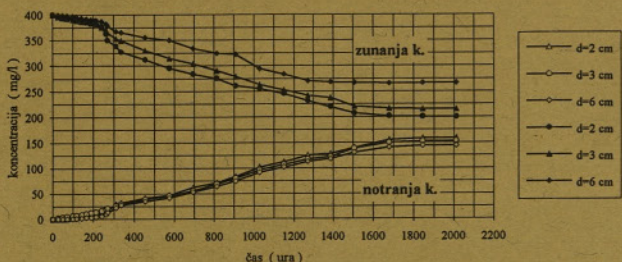
Slika 8.3. Spremembe koncentracije na obeh straneh vzorca glinene zemljine s področja Vodice

Adsorpcijske izoterme $Cr_2O_7(2-)$ v vzorcu glinene zemljine kaolinit



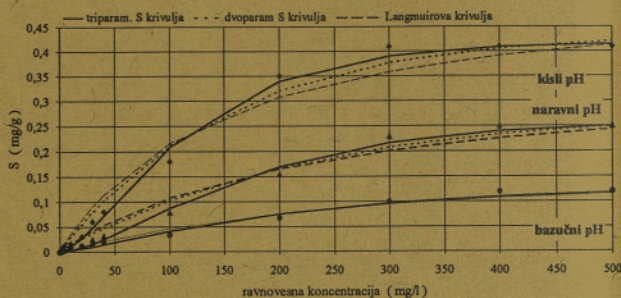
Slika 9.1. Adsorpcijske izoterme kromata $Cr_2O_7^{2-}$ v vzorcu zemljine kaolinit

Spremembe koncentracije $Cr_2O_7(2-)$ na neonesnaženi strani glinene zemljine Vodice



Slika 8.4. Spremembe koncentracije na obeh straneh vzorca glinene zemljine s področja Vodice

Adsorpcijske izoterme $Cr_2O_7(2-)$ v vzorcu glinene zemljine $d \leq 0.2 \text{ mm}$



Slika 9.2. Adsorpcijske izoterme kromata $Cr_2O_7^{2-}$ v vzorcu glinene zemljine $d_m \leq 0.2 \text{ mm}$

3.2.3 Meritve adsorpcijskih izoterm

Na suhe vzorce posameznih glinenih zemljin, znane teže (12.5 g), smo dolili znani volumen raztopine (37.5 ml) $K_2Cr_2O_7$, znane začetne koncentracije C_0 (2–500 mg/l). Razmerje tež zemljina–raztopina je bilo 1:3, povzeto po literaturi (U.S. EPA, 1985). Vzorce smo nato 48 ur mešali v rotacijskem aparatu in merili v paralelkah. Po končanem mešanju smo v valjih ločili zemljino in raztopino s 30-minutnim centrifugiranjem pri 3600 obr./min. Ponovno smo izmerili koncentracijo raztopine C_1 .

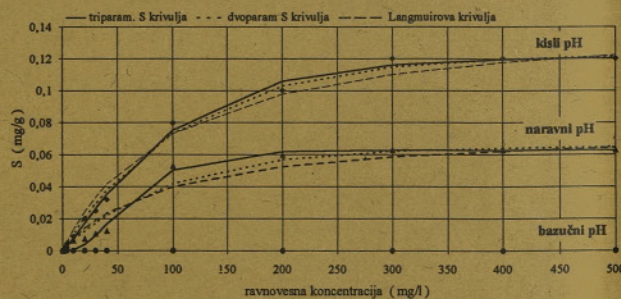
Rezultate meritev smo podali v obliki adsorpcijskih izoterm oziroma adsorbirana koncentracija S_i v odvisnosti od ravnovesne koncentracije C_i . Koncentracijo adsorbiranih ionov smo izračunali po naslednji enačbi:

$$S_i = \frac{(C_0 - C_i)V_z}{M_z} \quad (7)$$

kjer je C_0 začetna koncentracija raztopine (mg/l), V_{raz} volumen raztopine (37.5 ml), M_z masa zemljine (12.5 g), S_i koncentracija adsorbiranih ionov (mg/g), C_i ravnovesna koncentracija (mg/l).

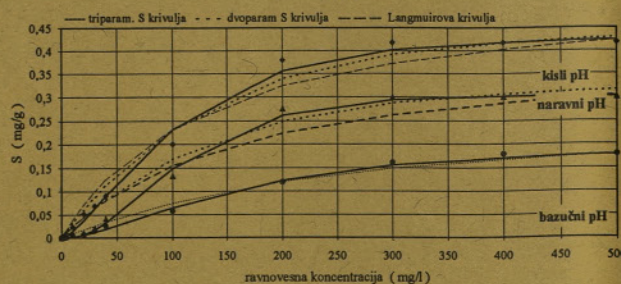
Teste ponavljajočega se ravnotežja smo izvedli z različnimi začetnimi koncentracijami raztopine, med 2 in 500 mg/l in v različnih pH pogojih, naravni pH, bazični in kisli. Krivulje odvisnosti adsorbirane mase kromata od ravnovesne koncentracije so podane v diagramih 9.1–9.4.

Adsorpcijske izoterme $Cr_2O_7(2-)$ v vzorcu glinene zemljine $d \leq 2 \text{ mm}$



Slika 9.3. Adsorpcijske izoterme kromata $Cr_2O_7^{2-}$ v vzorcu glinene zemljine $d_m \leq 2 \text{ mm}$

Adsorpcijske izoterme $Cr_2O_7(2-)$ v vzorcu glinene zemljine s področja Vodice



Slika 9.4. Adsorpcijske izoterme kromata $Cr_2O_7^{2-}$ v vzorcu glinene zemljine s področja Vodice

3.2.4 Določitev masne bilance sledila

Difuzijski transport v neadsorptivnem poroznem prostoru je zaključen, ko se koncentraciji raztopin na obeh straneh testiranega vzorca izenačita. Glinena zemljina pa je adsorptivna, torej se je med difuzijskim transportom del sledila adsorbiral v samem vzorcu, zato se koncentraciji na obeh straneh glinenega vzorca nista izenačili. Po določenem času trajanja meritev so se procesi v zemljini uravnotežili in koncentraciji na obeh straneh vzorca se nista spremenjali.

Akumulirano maso sledila smo med časom trajanja meritev in ko so se procesi v glinenem vzorcu uravnotežili določili po naslednji enačbi:

$$S(t) = (C_0 - C_z(t) - C_n(t))V(t) / G_z \quad (8)$$

kjer je C_0 začetna koncentracija sledila na onesnaženi strani vzorca (mg/l), $C_n(t)$ koncentracija sledila na onesnaženi strani vzorca med trajanjem procesov v zemljini (mg/l), $C_z(t)$ koncentracija sledila na neonesnaženi strani vzorca med trajanjem procesov v zemljini (mg/l), $V(t) = V_n(t) = V_z(t)$ volumen raztopine na obeh straneh vzorca (l), G_z masa vzorca zemljine (g), $S(t)$ adsorbirana masa sledila na g zemljine (mg/g zemljine).

3.3 Rezultati laboratorijskih meritev

3.3.1 Granulometrijska in mineraloška sestava zemljin

Granulometrijska sestava zemljine določa dolžino in prerez pretočnih poti. Drobnejše strukture je zemljina, bolj zavite in daljše so transportne poti, manjši je pretočni prerez ter večja je adsorpcijska površina, zato je manjši transport snovi skozi zemljino. Iz preglednice 2 lahko vidimo, da so hitrosti konvektivnega pronicanja v treh testiranih zemljinah manjše od 0.5 cm/leto. Zaključki na osnovi že izvedenih raziskav geologov in pedologov so potrdili, da je difuzijski proces prevladujoči transport v glinenih zemljinah s koeficientom prepustnosti manjšim od 0.5 cm/leto.

Druga pomembna lastnost, ki jo moramo upoštevati pri izbiri primerne zemljine, je njena mineraloška sestava. Nabrekajoče gline, ki lahko znotraj svoje kristalne strukture absorbirajo molekule vode in ostale polarne molekule in s tem nabrekajo in spreminjajo volumen, za izgradnjo tesnilnih pregrad niso primerne. To smo potrdili tudi z laboratorijskimi meritvami difuzijskega transporta. V obeh glinah, ki sta vsebovali smektit (nabrekajoče) minerale, montmorilonit in vermikulit (preglednica 2), je difuzijski transport potekal popolnoma nekontrolirano. Glini sta nabrekli, znotraj strukture so se tvorile prednostne poti, ki so omogočale pronicanje skozi vzorec zemljine. Glinenih vzorcev nismo mogli vgraditi v difuzijski sistem vodotesno.

Vsebnost posameznih kemijskih elementov v kristalni mreži glinenih mineralov določa tudi njeno adsorptivnost. Glina z $d_m \leq 2\text{mm}$ je imela minimalno adsorpcijsko sposobnost, v bazičnih pH pogojih je bila adsorpcija kromata tudi pri visokih začetnih koncentracijah raztopine

(100–500) mg/l enaka nič. Če zemljina ni adsorptivna, bo difuzijski transport potekal hitreje in tudi transportirana masa onesnaževal bo večja.

3.3.2 Adsorpcijske izoterme glinenih zemljin

Iz diagramov lahko vidimo, da je adsorpcijski proces odvisen od pH pogojev v zemljini. Za kaolinit je v naravnem pH in nespremenjenih ostalih pogojih maksimalna adsorbirana masa kromata 0.3 mg/g zemljine, v kislih pH 0.66 mg/g zemljine in v bazičnih pH 0.18 mg/g zemljine. Ioni kromata so negativno nabiti in se vežejo na površino mineralnih delcev glinene zemljine na proste pozitivno nabite ione. Pribitek naboja, pozitivnega oz. negativnega, na površini kristalne strukture mineralov glinene zemljine je funkcija pH. Odvisnost adsorpcijske kapacitete zemljine, maksimalne adsorbirane mase kromata na površini mineralnih delcev glinenih zemljin, od pH pogojev podajamo v preglednici 3.

Vrsta zemljine	Adsorbirana masa S (mg/g)		
	bazični pH	naravni pH	kisli pH
kaolinit	0.18	0.30	0.66
glina Vodice	0.179	0.30	0.418
glina $d_m \leq 0.2\text{mm}$	0.12	0.25	0.41
glina $d_m \leq 2\text{mm}$	0.00	0.063	0.12

Preglednica 3. Maksimalna adsorbirana masa kromata v odvisnosti od pH

Množina adsorbirane mase na površini kristalne mreže glinenih mineralov je odvisna od vrste zemljine, njene granulometrijske in mineraloške sestave:

- kaolinit in glineni vzorec iz Vodice sta adsorbirala bistveno večjo množino kromata kot obe ostali glineni zemljini, ker imata drobnejšo granulometrijsko sestavo, s tem pa večjo skupno površino delcev na enako maso zemljine, to je večjo adsorpcijsko površino;
- mineraloška sestava določa strukturo zemljine, razporeditev osnovnih enot kristalov v kristalno mrežo, s tem pa tudi razporeditev in množino prostih ionov na površini mineralnih delcev; obe glini s primesmi smektit mineralov (montmorilonita, vermikulita) absorbirata polarne molekule znotraj kristalne strukture glinenih mineralov, zato je adsorpcijska kapaciteta nižja, ker je večina prostih ionov že prerezporejena in vezana z absorpcijo.

