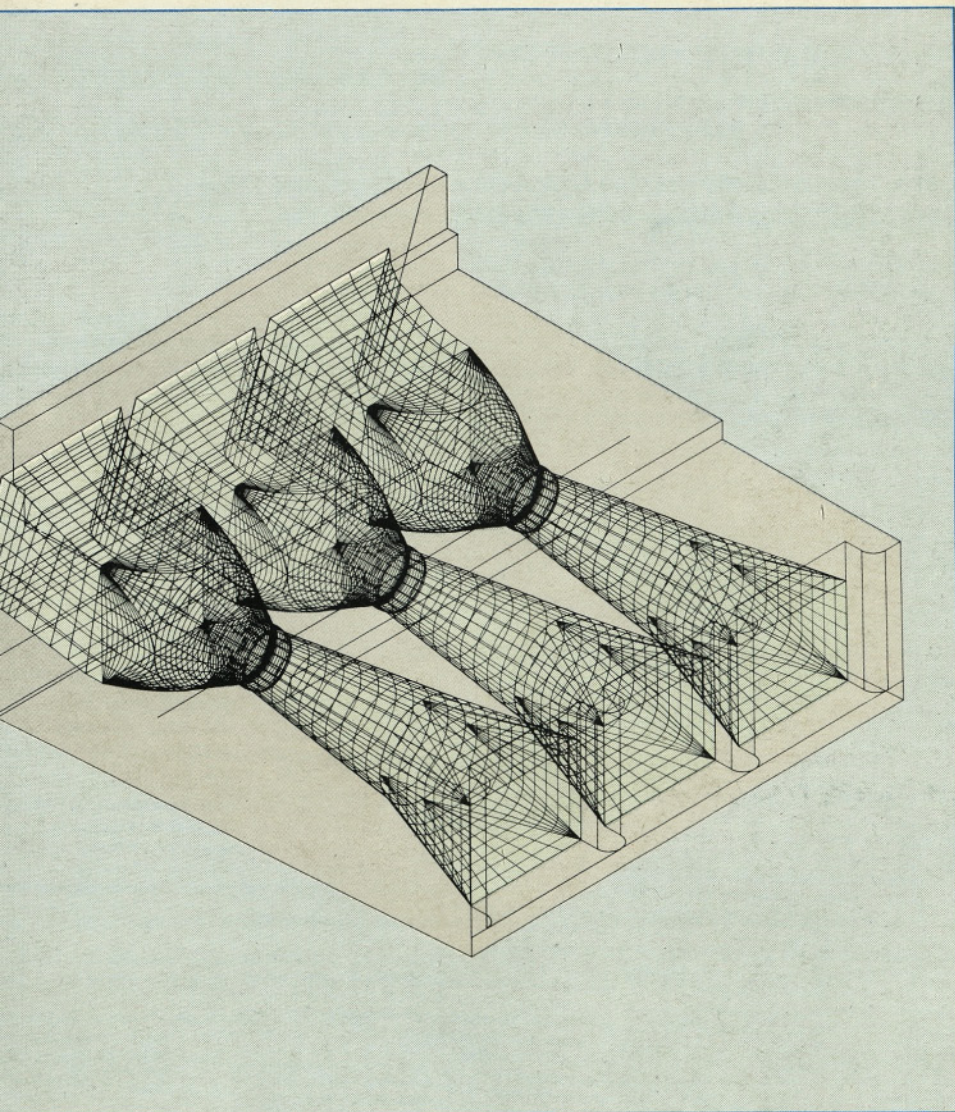


UDK-UDC 05:625;
YU ISSN 0017-2774

LJUBLJANA,
MAJ-JUNIJ, 1989

LETNIK XXXVIII,
STR. 101-156

GRADBENI VESTNIK 5-6



40 LET



PODJETJE
ZA PROJEKTIRANJE
IN INŽENIRING P. O.
61001 LJUBLJANA Hajdrihova 4
Jugoslavija
tel. 214-533



GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE
ŠT. 5-6 • LETNIK 38 • 1989 • YU ISSN 0017-2774

VSEBINA-CONTENTS

Članki, študije, razprave Articles studies, proceedings

Brane Batistič, Janez Durin IZGRADNJA HE LOMŠČICA IN UPORABA VISOKOAEIRANEGA BETONA CONSTRUCTION OF HPP LOMŠČICA AND APPLICATION OF HIGH-AERATED CONCRETE	103
Gorazd Raič: SESTAVLJANJE NALOŽBENIH PREDRAČUNOV Z EKSPERTNIM SISTEMOM ZA UPRAVLJANJE PODATKOV BILL OF QUANTITIES WITHIN INVESTMENT COST-ESTIMATING SUPPORTED BY DATA MANAGEMENT EXPERT SYSTEM	109
Marjeta Skubic: PROGRAM ZA RAČUN OPORNIH ZIDOV »ROZI« COMPUTER PROGRAM »ROZI« FOR CALCULATING RETAINING WALLS	114
Darja Slokan-Dušić: ZAGOTOVITEV KVALITETE (QA) QUALITY ASSURANCE (QA)	122
Lojze Šubic: PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE IN VARSTVO OKOLJA V SLOVENIJI ELECTRICAL ENERGY GENERATION AND ENVIRONMENTAL PROTECTION IN THE SR SLOVENIA	125
Branko Zadnik: ANALIZA STABILNOSTI KONSTRUKCIJ PRI POTRESNEM VZBUJANJU, STANJE RAZISKAV DECEMBER 1988 SEISMIC STABILITY ANALYSIS OF STRUCTURES SUBJECTED TO STRONG GROUND MOTIONS, STATE-OF-THE-ART DECEMBER 1988	133
Gorazd Raič: UVAJANJE PROJEKTIRANJA NA RAČUNALNIŠKEM SISTEMU »COMPUTERVISION« IMPLEMENTING A COMPUTERVISION SYSTEM IN A DESIGN ENGINEERING FIRM	139
Janez Svetlič: HLADILNI STOLP – RAČUNALNIŠKI PROGRAM ZA IZRAČUN GEOMETRIJE IN KOLIČIN COOLING TOWER – COMPUTER SUPPORTED GEOMETRIC DESIGN AND TEH RELATED BILL OF QUANTITIES	143
Miran Debeljak: IBE-INŽENIRSKI BIRO ELEKTROPROJEKT – 40 LET ALOJZ JUVANC: POJASNILO K ČLANKU »GEODETSKE PODLOGE ZA PROJEKTIRANJE CEST« SVETKO LAPAJNE: PÁL CSONKA JERNEJ CIMPERŠEK: RAČUN VKOPANIH CEVI	102 148 149 150
Damijana Dimić: ELEKTROFILTRSKI PEPEL KOT PUCOLAN FLY-ASH AS POZZOLANA	155

Poročila, obvestila Reports, Information

In memoriam

Poročila Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze E. Kardelja v Ljubljani

Proceedings of the Department of Civil Engineering University E. Kardelj, Ljubljana

Informacije Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana

Proceedings of the Institute for materials and structure research Ljubljana

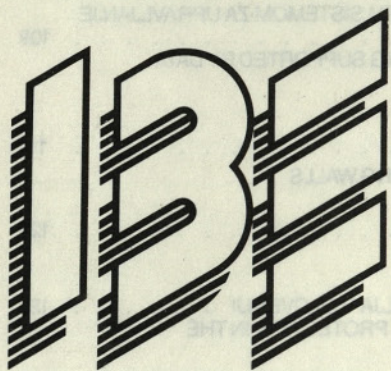
Glavni in odgovorni urednik: FRANC ČAČOVIČ

Lektor: IRENA FURLANI, NADA ZUPANC, ALENKA RAIČ – Tehnični urednik: DANE TUDJINA

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

Revija izdaja Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon: 221 587. Žiro račun pri SDK Ljubljana 50101-678-47602. Tiska Tiskarna Tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Polletna naročnina, skupaj s članarino za člane društev, plačljiva do 28. 2. 1989, znaša 15.000 din, za neposredne naročnike pa 30.000 din. Za drugo polletje bo izoblikovana cena, ko bodo znane podražitve. Za študente in upokojece velja polovična cena. Polletna naročnina za gospodarske naročnike je 100.000 din, za inozemske naročnike pa 50 US \$. Revija izhaja ob finančni pomoči Raziskovalne skupnosti Slovenije, Splošnega združenja gradbeništva in IGM Slovenije, Zveze vodnih skupnosti Slovenije, Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana in Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani.

40 LET



LJUBLJANA

Hajdrihova 4

IBE – Inženirski biro Elektroprojekt – 40let

MIRAN DEBELJAK

Letos praznuje **IB Elektroprojekt** štiridesetletnico. Dolga delovna doba za človeka, obenem pa kratka za delovno organizacijo, ki se po vseh teh letih še vedno razvija in osvaja vedno nova področja dela.

Za nami so projekti vseh po vojni v Sloveniji zgrajenih hidroelektrarn, slovenskega dela daljnovodnega omrežja Nikola Tesla, pa sodelovanje pri projektiranju JE Krško in vseh termoelektrarn.

Z leti smo področje delovanja razširili na svetovalno projektantske storitve za kompleksne objekte kemijsko-predelovalne, živilske, lesne in farmacevtske industrije.

Zunaj republiških meja je **IB Elektroprojekt** sodeloval pri projektiranju hidroelektrarn v Črni gori, pa tudi pri izdelavi projektov in nadzoru gradenj v tujini (Libija, Alžir, NDR, ZRN, Turčija, Irak).

Danes naše storitve obsegajo vse faze izgradnje objektov od idejnega snovanja, študije upravičenosti gradnje, pripravljalnih del, izdelave investicijske in tehnične dokumentacije do organiziranja in nadzora gradnje, montaže in poskusnega obratovanja.

Poleg tega projektiramo tudi specialne sisteme za skladiščenje nevarnih snovi, čiščenje odpadnih voda, kemično in termično pripravo vode za uporabo v termoelektrogeniki in tehnoloških procesih, požarno zaščito in druge.

Naše razvejeno področje dela, ki smo ga na kratko predstavili, zahteva seveda ažurno spremljanje novosti doma in v svetu in njihovo uporabo, uvajanje novih postopkov v tehnologijo projektiranja ter stalno obnavljanje in razširjanje znanja. Zato smo med drugim že leta 1981 ustanovili Enoto za raziskave in razvoj, katere dosežke na področju gradbeništva v letu 1988 vam predstavljamo v tej številki. Seznaniti vas želimo tudi z našim novim računalniškim sistemom Computervision, ki omogoča uporabo prostorske računalniške grafike in integrirane obdelave podatkov.

Avtor:

Miran Debeljak, dipl. inž. gr., IB Elektroprojekt, LJUBLJANA

IZGRADNJA HE LOMŠČICA IN UPORABA VISOKOAERIRANEGA BETONA

UDK 627.01:691.32

BRANE BATISTIČ, JANEZ DURINI

POVZETEK

Hidroelektrarna Lomščica predstavlja visokotlačno napravo z maksimalnim padcem 118 m in ob instaliranem pretoku 2 m/s moč 2,0 MW. V sklopu hidroelektrarne je zgrajen vodni zbiralnik prostornine 70.000 m³ na lokaciji, ki so jo narekovale geomorfološke razmere.

Izgradnja zbiralnika je zaradi specifičnih pogojev zahtevala obsežnejša pripravljalna in raziskovalna dela. Visokoaerirani drobnnozrnati beton, v vsakdanji praksi še vedno redko uporabljen, je bil privzet kot alternativa vodnoneprepustnih oblog iz asfalta.

Rezultati raziskovalnih in terenskih del so pokazali, da visokoaerirani beton ustreza praktično vsem zahtevam in je že mogoča uporaba tudi pri hidrotehničnih objektih, ki se bodo gradili v prihodnosti.

CONSTRUCTION OF HPP LOMŠČICA AND APPLICATION OF HIGH-AERATED CONCRETE

SUMMARY

The Lomščica Hydro Power Plant is a high-pressure plant with a maximum head of 118 m, an installed discharge of 2 cu m/s and an installed capacity of 2 MW. The storage reservoir site selection depended on the geomorphologic conditions. With its capacity of 70,000 cu m the storage reservoir is sufficient to compensate the differences between the creek water flow and water demand occurring during one day.

Due to the specific site conditions, the storage reservoir construction required comprehensive preparatory and exploratory work to be performed. Highly aerated fine-grained concrete which is nowadays still very rarely used has been applied as an alternative to the watertight asphalt layer.

The results of the research work and field explorations have shown that highly aerated concrete practically meets all the requirements and it will be possible to use it with other hydrotechnical structures in the future.

1. UVOD

Hidroelektrarna Lomščica je trenutno že v zaključni fazi izgradnje. Predstavlja pri nas eno izmed redkih malih hidroelektrarn, ki bo omogočala proizvodnjo visokovredne konične energije.

Ideje o izgradnji hidroelektrarne na tem delu Lomščice segajo celo v povojna leta. V prehodnih fazah izdelave tehnične dokumentacije, ki je v celoti izdelana v IB Elektroprojekt, Ljubljana, so bile predvidene predvsem variante brez akumulacijskega bazena.

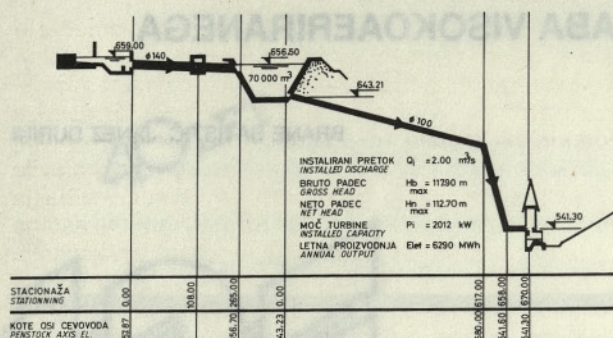
Šele s spoznanjem o visoki vrednosti konične energije in

z ugotovitvami, da obstajajo naravne možnosti, je bila sprejeta odločitev, da se vključi tudi izgradnja bazena.

Z izkoriščanjem koristne prostornine akumulacijskega bazena bo omogočena dnevna izravnava vodnih količin potoka Lomščica. Srednji letni pretok tega hudourniškega potoka je 1,0 m³/s, vendar je razmeroma konstanten zaradi visokogorskega, s padavinami bogatega zaledja. Velik podolžni nagib korita je omogočil izgradnjo planinskega zajetja in peskolova v neposredni bližini. Vsi objekti na zajetju in betonski dovodni kanal dolžine ca. 400 m lahko dovajajo preko 2,0 m³/s vode v akumulacijski bazen. Prav takšen pa je tudi instalirani pretok Francis turbine moči 2 MW, vgrajene v strojnico na sotočju Lomščice in Tržiške Bistrice. Maksimalni bruto padec elektrarne je 117,90 m, vendar ta padec zavisi od nivoja gladine v akumulacijskem bazenu. Na vtoku v tlačni cevovod so vgrajene rešetke z verižnim čistilnim strojem. Jekleni tlačni cevovod premera 1002 mm je dolg ca. 600 m in je opremljen z vso hidromehansko opremo, ki jo zahteva varno obratovanje elektrarne.

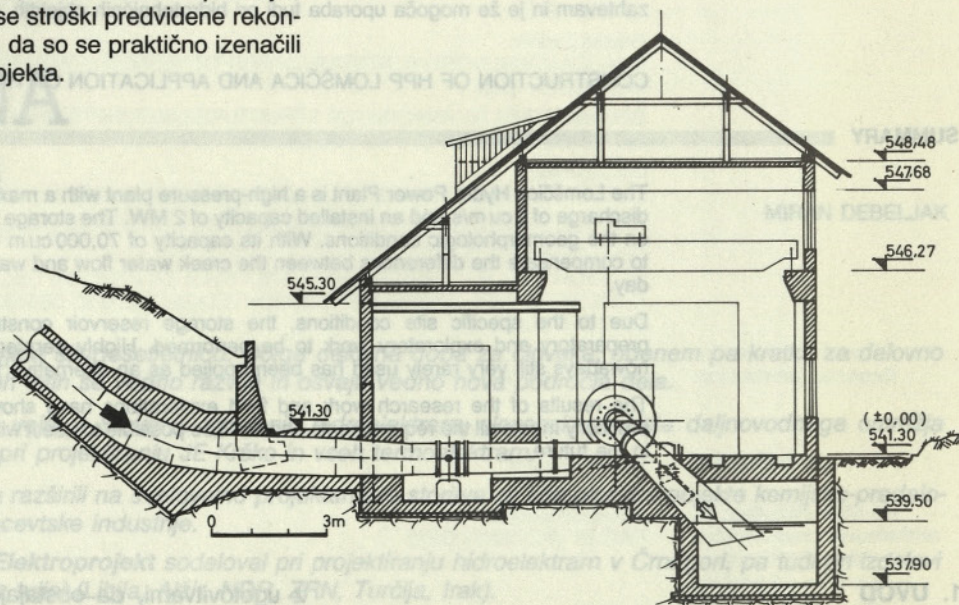
Avtorja:

Brane Batistič, dipl. gr. inž., Inženirski biro Elektroprojekt, Ljubljana, Hajdrihova 4
Janez Durini, dipl. gr. inž., ZRMK Ljubljana, TOZD Institut za materiale, Dimičeva 12



Slika 1. Shema podolžnega profila hidroelektrarne

Na lokaciji sedanje nove strojnice je že bil postavljen objekt, kjer se je izkoriščala vodna energija Lomščice. Predhodne faze tehnične dokumentacije so nakazovale možnost uporabe starega objekta za predelavo v strojnico, vendar pa je s časom objekt, ki se ni več uporabljal, močno propadel, tako da so se stroški predvidene rekonstrukcije povečali do te mere, da so se praktično izenačili s stroški izgradnje novega objekta.