Množina adsorbirane mase na površini glinenih mineralov je odvisna od pH pogojev:

- pH pogoji v zemljini določajo množino in naboj (pozitiven, negativen) prostih ionov na površini glinenih mineralov; ioni kromata imajo negativni naboj, zato so se vezali s pozitivno nabitimi prostimi ioni na površini glinenih mineralov;
- v bolj kislih pH pogojih je bila adsorbirana masa ionov kromata večja, ker je bilo prostih več pozitivno nabitih ionov;
- pH je funkcija koncentracije raztopine, sama glinena zemljina deluje kot **pufer** in lahko nevtralizira pH pogoje,

do določene stopnje približa naravnim, v odvisnosti od koncentracije raztopine in razpoložljivih prostih ionov na površini mineralov.

3.3.3 Difuzijski transport v odvisnosti od časa

Spremembe koncentracij sledila na onesnaženi in neonesnaženi strani glinenega vzorca podajajo slike 8.1–8.4. Difuzijski transport negativnih ionov soli z negativnim nabojem (-1) je potekal dokaj neovirano, trifosfatovi ioni PO_4^{3-} z negativnim nabojem (-3), ioni kromata z negativnim nabojem (-2) in pozitivni ioni kovin z nabojem ($+3$) pa so se na površino glinenih delcev adsorbirali.

Ioni $Cr_2O_7^{2-}$ nizkih koncentracij, reda velikosti 1 mg/l, so se v celoti adsorbirali na glinene minerale in vezali v obstojno spojino z aluminijem iz kompleksov ($Al-OH$) v kristalnih enotah mineralov. Po preteku 320 dni na neonesnaženi strani glinenega vzorca nismo zasledili $Cr_2O_7^{2-}$. Da bi lahko v doglednem času sledili difuzijski transport, smo koncentracijo raztopine povečali na 400 mg/l. Vzporedno s prvim glinenim vzorcem, debeline 3 cm, smo nato merili spremembe koncentracij $Cr_2O_7^{2-}$ še v dveh dodatnih merskih sistemih z glinenima vzorcema 2 in 6 cm. Slika 8.4 podaja spremembe koncentracij na onesnaženi in neonesnaženi strani glinenih vzorcev v vseh treh sistemih. Zaradi velike koncentracije sledila na onesnaženi strani vzorca je sledilo praktično v enem dnevu prišlo skozi vzorce. Ker vzorca zemljine debeline 2 in 6 cm predhodno nista bila v stiku z raztopino kalijevega kromata, se je v prvih 11 dneh trajanja meritev adsorbiralo več kromata na površino mineralnih delcev. Difuzijski transport je zato potekal počasneje kot v sistemu s 3 centimetrskim vzorcem zemljine, ki je bil že 320 dni v stiku z raztopino. Po cca 11 dneh trajanja meritev potekajo krivulje porasta koncentracij na neonesnaženi strani vseh treh vzorcev glinene zemljine vzporedno.

4.0 ANALITIČNA REŠITEV

4.1 Izračun adsorpcijskih izoterm

Izmerjene adsorpcijske izoterme lahko matematično zapišemo z enačbami po različnih avtorjih. Dve najbolj pogosto uporabljene zvezi sta Freundlichova empirična in Langmuirova analitična enačba.

Rezultati naših meritev adsorpcijskih izoterm kromata sledijo S krivulji. Izmerjene adsorbirane mase v odvisnosti od ravnovesne koncentracije za manjše začetne koncentracije do ca. 40 mg/l naraščajo počasneje kot za večje začetne koncentracije.

Ustrezno enačbo krivulje izmerjenih adsorpcijskih izoterm in parametre, empirične koeficiente, enačbe smo določili z nelinearnim regresijskim modelom NONLIN. Model omogoča določanje vrednosti parametrov poljubnega polinoma oz. linearne in nelinearne funkcije. Adsorpcijske izoterme kromata v štirih različnih glinenih zemljinah, v spremenljivih pH pogojih smo podali z dvo in triparametrsko eksponentno enačbo, za primerjavo pa še z Langmuirovo. Najbolje se prilega triparametrsko eksponentna krivulja.

Triparametrsko eksponentna:

$$S_i = c(1 - e^{-dC_i})^f \quad (9)$$

Dvoparametrsko eksponentna:

$$S_i = a(1 - e^{-bC_i}) \quad (10)$$

Langmuirova:

$$S_i = \frac{K_f M C_i}{(1 + K_f C_i)} \quad (11)$$

kjer je S_i adsorbirana masa (mg/g zemljine), C_i ravnovesna koncentracija (ml/l), a , b , c , d , f parametri (koeficienti enačb), K_f , M Langmuirova koeficienta.

4.2 Izračun difuzijskega koeficienta

Difuzijske koeficiente posameznih ionov soli smo izračunali z enačbo, izpeljano za difuzijski transport skozi porozno ploščo. Difuzijski sistem s porozno ploščo je podoben našemu, le da tvori oviro med raztopinama različnih koncentracij porozna ploščica, ki je neadsorptivna, pregrada iz glinene zemljine pa je adsorptiven material. Iz primerjave izračunanih vrednosti difuzijskih koeficientov z vrednostmi po literaturi za druge testirane zemljine lahko rečemo, da so izračunane vrednosti realne.

Če je porozna ploščica homogena, lahko gradient koncentracij zapišemo kot konstanto:

$$\frac{dC}{dx} = konst. = \frac{\Delta C}{\Delta x} \quad (12)$$

Definiramo koncentracijo $C = n/V$, kjer je n število molov, V pa volumen.

Uporabimo enačbo Fickovega I. zakona:

$$J_i = -D_i \text{ grad } D_i = -D \frac{dC}{dx} = \frac{dn}{dt} \frac{1}{A} \quad (13)$$

V en. (12) zamenjamo dC/dx z $\Delta C/\Delta x$ in pomnožimo s površino prereza A . Ker je volumen porozne plošče konstanta, lahko dalje zapišemo $dC/dn = 1/V$:

$$\frac{dC}{dn} \frac{dn}{dt} = -\frac{DA}{V} \frac{\Delta C}{\Delta x} \quad 14$$

Ker so A , V , Δx porozne plošče konstante, je tudi $A/V\Delta x$ konstanta, imenovana konstanta porozne plošče, K :

$$\frac{dC}{dt} = -DK \Delta C \quad (15)$$

Ob upoštevanju robnih pogojev:

začetni robni pogoj: $t = 0$,
koncentracija v notranji posodi, $C_n = C_o$
koncentracija v zunanji posodi, $C_z = 0$

po času t :

$$\begin{aligned} \text{koncentracija v notranji posodi, } C_n &= C_o - C_z \\ \text{koncentracija v zunanji posodi, } C_z & \\ \text{razlika koncentracij je } \Delta C &= C_z - C_n = \\ &= C_z - (C_o - C_z) = 2C_z - C_n \end{aligned}$$

po integraciji enačbe:

$$dt = \frac{1}{DK} \frac{1}{(C_o - 2C)} dC \quad (16)$$

dobimo naslednjo analitično zvezo za izračun difuzijskega koeficienta:

$$D = \frac{2.303}{2Kt} \log\left(\frac{C_o}{(C_o - 2C)}\right) \quad (17)$$

kjer je C_o začetna koncentracija raztopine na onesnaženi strani vzorca, C koncentracija raztopine na neonesnaženi strani vzorca po času t , K geometrijska konstanta sistema (A/V), A površina prereza glinenega vzorca, pravokotno na smer transporta, V pa volumen vzorca. Vsi glineni vzorci so bili enakega premera, $D = 10$ cm in različnih debelin 2, 3 in 6 cm.

Efektivne difuzijske koeficiente ionov soli smo izračunali za vsak časovni korak meritev in kot rezultat podali povprečno, minimalno in maksimalno vrednost izračunanih efektivnih difuzijskih koeficientov v preglednici 4.

D (cm ² /s)	$Cr_2O_7^{2-}$	Al^{3+}	Fe^{3+}	PO_4^{3-}	CN^-	Cl^-	NO_3^-
D_{min}	$7.48 \cdot 10^{-9}$	$1.33 \cdot 10^{-7}$	$4.46 \cdot 10^{-7}$	$1.57 \cdot 10^{-7}$	$1.30 \cdot 10^{-7}$	$1.35 \cdot 10^{-7}$	$5.11 \cdot 10^{-7}$
$D_{srednji}$	$9.70 \cdot 10^{-7}$	$4.94 \cdot 10^{-7}$	$6.58 \cdot 10^{-7}$	$8.87 \cdot 10^{-7}$	$1.52 \cdot 10^{-6}$	$2.05 \cdot 10^{-6}$	$2.25 \cdot 10^{-7}$
D_{max}	$3.93 \cdot 10^{-6}$	$7.49 \cdot 10^{-7}$	$9.41 \cdot 10^{-7}$	$9.60 \cdot 10^{-7}$	$3.07 \cdot 10^{-6}$	$2.96 \cdot 10^{-6}$	$4.28 \cdot 10^{-6}$

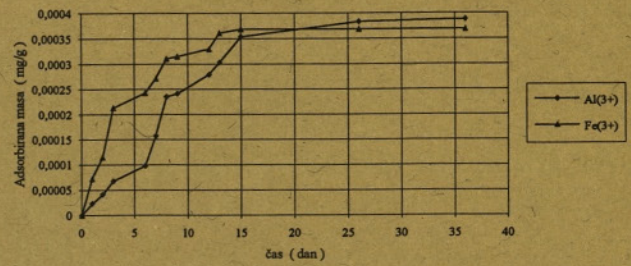
Preglednica 4. Vrednosti efektivnega difuzijskega koeficienta merjenih ionov soli

4.3 Izračun masne bilance sledil

S sledili Al^{3+} , Fe^{3+} , NO_3^- , Cl^- , CN^- , PO_4^{3-} smo merili le difuzijski transport v vzorcu glinene zemljine iz Vodice, nismo pa določili adsorpcijskih izoterm.

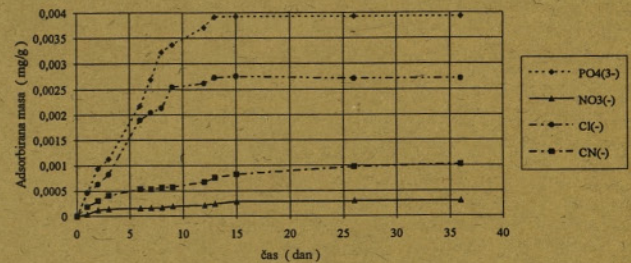
V vsakem časovnem koraku meritev smo iz razlike začetne koncentracije sledila in trenutnih koncentracij na onesnaženi in neonesnaženi strani vzorca določili trenutno adsorbirano maso ionov na gram zemljine po enačbi za izračun masne bilance. Sliki 10.1–10.2 podajata spremembo adsorbirane mase v zemljini v odvisnosti od časa. Maksimalne izračunane adsorbirane mase na g zemljine ne moremo primerjati z adsorpcijsko kapaciteto zemljine, ker za obravnavana sledila nismo izvedli adsorpcijskih testov. Krivulje kažejo, da je dosežena stopnja adsorpcije glede na začetno koncentracijo sledila višja za pozitivne kovinske ione in negativne dvo- in trivalentne ione kot za negativne enovalentne ione soli. Ob koncu meritev, ko so se procesi v zemljini uravnotežili, se je v glineni zemljini akumuliralo 40 do 50 % začetne množine pozitivnih kovinskih ionov, 25 % negativnih ionov trifosfata z nabojem (-3), ostalih enovalentnih negativnih ionov soli pa v povprečju le 15 %.

Adsorbirana masa Al^{3+} in Fe^{3+} v vzorcu glinene zemljine s področja Vodice



Slika 10.1. Adsorbirana masa Al^{3+} in Fe^{3+} v vzorcu glinene zemljine s področja Vodice, debeline 3 cm

Adsorbirana masa PO_4^{3-} , NO_3^- , Cl^- in CN^- v vzorcu glinene zemljine s področja Vodice



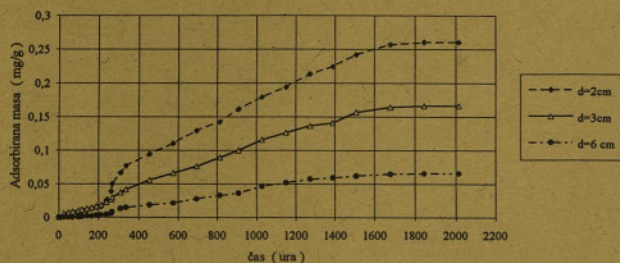
Slika 10.2. Adsorbirana masa PO_4^{3-} , NO_3^- , Cl^- in CN^- v vzorcu glinene zemljine s področja Vodice, debeline 3 cm

Vzorec suhe glinene zemljine iz Vodice je imel kisli pH 5, zato je imela kristalna mreža pribitek pozitivnega naboja, ki so ga ob stiku z vodo delno nevtralizirali negativni OH^- ioni vodnega dipola. Ko smo dodali na eno stran vzorca raztopino soli, so negativni ioni soli z nabojem (-1) lahko zapolnili le še preostanek pozitivnega naboja na površini kristalne mreže glinenih delcev. Zato je bila stopnja adsorpcije vseh enovalentnih negativnih ionov soli nižja od stopnje adsorpcije ionov trifosfata z nabojem (-3). Ioni trifosfata so izrivali OH^- skupine, ki so se že predhodno adsorbirali na površino kristalne mreže. Adsorpcijo je spremljala ionska zamenjava nižjevalentnih ionov na površini kristalne mreže z ioni višje valence iz raztopine v porah zemljine. Glineni kristali namreč težijo za višjim nabojem. Trifosfat pa se v glineni zemljini akumulira tudi zaradi vezave z ioni železa in kalcija v obstojno spojino. Pozitivni kovinski ioni Al^{3+} in Fe^{3+} so prav tako kot negativni ioni trifosfata izrivali s površine kristalne mreže pozitivne ione z nižjo valenco in se adsorbirali na površino kristalne mreže mineralov glinenih delcev v vzorcu zemljine.

S sledilom kromata smo v glineni zemljini iz Vodice merili

difuzijski transport in adsorpcijske izoterme. Tako kot negativni ioni trifosfata z nabojem (-3) so tudi negativni ioni kromata z nabojem (-2) zasedli preostanek pribitka pozitivnega naboja na površini kristalne mreže glinenih mineralov in z ionsko zamenjavo nadomestili negativne ione nižje valence. Ker smo določili tudi adsorpcijsko kapaciteto glinene zemljine iz Vodice, smo lahko tudi primerjali dejansko maksimalno adsorbirano maso na gram zemljine z adsorpcijsko kapaciteto adsorpcijske izoterme kromata.

Adsorbirana masa Cr₂O₇(2-) v vzorcih glinene zemljine s področja Vodice



Slika 10.3. Adsorbirana masa Cr₂O₇²⁻ v vzorcih glinene zemljine s področja Vodice, debeline 2, 3 in 6 cm

Slika 10.3 podaja trenutno adsorbirano maso Cr₂O₇²⁻, določeno po enačbi masne bilance, v vzorcih glinene zemljine debeline 2, 3 in 6 cm. Iz diagrama lahko vidimo, da se je adsorbiralo največ kromata na gram zemljine v vzorcu debeline 2 cm. To pogojuje enaka začetna koncentracija na onesnaženi strani vseh treh vzorcev, od katere smo odšteli koncentraciji na obeh straneh vzorca in jo delili z različno maso zemljine. Zemljina je tudi heterogena in množina privilegiranih poti je glede na maso bolj izražena v vzorcu debeline 2 cm kot v ostalih dveh večje debeline. Vzorec debeline 2 cm pa je bil tudi glede na volumen in maso zemljine z večjo površino kristalov mineralne strukture glinene zemljine v direktnem stiku z raztopino kot vzorca 3 in 6 cm.

Po podatkih iz razpoložljive literature je stopnja adsorpcije na površino mineralov glinenih delcev razsute zemljine večja kot v zbiti zemljini. Posamezni delci v suspenziji se ne stikajo in je zato aktivna površina večja kot v zbiti zemljini, ki ima zaradi stikanja delcev reducirano aktivno adsorpcijsko površino. Rezultati naših meritev in podatki iz literature se razhajajo, ker je bila v vzorcu zemljine debeline 2 cm dosežena adsorpcijska kapaciteta. Naša razlaga je naslednja. Procesi adsorpcije in ionske izmenjave ne potekajo na površini delcev, definirani v makroprostoru, ampak v mikroprostoru kristalne strukture mineralov glinene zemljine, to so namreč molekularni procesi.

5.0 ZAKLJUČKI

Naše delo je obsegalo študij in meritve fizikalnih in kemijskih procesov v zemljinah iz drobnozrnatih materialov, ki so primerne za izgradnjo tesnilnih pregrad. Na podlagi rezultatov meritev lahko podamo naslednje zaključke.

Testirana glinena zemljina iz Vodice je med 320-dnevnim trajanjem meritev difuzijskega transporta negativno nabite ione kromata v naravi prisotnih koncentracij (mg/l) v celoti adsorbirala na površino kristalne mreže mineralov. Pri temperaturi 20°C so vrednosti difuzijskih koeficientov merjenih ionov soli v raztopinah med 10⁻⁶ in 10⁻⁴ cm²/s (Robinson & Stokes, 1959), v testirani zemljini iz Vodice pa med 10⁻⁷ in 10⁻⁶ cm²/s. Torej so v merjeni zemljini vrednosti difuzijskih koeficientov 10- do 100-krat manjše kot v raztopini.

Izmerjene adsorpcijske izoterme kromata Cr₂O₇²⁻ v štirih različnih zemljinah v spremenljivih pH pogojih so potrdile odvisnost adsorpcijske kapacitete glinene zemljine od njene granulometrijske in mineraloške sestave ter pH pogojev. Največjo adsorpcijsko kapaciteto je imela glinena zemljina kaolinit, z najbolj drobno strukturo v kislih pH pogojih. V bazičnih pH pogojih pa se na grobozrnato

d vzorca (cm)	S(t) (%)						S _{max} (%)
	2 dni	6 dni	11 dni	24 dni	48 dni	62 dni	84 dni
2	1.1	3.5	12.9	36.9	64.8	80.7	86.9
3	1.6	3.5	8.0	21.2	37.7	51.4	54.6
6	0.1	0.7	2.2	7.2	15.5	20.7	21.8

Preglednica 5. Stopnja adsorpcije ionov Cr₂O₇²⁻ v vzorcih glinene zemljine iz Vodice debeline 2, 3 in 6 cm, izražena kot odstotek adsorpcijske kapacitete po različnem času trajanja procesov

Ker smo za kromat izmerili tudi adsorpcijske izoterme, smo dosežene stopnje adsorpcije v odvisnosti od časa izrazili tudi kot procentualne deleže adsorpcijske kapacitete merjene glinene zemljine. Za vzorce zemljine, debeline 2, 3 in 6 cm jih podajamo v preglednici 5.

glineno zemljino ($d_m \leq 2.0 \text{ mm}$), z vsebnostjo smektit mineralov, kromat ni adsorbiral. Za nižje ravnovesne koncentracije, do 40 mg/l, Langmuirova adsorpcijska krivulja ne sledi merjenim adsorpcijskim izotermam. Meritve sledijo S krivulji, ki jo najbolje podaja triparametrna eksponentna enačba. Za potrditev adsorpcijskih izoterm v obliki S krivulje bi morali izvesti še dodatne teste ponavljajočega ravnotežja, predvsem z nižjimi začetnimi koncentracijami raztopine.

Maksimalna adsorbirana masa kromata na gram zemljine je bila po 84 dneh trajanja procesov v vzorcu zemljine iz Vodice, debeline 2 cm, 86.9 % adsorpcijske kapacitete, določene s testi ponavljajočega se ravnotežja. Lahko torej postavimo tezo, da je aktivna adsorpcijska površina kristalne strukture mineralnih delcev glinene zemljine enaka za zbito in razsuto zemljino. Da bi to ugotovitev lahko posplošili, bi morali izvesti še dodatne meritve v različnih glinenih zemljinah, z različnimi raztopinami, v spremenljivih pH, eH pogojih in še daljšega trajanja. Za kromat v glineni zemljini iz Vodice, v naravnih pH pogojih pa lahko našo ugotovitev fizikalno in kemično razložimo, kot sledi. Proces adsorpcije in ionske izmenjave ne potekajo na površini delcev, definirani v makroprostoru. Ti procesi so namreč molekularni in zato potekajo v mikroprostoru kristalne strukture mineralov glinene zemljine. Pozitivni in negativni pribitek naboja na površini kristalne mreže delcev zemljine ob stiku z vodo nevtralizirajo molekule vodnega dipola. Tudi v zbitem stanju, ko se delci zemljine medsebojno stikajo, je torej na vsak delec zemljine kemično vezan sloj vodnih molekul, v katerem potekajo procesi interakcije trdi delec – tekočina v porah zemljine. Snovi, raztopljene v tekočini v porah, se zato adsorbirajo in ionsko izmenjujejo na celotni površini kristalne mreže mineralnih delcev. Rezultati naših meritev za kromat v testirani glineni zemljini negirajo tezo o reducirani aktivni površini mineralnih delcev v zbitem stanju. Po podatkih iz literature so meritve procesov v glinenih zemljinah izvajali le krajši čas, le nekaj dni ali celo le nekaj ur, v naravi pa ti procesi trajajo nekaj deset let in več, zato v vzorcih zemljin med kratkotrajnimi meritvami adsorpcijska kapaciteta ni bila dosežena.