Slika 2. Prečni prerez strojnice

2. LOKALNI POGOJI

Dokaj ozka dolina potoka Lomščice je zasekana v morenske materiale, ki jih sestavljajo večji in manjši bloki dolomita in apnenca ter srednje zaobljeni prodniki s peskom in meljem. V neposredni bližini potoka so v različnih debelinah odloženi aluvialni nanosi, sestavljeni iz zaobljenih prodnikov in samic karbonatov s peskom. V spodnjem delu toka Lomščice se aluvialna plast močno poveča in pred izlivom pride v debelejšo preperinsko plast, pomešano z meljem in meljno vijoličasto glino.

Zaradi razgibane konfiguracije in heterogene sestave je bilo izdelano detajlno inženirsko geološko kartiranje in izvedene geofizikalne raziskave (geoelektrične in refrakcijske seizmične meritve), izkopanih pa je bilo tudi 8 oplednih jaškov.

Po terenskih raziskavah je bila razmeram na posameznih

odsekih prilagojena in spremenjena prvotno predvidena trasa dovodnega kanala in tlačnega cevovoda.

Izredno heterogena sestava tal ozke doline in velika vodoprepustnost sta zahtevali specifične rešitve, ki v zadostni meri upoštevajo možnosti izgradnje, zahteve varstva okolja, zadostno varnost zgrajenih objektov in s tem čim manjše posege (in stroške) v obdobju eksploatacije:

- temeljna tla jezu so zelo prepustna, zato je obloga korita Lomščice podaljšana daleč v zaježitveni prostor. S tem so zmanjšane vodne izgube pod jezom in tudi nevarnost izpiranja temeljnih tal pod in na bokih pregrade;
- betonski dovodni kanal je vkopan v zelo strm breg, ki ga sestavlja debel apnenčev grušč z bloki premera do 2 m. Vkopan cevovod omogoča prehod številnih hudourniških korit in je v končni fazi praktično neopazen poseg v okolje;



Slika 3. Planinsko zajetje s peskolovom

– izgradnja akumulacijskega bazena s predvideno celotno prostornino 70.000 m^3 je v takšnih pogojih zahtevala posebno pozornost. Koncept izgradnje bazena je natančneje obrazložen v naslednji točki;

– jekleni tlačni cevovod poteka v prvem delu v peti nasipa akumulacijskega bazena in je v izredno strmem pobočju vgrajen v podporni zid ob dostopni cesti. V območju pod glavno cesto Lom–Tržič je vkopan in obbetoniran v celoti. V zadnjem delu pred strojnico je predvsem tehnologija montaže cevovoda v terenu z velikim podolžnim nagibom (45°) zahtevala izdelavo dveh fiksnih točk, cevovod pa je obbetoniran in zasut v celoti.

Izredno omejen prostor montaže (čelno polaganje cevi), težak dostop in fazna montaža so zahtevali izvedbo delnih tlačnih preizkusov na posameznih odsekih.



Slika 4. Tlačni cevovod pred tlačnim preizkusom

3. OBLIKOVANJE IN STABILIZACIJA DNA IN BREŽIN AKUMULACIJSKEGA BAZENA

Zbiralni bazen se nahaja v veliki naravni kotanji trikotne tlorisne oblike. Kotanja je bila prekrita s tanjšo humusno plastjo na debelejši diluvialni plasti (10 m), sestavljeni iz velikih blokov, samic in kršja dolomitiziranega apnenca.

V prvih zasnovah je bil na tej lokaciji predviden mnogo manjši bazen, kasneje pa je bil, zaradi pozitivnih efektov dnevne izravnave pretokov, le-ta povečan do maksimalnih dimenzij, ki so jih dovoljevali terenski pogoji.

Zaradi velike vodoprepustnosti celotnega območja je bila predvidena tesnitev dna in brežin z dvoslojno asfaltno oblogo, predvsem zaradi do takrat razmeroma dobrih izkušenj s takšno oblogo tesnjenega dovodnega kanala HE Zlatoličje na Dravi. Po nekaj letih obratovanja HE na Dravi pa so se pojavile poškodbe na oblogi predvsem na območju nihanja gladine, kljub praktično 100 % strojni vgradnji asfalta in izredno strogim kontrolam v času vgrajevanja. Zaključki detajlnih analiz predvidene asfaltne obloge so pokazali, da le-te ob razpoložljivih možnostih gradbene operative ni mogoče izdelati tako kvalitetno, da bi bilo zadovoljeno zahtevam vodoneprepustnosti in trajnosti. Predvsem dnevna denivelacija 12,0 m, skupna površina obloge 10.000 m^2 in dejstvo, da na krivih ploskvah (ca. 35 % skupne površine) ni mogoča strojna vgradnja asfaltne obloge, so bili vzrok za iskanje alternativnih možnosti tesnitve. Tako sta za končni izbor ostali kot najprimernejši izvedba obloge iz armiranega brizganega betona ter izvedba obloge s spojnici iz visokoariranega drobnozrnatega betona.

Izvedba obloge iz brizganega betona, ki je bila predvidena le v kombinaciji s tesnilno folijo, je bila v nadaljnji obravnavi izločena predvsem zaradi višje cene, dolgotrajne izvedbe z ozirom na razpoložljive zmogljivosti operative in nedefiniranega postopka sanacije v primeru poškodb. V končno obdelavo je bila zato vzeta obloga s tesnjenimi spojnici iz visokoariranega betona. S tem pa so se spremenile tudi zahteve glede kvalitete utrjene podloge oz. tamponskega sloja. Deformabilnost betonske obloge oz. sposobnost prilagoditve neenakomernim usedkom podloge je mnogo manjša od asfaltne obloge. Posebna pozornost je bila zato posvečena pripravi in konsolidaciji temeljnih tal v območju bazena in vgrajevanju tamponskega sloja.

Priprava temeljnih tal je obsegala predvsem odstranjevanje neustreznih jalovinskih in zaglinjenih materialov, odstranjevanje velikih samic in utrjevanje do zahtevanih vrednosti. Izkopani materiali na območju bazena niso ustrezali posebnim zahtevam, zato je bil tamponski sloj praktično v celoti pridobljen v bližnjem kamnolomu. Te zahteve so naslednje:

- zmrzljinska odpornost,
- koeficient neenakomernosti $U = 15\text{--}50$,
- vodovpojnost zrn do 4 mm mora biti manjša od 1 %,
- vsebnost drobljivih zrn maks. 7 %,
- vsebnost grudic gline maks. 0,5.

Mehansko vgrajevanje zemljin se je izvajalo v plasteh po 50 cm od kote dna proti kroni akumulacijskega bazena. Zahtevani minimalni moduli stisljivosti tal $ME = 40\text{--}60 \text{ MN/m}^2$ (% gostote po Proctorju 97–100) so bili zaradi kvalitetnih tamponskih materialov, ki so bili na razpolago, zlahka preseženi. Da bi dosegli potrebno stopnjo komprimacije pod zaključnimi sloji vodoneprepustne obloge, se je izdeloval nadprofil, ki je bil po utrjevanju 3–4 plasti odstranjen do projektirane linije. Nagib brežin bazena je 1:2, zato je obstajala bojazen erozije že zaključene tamponske podloge v primeru obilnejših padavin.

Problem je bil rešen tako, da se je kontinuirno vgrajeval drenažni sloj iz drenažnega betona v povprečni debelini 15 cm. Izredno pomembna pa bo funkcija dreniranja v času obratovanja, ko pričakujemo dnevno nihanje gladine v bazenu do 12 m. V primeru poškodb oz. razpok vodotesne obloge mora drenažni sloj sproti odvajati vso pronikajočo vodo bodisi v tamponsko podlago ali v sistem drenažnih cevi na dnu bazena.

4. IZGRADNJA VODONEPREPUSTNE OBLOGE IZ VISOKOAERIRANEGA DROBNOZRANEGA BETONA

4.1. Uvodne informacije

Razvojno raziskovalno delo ZRMK LJUBLJANA, TOZD Inštituti za materiale, je na področju betonske tehnologije in postopkov že dalj časa usmerjeno v razvoj tehnologije in uporabe novih materialov. V okviru novih materialov so tudi fino in drobnozrnat v povišanih stopnjah mikroaerirani betoni z vsebnostjo uvedenih por od 8 do 80 % vol. in s prostorninskimi masami med 400 do 2200 kg/m³. Kameni agregat je frakcij 0,4 mm in 4/8 mm. Drobnozrnat visokoaeriran beton je izdelan podobno kot običajni beton in ga v vsakdanji rabi imenujemo »penobeton«.

Za oblogo akumulacijskega bazena HE Lomščica so bile postavljene naslednje zahteve, s katerimi bi zagotovili varno in trajno obratovanje:

- stabilnost in zadovoljive elastomehanske karakteristike,
- tehnična vodoneprepusnost,
- zmrzljinska odpornost,
- vgradljivost v danih pogojih v predvideni kvaliteti,
- enostaven način sanacije v primeru poškodb obloge.

Vse predhodno navedene zahteve praktično v celoti izpolnjuje drobnozrnat visokoaerirani beton s predvidenimi ojačitvami oziroma mikroarmiranjem s polipropilenskimi vlakni. Taki betoni ustrezajo glede tehnične vodotesnosti in obstojnosti, posebej pa še kar zadeva odpornost proti delovanju vlage pri zmrzovanju in odtaljevanju. Tudi vgrajevanje takšnega kompozita v neugodnih pogojih, kot sta razmeroma velik nagib in možnost le minimalnega vibriranja, je ob stalni kontroli konsistence svežega betona enostavno.

4.2. Predhodni terenski in laboratorijski preizkusi

Izbor mesta za gradnjo akumulacijskega bazena je bil določen na osnovi predhodnih topografskih in geoloških preiskav. Glede na dobljene rezultate preiskav je bil akumulacijski bazen zgrajen v ledeniški vrtači. Pred pričetkom gradnje je bil izveden tehnični in tehnološki preizkus na terenu, kjer naj bi bili pogoji temeljenja in vgrajevanja identični s pogoji na področju predvidenega bazena.

Tehnični in tehnološki preizkus je bil izveden v okviru normalnega programa dela, ki ga izvajamo pri uvajanju novih tehnologij in tehnike betonov. Skupen program je bil določen ob sodelovanju IB Elektroprojekt kot projektanta in ZRMK Ljubljana, Institut za materiale kot nosilca tehnologije in nadzora pri izdelavi obloge. Namen tehničnih in tehnoloških preizkusov in gradbene izvedbe poskusnega polja je bil predvsem v presoji konstruiranja, dimenzioniranja ter tehnologije in tehnike izdelave obloge oziroma uporabnosti izbranih materialov, kompozitov, mehanizacije in postopkov.

Najpomembnejša naloga je bila določitev tistih tehničnih meril, ki jih je potrebno posebej obravnavati s ciljem preprečevanja pojavljanja razpok kot posledice tehnolo-



Slika 5. Poskusno polje na Polici pri Kranju

škega krčenja betona in tako v največji mogoči meri izločiti najpogostejši vzrok poškodb hidrotehničnih oblog.

Rezultati predhodnih laboratorijskih preiskav betonov $= 2050 \text{ kg/m}^3$ z vlakni (2 kg/m^3) in brez njih; meritve tehnološkega krčenja, napetostnih deformacij in tečenja (lezenja) pri tlačni obremenitvi $1/3$ porušne sile in starosti betona 28 dni:

- tehnološko krčenje za obe vrsti betona (z in brez vlaken) je do starosti 50 dni približno enako,
- hipne deformacije so pri betonu z vlakni približno 50 % manjše od deformacij betona brez vlaken,
- tečenje (lezenje) pri tlačni obremenitvi je pri betonu z vlakni znatno manjše v primerjavi s tečenjem betona brez vlaken. Pri starosti betona ca. 180 dni je izkazana razlika približno 40 %.

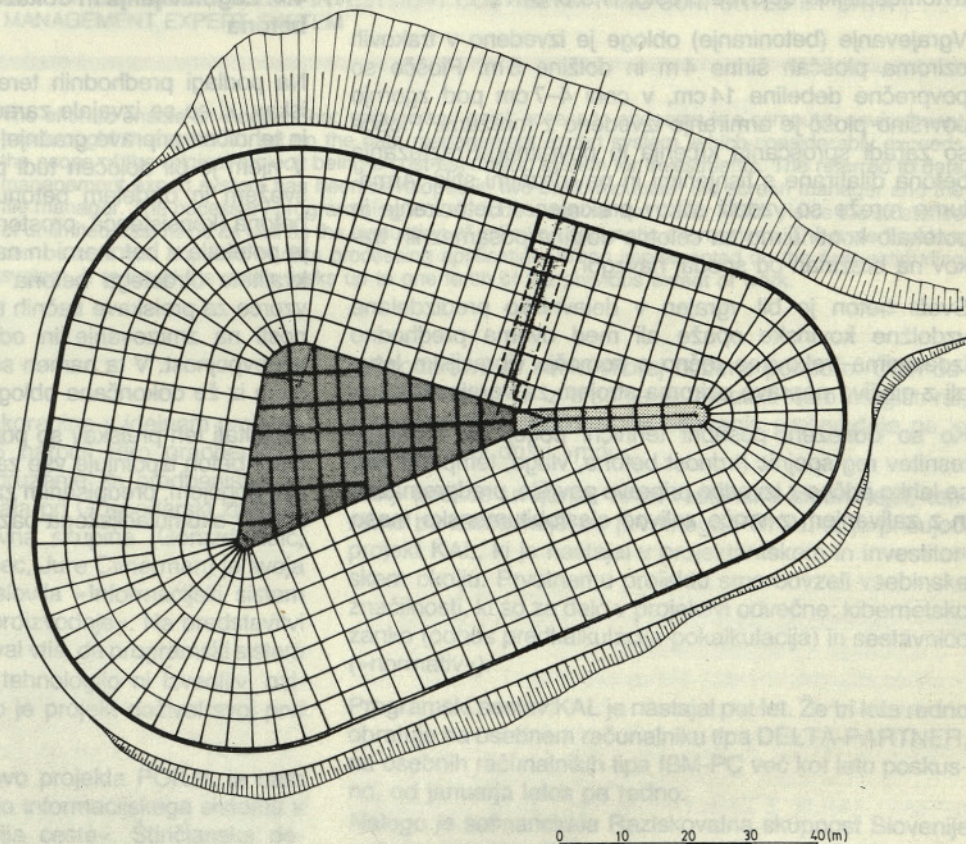
Poskusno polje je bilo zgrajeno na terenu v naklonu brezlin bazena 27° (1 : 2) v merilu 1 : 1 za celoten presek obloge, vključno s stabilizirano podlago in drenažnimi sloji.

je potekal tudi tehnološki preizkus izvedbe oz. vgrajevanja, ki je obsegal naslednje:

- določitev splošnih pogojev za izvedbo obloge,
- pripravo svežega betona in transportno manipuliranje do mesta vgradnje,
- vgrajevanje svežih betonov in njihove površinske obdelave,
- zaščito vgrajenega betona,
- tesnjenje reg spojin.