Glinena pregrada pod odlagališči odpadkov kot akumulacija onesnaževal

Na podlagi že znanega in naših zaključkov lahko ugotovimo, da se v glineni zemljini medsebojno prepletajo številni kemični in fizikalni procesi, ki določajo transport snovi v tem poroznem prostoru. Difuzijski transport je v glineni pregradi tako kot konvektivno pronicanje funkcija pretočnega prereza in poteka hitreje, če so pore med delci zemljine medsebojno povezane in večjega prečnega prereza, ker pa je obenem tudi molekularni proces, poteka tudi preko vezanega sloja vodnih molekul na površini mineralnih delcev zemljine. Pri difuzijskem transportu sodelujejo tudi 'mikro' poti, le če obstaja gradient koncentracije snovi v zemljini.

Na površini kristalne strukture glinenih mineralov potekata adsorpcija ionov in ionska izmenjava. Zaradi ionske izme-



2331 PRAGERSKO
TEL. 062 837 100
FAX 062 837 217

OPEKARNA
PRAGERSKO



njave nižjevalentnih ionov, vezanih na površini kristalne strukture glinenih mineralov z višjevalentnimi ioni iz tekočine v porah, se slednji na površini mineralov akumulirajo, nižjevalentni pa se izločajo v porno raztopino. Zaradi gradienta koncentracije izločenih ionov se v zemljini transport nadaljuje. Sprememba pH pogojev v zemljini povzroči spremembo razpoložljivega pribitka naboja na površini kristalne strukture glinenih mineralov. Navedene zakonitosti procesov v zemljini potrjujejo tudi naše meritve.

Torej se snovi, odložene na površini glinene zemljine, v zemljini akumulirajo. Tudi če transport onesnaževal ne doseže stika glinena zemljina – nižjeležeča zemeljska plast, so se onesnaževala s površine glinene zemljine transportirala v zemljino in v njej akumulirala. Ker pa se procesi v zemljini nadaljujejo, lahko v daljšem časovnem obdobju pričakujemo preboj stične ploskve "glinena zemljina – spodnja plast zemljine".

Na podlagi rezultatov meritev lahko podamo tudi granulometrijske in mineraloške lastnosti glinenih zemljin, primerne za izgradnjo tesnilnih pregrad. Zemljina mora imeti drobnozrnato strukturo, ker zmanjšan pretočni prerez, daljša pot transporta snovi in večja adsorptivna površina zmanjšujejo in upočasnjujejo transportne procese v zemljini. V stiku z vodo in drugimi polarnimi molekulami ne sme nabrekati in s tem spreminjati volumna. Zaradi nabrekanja, absorpcije znotraj kristalne mreže, so se v obeh glinenih zemljinah s vsebnostjo smektit mineralov tvorile prednostne poti, po katerih se je kromat transportiral tako z difuzijskim tokom kot s pronicanjem.

L I T E R A T U R A

- (1) Berner R. A.: "Principles of Chemical Sedimentology", McGraw-Hill, Inc. New York, USA 1971.
- (2) Crank J.: "The Mathematics of Diffusion", 2nd ed., Clarendon Press, Oxford, UK, 1975.
- (3) Drever J. I.: "The Geochemistry of Natural Waters", Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1982.
- (4) Duane Shackelford C.: "Diffusion of inorganic chemical wastes in compacted clay", Doctor dissertation, The University of Texas at Austin, USA 1988.
- (5) Freez R. A., Cherry J. A.: "Groundwater", Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA, 1979.
- (6) Gillham R. W., Robin M. L. J., Dytynshyn D. J., Johnston H. M.: "Diffusion of nonreactive and reactive solutes through fine-grained barrier materials", Canadian Geotechnical Journal, Vol. 21, 541-550, Canada, 1984.
- (7) Helfferich F.: "Ion Exchange", McGraw-Hill, Inc. New York, USA, 1962.
- (8) Li Y. H., Gregory S.: "Diffusion of ions in Sea Water and Deep-Sea Sediments", Geochimica et Cosmochimica Acta, Vol. 38, 703-714, 1974.
- (9) "Diffusion by the Porous Disc Method", Properties of the Mixtures and Solutions, Chapter Diffusion, 251-259.
- (10) Nye P. H.: "Diffusion of Ions and Unchanged Solutes in Soils and Soil Clays", Advances in Agronomy, Vol. 31, 225-272, USA, 1979.
- (11) Olsen S. R., Kemper W. D.: "Movement of Nutrients to Plant Roots", Advances in Agronomy, Vol. 20, 91-151, USA, 1968.
- (12) Porter L. K., Kemper W. D., Jakson R. D., Stewart B. A.: "Chloride Diffusion in Soils as Influenced by Moisture Content", Proceedings Soil Science Society of America, Vol. 24, No. 6, 400-403, USA, 1960.
- (13) Robinson R. A., Stokes R. H.: "Electrolyte Solutions", 2 nd. ed. Bitterworths Scientific Publications, London, UK, 1959.
- (14) Velde B.: "Introduction to Clay Minerals", National Centre for Scientific Research, France, 1992.
- (15) Van Shaik J. C., Kemper W. D.: "Chloride Diffusion in Clay-Water Systems", Proceedings Soil Science Society of America, Vol. 30, 22-25, USA, 1966.

DOLOČEVANJE OBRATNE MATRIKE:

a) s pomočjo sistema linearnih enačb in

b) s pomočjo razširjene matrike

UDK 512.64

JOŽE LEP

Naj bo n -vrstna kvadratna matrika

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \text{ regularna.}$$

Tedaj obstaja ena sama obratna matrika A^{-1} , in sicer je

$$A^{-1} = \frac{1}{\det A} = \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1n} \\ A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{n1} & A_{n2} & \dots & A_{nn} \end{bmatrix}^T$$

Da bi določili A^{-1} , je v splošnem dosti računskega dela, saj je treba računati n^2 determinant, od katerih je vsaka $(n-1)$ -vrstna. Zato je naravno vprašanje, ali bi bila matrika A^{-1} določljiva s kakim krajšim računskim naporom. Ena taka pot gre prek primerne sistema n linearnih enačb z n neznankami.

Dana bodi n -vrstna regularna kvadratna matrika A . Vzemimo še

n -vrstni stolpec X neznank x_1, x_2, \dots, x_n , torej stolpec

$$X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$$

in n -vrstni stolpec B števil b_1, b_2, \dots, b_n , torej stolpec

$$B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}$$

Pri tem imamo števila b_1, b_2, \dots, b_n za znana in naj so od 0 različna.

Avtor:

Jože Lep, redni profesor matematike na Fakulteti za gradbeništvo, Univerza v Mariboru

Tedaj moremo nastaviti matrično enačbo

$$AX = B,$$

ki ima natanko eno rešitev $X = A^{-1}B$. Ker je matrika AX matrika stolpec

$$AX = \begin{bmatrix} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \\ \dots \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n \end{bmatrix},$$

je matrična enačba $AX = B$ isto kot sistem

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &= b_1 \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &= b_2 \\ \dots & \\ a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \dots + a_{nn}x_n &= b_n \end{aligned}$$

Ta sistem ima zaradi $\det A \neq 0$ natanko eno rešitev, in sicer:

$$x_1 = \frac{\det A_1}{\det A}, x_2 = \frac{\det A_2}{\det A}, \dots, x_n = \frac{\det A_n}{\det A}.$$

Ko bi determinante $\det A_1, \det A_2, \dots, \det A_n$ zapisali razvite po stolpcu b -jev, bi po deljenju z $\det A$ dobili:

$$\begin{aligned} x_1 &= c_{11}b_1 + c_{12}b_2 + \dots + c_{1n}b_n \\ x_2 &= c_{21}b_1 + c_{22}b_2 + \dots + c_{2n}b_n \\ \dots & \\ x_n &= c_{n1}b_1 + c_{n2}b_2 + \dots + c_{nn}b_n \end{aligned} \rightarrow \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix} \rightarrow X = C \cdot B,$$

pri tem so vsi c_{ij} natanko določena števila.

Torej:

K matriki A formiramo sistem $AX = B$, kjer je $B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_n \end{bmatrix}$. Hkrati velja:

$X = A^{-1}B$ in $X = CB$. Zaradi enoličnosti matrike X je

$$A^{-1} = C.$$

Enačbo $AX = B$ je torej treba preoblikovati v $X = CB$ in tedaj je $C = A^{-1}$.

Matriko C moremo dobiti s tem, da sistem $AX = B$ rešimo z direktnim reševanjem.

Smemo pa sistem $AX = B$ najprej zapisati v obliki

$$AX = EB$$

in ga reševati s koeficienti na "razširjeni matriki" sistema:

S postopki, dovoljenimi pri reševanju sistema,

matriko A na levi strani enačbe preoblikujemo v matriko E ,
pri tem
preide matrika E na desni strani enačbe v matriko C , ki je A^{-1} .

1. primer. Obratno matriko k matriki $A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & -1 \end{bmatrix}$ določi:

- a) iz rešitve pripadajočega sistema,
b) iz preoblikovanja na razširjeni matriki sistema.

Preveri, da je $AA^{-1} = E$.

Rešitev

a) $A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & -1 \end{bmatrix}$; $\det A = -1 - 6 = -7$; A je regularna matrika, pa A^{-1} obstaja. Pripadajoča matrična enačba je

$$AX = B, \text{ pri tem je } X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} \text{ in } B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}.$$

a) Matrično enačbo $AX = B$ moremo zapisati tudi v obliki sistema $\begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} x_1 + 2x_2 \\ 3x_1 - x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}$. Ekvivalentna je

$$\begin{array}{l} x_1 + 2x_2 = b_1 \\ 3x_1 - x_2 = b_2 \end{array} \begin{array}{l} \cdot 1 \\ \cdot 2 \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} x_1 + 2x_2 = b_1 \\ 7x_1 = b_1 + 2b_2 \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} \rightarrow x_2 = \frac{3}{7}b_1 - \frac{1}{7}b_2 \\ \rightarrow x_1 = \frac{1}{7}b_1 + \frac{2}{7}b_2 \end{array}$$

$$\text{Tako je } X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{7}b_1 + \frac{2}{7}b_2 \\ \frac{3}{7}b_1 - \frac{1}{7}b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{7} & \frac{2}{7} \\ \frac{3}{7} & -\frac{1}{7} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix}, \text{ pa je } A^{-1} = C = \begin{bmatrix} \frac{1}{7} & \frac{2}{7} \\ \frac{3}{7} & -\frac{1}{7} \end{bmatrix}.$$

$$\text{b) } AX = B \rightarrow AX = EB \rightarrow \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} (1) & 2 & | & 1 & 0 \\ 3 & -1 & | & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \cdot (-3) \downarrow \\ \cdot 1 \end{array} \rightarrow$$

$$\rightarrow \begin{bmatrix} 1 & 2 & | & 1 & 0 \\ 0 & (-7) & | & -3 & 1 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \cdot 7 \uparrow \\ \cdot 2 \uparrow \end{array} \rightarrow \begin{bmatrix} 7 & 0 & | & 1 & 2 \\ 0 & -7 & | & -3 & 1 \end{bmatrix} \begin{array}{l} \cdot \frac{1}{7} \\ \cdot (-\frac{1}{7}) \end{array} \rightarrow \begin{bmatrix} 1 & 0 & | & \frac{1}{7} & \frac{2}{7} \\ 0 & 1 & | & \frac{3}{7} & -\frac{1}{7} \end{bmatrix} \text{ Odčitamo:}$$

$$A^{-1} = C = \begin{bmatrix} \frac{1}{7} & \frac{2}{7} \\ \frac{3}{7} & -\frac{1}{7} \end{bmatrix} = \frac{1}{7} \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & -1 \end{bmatrix}.$$

$$\text{Preveritev: } AA^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \frac{1}{7} & \frac{2}{7} \\ \frac{3}{7} & -\frac{1}{7} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \cdot \frac{1}{7} + 2 \cdot \frac{3}{7} & 1 \cdot \frac{2}{7} + 2 \cdot (-\frac{1}{7}) \\ 3 \cdot \frac{1}{7} + (-1) \cdot \frac{3}{7} & 3 \cdot \frac{2}{7} + (-1) \cdot (-\frac{1}{7}) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = E.$$

2. primer. Obratno matriko k matriki $A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & -1 & 3 \\ -1 & 4 & 2 \end{bmatrix}$ določi:

- a) iz rešitve pripadajočega sistema,
b) iz preoblikovanja na razširjeni matriki.

Preveri, da je $AA^{-1} = E$.

Rešitev

$A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & -1 & 3 \\ -1 & 4 & 2 \end{bmatrix}$; $\det A = -2-3+8-1-12-4 = -14$. A je regularna matrika, pa A^{-1} obstaja. Pripadajoča matrična enačba

je $AX = B$, pri tem je $X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix}$ in $B = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix}$.

a) Matrično enačbo $AX = B$ moremo zapisati tudi v obliki:

$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & -1 & 3 \\ -1 & 4 & 2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} x_1 + x_2 + x_3 \\ 2x_1 - x_2 + 3x_3 \\ -x_1 + 4x_2 + 2x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix}. \text{ Ekvivalentna je sistemu}$$

$$\begin{array}{l} x_1 + x_2 + x_3 = b_1 \\ 2x_1 - x_2 + 3x_3 = b_2 \\ -x_1 + 4x_2 + 2x_3 = b_3 \end{array} \left| \begin{array}{l} (-3) \downarrow \\ \cdot 1 \end{array} \right. \begin{array}{l} \cdot (-2) \\ \downarrow \rightarrow \\ \cdot 1 \end{array} \begin{array}{l} x_1 + x_2 + x_3 = b_1 \\ -x_1 - 4x_2 = -3b_1 + b_2 \\ -3x_1 + 2x_2 = -2b_1 + b_3 \end{array} \left| \begin{array}{l} \cdot 1 \downarrow \\ \cdot 2 \end{array} \right. \rightarrow$$

Trikotni sistem je:

$$\left. \begin{array}{l} x_1 + x_2 + x_3 = b_1 \\ -x_1 - 4x_2 = -3b_1 + b_2 \\ -7x_1 = -7b_1 + b_2 + 2b_3 \end{array} \right\} \rightarrow x_1 = b_1 - \frac{1}{7}b_2 - \frac{2}{7}b_3,$$

$$x_2 = \frac{1}{4}[-x_1 + 3b_1 - b_2] = \frac{1}{4}\left[-b_1 + \frac{1}{7}b_2 + \frac{2}{7}b_3 + 3b_1 - b_2\right] = \frac{1}{4}\left[2b_1 - \frac{6}{7}b_2 + \frac{2}{7}b_3\right],$$

$$x_2 = \frac{1}{2}b_1 - \frac{3}{14}b_2 + \frac{1}{14}b_3,$$

$$x_3 = -x_1 - x_2 + b_1 = -b_1 + \frac{1}{7}b_2 + \frac{2}{7}b_3 - \frac{1}{2}b_1 + \frac{3}{14}b_2 - \frac{1}{14}b_3 + b_1,$$

$$x_3 = -\frac{1}{2}b_1 + \frac{5}{14}b_2 + \frac{3}{14}b_3.$$

$$\text{Tako je } X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_1 - \frac{1}{7}b_2 - \frac{2}{7}b_3 \\ \frac{1}{2}b_1 - \frac{3}{14}b_2 + \frac{1}{14}b_3 \\ -\frac{1}{2}b_1 + \frac{5}{14}b_2 + \frac{3}{14}b_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{7} & -\frac{2}{7} \\ \frac{1}{2} & -\frac{3}{14} & \frac{1}{14} \\ -\frac{1}{2} & \frac{5}{14} & \frac{3}{14} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix},$$

pa je

$$A^{-1} = C = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{7} & -\frac{2}{7} \\ \frac{1}{2} & -\frac{3}{14} & \frac{1}{14} \\ -\frac{1}{2} & \frac{5}{14} & \frac{3}{14} \end{bmatrix}$$

$$\text{b) } AX = B \rightarrow AX = EB \rightarrow \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & -1 & 3 \\ -1 & 4 & 2 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \end{bmatrix} \rightarrow$$

$$\rightarrow \left[\begin{array}{ccc|ccc} (1) & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 2 & -1 & 3 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 4 & 2 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \cdot \begin{array}{l} (-2) \downarrow \\ \cdot 1 \\ \cdot 1 \end{array} \rightarrow \left[\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & (-3) & 1 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 5 & 3 & 1 & 0 & 1 \end{array} \right] \cdot \begin{array}{l} \cdot 3 \\ \cdot 1 \uparrow \\ \cdot 3 \end{array} \rightarrow$$

$$\rightarrow \left[\begin{array}{ccc|ccc} 3 & 0 & 4 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & -3 & 1 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & (14) & -7 & 5 & 3 \end{array} \right] \cdot \begin{array}{l} (-7) \\ \cdot (-14) \\ \cdot 2 \end{array} \rightarrow \left[\begin{array}{ccc|ccc} -21 & 0 & 0 & -21 & 3 & 6 \\ 0 & 42 & 0 & 21 & -9 & 3 \\ 0 & 0 & 14 & -7 & 5 & 3 \end{array} \right] \cdot \begin{array}{l} \left(-\frac{1}{21} \right) \\ \cdot \frac{1}{42} \\ \cdot \frac{1}{14} \end{array} \rightarrow$$

$$\rightarrow \left[\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 0 & 0 & 1 & -\frac{1}{7} & -\frac{2}{7} \\ 0 & 1 & 0 & \frac{1}{2} & -\frac{3}{14} & \frac{1}{14} \\ 0 & 0 & 1 & -\frac{1}{2} & \frac{5}{14} & \frac{3}{14} \end{array} \right] \cdot \underbrace{\hspace{10em}}_C$$

$$\text{Odčitamo: } A^{-1} = C = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{7} & -\frac{2}{7} \\ \frac{1}{2} & -\frac{3}{14} & \frac{1}{14} \\ -\frac{1}{2} & \frac{5}{14} & \frac{3}{14} \end{bmatrix} = \frac{1}{14} \begin{bmatrix} 14 & -2 & -4 \\ 7 & -3 & 1 \\ -7 & 5 & 3 \end{bmatrix}$$

Preveritev:

$$\begin{aligned} AA^{-1} = C &= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & -1 & 3 \\ -1 & 4 & 2 \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{14} \begin{bmatrix} 14 & -2 & -4 \\ 7 & -3 & 1 \\ -7 & 5 & 3 \end{bmatrix} = \\ &= \frac{1}{14} \begin{bmatrix} 14+7-7, & -2-3+5, & -4+1+3 \\ 28-7-21, & -4+3+15, & -8-1+9 \\ -14+28-14, & 2-12+10 & 4+4+6 \end{bmatrix} = \frac{1}{14} \begin{bmatrix} 14 & 0 & 0 \\ 0 & 14 & 0 \\ 0 & 0 & 14 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Opozorimo, da je preoblikovanje matrike A v matriko E možno samo v primeru, ko $\det A \neq 0$. Če je preoblikovanje matrike A v matriko E izvedljivo, tedaj je nujno $\det A \neq 0$, pa posebno računanje $\det A$ ni potrebno.

3. primer. Obratno matriko k matriki $A = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 0 & 1 & 5 \\ 2 & 1 & 2 \end{bmatrix}$ določi iz preoblikovanja na razširjeni matriki sistema. Preveri, da je $AA^{-1} = E$.

Rešitev

$$\rightarrow \left[\begin{array}{ccc|ccc} (1) & 3 & 4 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 5 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 1 & 2 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \cdot (-2) \downarrow \rightarrow \left[\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 3 & 4 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & (1) & 5 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -5 & -6 & -2 & 0 & 1 \end{array} \right] \cdot (-3) \uparrow \cdot 5 \rightarrow \left[\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 0 & -11 & 1 & -3 & 0 \\ 0 & 1 & 5 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & (19) & -2 & 5 & 1 \end{array} \right] \cdot 19 \rightarrow \left[\begin{array}{ccc|ccc} 19 & 0 & 0 & -3 & -2 & 11 \\ 0 & 19 & 0 & 10 & -6 & -5 \\ 0 & 0 & 19 & -2 & 5 & 1 \end{array} \right] \cdot \frac{1}{19} \rightarrow \left[\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 0 & 0 & -\frac{3}{19} & -\frac{2}{19} & \frac{11}{19} \\ 0 & 1 & 0 & \frac{10}{19} & -\frac{6}{19} & -\frac{5}{19} \\ 0 & 0 & 1 & -\frac{2}{19} & \frac{5}{19} & \frac{1}{19} \end{array} \right] \rightarrow A^{-1} = \begin{bmatrix} -\frac{3}{19} & -\frac{2}{19} & \frac{11}{19} \\ \frac{10}{19} & -\frac{6}{19} & -\frac{5}{19} \\ -\frac{2}{19} & \frac{5}{19} & \frac{1}{19} \end{bmatrix} \rightarrow A^{-1} = \frac{1}{19} \begin{bmatrix} -3 & -2 & 11 \\ 10 & -6 & -5 \\ -2 & 5 & 1 \end{bmatrix}$$

Preveritev:

$$AA^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 0 & 1 & 5 \\ 2 & 1 & 2 \end{bmatrix} \cdot \frac{1}{19} \begin{bmatrix} -3 & -2 & 11 \\ 10 & -6 & -5 \\ -2 & 5 & 1 \end{bmatrix} = \frac{1}{19} \begin{bmatrix} -3+30-8 & -2-18+20 & 11-15+4 \\ 0+10-10 & 0-6+25 & 0-5+5 \\ -6+10-4 & -4-6+10 & 22-5+2 \end{bmatrix} = \frac{1}{19} \begin{bmatrix} 19 & 0 & 0 \\ 0 & 19 & 0 \\ 0 & 0 & 19 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

4. primer. Obratno matriko k matriki $A = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 2 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ določi iz preoblikovanja na razširjeni matriki sistema. Preveri, da je $AA^{-1} = E$.