Rezultati vseh tehničnih in tehnoloških preizkusov so bili osnova za izbiro visoko aeriranega betona z optimalnimi karakteristikami. Osnovni podatki izbranega betona so naslednji:

- $= 2050 \text{ kg/m}^3$,
- $v/c = 0,38$,
- polipropilenska vlakna $= 2,5 \text{ kg/m}^3$,
- $DC = 450 \text{ kg/m}^3$,
- pena $= 200 \text{ l/m}^3$,
- dodatki (superplastifikator, pospešilo).



Slika 6. Shema spojin obloge akumulacijskega bazena

Na osnovi sheme posameznih polj, med seboj ločenih s spojnici, je bil določen tudi razpored polj, izdelanih z različnimi dodatki, z ojačitvami ali brez, različnih debelin zaključnega sloja in tlorisnih dimenzij. Vse preiskave številnih modifikacij na poskusnem polju so se izvajale laboratorijsko in na mestu samem.

Istčasno z izvajanjem preiskav vseh vgrajenih materialov

Obloga je armirana z armaturnimi mrežami. Tako ojačen beton pa kljub temu ne prevzema statičnih obremenitev, ki bi se pojavile v primeru neenakomernih usedkov podlage.

Na poskusnem polju sta bila vzpostavljena dva sistema meritev; meritve lokalnih deformacij na poskusnih mernih relacijah v ravnini obloge, v smeri padnic brezlin in

pravokotno in geodetske meritve prostorskih deformacij obloge.

4.3. Izgradnja obloge akumulacijskega bazena

Obloga akumulacijskega bazena je bila izvedena na podlagi, ki zadovoljuje vse geomehansko stabilne, zmrzlinke ter drenažno filtracijske predpisane pogoje. Pogoji so bili izpolnjeni z vgradnjo dodatnega sloja drenažnega betona v debelini 15 cm (agregat 8/32 mm) na zaključnem stabiliziranem in izravnanem sloju (tampon) in prekritjem drenažnega betona s slojem sintetične polsti (politlak). Vloga tega sloja je zmanjševanje trenja med spodnjo površino plošč obloge in močno hrapavo zgornjo površino drenažnega betona in dopolnitev varnostnega filtrskega sistema. Betonska dela so potekala po izvedbenemu projektu konstrukcije in projektu betona.

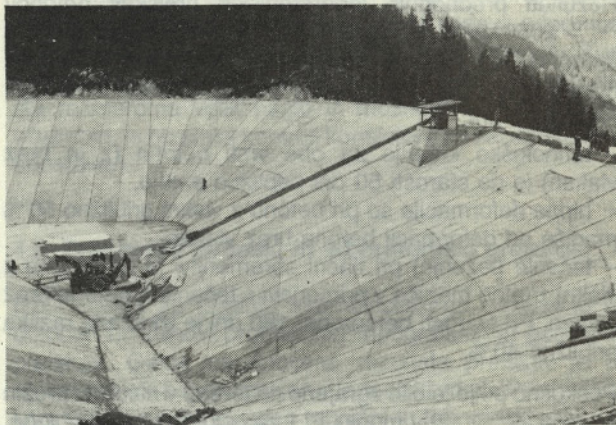
Drobnozrnat visokoaeriran beton, ojačen s polipropilenskimi vlakni, je bil pripravljen v dislociranem betonarskem obratu. Na gradbišču je bil dostavljen v transportnih avtomobilskih delovne prostornine 3–5 m³.

Vgrajevanje (betoniranje) obloge je izvedeno v trakovih oziroma ploščah širine 4 m in dolžine 5 m. Plošče so povprečne debeline 14 cm, v coni 4–7 cm pod zgornjo površino plošč je armiranje izvedeno z mrežami. Plošče so zaradi sproščanja krčenja in povratnega raztezanja betona dilatirane s tisnjenimi in navideznimi stiki. Armature mreže so vzdolž stikov prekinjene. Betoniranje je potekalo kontinuirno za celotne dolžine posameznih trakov na brežinah od spodaj navzgor.

Sveži beton je bil vgrajen v delavniško predizdelane vzdolžne kovinske opaže ali med dvema predhodno izdelanima trakovima ročno s pomočjo vibracijske letve ali z gibljivo napravo oziroma strojem za vgrajevanje.

Ko so doseženi posebni tehnični pogoji za izvajanje tesnitev reg spojin (trdnost betona, vlaga, temperatura), se lahko prične z izvedbo priprave površin, predpremazon in z zalivanjem z vročo zalivno elastobitumensko maso

(TEXABIT). Zaščito stikov pred mehanskimi poškodbami, proti insolaciji in izpiranju z vodo dosežemo s prekritjem stikov s samolepilnim specialnim trakom.



Slika 7. Akumulacijski bazen HE Lomščica

4.4. Zagotavljanje in dokazovanje kvalitete vgrajenega betona

Na podlagi predhodnih terenskih in laboratorijskih preiskav, ki so se izvajale zaradi projektiranja in tehnološke in tehnične priprave gradnje, je bil izdelan projekt betona. V njem je bil določen tudi program tekočih preiskav na svežem in otrdelem betonu. Tekoča kontrola svežega betona (konsistenca, prostorninska masa in vrednost v/c) je potekala v betonarni in na gradbišču. Za dokazovanje kvalitete otrdelega betona so na gradbišču odvzemali vzorce za preiskave tlačnih trdnosti, vodotesnosti, odpornosti na zmrzovanje in odtaljevanje, kapilarni dvig in vodovpojnost. V ta namen so bili odvzeti valji z izrezovanjem iz že dokončane obloge.

Rezultati teh preiskav so pokazali, da vgrajeni visokoaerirani beton izpolnjuje vse zahteve in tudi ustreza posebnim pogojem, predpisanim za izgradnjo vodoneprepusne obloge akumulacijskega bazena.

SESTAVLJANJE NALOŽBENIH PREDRAČUNOV Z EKSPERTNIM SISTEMOM ZA UPRAVLJANJE PODATKOV

UDK: 624:336,645.1:519.8

GORAZD RAIČ

POVZETEK

Iz prizadevanj, da bi z računalniškimi tehnikami pri sestavljanju naložbenih predračunov povečali produktivnost in zanesljivost končnega uporabnika, je nastal ekspertni sistem za upravljanje s podatki, ki daleč presega obseg projektne naloge. Ekspertni sistem za upravljanje s podatki smo razvili v dveh osnovnih gradnikih: upravljanje z zaslonom in upravljanje z zbirko podatkov. Programsko orodje vključuje posebni urejevalnik besedila, ki omogoča vnos neomejeno dolgega podatkovnega polja in izvednotenje neomejeno dolgega aritmetičnega izraza. Ekspertni sistem za upravljanje s podatki lahko vgradimo v poljubno vrsto računalniške obdelave. Pri sestavljanju naložbenih predračunov se je obseg uporabnikovih opravil desetkrat zmanjšal.

BILL OF QUANTITIES WITHIN INVESTMENT COST-ESTIMATING SUPPORTED BY DATA MANAGEMENT EXPERT SYSTEM

SUMMARY

The effort to enable an independent, reliable and quick access to endusers in a computer environment has brought the author to set up the data management expert system, which considerably exceeds the scope of the original project, being a cost-estimating system for investments. The referred to data management expert system has been developed in two basic modules: the screen manager and the file manager. The necessary programming tools include a special text editor which yields the existence of unlimited data fields as well as the evaluation of unlimited arithmetic expressions. The expert system can be built into any kind of data processing application. When implemented on the cost-estimating system, it reduced the user's tasks up to one tenth of the previous extent of work.

UVOD

Programski sistem KAL ima korenine v idejnem projektu POKAL, ki ga je leta 1976 naročil Biro gradbeništva Slovenije (sedaj: Splošno združenje za gradbeništvo in industrijo gradbenega materiala pri Gospodarski zbornici Slovenije). Štiričlanska delovna skupina (Gorazd Raič, Dušan Magušer, Marko Nemec, Jure Cimerman) je svoja takratna razmišljanja podnaslovila »Informacijski sistem za spremljanje individualne proizvodnje«. Na predstavitvi idejnega projekta je prevladoval vtis, da programski sistem z razpoložljivo računalniško tehnologijo ni izvedljiv, oziroma da ni gospodaren, zato je projekt doživel svoj prvi »mrk«.

Zanimivo kibernetično zasnovo projekta POKAL je nato prevzela komisija za izgradnjo informacijskega sistema v delovni organizaciji »Slovenija ceste«. Štiričlanska delovna skupina (Karel Moerec, Stane Berce, Andrej Kerin, Gorazd Raič) je za svoje delovno okolje konkretizirala zamisli v izdelku »Kalkulacijska shema«. Prizadevanje za izgradnjo informacijskega sistema v času ekstenzivnega

gospodarstva ni imelo skoraj nobene podpore. Član delovne skupine je iz omenjene tematike celo magistriral, zamisel o kibernetičnem zasledovanju proizvodnje pa je doživela svoj drugi »mrk«.

Tretji poskus uvajanja, ki je vsebinsko skromnejši, tehnično pa zahtevnejši od prvotnega POKAL-a, je pričujoči projekt KAL, ki je nastajal v projektantskem in investitorskem okolju. Prvotnemu projektu smo odvzeli vsebinske značilnosti, ki so za delo v projektivi odvečne: kibernetiko zanko (odnos predkalkulacija-pokalkulacija) in sestavnico (»normativ«).

Programski sestav KAL je nastajal pet let. Že tri leta redno obratuje na osebнем računalniku tipa DELTA-PARTNER, na osebnih računalnikih tipa IBM-PC več kot leto poskusno, od januarja letos pa redno.

Nalogo je sofinancirala Raziskovalna skupnost Slovenije v okviru projekta »Računalnik v gradbenem inženirstvu«.

Dodatna pojasnila lahko dobite pri avtorju projekta Gorazdu Raiču, Inženirski biro Elektroprojekt, Ljubljana, Hajdrihova 4.

»KALKULACIJE« ali EKSPERTNI SISTEM?

Predračun naložbe ali »kalkulacija naročnika« je navidezno trivialni računalniški problem, saj je število matematič-

Avtor:
Gorazd Raič, dipl. gradb. inž., Inženirski biro Elektroprojekt,
Ljubljana

nih operacij majhno in preprosto (množenje cene in količine, seštevanje stroška-zmnožka po glavni skupini šifre), vsebina podatkov pa se pogosto ponavlja v malo spremenjeni ali nespremenjeni obliki.

Shema predračunske postavke temelji na podatkovni bazi, ki jo priporoča svojim članicam Splošno združenje za gradbeništvo in industrijo gradbenega materiala pri Gospodarski zbornici Slovenije, in je videti taka:

Krmiljenje znakov, podatkov in zapisov opravimo brez običajnih ukazov. Za krmiljenje je programiranih 32 standardnih krmilnih tipk (tipkovnica IBM-PC), ki ohranjajo svojo funkcijo nespremenjeno v vseh stopnjah računalniške obdelave:

splošno:

prehod na višjo raven obdelave oz.
izhod iz obdelave

1. Esc

[illegible]

Cilj, ki smo ga postavili pri računalniškem projektu za sestavljanje naloženih predračunov, je postopno razvijanje ekspertnega sistema za upravljanje s podatki, ki naj do skrajnih možnosti poveča produktivnost in zanesljivost delovnega procesa ter poenostavi delo z računalnikom.

Ekspertni sistem za upravljanje s podatki smo razvili v štirih osnovnih gradnikih (modulih) in sicer za upravljanje:

- z zaslonom (»screen manager«),
- s podatkovno zbirko (»file manager«),
- z neomejeno dolgim poljem (»text editor«),
- z aritmetičnim izrazom (»arithmetic interpreter«).

UPRAVLJANJE Z ZASLONOM

Vnos podatkov poteka preko simulatorja dveh vzporednih procesov: primarni proces (tj. proces s prednostjo) obdeluje vtipkan znak, sekundarni proces (tj. proces, ki se odvija samo, kadar primarni to dopušča), pa prikazuje odtipkan znak na zaslonu in predstavlja vidno povratno zvezo (»visual feed-back«) vnosa podatkov. Vidna povratna zveza je dosledna v vseh stopnjah obdelav, tako da lahko upravičeno trdimo WYSIWYG (»What You See Is What You Get«).

2. Enter prekinitev vnosa podatka in prehod na naslednji podatek (prekinitev vrstice in prehod na naslednjo vrstico)
3. Ctrl & Enter izhod iz večvrstičnega polja
4. Ctrl & L skok na novo stran papirja

premik utripalnika:

- | | | |
|-----|-------|--|
| 5. | ← | znak levo |
| 6. | → | znak desno |
| 7. | »gor« | znak gor (predhodna vrstica, isti stolpec) |
| 8. | »dol« | znak dol (naslednja vrstica, isti stolpec) |
| 9. | Home | začetek vrstice (prvi neprazni znak) |
| 10. | End | konec vrstice (zadnji neprazni znak) |
| 11. | PgUp | začetek strani ali predhodna stran |
| 12. | PgUp | konec strani ali naslednja stran |

vrivanje in brisanje:

- | | |
|---------|---|
| 13. Ins | preklop iz prekrivanja na vrivanje znakov |
| 14. Del | brisanje znaka, kamor kaže utripalnik |
| 15. <= | brisanje znaka levo od utripalnika |
| 16. F9 | brisanje celotne vrstice |
| 17. F10 | brisanje vrstice desno od utripalnika |

18. →|
19. |←

krmiljenje polja:

naslednje polje
predhodno polje

20. F1
21. F2
22. Ctrl & G
23. Ctrl & C
24. Ctrl & P

krmiljenje zapisa:

predhodni zapis
naslednji zapis
izločitev zapisa
priklic priročnika na zaslon
tiskanje zbirke

25. F5
26. F6
27. F3
28. F4

krmiljenje bloka:

začetek bloka
konec bloka
skok na začetek bloka
skok na konec bloka

29. F7
30. F8

prepis bloka
izločitev bloka

31. =

kalkulator:

izvrednotenje aritmetičnega izraza
levo od tega znaka

32. Ctrl & <=

iznos skupinskega seštevka desno od
tega znaka (po iznosu zavzame
skupinski seštevke nično vrednost!)

Zapis ima lahko do 127 podatkovnih polj. Podatkovna polja lahko zavzamejo naslednje štiri vrste formatov:

- celo število (»integer«),
- realno število (»real«),
- niz znakov v eni vrstici (»string«),
- niz znakov preko več enako dolgih, enakoležečih zaporednih vrstic (»window«).

Vsako od teh polj ima vgrajeno samodejno preverjanje izbora in sintakse znakov. Program vztraja pri neveljavnem znaku, dokler ga ne popravimo.

Vsako od podatkovnih polj v zapisu ima lahko na zaslonu poljubno lego (začetek in konec), ki omejuje gibanje utripalnika na zaslonu. Shema obrazca na zaslonu ni odvisna od vsebine zapisa.

Skrajno levo/zgornje polje ter skrajno desno/spodnje polje definirata obseg zaslonskega okna. Meje zaslonskega okna, ki je trenutno v obdelavi, so vidno označene z dvojnim okvirom. Zaslonska okna se na zaslonu nizajo v naraščajočem (tipka F2) oz. padajočem (tipka F1) zaporedju, če se na zaslonu izideta vsaj dve zaslonski okni. Tako imamo na zaslonu stalno sled o vsaj enem predhodnem/naslednjem zapisu.

Začetno stanje naslednjega zapisa je pri vnosu kopija (prepis) predhodnega in obratno. To omogoča bistveno hitrejši vnos zapisov, ki so si med seboj podobni.

Na začetku zaslonskega okna se sproti pojavlja opis vtipkanega podatkovnega polja.

Toliko o formalni kontroli! Vgradimo lahko tudi specifično (vsebnisko) kontrolo podatkov, ki vključuje vse logične

medsebojne povezave v pojmovni zgradbi postavke. Nekaj primerov iz diagnostike »kalkulacij«:

»Manjka cena!«

»Merska enota ni m, m², m³, kg, ura, kom«

»Podatek mora biti pozitivno število!«

itd.

UPRAVLJANJE Z ZBIRKO PODATKOV

Osnovna enota za upravljanje s podatkovno zbirko je zapis. Program samodejno (na podlagi vsebine ključev) preklaplja tri osnovne funkcije zajemanja: dodajanje, spreminjanje, pregled zapisa:

- dodajanje zapisa: odtipkanega ključa ni v zbirki,
- spreminjanje zapisa: zapis z odtipkanim ključem je v zbirki,
- pregled zapisa: podatkov (prilastkov, atributov) ne spreminjamo.