Rešitev

$$\left[\begin{array}{cccc|cccc} (1) & 3 & 2 & 4 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 5 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 2 & 5 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \cdot (-2) \downarrow \rightarrow \left[\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 3 & 2 & 4 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (1) & 0 & 5 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & -4 & -7 & -2 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \cdot (-3) \uparrow \cdot 1 \downarrow \rightarrow$$

$$\begin{aligned} &\rightarrow \left[\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 0 & 2 & -11 & 1 & -3 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 5 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & -4 & -2 & -2 & 1 & 0 & 1 \end{array} \right] \xrightarrow{\updownarrow} \left[\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 0 & 2 & -11 & 1 & -3 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 5 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (-4) & -2 & -2 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} \cdot 2 \\ \cdot 1 \\ \cdot 1 \end{array} \rightarrow \\ &\rightarrow \left[\begin{array}{cccc|cccc} 2 & 0 & 0 & -24 & 0 & -5 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 5 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -4 & -2 & -2 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & (1) & 0 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} \cdot 1 \\ \cdot 1 \\ \cdot 1 \\ \cdot 24 \\ \cdot (-5) \\ \cdot 2 \end{array} \rightarrow \\ &\rightarrow \left[\begin{array}{cccc|cccc} 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & -5 & 24 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & -5 & 0 \\ 0 & 0 & -4 & 0 & -2 & 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] \begin{array}{l} \cdot \frac{1}{2} \\ \cdot (-\frac{1}{4}) \end{array} \rightarrow \left[\begin{array}{cccc|cccc} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{5}{2} & 12 & \frac{1}{2} \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & -5 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & \frac{1}{2} & -\frac{1}{4} & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{4} \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right] \rightarrow \\ &\rightarrow A^{-1} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{5}{2} & 12 & \frac{1}{2} \\ 0 & 1 & -5 & 0 \\ \frac{1}{2} & -\frac{1}{4} & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{4} \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} = \frac{1}{4} \cdot \begin{bmatrix} 0 & -10 & 48 & 2 \\ 0 & 4 & -20 & 0 \\ 2 & -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 4 & 0 \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Preveritev:

$$\begin{aligned} A \cdot A^{-1} &= \frac{1}{4} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 3 & 2 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 & -10 & 48 & 2 \\ 0 & 4 & -20 & 0 \\ 2 & -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 4 & 0 \end{bmatrix} = \\ &= \frac{1}{4} \cdot \begin{bmatrix} 0+0+4+0, & -10+12-2+0, & 48-60-4+16, & 2+0-2+0 \\ 0+0+0+0, & 0+4+0+0, & 0+(-20)+0+20, & 0+0+0+0 \\ 0+0+0+0, & 0+0+0+0, & 0+0+0+4, & 0+0+0+0 \\ 0+0+0+0, & -20+20+0+0, & 96-100+0+4, & 4+0+0+0 \end{bmatrix} = \\ &= \frac{1}{4} \cdot \begin{bmatrix} 4 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 4 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} = E. \end{aligned}$$

5. primer. Reši matrično enačbo $\underbrace{\begin{bmatrix} 4 & 2 & 4 \\ 3 & 1 & 0 \\ 1 & 3 & 2 \end{bmatrix}}_A \cdot X = \underbrace{\begin{bmatrix} 40 \\ 19 \\ 23 \end{bmatrix}}_B$.

Rešitev

Matrična enačba je $AX = B$. Če rešitev enačbe obstaja, je $X = A^{-1}B$. Najprej moramo določiti A^{-1} . Če je matrika A prevedljiva v matriko E , je $\det A \neq 0$ in A^{-1} obstaja.

$$\left[\begin{array}{ccc|ccc} (4) & 2 & 4 & 1 & 0 & 0 \\ 3 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 3 & 2 & 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \begin{array}{l} \cdot (-3) \downarrow \\ \cdot 4 \\ \cdot (-4) \end{array} \begin{array}{l} \cdot 1 \\ \downarrow \\ \cdot (-4) \end{array} \rightarrow \left[\begin{array}{ccc|ccc} 4 & 2 & 4 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & (-2) & 12 & -3 & 4 & 0 \\ 0 & -10 & -4 & 1 & 0 & -4 \end{array} \right] \begin{array}{l} \cdot 1 \\ \cdot 1 \uparrow \\ \cdot 1 \end{array} \begin{array}{l} \cdot 1 \\ \cdot (-5) \downarrow \\ \cdot 1 \end{array} \rightarrow$$

$$\rightarrow \left[\begin{array}{ccc|ccc} 4 & 0 & -8 & -2 & 4 & 0 \\ 0 & -2 & 12 & -3 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & (56) & 16 & -20 & -4 \end{array} \right] \begin{array}{l} \cdot 7 \\ \uparrow \\ \cdot 1 \end{array} \begin{array}{l} \cdot 14 \\ \cdot 3 \uparrow \end{array} \rightarrow \left[\begin{array}{ccc|ccc} 28 & 0 & 0 & 2 & 8 & -4 \\ 0 & -28 & 0 & 6 & -4 & -12 \\ 0 & 0 & 56 & 16 & -20 & -4 \end{array} \right] \begin{array}{l} \cdot \frac{1}{28} \\ \left(\begin{array}{l} \frac{1}{28} \\ -\frac{1}{28} \end{array} \right) \\ \cdot \frac{1}{56} \end{array} \rightarrow$$

$$\rightarrow \left[\begin{array}{ccc|ccc} 1 & 0 & 0 & \frac{1}{14} & \frac{4}{7} & -\frac{1}{7} \\ 0 & 1 & 1 & -\frac{3}{14} & \frac{1}{7} & \frac{3}{7} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{2}{7} & -\frac{5}{14} & -\frac{1}{14} \end{array} \right]$$

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{14} & \frac{4}{7} & -\frac{1}{7} \\ -\frac{3}{14} & \frac{1}{7} & \frac{3}{7} \\ \frac{2}{7} & -\frac{5}{14} & -\frac{1}{14} \end{bmatrix} = \frac{1}{14} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 8 & -2 \\ -3 & 2 & 6 \\ 4 & -5 & -1 \end{bmatrix}$$

$$X = A^{-1}B = \frac{1}{14} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 8 & -2 \\ -3 & 2 & 6 \\ 4 & -5 & -1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 14 \\ 19 \\ 23 \end{bmatrix} = \frac{1}{14} \begin{bmatrix} 40+76-46 \\ -120+38+138 \\ 160-95-23 \end{bmatrix} = \frac{1}{14} \begin{bmatrix} 70 \\ 56 \\ 42 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \\ 4 \\ 3 \end{bmatrix}$$

6. primer. Reši matrično enačbo $AX = B$, če je $A = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 2 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & 5 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 2 & 5 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ in $B = \begin{bmatrix} -1 \\ 3 \\ 0 \\ 2 \end{bmatrix}$.

Rešitev. Rešitev matrične enačbe je $X = A^{-1}B$. Matrika A se ujema z matriko A v

4. primeru, pa je $A^{-1} = \frac{1}{4} \cdot \begin{bmatrix} 0 & -10 & 48 & 2 \\ 0 & 4 & -20 & 0 \\ 2 & -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 4 & 0 \end{bmatrix}$.

Potem je

$$X = A^{-1}B = \frac{1}{4} \cdot \begin{bmatrix} 0 & -10 & 48 & 2 \\ 0 & 4 & -20 & 0 \\ 2 & -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 4 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} -1 \\ 3 \\ 0 \\ 2 \end{bmatrix} = \frac{1}{4} \cdot \begin{bmatrix} 0-30+0+4 \\ 0+12-0+0 \\ -2-3-0-2 \\ 0+0+0+0 \end{bmatrix} = \frac{1}{4} \cdot \begin{bmatrix} -26 \\ 12 \\ -7 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{13}{2} \\ 3 \\ -\frac{7}{4} \\ 0 \end{bmatrix}$$

PREDSTAVITEV ORGANIZIRANOSTI IN DEJAVNOSTI GRADBENEGA INŠTITUTA ZRMK

Organisation and Activities of Civil Engineering Institut ZRMK

UDK 061.6.001.76

GOJMIR ČERNE

1. UVOD

Vlada LR Slovenije je leta 1949 ustanovila Gradbeni inštitut, ki je bil leta 1952 proglašen za gospodarsko ustanovo z imenom Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij (ZRMK). Osnovne naloge ZRMK-ja so bile raziskovalno in preskuševalno delo ter tehnološki razvoj in aplikacije v gradbeništvu in industriji gradbenega materiala, ki jih je takrat opravljalo manj kot 50 zaposlenih. Dinamičen razvoj gradbene dejavnosti, ki se je nekako pričel v drugi polovici šestdesetih let, doživel vrhunec ob koncu sedemdesetih oziroma v začetku osemdesetih let, je vplival tudi na razvoj Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij. V tem obdobju se je ZRMK razvil v drugi največji gradbeni inštitut v bivši Jugoslaviji, ki je v začetku osemdesetih let, to je pred pričetkom krize v gradbeništvu, štel prek 550 zaposlenih. Sodelavci ZRMK so delovali praktično v vseh republikah bivše SFRJ in v mnogih tujih državah, še posebej veliko pa smo bili prisotni v Bosni in Hercegovini. Na tem območju smo poleg reševanja zahtevnih tehnoloških problemov v zvezi z usposobitvijo proizvodnih obratov gradbene industrije (opekarne, kamnolomi, separacije, betonarne, betonski proizvodi, montažne konstrukcije ipd.) ter problemi novogradenj, vzdrževanja in obnove gradbenih objektov, sodelovali tudi pri ustanavljanju, opremljanju in kadrovskem usposabljanju gradbenih laboratorijev oziroma inštitutov (Sarajevo, Tuzla, Mostar, Banja Luka...).

Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij je vse od leta 1952 deloval na tržišču in s svojim razvojno-raziskovalnim in strokovnim delom tako pridobival vsa potrebna sredstva za svoj obstoj in razvoj. Razvojno-raziskovalna dejavnost, ki se je financirala oz. sofinancirala po projektnem načelu iz raziskovalnih fondov, je v povprečju predstavljala 15 do 16 odstotkov. Prav tesna povezanost ZRMK z gospodarstvom, oz. naša soodvisnost od gospodarstva, je imela za posledico intenziven razvoj aplikativnih dejavnosti, ki so zagotavljale potrebna sredstva tudi za posodabljanje raziskovalne opreme, kadrovske krepitev, ter celo v letu 1984 dokončanje izgradnje novega prizidka skupne površine 5.292 m² laboratorijskih in pisarniških prostorov.

V drugi polovici osemdesetih in v začetku devetdesetih let je kriza v gradbeništvu pogojevala tudi kadrovske krčenje ZRMK, ki je leta 1992 štel "le" še ca. 320 zaposlenih, vendar pa je ZRMK kljub temu uspel brez večjih posledic ohraniti vsa potrebna strokovna jedra za opravljanje svojih dejavnosti v novi državi Sloveniji. Enako tudi sicer nujno zmanjševanje investicij ni ogrozilo dokaj solidne opremljenosti ZRMK, tako na področju preskuševalne kot tudi na področju aplikativne dejavnosti.

Avtor:

mag. Gojmir Černe, Gradbeni inštitut ZRMK, direktor, Dimičeva 12, 1000 Ljubljana

2. PREOBLIKOVANJE ZRMK

Na podlagi Zakona o zavodih, ki ga je sprejela Skupščina Republike Slovenije in je pričel veljati s 1. aprilom 1991, je ZRMK postal javni zavod, začasno, "dokler se ne opredelijo javne službe", v celoti v lasti države. Za ta namen je Ministrstvo za znanost in tehnologijo Republike Slovenije imenovalo neodvisno zunanjo komisijo, ki je septembra 1992 leta izdelala elaborat z naslovom "Ocena vrednosti in družbene relevantnosti oddelkov in skupin v ZRMK". Komisija je predlagala, da naj bi se del ZRMK, ki obsega dve odlični raziskovalni skupini ter preskuševalne laboratorije, to je skupno 126 delavcev, preoblikoval v novi javni zavod, ki bo kot neodvisna tretja stranka v skladu z Evropsko smernico št. 89/106 EEC vseboval tudi organ za certificiranje skladnosti gradbenih proizvodov. Na podlagi tega elaborata je Vlada Republike Slovenije dne 21. aprila 1994 sprejela Sklep o preoblikovanju dela Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij v javni raziskovalni zavod z imenom Zavod za gradbeništvo – ZRMK (ZAG). Dejavnosti, za katere je ZAG registriran – temeljno raziskovanje in predkonkurenčni razvoj ter tehnični preizkusi in analize – opravlja ZAG, ki je pričel s poslovanjem v začetku leta 1995, kot javno službo.

Dejavnosti, ki jih je opravljal do preoblikovanja ZRMK, to je razvojno-raziskovalna dejavnost, nadzorstvo in svetovanje pri gradnji z izvajanjem kontrolnih ali tekočih preiskav, projektiranje zahtevnejših novogradenj, sanacij objektov ter geotehničnih del, izvedba specialnih del, proizvodnja specialnih materialov in laboratorijske opreme ter dopolnilno izobraževanje, informiranje in svetovanje občanom ter promocije novih proizvodov in tehnoloških rešitev, pa opravlja preostali del ZRMK, ki se je v sredini leta 1995 preimenoval v Gradbeni inštitut ZRMK. Laboratorijska oprema bivšega ZRMK, potrebna za izvajanje certificiranja, ki je pred preoblikovanjem služila tako za izvajanje atestiranja po takratnih predpisih kot tudi za razvojno-raziskovalno dejavnost ter izvajanje kontrolnih ali tekočih preiskav se je sicer razporedila v upravljanje ZAG, vendar pa je na podlagi posebnega sporazuma ta oprema tudi v souporabi Gradbenega inštituta ZRMK za potrebe opravljanja njegovih dejavnosti. S tem sporazumom je tudi predvideno, da bo Gradbeni inštitut ZRMK po preoblikovanju v gospodarsko družbo postal soustanovitelj Zavoda za gradbeništvo – ZRMK, oziroma sedaj Zavoda za gradbeništvo Slovenije.

Preoblikovanje Gradbenega inštituta ZRMK v gospodarsko družbo je v teku, saj imamo že soglasje Vlade RS Slovenije, po sprejemu Zakona o privatizaciji državnega premoženja v Državnem zboru pa bo izvedeno tudi lastninjenje Gradbenega inštituta ZRMK.

3. VLOGA IN NALOGE GRADBENEGA INŠTITUTA ZRMK

Medtem, ko naj bi novi javni Zavod za gradbeništvo Slovenije izvajal le javne službe, to je poleg raziskovanja predvsem, kot tretja neodvisna stranka, preskušanje in certificiranje skladnosti gradbenih proizvodov, pa Gradbeni inštitut ZRMK, v statusu gospodarske družbe, nadaljuje tradicijo Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij, kot poslovnega subjekta, ki deluje še nadalje po tržnih principih na naslednjih področjih:

- razvojno in raziskovalno delo,
- transfer novih proizvodov in tehnologij,
- uvajanje sistemov zagotavljanja kakovosti v gradbeno industrijo in operativno,
- svetovanje, projektiranje in nadzor z izvajanjem potrebnih predhodnih, tekočih ali kontrolnih preiskav na področju gradbenih materialov, konstrukcij, prometnic, geotehnike in sanacij,
- svetovanje na področju smotrne rabe energije ter bivalnega in delovnega okolja,
- vodenje, uvajanje in izvajanje specialnih del na področju novogradenj, sanacij gradbenih objektov in geotehnike,
- pilotska proizvodnja specialnih materialov in laboratorijske opreme, ki so plod lastnega razvojno-raziskovalnega dela,
- revizija vseh vrst gradbenih ter tehnoloških načrtov.

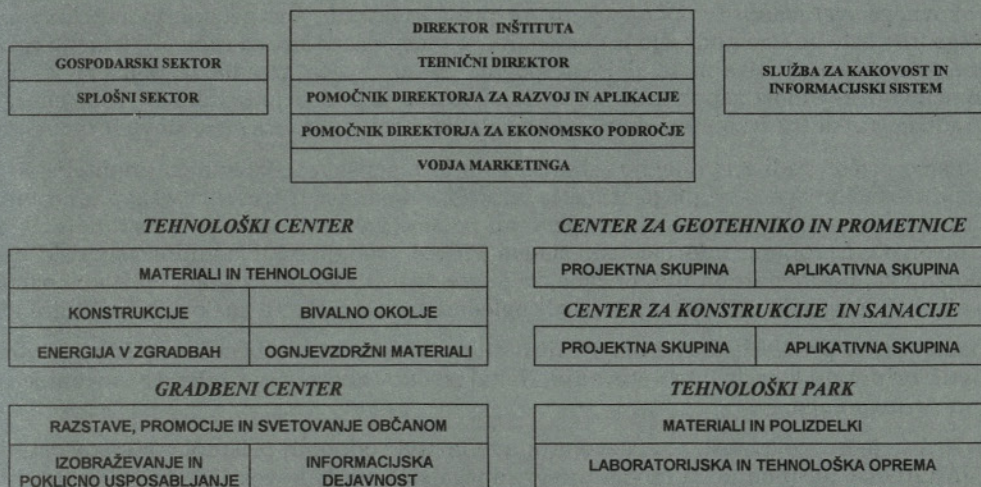
Poleg tega pa v našem GRADBENEM CENTRU na Dimičevi 9 v Ljubljani, ki je namenjen tako strokovnjakom kot občanom, organiziramo:

- brezplačno svetovanje s področja učinkovite rabe energije in graditve
- promocije, demonstracije ter stalne in občasne razstave,
- dopolnilno izobraževanje ter poklicno usposabljanje,
- informacijsko dejavnost.

4. ORGANIZIRANOST GRADBENEGA INŠTITUTA ZRMK IN KADROVSKA SESTAVA

Gradbeni inštitut ZRMK je, ob upoštevanju novih družbenih razmer, ki so nastale na področju bivše Jugoslavije in na podlagi bogate tradicije in ugleda, ki ga je ZRMK imel še posebno v Bosni in Hercegovini, lansko leto v jeseni ustanovil svoje hčerinsko podjetje v Sarajevu, ki naj bi se postopno razvilo v osrednji gradbeni inštitut

Sedanja organiziranost Gradbenega inštituta ZRMK.



v BIH z dislociranimi laboratoriji, predvsem v muslimansko-hrvaških kantonih. Tako smo konec novembra lanskega leta na podlagi sporazuma, ki ga imamo podpisanega z vlado Unsko-Sanskega kantona, podlago za ta sporazum predstavlja Zakon o ratifikaciji sporazuma o znanstvenem in tehnološkem sodelovanju med R Slovenijo in R BIH, v Bihaču odprli laboratorij za preskušanje gradbenih materialov.

Svet Gradbenega inštituta ZRMK je tudi že sprejel sklep o ustanovitvi Tehnološkega parka, v katerega se bodo prenesle vse proizvodne in operativne dejavnosti tako, da bo Gradbeni inštitut ZRMK kot razvojno-tehnološko in inženirsko-svetovalno podjetje izpolnjeval vsa pravila, ki jih za takšne organizacije predpisuje mednarodno združenje neodvisnih svetovalnih organizacij FIDIC.

V lanskem letu, točneje 22.11.1996, smo ob podpori Ministrstva za znanost in tehnologijo, Ministrstva za okolje in prostor, Ministrstva za gospodarske dejavnosti, Ministrstva za promet in zveze ter Gospodarske zbornice Slovenije ustanovili **TEHNOLOŠKI CENTER ZA MATERIALE V GRADBENIŠTVU IN ZGRADBE**. Ta center predstavlja osrednje razvojno jedro za področje gradbeništva in industrije gradbenega materiala v R Sloveniji, saj se je vanj včlanilo že prek 35 podjetij, na čelu z največjimi, kot so SCT, GRADIS, SGP Primorje, GP Grosuplje itd.. Izmed raziskovalnih organizacij je v Tehnološki center že vključen tudi Inštitut za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo pri Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo ljubljanske Univerze, predvidevamo pa še vključitev tudi nekaterih drugih inštitutov. Na osnovi že omenjenega sporazuma pa laboratoriji Zavoda za gradbeništvo Slovenije predstavljajo tudi tako imenovani instrumentalni center za potrebe razvojno-raziskovalnih nalog Tehnološkega centra. 8. januarja 1997 je bil ustanovljen tudi že Programski svet Tehnološkega centra, ki je opredelil osem programskih sklopov in imenoval njihove vodje. Osnovni namen ustanovitve Tehnološkega centra je na najracionalnejši možni način vzpostaviti potrebne pogoje za tehnološko posodobitev, ki je nujna za povečevanje konkurenčne sposobnosti slovenskega gradbeništva in industrije gradbenega materiala. Le z združevanjem znanja, raziskovalne opreme ter sredstev in ob ustreznem usklajevanju aktivnosti in programskih odločitev bo slovensko gradbeništvo lahko nadoknadilo, kar je bilo v času gospodarske krize zamujeno. Država pa bo seveda morala z doslednim izvajanjem Znanstveno-tehnološke politike in Programa spodbujanja tehnološkega razvoja Slovenije do leta 2000, oba dokumenta je Vlada RS sprejela konec leta 1994, prispevati svoj delež pri tehnološki posodobitvi slovenskega gradbeništva.