Po želji lahko zapise tudi izločimo iz zbirke (tipka Ctrl & G) ali pa obdelavo zapisa prekličemo (tako, da se s tipko |← vrnemo v polje ključa).

Dodajanje in izločevanje zapisov temelji na Bayerjevi metodi, ki uporablja tako imenovana »B+« drevesa. Programski moduli dovoljujejo navzgor neomejeno veliko podatkovno zbirko, ker operirajo z dinamičnimi spremenljivkami. Obseg zbirke omejujeta razpoložljiv glavni pomnilnik in zmogljivost perifernih naprav za shranjevanje podatkov (trdi disk). Na osebnih računalnikih tipa XT/AT ni pomembnih omejitev.

Bayerjev algoritem za dodajanje in izločevanje zapisov smo dodatno razvili. Izločen zapis se fizično sproti izloči iz zbirke. V prostor, ki ga je zasedal, se ponovno vrine naslednji dodan zapis. Izločevanje zapisov je celo koristno: izkoristek dodeljenega prostora na disku narašča z neurejenostjo ključev v zbirki.

Vsak zapis se takoj po vnosu vključi v naraščajoče in padajoče zaporedje. Pri vnosu nam torej ni treba paziti na zaporedje ključev, niti ni potrebno poznejše sortiranje.

Ključ zapisa ima lahko poljubno mnogo segmentov (podatkovnih polj) iz mešanega formata (npr. prvi del ključa je celo število, drugi del je realno število, tretji pa znakovni niz itd.).

Program javi z zvočnim signalom in vidnim opozorilom, če med pregledom ali izločevanjem zapisov naletimo na začetek oz. konec zbirke.

Ob izločitvi zapisa se na zaslonu pojavi naslednji (»višji«) zapis. Če smo izločili zapis z najvišjim ključem, se na zaslonu pojavi predhodni, torej novi najvišji zapis. Če zbirko izpraznimo, se na zaslonu pojavi začetna maska (prazen obrazec).

Zapisi se samodejno shranjujejo v bazi. Za shranjevanje uporabniku ni treba posebej skrbeti. Tudi v primeru izpada pri napajanju oz. kake druge nasilne prekinitve uporabnik zgubi le del zapisa, ki je bil trenutno v obdelavi.

UPRAVLJANJE Z NEOMEJENO DOLGIM POLJEM

Vnašanje predizmer v okviru predračunske postavke pomeni upravljanje s poljubno dolgim podatkovnim poljem. Programsko orodje za krmiljenje takega polja je pravzaprav urejevalnik besedila.

Urejevalnik besedila, ki smo ga vgradili v opisani ekspertni sistem, ima pred drugimi urejevalniki tri bistvene prednosti:

- poravnavanje vrstic in deljenje besed poteka sproti in hkrati za celo okensko stran;
- program ne shranjuje praznih znakov na začetku in koncu vrstice (posledica: samodejno poravnavanje levega in desnega roba, tudi če spremenimo velikost zaslonskega okna);
- v urejevalnik besedila je vgrajen »kalkulator« (interpretor aritmetičnega izraza), ki deluje samodejno in sproti.

Ob vsakem vtipkanem ali odvzetem znaku program preverja, če je v dani vrstici zadosti prostora za namestitev besede, ki jo trenutno tipkamo. (Beseda je neprekinjen niz nepraznih znakov.)

Če urejevalnik besede ne more vrniti na konec vrstice, jo vrine na začetek naslednje vrstice in obratno: če zaradi odvzemanja znakov ali spremembe strukture besed nastane možnost za namestitev prve besede v vrstici na konec predhodne vrstice, se bo celotno besedilo samodejno premaknilo nazaj. (Dogovorjeni znak za vezaj je »minus«.)

Zamik začetka vrstice v desno je samodejen in enak zamiku v predhodni vrstici. Zamike lahko iz vrstice v vrstico stopnjujemo (povečujemo).

Poravnavanje vrstic poteka sproti med tipkanjem, vendar samega tipkanja ne ovira. (Sekundarni proces se odvija samo, kadar primarni proces to dopušča.)

Po vtipkanem »=« se izvednoti aritmetični izraz levo od znaka =. (Izvednotena vrednost se vrine desno od znaka =.)

Zaklepaji »« iz formalnih razlogov niso potrebni. Če je število zaklepajev manjše od števila oklepajev, jih interpretor razume na koncu izraza.

Dovoljeni so mešani aritmetični izrazi (realna in cela števila do 15 desetiških mest) poljubne dolžine: število operatorjev $+ - * / ()$ ni omejeno. Skupinski seštevek v okviru zapisa dobimo kadarkoli s tipko $\text{Ctrl} \& \< =$. Po vsaki operaciji zavzame skupinski seštevek nično vrednost.

S krmilnimi znaki med besedilom lahko uravnavamo posebni tisk: **poudarjen**, **razprt**, podčrtan tisk, ^{nadtisk},

^{podtisk}.

Posebni znaki obsegajo 12 grških črk.

POMEN EKSPERTNEGA SISTEMA ZA UPRAVLJANJE S PODATKI

Za končnega uporabnika bo morda najbolj oprijemljivo spoznanje, da se ob podpori opisanega ekspertnega

sistema občutno zmanjšata tako obseg opravil kot možnost za nastajanje napak.

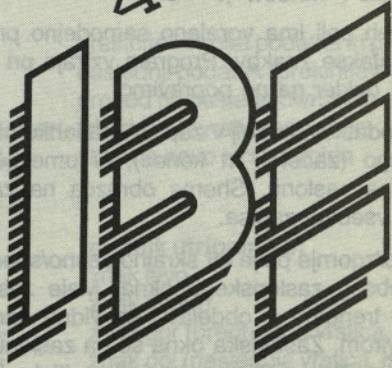
Pri dosledni uporabi podatkovne baze pade število vtipkanih znakov na eno desetino prvotnega obsega. (Vtipkamo šifro postavke in količino; vsi ostali podatki se sproti in samodejno prenesejo iz baze v delovno zbirko.) Delovni proces poteka torej desetkrat hitreje od klasičnih računalniških metod, pri čemer je zanesljivost obdelave zagotovljena.

Delo z računalniškim programom je do skrajnosti poenostavljeno in zavarovano pred nehotenimi napakami. Uporabnik ne potrebuje računalniškega predznanja, pa tudi navodil pravzaprav ne. Priročnik lahko pokličemo kadarkoli na zaslon. Navodila prekrijejo vsebino zaslona, po izhodu iz priročnika pa se vrnemo na začetek polja, kjer smo s klicem priročnika obdelavo prekinili!

Ekspertni sistem za upravljanje s podatki temelji izključno na izsledkih lastnih raziskav in razvoja. Tržno vrednost dobiva tudi zaradi neodvisnosti od licenčnih programskih orodij.

Omenjamo primer vgraditve ekspertnega sistema v programski paket za sestavljanje naložbenih predračunov. Opisan ekspertni sistem pa lahko enako dobro »razume« tudi poljubno drugo vrsto obdelave, npr. program za statično in dinamično analizo konstrukcij itd.

40 LET



LJUBLJANA

Hajdrihova 4

SESTAVINE PROGRAMSKEGA SISTEMA KAL

Računalniški programski sistem za sestavljanje naložbenih predračunov s predizmerami vsebuje naslednje klicne programske oz. podatkovne zbirke:

Programske zbirke:

- | | |
|-----------------|--|
| 1. EDIT. EXE | interaktivni urejevalnik besedila |
| 2. BAZAKAL. EXE | sestavljajnik lastne podatkovne baze |
| 3. KALIZ. EXE | sestavljajnik opisa del in predračuna |
| 4. KALTISK. EXE | izvrednotenje in izpis predračuna s povzetkom stroškov |

Pomožne programske zbirke:

- | | |
|------------------|---|
| 5. SEZNAMBA. EXE | vnos seznama podatkovnih baz (za povzetek stroškov) |
| 6. KAL. EXE | jedilnik obdelav |

- | | |
|-----------------|--|
| 7. WRU. EXE | sestavljanje seznama pooblaščenih uporabnikov |
| 8. TISK. EXE | nastavitev tiskalnika (posebni tisk, posebni znaki...) |
| 9. YUGOKAL. EXE | spreminjanje cen v bazi z drsnim količnikom |

Podatkovne zbirke:

- | | |
|-------------------|---|
| 10. NAVODILA. KAL | tehnično poročilo o programskem sistemu »KAL« |
| 11. GRADDELA. KAL | podatkovna baza za gradbena dela |
| 12. OBRTDELA. KAL | podatkovna baza za obrtniška dela |

Programski sistem **KAL** lahko poganjate na poljubnem tipu osebnega računalnika, ki je kompatibilen z IBM PC (XT/AT; Hercules/EGA itd.).

Obseg izračunov, predračunov in podatkovnih baz je programsko neomejen. Sistem **KAL** je napisan v programskem jeziku PASCAL in sicer z rekurzivnimi algoritmi in dinamičnimi spremenljivkami.

Programi so kratki in delujejo izredno hitro. Najdaljši program je dolg 150 KB.

LITERATURA

1. Raič G.: POKAL – Informacijski sistem za spremljanje individualne proizvodnje. (Biro gradbeništva Slovenije, 1976, interna objava).
2. Berce S.: KALKULACIJSKA SHEMA. (SGP Slovenija ceste, 1977, interna objava).
3. Raič G.: OBRAČUN PROIZVODNJE. (SGP Slovenija ceste, 1978, interna objava).
4. Wirth N.: Računalniško programiranje – 1. in 2. del (prevod Vilfan B.) Društvo matematikov, fizikov in astronomov SRS, 1980 in 1983).
5. Raič G.: ZASLEDOVANJE ZMOGLJIVOSTI. (Inženirski biro Elektroprojekt, Ljubljana, 1981, interna objava).
6. Raič G.: ENOTNO OZNAČEVANJE STORITEV PRI PROJEKTIRANJU. (Inženirski biro Elektroprojekt, Ljubljana, 1983, interna objava).
7. Raič G.: INTERACTIVE APPROACH TO DATABASE IN STRUCTURAL ANALYSIS. (Proceedings of the International Conference on Computer Aided Analysis and Design of Concrete Structures, Split, Yugoslavia, 1984). Pineridge Press, Swansea, U. K.
8. Raič G.: INTERAKTIVNO DELO IN PODATKOVNA BAZA PRI SESTAVLJANJU NALOŽBENIH PREDRAČUNOV. (Zbornik 3. seminarja za računalniško projektiranje gradbenih konstrukcij, Ljubljana, 1986). Univerza v Ljubljani, FAGG – VTOZD gradbeništvo in geodezija.
9. Raič G.: PREDIZMERE IN SESTAVLJANJE NALOŽBENIH PREDRAČUNOV. (Raziskovalni projekt »Računalnik v gradbenem inženirstvu«), Republiška raziskovalna skupnost za graditeljstvo, poročilo za leto 1987).

PROGRAM ZA RAČUN OPORNIH ZIDOV »ROZI«

UDK 624.046

MARJETA SKUBIC

POVZETEK

Program ROZI je namenjen psevdostatični analizi opornih zidov. Z njim izračunamo varnost konstrukcije proti zdrsu in prevrnitvi, ekscentričnosti razultante vseh obtežb, napetosti v temeljnih tleh in notranje sile v posameznih prerezih konstrukcije.

COMPUTER PROGRAM »ROZI« FOR CALCULATING RETAINING WALLS

SUMMARY

The program ROZI is intended for pseudostatic analysis of retaining walls to be able to calculate the safety of the structure against sliding and overturning, eccentricity of the resultant force of all loads, stresses in the foundation soils and internal forces acting in the individual sections of the structure.

V Inženirskem biroju Elektroprojekt velikokrat projektiramo objekte, v sklopu katerih se pojavljajo najrazličnejši oporni zidovi. Pri hidrotehničnih objektih so ti zidovi večkrat delno ali popolnoma potopljeni, tudi nivoja vode pred in za zidom sta lahko različna, kadar ima zid poleg nosilne še tesnilno funkcijo. Dogaja se, da je teren za zidom sestavljen iz več različnih plasti zemljin, mnogokrat se tudi zaradi ekonomičnosti odločimo za izvedbo opornega zidu s konzolo ali za razčlenjene zidove.

Računanje stabilnosti in dimenzioniranje takih opornih zidov sta zamudno in neustvarjalno opravilo. Posebno veliko časa vzame izračun obtežnih primerov, ki nastanejo zaradi spreminjanja nivojev vode pred in za zidom med obratovanjem hidroelektrarn ter med polnjenjem in praznjenjem akumulacij.

Zato je bil v okviru enote za raziskave in razvoj leta 1988 izdelan za izračun opornih zidov računalniški program **ROZI** (Račun Opornih Zidov).

Ta program je namenjen psevdostatični analizi stabilnosti težnostnih in razčlenjenih opornih zidov (tudi zidov s konzolo), njegova varianta ROZI1 pa izračunu notranjih sil v posameznih prerezih teh zidov. Napisana sta za računalnike tipa PC-XT v programskem jeziku pascal. S programom **ROZI** ugotovimo:

- koeficienta varnosti konstrukcije proti zdrsu in prevrnitvi,
 - ekscentričnost rezultante,
 - pritiske konstrukcije na temeljno hribino,
- z ROZI1 pa notranje sile v posameznih prerezih zidu.

Potresne sile program upošteva kot nadomestno statično obtežbo. Vztrajnostna sila deluje v težiščih posameznih odsekov konstrukcije, definirana je s količnikom med potresnim pospeškom in pospeškom prostega pada. Ta količnik podamo za horizontalno in vertikalno smer, torej lahko računamo s poljubno smerjo in velikostjo potresnega pospeška.

Dodatni vodni pritisk zaradi programa računa po enačbah, podanih v publikaciji Treatise on Dams (U. S. Bureau of Reclamation). Ko bo začel veljati pravilnik o tehničnih normativih za projektiranje in proračun inženirskih objektov v potresnih področjih, bomo brez težav zamenjali sedaj vgrajene algoritme za nove.

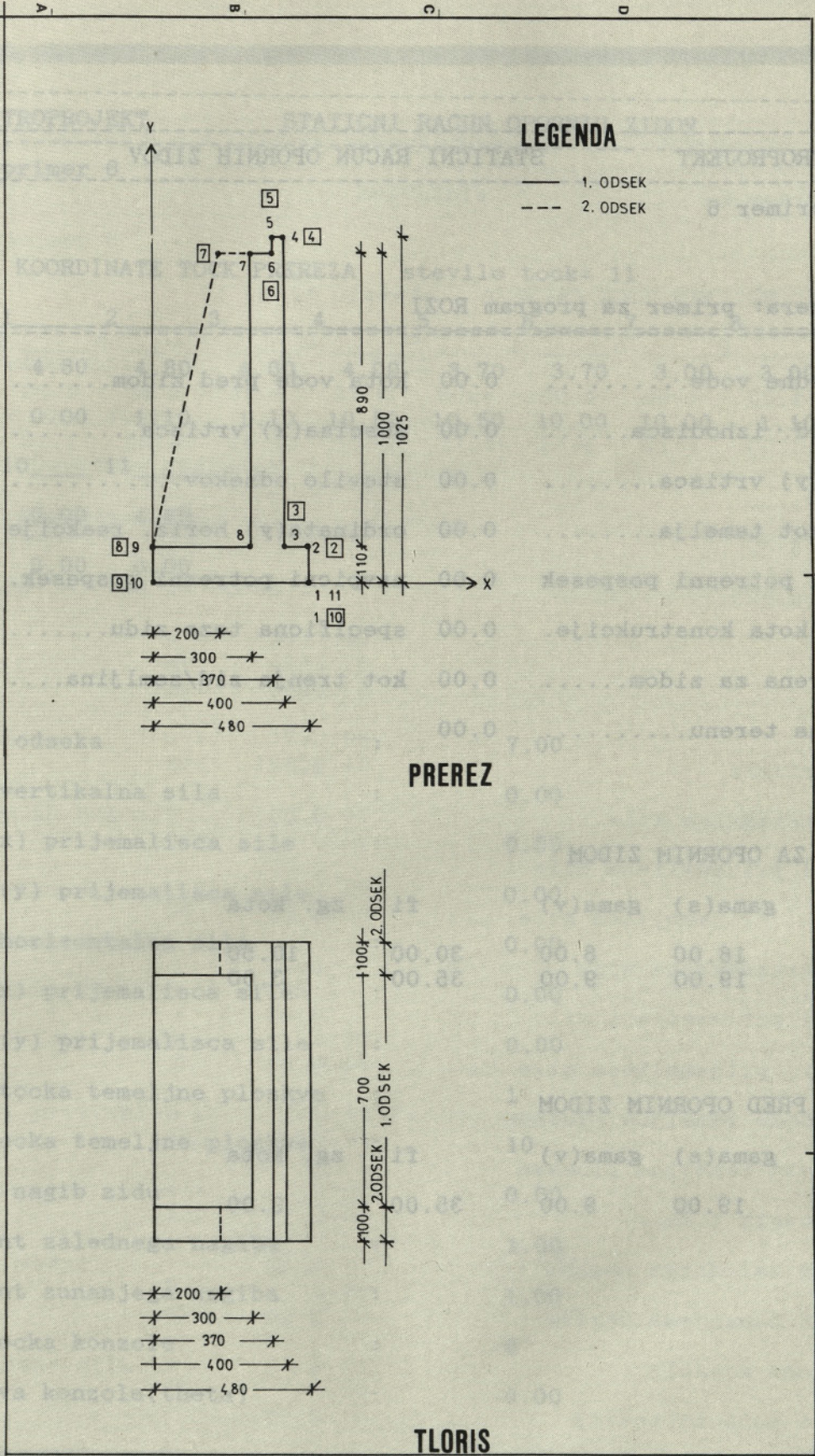
Obliko prereza zidu podajamo s koordinatami njegovih lomnih točk. Teren za zidom je lahko nagnjen, program dopušča do 5 plasti različnih zemljin in poljuben nivo vode na vsaki strani zidu. Vzgonske pritiske izračuna za predpostavljeno linearno povezavo med pritiskoma na začetno in končno točko temeljne ploskve. Podamo lahko tudi ploskovno obtežbo na terenu, morebitne druge obtežbe pa simuliramo z dodatno horizontalno in vertikalno silo, za kateri vnesemo velikost sile in koordinati prijemališča.