5. POMEMBNEJŠE AKTIVNOSTI GRADBENEGA INŠTITUTA ZRMK

Poleg predhodno navedenih aktivnosti, ki so statusnega oziroma trajnostnega značaja, pa Gradbeni inštitut ZRMK vodi tudi celo vrsto zelo pomembnih razvojnih projektov.

Na področju učinkovite rabe energije je naš inštitut že vrsto let zelo dejaven. Prav učinkovita raba energije v zgradbah in gospodinjstvih in energetsko varčna gradnja so bile prve teme, s katerimi se je pričel intenzivno ukvarjati leta 1992 ustanovljeni Gradbeni center. Tako je še vedno na ogled stalna izobraževalna razstava na to temo, ki obsega površino prek 300 m² razstavnega prostora v prvem nadstropju Gradbenega centra. Pri vzpostavitvi pogojev za delo Gradbenega centra so finančno sodelovala tudi takratna ministrstva za energetiko, za industrijo in gradbeništvo ter za okolje in prostor, Stanovanjski sklad RS in Gospodarska zbornica Slovenije. Gradbeni center nudi tudi brezplačne nasvete občanom v zvezi z učinkovito rabo energije v zgradbah in gospodinjstvih ter izboljševanjem bivalnih pogojev vsak torek in četrtek od 15⁰⁰ – 18⁰⁰. Takšne svetovalne pisarne smo v sodelovanju z Ministrstvom za gospodarske dejavnosti in njegovo Agencijo za učinkovito rabo energije, ki ta projekt, ki ga popularno imenujemo **ENSVET**, tudi financira, vzpostavili že v 23 slovenskih krajih. Razvojni skupini za energijo v zgradbah ter bivalno okolje našega Tehnološkega centra pa se ukvarjata tudi s tako imenovanimi energetskimi pregledi stavb (stanovanjske zgradbe, šole, poslovne zgradbe ipd.), katerih namen je zmanjšati čezmerno porabo energije in hkrati zboljšati bivalne in delovne pogoje. Razvojnja skupina

za energijo v zgradbah deluje tudi na področju uporabe sodobnih energijsko učinkovitih tehnologij in projektnih rešitev ter strokovnega svetovanja za občine oz. pri pripravi in izvedbi energetskih zasnov lokalnih skupnosti. Delovanje našega inštituta na tem področju je nacionalnega pomena, saj široka raba predstavlja ca. 35 odstotkov porabe vse energije, ustrezni bivalni in delovni pogoji pa so seveda izrednega pomena za dobro počutje stanovalcev in delovno storilnost zaposlenih. Več o dejavnostih na področju učinkovite rabe energije in ostalih dejavnostih Gradbenega centra si zainteresirani lahko ogledajo prek interneta na naslovu <http://gcs.gi-zrmk.si/>.

V lanskem letu smo pričeli tudi z aplikacijo tehničnega informacijskega sistema za graditeljstvo – *TIGRA*, ki je nastal kot rezultat dveletnega razvojnega projekta, ki so ga sofinancirali Ministrstvo za znanost in tehnologijo, Ministrstvo za okolje in prostor in naš inštitut, izvajali pa smo ga v sodelovanju s Fakulteto za gradbeništvo in geodezije Univerze v Ljubljani. Informacijski sistem *TIGRA* vsebuje različne informacije, ki so zanimive za študente, strokovnjake, poslovneže in tudi občane, to je vse, ki se ukvarjajo z gradbeništvom oziroma gradnjo, vzdrževanjem ali obnovo zgradb. *TIGRO* si je mogoče ogledati na internetu na naslovu <http://tigra.gi-zrmk.si/>.

Na področju kakovosti v graditeljstvu je naš inštitut že nekaj časa zelo močno angažiran. Na to temo smo v zadnjih dveh letih pripravili kar štiri posvetovanja. Nekaj izvodov zbornikov s teh posvetovanj je v Gradbenem centru še vedno na razpolago.

Projekt *INKAGRA* je jedro dejavnosti pri razvoju in uveljavitvi sodobnih pristopov h kakovosti v slovenskem graditeljstvu. *INKAGRA* je sinonim za model integriranega sistema kakovosti za področje graditelja oz. za podjetja s področja graditeljstva. *INKAGRA* vključuje program vzpostavljanja integriranega sistema kakovosti. V primerjavi s starejšimi pristopi k reševanju problematike kakovosti pri graditvi bo model odražal sodobne, v Evropi uveljavljene in sprejete koncepte zagotavljanja in vodenja kakovosti (ISO 9000, TQM) ter integracije zagotavljanja varnosti, varstva pri delu in varovanja okolja. Osnovni namen je razviti model in program vzpostavljanja sistema kakovosti *INKAGRA* do stopnje praktične uveljavitve integriranega pristopa h kakovosti in pripraviti program uvajanja tega sistema v gradbeno prakso.

Z uveljavitvijo *INKAGRE* kot pristopa h kakovosti v slovenskem gradbenem prostoru, ob zadostnem vključevanju naročnikov, ki vzpostavljajo ta sistem, ter države oz. pristojnih ministrstev, ki sofinancirajo tako obliko organizacijske in poslovne posodobitve gradbenih podjetij in drugih organizacij, ki sodelujejo pri graditvi, želimo s projektom *INKAGRA* pomembno prispevati k doseganju pomembnih ciljev systemskega zagotavljanja kakovosti na področju graditve, tako nacionalnih kot ciljev udeležencev graditve oz. podjetij, ki bodo vzpostavljala sisteme kakovosti. Projekt sofinancirajo Ministrstvo za znanost in tehnologijo, Ministrstvo za promet in zveze – Direkcija Republike Slovenije za ceste in Družba za avtoceste Republike Slovenije (DARS). Trenutno pa tečejo tudi že razgovori z dvema pomembnima podjetjema, eno je s področja visokogradbene dejavnosti, drugo pa s področja opekarske industrije, za svetovanje pri vzpostavitvi sistemov kakovosti *INKAGRA* v njihovo poslovanje.

Po zgledu razvitih držav pripravljamo pod pokroviteljstvom Gospodarske zbornice Slovenije in v sodelovanju z Ministrstvom za gospodarske dejavnosti, Ministrstvom za okolje in prostor ter Ministrstvom za znanost in tehnologijo razvojni projekt *ZNAKI KAKOVOSTI V GRADITELJSTVU*, katerega cilj je na podlagi mednarodno primerljive in verificirane metodologije podeliti znak kakovosti najboljšim proizvodom, storitvam, procesom in tehnologijam ter osebam oziroma strokovnim teamom. Razvojni del projekta sofinancira tudi Pomurski sejem d.d.

Cilji projekta so:

- dvigniti in izboljšati kakovost in konkurenčnost izdelkov in storitev ter procesov,
- pospešiti tržno obnašanje in preprečiti nelojalno konkurenco,
- dvigniti nivo zagotavljanja kakovosti in obvladovanja poslovnega procesa glede na kriterije ISO 9000 oz. *INKAGRA*, TQM/priznanja za kakovost,
- varovati in informirati naročnike in uporabnike,
- spodbuditi raziskovalno in razvojno delo ter
- promovirati kakovostne izdelke slovenskega graditeljstva.

V letošnjem letu nam je uspelo podeliti znak kakovosti na področju energetske učinkovitosti oken ter balkonskih vrat. Prve znake kakovosti v graditeljstvu, s poudarkom na ocenjevanju energetske učinkovitosti, so dobila naslednja okna: *JELOTERM* (Jelovica d.d.), *LESENO OKNO DO1* (Marles hiše Maribor d.o.o.) in *LESENO OKNO INO-68* (Inles Hrast d.d.). Znake je ob prisotnosti najvišjih predstavnikov gradbene stroke in medijev podelil minister za okolje in prostor dr. Pavel Gantar na slavnostni otvoritvi sejma *MEGRA '97* v Gornji Radgoni, 15. 4. 1997.

Na področju mednarodnega sodelovanja je Gradbeni inštitut *ZRMK* vključen v en projekt *COPERNIKUS*, dva *EUREKA* projekta ter dva *PHARE* projekta. Posamezni sodelavci našega inštituta pa sodelujejo tudi z določenimi tujimi univerzami ter inštituti in se aktivno udeležujejo tudi mednarodnih strokovnih prireditev.

Gradbeni inštitut je v lanskem letu vodil skupno tri znanstveno-raziskovalne projekte ter tri tehnološko-razvojne projekte, ki jih financira oz. sofinancira Ministrstvo za znanost in tehnologijo ter tri razvojne projekte, ki jih sofinancirata Ministrstvo za promet in zveze in DARS. V zaključni fazi pa je tudi 13 razvojnih projektov, ki jih naš inštitut financira v celoti iz lastnih sredstev za razvoj. Gradbeni inštitut *ZRMK* je tudi lastnik devetih patentov, prijavljenih tako doma kot v tujini.



**ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
LJUBLJANA, KARLOVŠKA 3**

**STROKOVNI IZPITI ZA GRADBENIŠTVO IN
ARHITEKTURO TER PRIPRAVLJALNI SEMINARJI
ZA STROKOVNE IZPITE V LETU 1997**

A. SEMINARJI				B. IZPITI	
Rok	Leto	Mesec	SEMINAR	pisni	ustni
II.	1997	Februar	17.–21. februar	15. februar	3.–7. marec
III.	1997	Marec	17.–21. marec	22. marec	7.–11. april
IV.	1997	April	18.–18. april	19. april	5.–9. maj
V.	1997	Maj	19.–23. maj	24. maj	9.–13. junij
VI.	1997	September	15.–19. september		
VII.	1997	Oktober	20.–24. oktober	18. oktober	3.–7. november
VIII.	1997	November	10.–14. november	15. november	1.–5. december
IX.	1997	December	15.–19. december		

- A. Pripravljalni seminar za strokovne izpite organizira **ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE, 1000 Ljubljana, Karlovška 3** (telefon/fax: 061/221-587. Prijavo, v obliki dopisa, pošlje organizatorju plačnik. Če je plačnik seminarja podjetje (pravna oseba), priobči v prijavi še to izjavo. Samoplačnik pošlje organizatorju poleg prijave še kopijo dokazila o plačilu. Cena seminarja za eno osebo znaša **57.960,00 SIT** (znesku je že prištet 5% prometni davek). Številka žiro računa je 50101-678-47602.
- B. Strokovni izpit organizira **GRADBENI INŠTITUT ZRMK, Dimičeva 12, 1000 Ljubljana**, telefon (061) 301-133. Prijave, v obliki obrazca, z vsemi prilogami, ki so razvidne iz obrazca, sprejema organizator 20 dni pred pisnim delom izpita. Obrazce je mogoče dobiti pri organizatorju, vse informacije pri inž. Jakobu Grošlju od 8.00 do 12.00 ure.