Programa **ROZI** in **ROZI1** sta namenjena interaktivnemu delu. Omogočata izbiro različnih oblik izpisa podatkov in rezultatov:

- podatki in rezultati samo na zaslonu
Skupni rezultati na zaslonu so urejeni tako, da lahko vse potrebne informacije izpišemo po načinu »hard copy«.
- podatki in skupni rezultati izpisani s tiskalnikom
- podatki, skupni in vmesni rezultati izpisani s tiskalnikom
Ta način omogoča predvsem enostavnejšo kontrolo izračuna.

V nadaljevanju prispevka podajamo skico in kompleten računalniški izpis za razčlenjen oporni zid.

Avtor:
Marjeta Skubic, dipl. inž. gr., IB Elektroprojekt, Hajdrihova
4, Ljubljana



Priloga 2

I B ELEKTROPROJEKT

STATICNI RACUN OPORNIH ZIDOV

str 1

zid primer 6

Opis primera: primer za program ROZI

kota zaledne vode.....	0.00	kota vode pred zidom.....	0.00
kota koord. izhodišča.....	0.00	abscisa(x) vrtisča.....	4.80
ordinata(y) vrtisča.....	0.00	stevilo odsekov.....	2
naklon. kot temelja.....	0.00	ordinata(y) horiz. reakcije	0.00
vodoravni potresni pospešek	0.00	navpicni potresni pospešek.	0.00
najnižja kota konstrukcije.	0.00	specifična teža zidu.....	24.00
nagib terena za zidom.....	0.00	kot trenja zid/zemljina....	0.00
obtežba na terenu.....	0.00		

ZEMLJINE ZA OPORNIM ZIDOM

zemljina	gama(s)	gama(v)	fi	zg. kota
1	18.00	8.00	30.00	10.50
2	19.00	9.00	35.00	3.00

ZEMLJINE PRED OPORNIM ZIDOM

zemljina	gama(s)	gama(v)	fi	zg. kota
1	19.00	9.00	35.00	2.00

Priloga 3

I B ELEKTROPROJEKT

STATICNI RACUN OPORNIH ZIDOV

str 2

zid primer 6

ODSEK 1: KOORDINATE TOCK PREREZA stevilo tock= 11

točka	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x	4.80	4.80	4.00	4.00	3.70	3.70	3.00	3.00	0.00
y	0.00	1.10	1.10	10.50	10.50	10.00	10.00	1.10	1.10
točka	10	11							
x	0.00	4.80							
y	0.00	0.00							

ODSEK 1

debelina odseka	v = 3732.96 :	7.00
dodatna vertikalna sila	mv = 10059.48 :	0.00
abscisa(x) prijemalisca sile	0.00 :	0.00
ordinata(y) prijemalisca sile	0.00 :	0.00
dodatna horizontalna sila	0.00 :	0.00
abscisa(x) prijemalisca sile	0.00 :	0.00
ordinata(y) prijemalisca sile	0.00 :	0.00
zacetna tocka temeljne ploskve	1 :	1
koncna tocka temeljne ploskve	10 :	10
notranji nagib zidu	0.00 :	0.00
koeficient zalednega nagiba	1.00 :	1.00
koeficient zunanjega nagiba	1.00 :	1.00
koncna tocka konzole	0 :	0
kot vpliva konzole(theta)	0.00 :	0.00

Priloga 4

I B ELEKTROPROJEKT STATICNI RACUN OPORNIH ZIDOV str 3

zid primer 6

ODSEK 2: KOORDINATE TOCK PREREZA stevilo tock= 10

točka	1	2	3	4	5	6	7	8	9
x	4.80	4.80	4.00	4.00	3.70	3.70	2.00	0.00	0.00
y	0.00	1.10	1.10	10.50	10.50	10.00	10.00	1.10	0.00
točka	10								
x	4.80								
y	0.00								

ODSEK 2

debelina odseka	:	2.00
dodatna vertikalna sila	:	0.00
abscisa(x) prijemalisca sile	:	0.00
ordinata(y) prijemalisca sile	:	0.00
dodatna horizontalna sila	:	0.00
abscisa(x) prijemalisca sile	:	0.00
ordinata(y) prijemalisca sile	:	0.00
zacetna tocka temeljne ploskve	:	1
koncna tocka temeljne ploskve	:	9
notranji nagib zidu	:	0.00
koeficient zalednega nagiba	:	0.76
koeficient zunanjega nagiba	:	1.00
koncna tocka konzole	:	0
kot vpliva konzole(theta)	:	0.00

Priloga 5

I B ELEKTROPROJEKT STATICNI RACUN OPORNIH ZIDOV str 4

REZULTATI

zid primer 6

kota zaledne vode..... 0.00

kota vode pred zidom..... 0.00

vodoravni potresni pospešek 0.00

navpicni potresni pospešek. 0.00

VERTIKALNA OBTEZBA ZA ODSEK 1

teza zidu v = 2407.44

mv= 4096.60

my= 9044.53

teza zemlje v = 3732.96

mv= 11959.48

teza vode in vzgon v = 0.00

mv= 0.00

vztrajnostna sila v = 0.00

mv= 0.00

HORIZONTALNA OBTEZBA ZA ODSEK 1

vodni pritiski h = 0.00

mh= 0.00

zemeljski pritiski h = 2216.86

mh= 8030.34

vpliv konzole h = 0.00

mh= 0.00

potresni vodni pritiski h = 0.00

mh= 0.00

vztrajnostna sila h = 0.00

mh= 0.00

Priloga 6

I B ELEKTROPROJEKT

STATICNI RACUN OPORNIH ZIDOV

str 5

REZULTATI

zid primer 6

ODSEK 2: KOORDINATE TOČK PREREZA stevilo točk: 10

točka	1	2	3	4	5	6	7	8	9
kota zaledne vode.....	4.80	4.80	4.00	4.00	3.70	3.70	2.00	0.00	0.00
kota vode pred zidom.....	0.00	1.10	1.10	10.50	10.50	10.00	10.00	1.10	0.00
vodoravni potresni pospešek				0.00	0.00				
navpični potresni pospešek.				0.00	0.00				

VERTIKALNA OBTEZBA ZA ODSEK 2

teza zidu	v =	1542.24
	mv=	3633.98
	my=	6692.39

teza zemlje	v =	415.17
	mv=	1535.51

teza vode in vzgon	v =	0.00
	mv=	0.00

vztrajnostna sila	v =	0.00
	mv=	0.00

HORIZONTALNA OBTEZBA ZA ODSEK 2

vodni pritiski	h =	0.00
	mh=	0.00

zemeljski pritiski	h =	633.39
	mh=	2294.38

vpliv konzole	h =	0.00
	mh=	0.00

potresni vodni pritiski	h =	0.00
	mh=	0.00

vztrajnostna sila	h =	0.00
	mh=	0.00

Priloga 7

I B ELEKTROPROJEKT		STATICNI RACUN OPORNIH ZIDOV	str 6
		REZULTATI	
zid	primer 6		
kota zaledne vode.....		0.00	
kota vode pred zidom.....		0.00	
vodoravni potresni pospešek		0.00	
navpčni potresni pospešek.		0.00	
skupna vertikalna obtežba	v =	8097.81	
	mv=	21225.56	
skupna horizontalna obtežba	h =	2850.25	
	mh=	10324.73	
varnost proti zdrsu		1.99	
varnost proti prevrnitvi		2.06	
ekscentricnost rezultante	e =	1.05	
pritiski na temeljna tla		-59.48	
		434.38	

Priloga 8

I B ELEKTROPROJEKT		STATICNI RACUN OPORNIH ZIDOV	str 7
		REZULTATI	
zid	primer 6		
kota zaledne vode.....		8.00	
kota vode pred zidom.....		8.00	
vodoravni potresni pospešek		0.10	
navpčni potresni pospešek.		0.10	
skupna vertikalna obtežba	v =	4678.84	
	mv=	12275.61	
skupna horizontalna obtežba	h =	2957.50	
	mh=	11803.25	
varnost proti zdrsu		1.11	
varnost proti prevrnitvi		1.04	
ekscentricnost rezultante	e =	2.30	
pritiski na temeljna tla		-202.95	
		419.56	

ZAGOTOVITEV KVALITETE (QA)

UDK 658.562

DARJA SLOKAN-DUŠIĆ

POVZETEK

Cilj sistema zagotovitve kvalitete je doseči zahtevano kvaliteto z upoštevanjem vseh kriterijev, ki jih določajo regulativa in standardi.

Sistem zagotovitve kvalitete, ki smo ga v IBE sprejeli, je podrobneje opisan v posameznih dokumentih, in sicer:

- v programu zagotovitev kvalitete in
- v navodilih oziroma postopkih za zagotovitev kvalitete.

V članku so podani osnovni principi, na katerih sloni sistem za zagotovitev kvalitete ter obveze in prednosti, ki jih ta sistem prinaša.

QUALITY ASSURANCE (QA)

SUMMARY

Quality assurance system provides the required quality by taking into consideration all criteria stipulated by regulations and standards.

The description of quality assurance system, valid at IBE, is given in the following documents:

- Quality Assurance Programme and
- Instructions and Quality Assurance Procedures.

The article deals with the basic principles of the quality assurance system as well as with the obligations and advantages of the subject system.

1.0. UVOD

V prepričanju, da je kvaliteta osnovni pogoj naše uspešnosti, smo v Inženirskem biroju Elektroprojekt pričeli razvijati principe za izvajanje zagotovitve kvalitete. Začetki segajo v čas, ko je naša organizacija pripravljala oziroma nostrificirala dokumentacijo za izgradnjo JE Krško. Kasneje so zahtevali izvajanje zagotovitve kvalitete tudi drugi investitorji. Tako je bila v IBE formirana komisija za zagotovitev kvalitete, specialni postopki pa so bili izdelani za pripravo dokumentacije za JE Prevlaka.

Upoštevanje sistema zagotovitve kvalitete zahteva tudi naš stalni investitor JE Krško in sicer v zvezi s projekti rekonstrukcij in modifikacij. Prav tako je ta vključen v Projekt tehniškega sistema vodenja elektroenergetskega sistema Jugoslavije, ki so ga naročila vsa elektrogospodarstva republik oziroma pokrajin, koordinira pa ga JUGEL.

Prvi Program za zagotovitev kvalitete smo izdelali v IBE maja 1986 in ga sproti dopolnjevali, kot je to terjala praksa in spremembe v organizaciji dela. Na osnovi programa so bila dodatno izdelana še Navodila za zagotovitev kvalitete pri projektiranju, katerih uporaba je obvezna pri izdelavi vseh vrst dokumentacije.

Leta 1988 je bila skladno z zahtevami Programa ustanovljena služba za zagotovitev kvalitete, ki se je postopoma razvila iz komisije, imenovan pa je bil tudi njen vodja.

2.0. DEFINICIJE POJMOV

2.1. Zagotovitev kvalitete

Zagotovitev kvalitete lahko definiramo kot planirane sistemske akcije, ki zagotavljajo, da kvaliteta materialov, naprav, sistemov, komponent, konstrukcij ali del ustreza zahtevam, ki so nujne za varno in zanesljivo obratovanje.

S planiranimi sistemskimi akcijami dobimo pravilne, ažurne informacije ob pravem času na delovno mesto. Zato moramo uvesti sistem vodenja dokumentacije, ki bo zagotovil, da se uporabljajo le pravilni in ažurni dokumenti in da se neveljavna dokumentacija pravočasno izloči.

Avtor:

M. Sc. Darja Slokan-Dušić, dipl. inž. arh., IB Elektroprojekt, Hajdrihova 4 LJUBLJANA

2.2. Kontrola kvalitete

Kontrola kvalitete je dejanska posledica delovanja zagotovitve kvalitete. S kontrolo kvalitete se prepričamo, ali so vse karakteristike nekega elementa skladne s prej določenimi zahtevami.

Izvede jo dobavitelj materialov, komponent, naprav oziroma izvajalec del, s čimer se zagotovi, da kvaliteta odgovarja specficiranim zahtevam.

2.3. Program za zagotovitev kvalitete

Program za zagotovitev kvalitete je osnovni dokument, v katerem so obdelane vse dejavnosti v zvezi z zagotovitvijo kvalitete.

2.4. Sistemska kontrola / AUDIT

S pomočjo sistemske kontrole preverimo izvajanje in efektivnost programa zagotovitve kvalitete.

2.5. Medsebojne povezave (Interface)

Medsebojne povezave so ločnice med odgovornostmi in aktivnostmi ene organizacije, skupine ali posameznika in druge organizacije, skupine ali posameznika.

S tem so mišljene tako zunanje povezave, kar predstavlja povezave med različnimi organizacijami, kot tudi notranje povezave, to so povezave med posameznimi skupinami oziroma posamezniki v okviru iste organizacije.

3.0. BISTVENI PRINCIPI ZAGOTOVITVE KVALITETE

Zagotovitev kvalitete kot proces, ki se je udomačil na področju nuklearne energetike ter vesoljskih raziskav in se vedno bolj uveljavlja tudi na drugih področjih, je pomemben aspekt dobrega vodenja. Dobro vodstvo prispeva k doseganju kvalitete, ki se jo lahko zagotovi le z detajlnimi analizami nalog, ki se izvajajo, odgovarjajočimi strokovnimi kadri, selekcijo in šolanjem osebja, uporabo primerne opreme, ustvarjanjem primerne delovne okolja in priznanjem odgovornosti posameznika, ki nalogo izvaja.

Od začetka do konca izvajanja aktivnosti je potrebno skrbeti, da sistem zagotovitve kvalitete živi, analizirati uspešnost posameznih dejavnosti, korigirati nezadovoljivo opravljene naloge, spremljati vpliv sprememb tehnične regulative na odgovarjajoče postopke in zagotoviti, da se aktivnosti izvajajo korektno. To se doseže lahko le z izdelanim programom za zagotovitev kvalitete, v katerem je jasno opredeljeno, da morajo biti vse aktivnosti dokumentirane in izvedene v skladu s predhodno pripravljenimi postopki oziroma navodili, in da se izdela dokumentirana evidenca, s katero se dokaže, da je bila dosežena zahtevana kvaliteta.

Zahtevo po dokumentiranem programu zagotovitve kvalitete, katerega efektivnost se ocenjuje s pomočjo sistemskih

kontrol, lahko torej pojmuje kot osnovni pogoj zagotovitve kvalitete.

4.0 SISTEM ZAGOTOVITVE KVALITETE PRI PROJEKTIRANJU V IBE

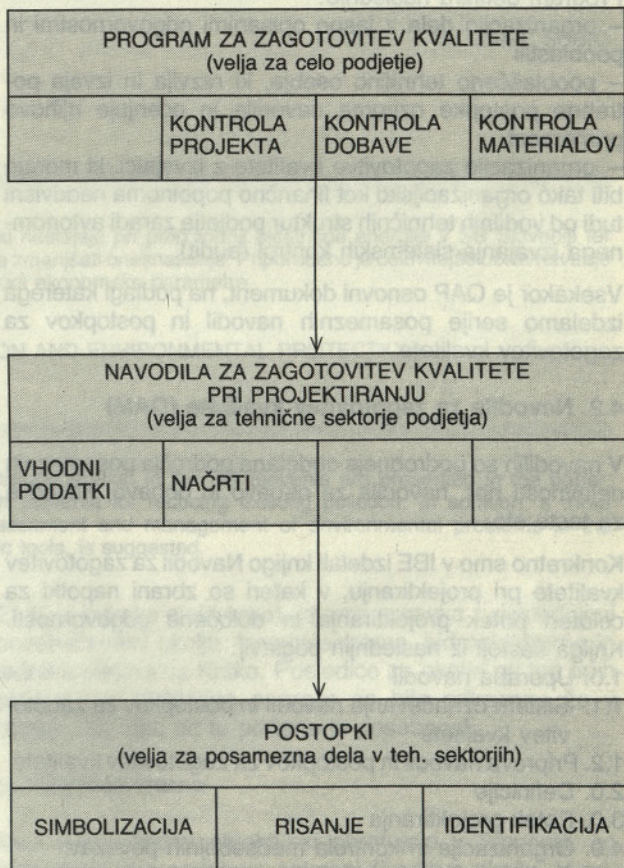
Namen sistema zagotovitve kvalitete je doseči zahtevano kvaliteto z upoštevanjem vseh kriterijev, ki jih določa regulativa in standardi.

Sistem zagotovitve kvalitete, ki smo ga v IBE opisali v posameznih dokumentih, upoštevamo pri jedrskih objektih, prirejeni sistem pa tudi pri objektih, pri katerih lahko pride do velike materialne škode, pri kompleksnih objektih in objektih, pri katerih to izrecno zahteva investitor.

Stopnjo uporabe sistema zagotovitve kvalitete je treba jasno določiti že v ponudbeni dokumentaciji (PZR, tender).

Sistem zagotovitve kvalitete, ki omogoča izdelavo kakovostne projektne dokumentacije, sestoji iz:

- organizacije projekta, ki je sposobna izpeljati zahtevano kvaliteto,
- organizacije kontrole kvalitete (v primeru projektiranja je to notranja kontrola),
- organizacije zagotovitve kvalitete, ki nadzoruje potek



Slika 1. Grafični prikaz posameznih nivojev dokumentov za zagotovitev kvalitete

projektiranja, delo notranje kontrole in izvaja naključne preizkuse kvalitete ter sistemske kontrole.

Za izvajanje sistema zagotovitve kvalitete smo izdelali tri nivoje računalniško podprtih dokumentov (slika 1):

1. nivo: Program za zagotovitev kvalitete (QAP)
2. nivo: Navodila za zagotovitev kvalitete (QAM)
3. nivo: Postopki za zagotovitev kvalitete (procedure).

4.1. Program za zagotovitev kvalitete (QAP)

QAP je osnovni dokument, izdelan v skladu s priporočili Mednarodne agencije za jedrsko energijo (IAEA) in s Pravilnikom o pogoji za lokacijo, graditev, poskusno obratovanje, zagon in uporabo jedrskih objektov (Ur. l. SFRJ, št. 52/88).

V njem je opisana uporaba principov v zvezi z zagotovitvijo kvalitete, ki jih mora delovna organizacija pri svojem delu upoštevati v vseh fazah izvajanja posameznih aktivnosti.

Namen Programa je zagotoviti, da se vse aktivnosti, povezane z izdelavo tehnične dokumentacije, nadzorom, funkcionalnim testiranjem in pregledom tehnične dokumentacije, izvajajo pod stalnim nadzorstvom, tako da so vse storitve izvedene v skladu s predhodno predpisano kvaliteto.

Program definira naslednje:

- organizacijo dela z jasno opisanimi odgovornostmi in pooblastili
- pooblaščenim tehnično osebje, ki razvija in izvaja potrebne postopke oziroma navodila in ocenjuje njihovo primernost
- organizacijo zagotovitve kvalitete z izvajalci, ki morajo biti takó organizacijsko kot finančno popolnoma neodvisni tudi od vodilnih tehničnih struktur podjetja zaradi avtonomnega izvajanja sistemskih kontrol (audit).

Vsekakor je QAP osnovni dokument, na podlagi katerega izdelamo serije posameznih navodil in postopkov za zagotovitev kvalitete.

4.2. Navodila za zagotovitev kvalitete (QAM)

V navodilih so podrobneje obdelana področja posameznih dejavnosti npr. navodila za nabavo in dobavo, navodila za teste etc.

Konkretno smo v IBE izdelali knjigo Navodil za zagotovitev kvalitete pri projektiranju, v kateri so zbrani napotki za celoten potek projektiranja in določene odgovornosti. Knjiga sestoji iz naslednjih poglavij:

- 1.0. Uporaba navodil
- 1.1. Sistem označevanja navodil in postopkov za zagotovitev kvalitete
- 1.2. Priprava navodil in postopkov za zagotovitev kvalitete
- 2.0. Definicije
- 3.0. Potek projektiranja
- 4.0. Organizacija in kontrola medsebojnih povezav
- 5.0. Projektna korespondenca
- 6.0. Vhodni podatki za projektiranje
- 7.0. Projektna dokumentacija

7.1. Vsebina projektne dokumentacije

7.2. Projektna naloga

7.3. Tehnični opisi

7.4. Izračuni

7.5. Načrti

9.0. Pregled odobritev in verifikacija projekta

9.1. Kontrola sprememb

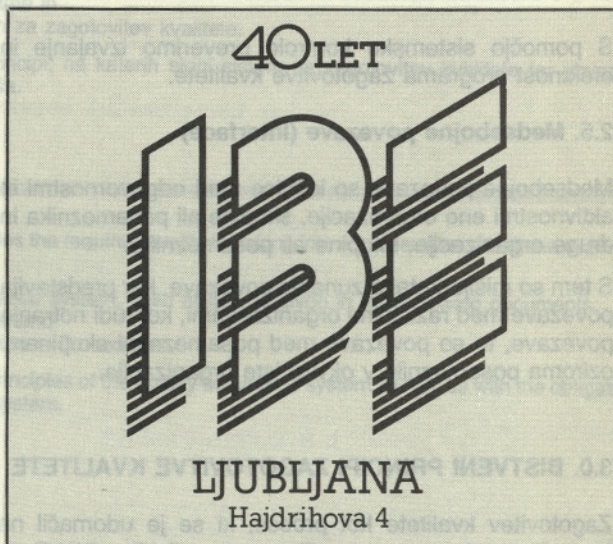
10.0. Odprava pomanjkljivosti

11.0. Arhiviranje projektne dokumentacije in zapisov

12.0. Sistemske kontrole

4.3. Postopki za zagotovitev kvalitete pri projektiranju (procedure)

V procedurah je detajlno opisan standardni način dela, npr.: postopki za risanje, simbolizacijo, uporaba predpisanih tehničnih standardov (JUS, DIN) etc.



5.0. PREDNOSTI UPOŠTEVANJA SISTEMA ZAGOTOVITVE KVALITETE PRI PROJEKTIRANJU

Za uspešno vodenje projekta in izvajanje aktivnosti je pomembno, da se število napak in vpliv teh napak čim bolj zmanjša.

Najpogostejši vzroki napak so naslednji:

- slaba organizacijska struktura,
- pomanjkljivo planiranje,
- slabo razumevanje ciljev, ki naj bi jih dosegli,
- slaba motivacija,
- neprimerno kvalificirano osebje,
- pomanjkljivi postopki, navodila in ostali dokumenti v zvezi s kvaliteto,
- neažurni dokumenti,
- pomanjkljiva kontrola procesov.

Zato filozofija in osnovni principi zagotovitve kvalitete izhajajo iz:

- spoznanja, da ljudje delajo napake,
- študija vzroka napak in
- izkušenj.

Seveda upoštevanje sistema zagotovitve kvalitete povzroča določene stroške, ki so posledica dodatnih kontrol in aktivnosti zagotovitve kvalitete.

Po drugi strani pa nam tak sistem omogoča, da s preizkušenimi postopki lahko obvladamo tako kvaliteto

kot stroške in roke, s čimer povečamo konkurenčnost in ugled firme, obenem pa se zmanjšajo tudi stroški projektantske organizacije, ki bi sicer nastali zaradi sprememb in dodelav dokumentacije. Kot kažejo izkušnje, pa pridobljena kvaliteta zlahka nadomesti stroške delovanja sistema za zagotovitev kvalitete.

LITERATURA

- IAEA Safety Standards No. 50-C-QA. Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants; A Code of Practice, Vienna, 1978.
IAEA Safety Guides No. 50-SG-QA6. Quality Assurance in the Design of Nuclear Power Plants; A Safety Guide, Vienna, 1981.
Zoran Kuljiš; Osnove QA/QC; IAEA tečaj; Zagreb, 2.–27. 4. 1984.
Ronald A. Thomas; IAEA Code of Practice on Quality in Nuclear Power Plants; IAEA tečaj Zagreb, 2.–27. 4. 1989.
Kaoru Ishikawa; Kako celovito obvladati kakovost; Japonska pot; Tehniška založba Slovenije, 1987.
Ivan Leban; Zagotovitev kvalitete; Seminar o projektnem vodenju IBE, maj 1988.
Janez Marinko; Vzpostavitev sistema za zagotavljanje kvalitete pri projektih; Seminar o projektnem vodenju IBE, februar 1989.

PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE IN VARSTVO OKOLJA V SLOVENIJI*

UDK 351.824.11:504.06 (497.12)

LOJZE ŠUBIC

POVZETEK

Članek obravnava vplive na okolje, ki nastajajo pri proizvodnji električne energije v SR Sloveniji ter predstavlja ukrepe, s katerimi se skuša zmanjšati onesnaženje. Priporočeno je celovitejše obravnavanje ekološke problematike, ki upošteva tudi ekonomske parametre.

ELECTRICAL ENERGY GENERATION AND ENVIRONMENTAL PROTECTION IN THE SR SLOVENIA

SUMMARY

The environmental effects of electricity generation in the SR Slovenia are presented in the paper, together with the measures taken in Slovenia for reducing existing pollution. In addition, a more comprehensive approach to the assessment and management of environmental problems in the energy planning, using also economic tools, is suggested.

* Članek je nadaljevanje sestavka »Električna energija in okolje«.

1. VPLIV NA OKOLJE PRI SEDANJI PROIZVODNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE

Glede na sedanjo strukturo proizvodnje električne energije v Sloveniji (po podatkih Dispečerske službe EGS za leto 1987: 46% iz termoelektrarn, 33% iz hidroelektrarn in

21% iz jedrske elektrarne), imamo opravka z naslednjimi onesnaževalci okolja: termoelektrarne, hidroelektrarne in jedrska elektrarna Krško. Posledice za okolje pri teh tipih proizvodnje električne energije so bile prikazane že v članku (1), zato so tu podane le posebnosti.

a) Hidroelektrarne

Med energetskimi objekti, ki obratujejo v Sloveniji, so hidroelektrarne zagotovo najmanj škodljive okolju. V primerjavi z drugima viroma energije je njihova prednost v tem, da ne zahtevajo celotnega energetskega cikla, ki

Avtor:
Lojze Šubic, dipl. gradb. inž.

vključuje pridobivanje in transport goriva in odlaganje odpadkov, kot je to primer pri TE na fosilna goriva in JE (glej (1) – slika 3).

Drži pa, da je bistvene škodljive vplive na okolje povzročila že sama izgradnja objektov, ki je z zaježitvami rek ter z zasedbo prostora vplivala na obstoječo naravno in kulturno dediščino in vizualno obremenila okolje. Intenzivnost motenj v mikroklimi, v izrabi vode in toka ter motenja zaščitene živalske vrste in favne, je z leti obratovanja otopela oziroma je zaradi počasnosti učinkovanja samo manj opažena.

Pri obratovanju hidroelektrarn se lahko pojavi degradacija zemljišča zaradi le občasne poplavljenosti. Pri slovenskih elektrarnah je ta učinek manj opazen, pojavil pa se bo z eventualno izgradnjo elektrarn za pokrivanje potreb po vršni energiji (sezonske akumulacije, črpalna elektrarna). Drugi, posredni vpliv pri obratovanju hidroelektrarn, je kopičenje onesnaženja, ki vključuje težke kovine in nevarne snovi za jezom elektrarne. Povzročitelji so seveda izven elektrarne, učinki pa so lahko uničujoči za življenje v rekah, kar se je pokazalo pri slučajnih izpustih zaradi remontov zapornice talnega izpusta v jezu HE Moste. Zaradi tega je izgradnja hidroelektrarn na Savi že pogojena s čiščenjem reke, ki bo izboljšalo kakovost vode za en razred (2).

Slovenija ima izkoriščenega 30–50 % tehnično izkoristljivega vodnega potenciala – pretežno na tistih lokacijah, kjer je bil škodljivi vpliv na okolje manj izražen. Druge možne lokacije hidroelektrarn se v dosedanjih polemikah kažejo kot ekološko bolj sporne ter jih bo treba ocenjevati v okviru uravnoteženih energetskih programov, upoštevaje vrednosti lokalnega delovnega in bivalnega okolja. Vedno bolj je namreč jasno, da spremembe, kot so npr. zadrževanje voda v bazenih, speljava vode v posebne kanale, izostanek sezonskih poplav, spremembe v eroziji in rečnem transportu, predstavljajo poseg v ekosistem vodotoka ter lahko v celoti in nepopravljivo spremenijo njegov karakter.

Bolj teoretično kot praktično nastopa tudi problem potencialnega rušenja dolinskih pregrad, ki pa zaradi skrbne analize geoloških, mehanskih in seizmičnih pogojev, danes ne predstavlja nevarnosti, ki bi bila zelo verjetna.

b) Jedrska elektrarna Krško

Vpliv JE Krško na okolje sestoji iz vplivov obratovanja elektrarne, ki jih stalno kontrolirata pooblaščen organizaciji Zavod za varstvo pri delu in Institut »Jožef Stefan« ter o tem izdajata redna poročila. K posrednemu vplivu JE Krško lahko štejemo učinke na okolje, ki se pojavljajo pri obratovanju rudnika urana Žirovski vrh ter tiste, ki se bodo pojavili ob obratovanju skladišča za nizko in srednjeaktivne odpadke.

Kot rečeno v članku (1) – pogl. 2.2.2, je radioaktivnost, sproščena v okolje iz jedrske elektrarne, zelo pod nivojem naravne radioaktivnosti. Redno poročilo za leto 1986 (3) navaja, da so vse ugotovljive in kvantitativno ocenjene obremenitve okolja zaradi emisij jedrske elektrarne Krško

bile pod upravno dopuščenimi mejami. Predpisane mejne vrednosti izpuščanja radionuklidov v reko Savo so manjše, kot jih dopušča zakon za pitno vodo in so bistveno strožje od tistih, ki jih upoštevajo elektrarne v Švici in na Finskem. Toplotna polucija reke Save, ki nastane zaradi hlajenja kondenzatorjev, je omejena tako, da se v točki mešanja Sava lahko segreje za največ 3° C, v nobenem primeru pa ne sme po mešanju s toplo vodo temperatura Save preseči 28°. Strogim omejitvam so podvržena tudi kontrolirana izpuščanja radioaktivnih snovi v zrak.

Merjenje radioaktivnosti v okolju rudnika urana Žirovski vrh sta v letu 1986 izvajali pooblaščen organizaciji Institut »Jožef Stefan« in Zavod SRS za varstvo pri delu. Meritve so bile opravljene v skladu s programom nadzora, ki ga je sprejela in potrdila Strokovna komisija za jedrsko varnost dne 12. 11. 1986. Ugotovljeno je bilo, da inhalacija radona in njegovih kratkoživih potomcev prinese največ k efektivni ekvivalentni dozi prebivalcev v Todraški dolini. Po priporočilih Mednarodne agencije za jedrsko energijo lahko znaša dodatna letna mejna efektivna enakovredna doza na posameznika iz kritične skupine prebivalstva 5 mSv. V celoti je prispevek RUŽV 0.54 mSv/leto, kar je približno 10 % dopustne vrednosti.

Odlagališče nizko in srednjeaktivnih odpadkov, v katerem bodo poleg odpadkov iz JE Krško kontrolirano odlagani tudi radioaktivni odpadki iz domačih medicinskih ustanov in institutov, bo praviloma zgrajeno in locirano tako, da se bo v naslednjih 100–300 letih preprečilo prodiranje radionuklidov v okolje.

V strokovnih krogih ocenjujejo shranjevanje iztrošenih gorivnih elementov kot tehnično obvladljiv problem, medtem ko možnost reaktorske nesreče tipa Černobil izključujejo zaradi bistvenih razlik med reaktorji, ki so komercialno razpoložljivi v zahodnem svetu in tistim v Černobilu.

Zelo nizka oziroma hipotetična verjetnost nezgode je kljub temu prisotna ter vzbuja odpor javnosti proti jedrskim elektrarnam, čeprav raziskave kažejo, da je na drugih področjih energetike mnogo aktivnosti bolj rizičnih.

c) Termoelektrarne na fosilna goriva

Termoelektrarne so na področju energetike največji onesnaževalec okolja (1). Okolju škodljive vplive prispevajo v veliki meri prav vse faze v ciklu proizvodnje električne energije: pridobivanje goriva, transport in čiščenje goriva, izgradnja in odstranitev elektrarne, proizvodnja energije in odlaganje odpadkov [(1) – slika 3]. Poleg tega, da je onesnaževanje zraka v Srednji Evropi nasploh med najbolj perečimi na svetu, se v Sloveniji pojavlja dodatna koncentracija emisij (SO₂, NO_x, prah, ogljikovodiki), pogojena s postavitvijo večjega števila agregatov na lokacijah TE Šoštanj, TE Trbovlje in TE-TO Ljubljana. Emisije iz teh proizvodnih objektov za leto 1986 so prikazane v tabeli 1 (1) ter primerjane s podatki za nemške termoelektrarne-toplarne v tabeli 2. Slaba kvaliteta slovenskega lignita in rjavega premoga, ki jo karakterizira nadpovprečna vsebnost žvepla ob nizki termični vrednosti, je osnovni vzrok za tako neugodno sliko. Ob tem je treba vedeti, da so

Vir: (7)

Merilno	1980/81		1981/82		1982/83		1983/84		1984/85		1985/86	
Mesto	Uvr.	Konc.	Uvr.	Konc.	Uvr.	Konc.	Uvr.	Konc.	Uvr.	Konc.	Uvr.	Konc.
Trbovlje	1	0,46	1	0,39	1	0,39	1	0,42	1	0,33	1	0,30
Hrastnik	2	0,34	2	0,36	2	0,31	3	0,25	2	0,25	2	0,23
Črna	5	0,26	5	0,23	3	0,27	2	0,25	3	0,25	3	0,20
Maribor	6	0,20	9	0,17	8	0,15	6	0,20	5	0,22	4	0,17
Mežica	9	0,18	6	0,21	6	0,19	8	0,17	12	0,15	5	0,17
Ljubljana	3	0,29	3	0,24	5	0,21	5	0,23	4	0,23	6	0,17
Celje	4	0,27	4	0,23	7	0,19	4	0,24	7	0,21	7	0,13
Krško	11	0,17	14	0,13	14	0,11	12	0,13	6	0,21	8	0,13
Kamnik	10	0,17	10	0,15	10	0,13	11	0,14	8	0,16	9	0,13
Medvode	16	0,13	19	0,11	17	0,09	19	0,10	13	0,11	10	0,12
Žerjav	7	0,20	8	0,18	4	0,22	9	0,16	9	0,15	11	0,12
R. Toplice	23	0,10	26	0,09	24	0,07	22	0,08	17	0,10	12	0,11
Šentjur	22	0,11	24	0,10	19	0,09	15	0,10	25	0,08	13	0,10
Radeče	21	0,11	22	0,10	20	0,08	20	0,09	26	0,08	14	0,10
Škofja Loka	25	0,10	22	0,11	25	0,06	13	0,13	14	0,11	15	0,10
Zagorje	17	0,13	12	0,14	9	0,15	7	0,18	10	0,15	16	0,09
Štore	12	0,17	18	0,12	13	0,12	17	0,10	15	0,11	17	0,09
Žalec	8	0,19	7	0,19	11	0,13	10	0,16	11	0,15	18	0,09
Domžale	18	0,12	20	0,11	16	0,09	16	0,10	28	0,08*	19	0,09
Ptuj	19	0,11	27	0,08	27	0,06	23	0,08	20	0,09	20	0,08

Uvr. – uvrstitev

Konc. – povprečna koncentracija SO₂ v mg/m³

* – niso upoštevani kompletni podatki za mesec januar 1985, ko so bile koncentracije najvišje. Izpad meritev so povzročile izredno nizke temperature, zaradi katerih so bile aparature v okvari.

Tabela 1: Povprečna onesnaženost zraka z žveplovim dioksidom v slovenskih mestih v kurilni sezoni

termoelektrarne (poleg industrije, prometa in majhnih kurišč) le eden od glavnih onesnaževalcev ozračja ter da bodo prizadevanja za odstranitev škodljivih posledic v podnebnih in reliefno neugodnih razmerah zahtevala celovite ukrepe.

Po M. Grudnu (4) je problem obratovanja obstoječih termoelektrarnskih objektov v SR Sloveniji predvsem v spreminjanju kvalitete premoga, ki je deloma že preseglo sposobnosti prilagajanja obstoječe tehnologije.

V TE Šoštanj je ugotovljeno padanje kurilnosti, ki je posledica racionalnejšega odkopa in povišanja vsebine pepela. Podoben pojav lahko opazimo tudi pri TE Trbovlje, kjer je zaradi porasta količine pepela s 25–28 % v letu 1960 na 38–50 % v letu 1984, zmanjšana kurilnost s 13 na 9 MJ/kg. V obeh objektih so povečane količine pepela povzročile preseganje dejanskih zmogljivosti naprav za odpepeljevanje. Visok delež žvepla in pepela v premogih, ki se kurijo v slovenskih termoelektrarnah:

TE Šoštanj – 1,33 % žvepla, ≈ 20 % pepela,
TE Trbovlje – do 2,8 % žvepla, 38–50 % pepela,
TE-TO Ljubljana – 0,50 % žvepla, ≈ 19 % pepela,
bo v vsakem primeru vplival na višje stroške čiščenja emisij in odpravo posledic onesnaženja.

Prve hude poškodbe na gozdovih in gojenih rastlinah v Sloveniji so bile opažene okrog TE Trbovlje [B. Paradiž (5)], kjer je bil prvotno zgrajen samo 80 m visok dimnik.

Do sanacije leta 1974 z izgradnjo 360 m visokega dimnika, je bilo uničenih 150 ha okoliških gozdov in 800 ha poškodovanih.

Poškodbe na gozdovih v okolici TE Šoštanj so kasnejšega datuma (1985) in drugačnega značaja, kot so bile opažene okrog Trbovelj. Pojavile so se samo na iglavcih ter kažejo značilnosti umiranja gozdov v Srednji Evropi [glej (1) – slika 4]. V celoti je Šaleška dolina ekološko najbolj prizadeta slovenska pokrajina, kjer se ugotavlja onesnaževanje zraka z umiranjem gozdov, degradacija terena zaradi posledic rudarjenja, onesnaževanje voda in kopičenje odpadkov – pepela.

Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo SRS v popisu za leto 1987 ugotavlja, da je prizadetih 43,7 % gozdov v Sloveniji (6), od tega je 20,2 % v razredu malo ogroženih, 11,4 % ogroženih, 6,6 % zelo ogroženih, 5,5 % pa propada.

Zaradi pomanjkanja meritev v SR Sloveniji ni mogoče dati realne ocene onesnaženosti zraka z dušikovimi oksidi in ogljikovodiki. Stanje v ZR Nemčiji, ki je dano v članku (1) – slika 2, lahko zato vzamemo le kot orientacijo. Iz poročil Hidrometeorološkega zavoda SRS se lahko ugotavlja nivo onesnaženosti z žveplovim dioksidom in prahom, ki sta sicer indikatorja industrijske polucije v urbanih področjih.

Podatki o povprečni onesnaženosti zraka v posameznih slovenskih mestih v kurilni sezoni (tabela 1) kažejo na to, da gre za kombinacijo onesnaževanja zraka, ki ga povzročajo termoeenergetski objekti, industrija, promet in drobna kurišča. Pri navedenih višjih onesnaženostih je po podatkih WHO – Svetovne zdravstvene organizacije že ogroženo zdravje prebivalstva, kar se najprej kaže v povečanjem številu bolezni dihal.

Značilno za naše razmere je, da so povprečne letne koncentracije žveplovega dioksida v slovenskih mestih in glavnih mestih jugoslovanskih republik občutno višje kot v glavnih mestih sveta ter skoraj praviloma nad nivojem koncentracij, ki ga je WHO priporočila kot zgornjo mejo (slika 1). Ne glede na to da metode uporabljenih merjenj niso povsem primerljive, je podatek dovolj zgovoren.

2. EKOLOŠKA SANACIJA

Zaskrbljenost zaradi polucije zraka, vode in tal že lep čas spremlja industrijski razvoj v svetu. Kisel dež, učinek tople grede in jedrski odpadki so samo najbolj znani pojavi, tesno povezani s proizvodnjo energije, ki je med drugim omogočila ta razvoj.

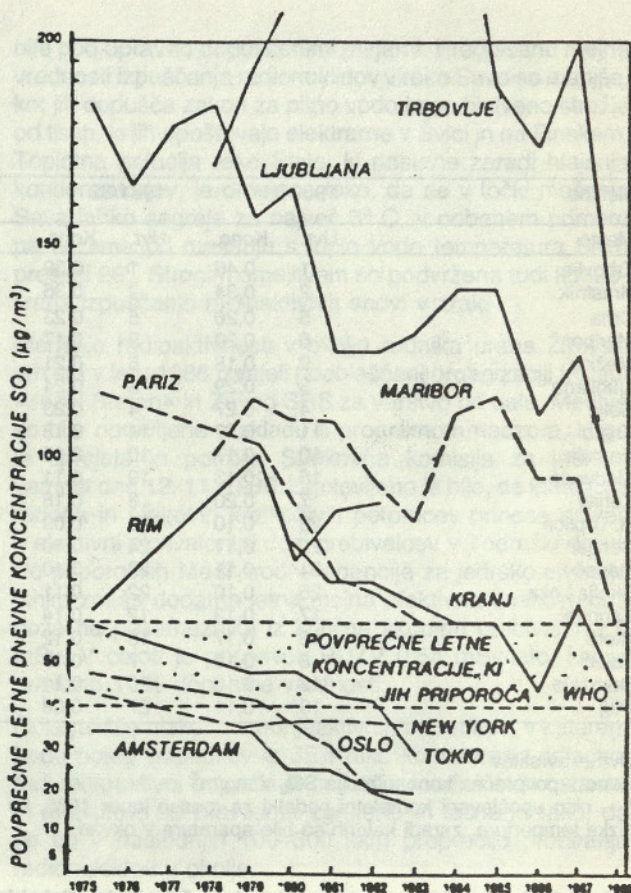
Na državnih in mednarodnih nivojih je bila sprejeta vrsta odločitev za boj s temi problemi. Napor v okviru mednarodnih organizacij kot so UNEP (Program OZN za varstvo okolja), WHO in IAEA vključujejo znanstveno in tehnično oceno, ki bo pomagala najti rešitve ter postavila probleme v pravilno perspektivo. Slednje bo omogočalo dodelitev skromnih razpoložljivih sredstev v izbrane prioritete naloge.

Skupni 6-letni projekt, na katerem so navedene mednarodne organizacije začele delati leta 1987, bo identificiral vplive na okolje ter zdravstvene in socialno-ekonomske učinke, ki jih bo treba upoštevati pri reševanju problema industrializacije. V tem okviru se predvideva:

- izdelava nacionalnih študij,
- šolanje strokovnjakov v metodologijah in pristopih,
- vzpostavitev informacijske podatkovne baze, ki bo pomagala identificirati pomembnejše nevarnosti, katerim bo posvečena večja pozornost.

Rezultati projekta IAEA/UNEP/WHO naj bi nosilcem odločitev omogočili, namesto postopne obravnave, celovitejši integrirani pristop pri analizi in reševanju problemov onesnaževanja, odlaganja odpadkov in drugih rizikov, ki so posledica industrijskega razvoja. Vzoredno pa je od projekta pričakovati prispevek k vzpostavitvi primerne politične in ekonomske klime, ki bi pozitivno vplivala, ne samo na pristop v globalnem oziroma medregionalnem nivoju, temveč tudi na akcije, ki so zahtevane na regionalnem oziroma državnem nivoju.

Glede na ugotovitve (10), da je onesnaženost okolja v Sloveniji dosegla raven in obseg, ki na najbolj ogroženih območjih že resno ogrožata družbeni in gospodarski razvoj ter zdravje ljudi, da so proizvodnja, pretvarjanje, transport in raba energije povzročitelji velikega onesnaževanja okolja v Sloveniji, posebej zraka, da obstajajo



Slika 1: Gibanje onesnaženosti zraka z žveplovim dioksidom v svetovnih in slovenskih mestih

Vir: (8)(9)

študije o možnostih racionalne rabe energije ter izkušnje o tem, da zveza med rabo energije in rastjo družbenega proizvoda ni linearno odvisna, da je torej mogoče in potrebno »iz manj narediti več« in da je najcenejša tista energija, ki jo prihranimo, se SZDL dolgoročno in strateško zavzema, da je treba družbeni razvoj usmerjati tako, da bo rast primarnih energetskega virov čim manjša in da bo družbeni proizvod naraščal hitreje od končne energije.

V planskih dokumentih SR Slovenije so sprejete usmeritve, ki naj bi zagotovile zmanjšanje emisije škodljivih snovi v ozračje. V dolgoročnem planu SR Slovenije za obdobje od leta 1986 do 2000 je predvideno reševanje ključnih ekoloških problemov s sanacijo obstoječih žarišč onesnaževanja okolja, odpravljanje akutnih vzrokov za propadanje gozdov in vzpostavitev poenotene nadzora kakovosti zraka z analitsko-nadzornim alarmnim sistemom. Družbeni plan za obdobje 1986–1990 (Ur. l. SRS, št. 2/86) pa opredeljuje varstvo okolja kot eno temeljnih nalog tega srednjeročnega obdobja. V tem planu so prvič konkretno opredeljene obveznosti za zmanjšanje emisije škodljivih snovi v ozračje. Veliki energetske objekti morajo zmanjšati emisijo SO_2 za 30 % glede na leto 1980 do leta 1993. Zahteve so v skladu z mednarodno konvencijo o preprečevanju daljinskega transporta škodljivih snovi v ozračju,

ki jo je Jugoslavija ratificirala leta 1986. Glede na to, da je izpolnitev obveznosti investicijsko zelo zahtevna, je verjetno pričakovati zamude v realizaciji.

Za primerjavo lahko povemo, da evropska skupnost npr. še nima dokončno dogovorjenih svojih ciljev glede zmanjševanja emisij SO_2 v termoelektrarnah. V diskusiji je stopenjski postopek, ki predvideva do leta 1993 zmanjšanje za 34 %, do leta 1998 zmanjšanje za 50 % in do leta 2003 za 65 %.

Stališča IS SRS (11) v zvezi z ukrepi za varstvo okolja na področju energetike vključujejo naslednja cilja:

– zagotovitev čiščenja dimnih plinov iz velikih termoelektrskih objektov v skladu s sprejetim sanacijskim programom,

– izboljšanje kakovosti vodotokov na odsekih prednostne sanacije (2).

Sanacijski programi v zvezi s prvim ciljem so že bili izdelani za TE Trbovlje, TE Šoštanj in TE-TO Ljubljana. Program ekološke sanacije TE Trbovlje (12) npr. predvideva rekonstrukcijo elektrofiltra in odpepeljevanja, odžvepljevanje dimnih plinov in izboljšanje ekološke informacijskega sistema. Podobne cilje ima tudi program ekološke sanacije TE-TO Ljubljana (13) z razliko, da predvideva tudi zmanjševanje emisij NO_x .

Naloge v zvezi z drugim ciljem [J. Kokol (14)] obsegajo izgradnjo enajstih čistilnih naprav za vsa večja naselja ob Savi in Savinji ter modernizacijo tehnoloških postopkov in izgradnjo objektov za čiščenje odplak v sedmih industrijskih delovnih organizacijah.

Natančnejše pogoje čiščenja dimnih plinov določa odlok o najvišjih dovoljenih količinah oziroma koncentracijah škodljivih snovi, ki se smejo spuščati v zrak (15). Ta določa nivoje dovoljenih emisij, ki jih nova termoelektrarna ne sme preseči, dodatno pa apelira za izbiro tehnologij z najnižjo tehnično dosegljivo emisijo, ki je še ekonomsko utemeljena. Za termoelektrarne, ki obratujejo in katerih emisije so večje od dovoljenih, so določeni roki, v katerih je treba zadostiti zahtevam tega odloka.

Zlasti v večjih slovenskih mestih je treba računati s tem, da sama sanacija termoelektrskih objektov ne bo razrešila problematike okolja, [glej (1) – sliko 2]. Naloge, kot so: čiščenje industrijskih emisij, širša uporaba daljinskega ogrevanja namesto majhnih kurišč ter prehod na večjo uporabo javnega prometa oziroma avtomobilov s katalizatorji, še vedno ostajajo aktualne, čeprav njihova obravnavanje seže izven vsebine našega elaborata. Po viru 16 so npr. razvidni izredni uspehi pri zmanjševanju emisij na vseh navedenih področjih v letih 1966–1987 v ZR Nemčiji. Ekvivalentni podatki o gibanju emisij v naših domačih razmerah bi bili dragocen pripomoček pri izbiri prioriteten ukrepov za čiščenje zraka. V vsakem primeru pa je zanesljiva baza podatkov predpogoj za racionalne odločitve v politiki varstva okolja.

Dejstvo, da v primerjavi z Evropo kasnimo z ukrepi, ki bodo prispevali k čiščenju zraka, je dobro razvidno iz slike 2, ki je povzeta po A. Kneževiću (17) in so vanjo vnesene

še vrednosti za SR Slovenijo. Očitno je, da se pri prvih državah (ZRN, ZDA, VB) prične zmanjševanje emisij SO_2 že v sedemdesetih letih, pri večini evropskih držav pa v začetku osemdesetih. Emisije SO_2 za Slovenijo so preračunane po podatkih SZE [(1) – tab. 1] in v Poročevalcu (18) in kažejo, kako kritične – med najvišjimi v Evropi – so sedanje emisije v Sloveniji. Bolj spodbudne so napovedi, saj bi, če bodo uresničene, zmanjševanje emisij SO_2 imelo takšen trend kot npr. v Franciji in slabšega le od tistega v ZR Nemčiji.

Smernice za ekološko sanacijo lahko predstavljajo tudi ugotovitve OECD (19), po katerih navajamo spisek prednostnih strategij, med katerimi naj bi, upoštevaje svoje specifičnosti, izbirala in si jih prikojila posamezna država, da bi v bodočnosti dosegla »ekološko optimalno« pokrivanje potreb po električni energiji:

a) povečanje učinkovitosti rabe energije, ki bo zmanjšalo potrebe po dodatnih proizvodnih kapacitetah,

b) izgradnja novih elektrarn kot nadomestilo za stare manj učinkovite, zlasti izgradnja TE na premog, opremljenih z najnovejšo tehnologijo za zmanjšanje vpliva na okolje, namesto starih TE z neustreznimi čistilnimi napravami,

c) jedrske elektrarne z ustreznimi varnostnimi sistemi, ki vključujejo ukrepe za primer človekovih napak in zadovoljivo rešitev problema odlaganja radioaktivnih odpadkov,

d) povečanje izrabe odpadne toplote v industriji, toplarništvu in poljedelstvu,

e) povečanje proizvodnje električne energije v hidroelektrarnah z dodajanjem generatorjev na določenih obstoječih jezovih, z uvajanjem nizkotlačnih turbin in gradnjo malih hidroelektrarn,

f) proizvodnja električne energije v elektrarnah na veter in sončnih elektrarnah, če cena opreme za proizvodnjo, ki vključuje tudi stroške energije za izdelavo te opreme, ekonomsko lahko konkurira opremi pri drugih tipih proizvodnje,

g) vgraditev učinkovitejših čistilnih naprav na starejših elektrarnah,

h) čiščenje in izboljšanje premoga pred zgorevanjem.

Izbor in kombinacija teh opcij, ki najbolj ustrezata razmeram v določeni državi, morata poleg ekoloških aspektov upoštevati tudi druge faktorje, ki sicer določajo energetska politika.

3. VPLIV VARSTVA OKOLJA NA PLANSKE ODLOČITVE V ELEKTROENERGETIKI

V procesu odločanja o novih investicijah narašča skrb za njihov vpliv na okolje. Vplive je večkrat težko ovrednotiti, vendar pa se v zadnjem času razvijajo in uveljavljajo metode, ki z ovrednotenjem vplivov na okolje na eni strani omogočajo objektivnejšo izbiro med alternativami, na drugi strani pa dajejo osnovo za odločanje o tem, kako čisto okolje si lahko zagotovimo v danih razmerah.

Izhodišča za obravnavo tega poglavja lahko strnemo v naslednjih točkah:

– izkušnje razvitih držav kažejo, da ustavitev rasti porabe

primarne energije ne pomeni istočasno ustanovitve rasti porabe električne energije;

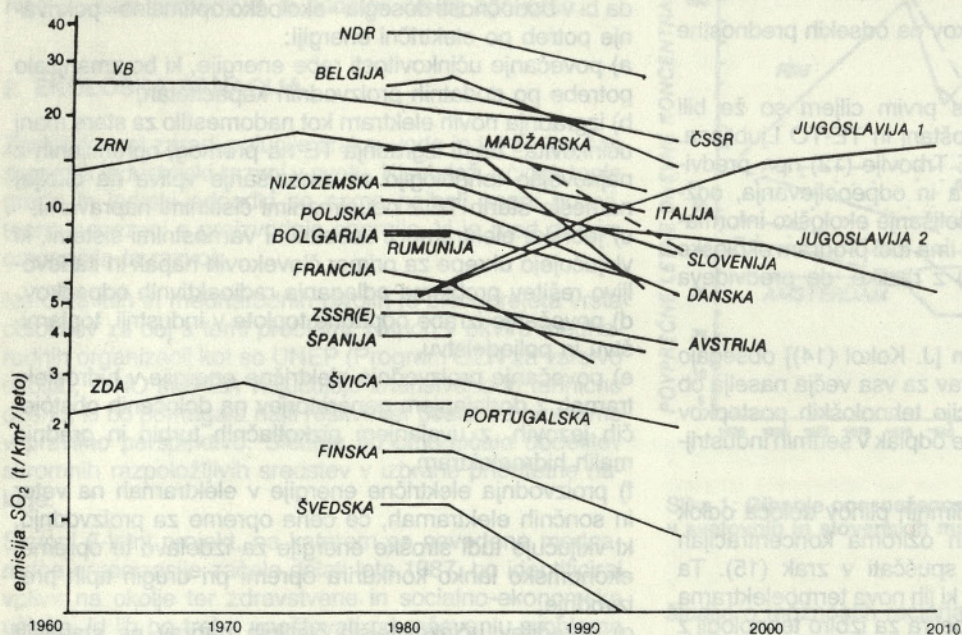
– zavedanje o nujnosti racionalne rabe energije in prestrukturiranja gospodarstva je prisotno tako v sklepih konference SZDL Slovenije (10) kot v Stališčih IS Skupščine SRS (11) in planskih aktih, manj pa v nekaterih investicijskih odločitvah za industrijo, ki je velik porabnik energije;

– scenariji pokrivanja sekundarne energije v SR Sloveniji do leta 2020 (20), ki v posameznih variantah upoštevajo ukrepe racionalizacije, prestrukturiranje gospodarstva ter večjo ali manjšo rast družbenega proizvoda, v vsakem primeru kažejo na potrebo po večanju instalirane moči v energetskih objektih;

sprejem Zakona o odložitvi graditve jedrskih elektrarn do leta 2000 (Ur.l. SRS, št. 45/87), ki ga je sprejela Skupščina SR Slovenije novembra 1987.

Če upoštevamo, da se je prestrukturiranje gospodarstva z nekaterimi odločitvami že časovno odmaknilo, da je potrebna daljša doba, da se zaznajo učinki racionalne rabe energije, da obnovljivi viri še ne bodo krili pomembnega deleža potreb po energiji ter da potečejo nekateri dogovori o dobavah električne energije iz SR BiH, ni mogoče verjeti, da bi v Sloveniji lahko shajali brez izgradnje novih energetskih objektov, četudi bi se v večji meri naslonili na uvoz električne energije.

S stališča okolja ostane torej naloga izbrati med dvema



Slika 2: Gostota emisij SO_2 v Jugoslaviji, Sloveniji, evropskih državah in ZDA

Vir: (17)
JUGOSLAVIJA 1 – prognoza brez odžveplevanja
JUGOSLAVIJA 2 – prognoza z odžveplevanjem
SLOVENIJA – vrednosti za leto 1986 so preračunane iz podatkov SZE, za l. 1995 pa iz (18)

– obnovljivi viri energije srednjeročno in tudi dolgoročno ne bodo, z izjemo hidroelektrarn, v pomembnem obsegu pokrivali energetskih potreb;

– nove lokacije hidroelektrarn v Sloveniji se nasproti starim kažejo kot ekološko mnogo bolj občutljive, čeprav v primerjavi z drugimi energetskimi objekti hidroelektrarne manj obremenjujejo okolje;

– termoelektrarne na premog nizke kakovosti so največji onesnaževalec zraka v Sloveniji. Njihov škodljivi vpliv je opazen in občuten tako lokalno kot v širših razmerah, kjer so eden od mnogih povzročiteljev evropskega kislega dežja ter eden od virov prekomernega kopičenja CO_2 v atmosferi;

– jedrske elektrarne so v primerjavi s termoelektrarnami mnogo manjši onesnaževalec okolja. V primeru da bo zanesljivo dokazana globalna nevarnost nadaljnjega kopičenja CO_2 v atmosfero, ki je delno posledica emisij iz termoelektrarn, se po nekaterih virih (19) predvideva kot možni sanacijski ukrep izgradnja jedrskih elektrarn kot nadomestilo za ustavljene termoelektrarne. Dileme v zvezi z varnostjo jedrskih elektrarn so v javnosti, zlasti po Černobilu, močno prisotne in so pri nas vplivale na

slabima možnostima, ki ju predstavljajo hidroelektrarne in termoelektrarne, če upoštevamo, da je gradnja jedrske elektrarne odložena.

Po D. Plutu (21) ZVOS podpira skrajno pretehtano gradnjo pretočnih HE na posameznih odsekih Save in eventualno še Mure, ob rešitvah, ki bi omogočile večjo sprejemljivost s strani neenergetske rabe vodotoka in prostorsko-ekoloških posledic. Isti avtor tudi poudarja potrebno po večjem upoštevanju prostorsko-ekoloških potoz slovenskih pokrajin in se izreka za soočenje različnih variant razvoja v Sloveniji, ki bodo upoštevale skromne lastne energetske vire, specifičen poselitveni vzorec, srednje gospodarsko razvitost in kritično stopnjo ter obseg energetske degradacije okolja.

V scenarijih pokrivanja porabe sekundarne energije v SRS do leta 2020 (20) se predvideva, da bo treba del premoga dobavljati ali uvažati od drugod. V tej zvezi je ekološko zanimiva uporaba uvoženega črnega premoga, ki vsebuje ob ca. 3-krat boljši kurilni vrednosti, mnogo nižji procent žvepla (0,5–1,15%) in mnogo nižji procent pepela (4–13,5%) kakor domači premogi.

Poleg ekološke sanacije termoenergetskih objektov, ki je v teku, bo prispevek k čistejšemu okolju tudi zamenjava dotrajanih termoelektrarn starega tipa z novimi, opremljenimi s čistilnimi napravami, kar je jasno vidno na primeru iz ZR Nemčije (22): ob enaki kvaliteti goriva je emisija iz moderne TE s čistilnimi napravami približno 10-krat manjša kot je bila v starih termoelektrarnah, seveda pa so bila zato potrebna velika finančna sredstva.

V procesu odločanja o novih investicijah se v zadnjih desetletjih vedno bolj uveljavljajo ekološke zahteve, ki jih mora nova investicija izpolnjevati. Ob ocenjevanju in vrednotenju investicijskih programov se ugotovitve Službe za evaluacijo posegov v okolje (SEPO) Instituta »Jožef Stefan« štejejo kot izločitveni kriterij, kar pomeni, da se predlagana investicija vrednoti po ekonomskih, tehnoloških in drugih kriterijih šele v primeru, ko je ustrezna z ekološkega vidika.

Skrb za okolje je upoštevana tudi v novi metodologiji za ocenjevanje družbene in ekonomske upravičenosti investicij (23), ki daje, poleg že uveljavljene podjetniške presoje o smotnosti investicije, večji poudarek oceni investicije s širšega družbenega vidika, kamor spada tudi ekološki vidik.

Že v prejšnjih poglavjih smo prikazali raznolikost vplivov posameznih energetskih objektov na okolje. Za mnoge od njih je značilno, da jih je razmeroma težko ovrednotiti in se zato navadno zadovoljujemo z njihovim opisom. Za izbiro med alternativami je tovrsten način lahko subjektiven; kvantificiranje vplivov na okolje pa je pomembno tudi z vidika odločanja o ravni zdravega in čistega okolja, ki si jo v danih razmerah in z razpoložljivimi sredstvi v določenem času lahko privoščimo.

Potrebna je torej optimizacija elektroenergetskega sistema, ki upošteva poleg ekonomskih tudi cilje varstva

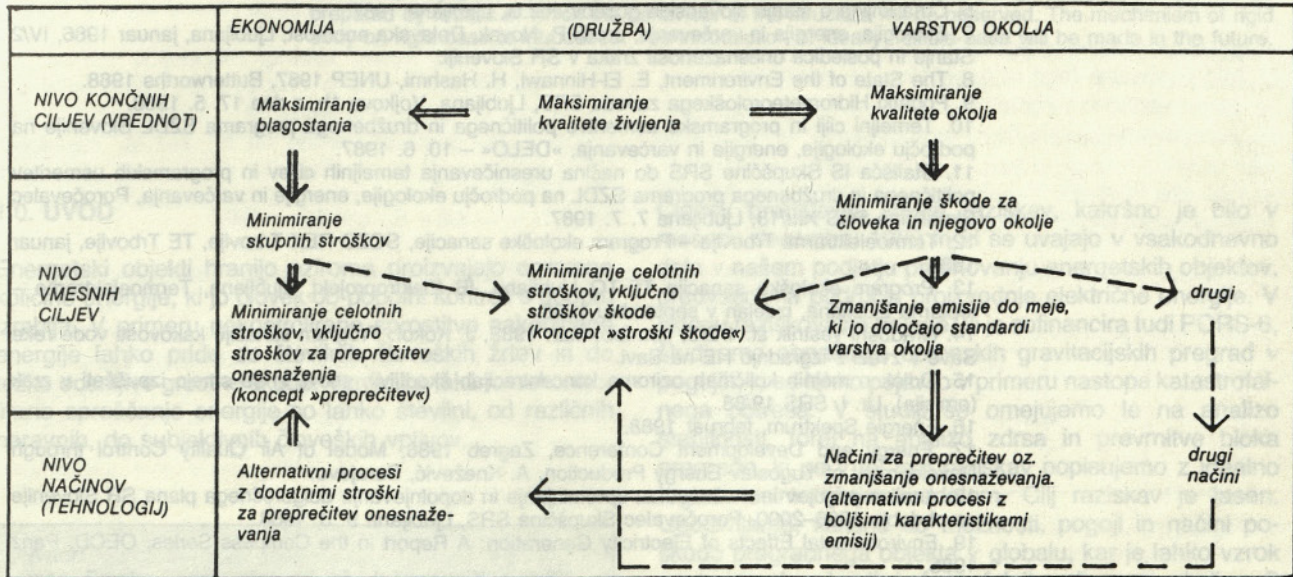
okolja. Medsebojni odnos med ekonomskimi cilji in cilji varstva okolja ter načini za doseganje teh ciljev, ki nastopajo v modelih optimizacije energetskih sistemov, je razviden iz slike 3. Po (24) predstavlja krog, ki ga v prilogi tvorijo polne črte, dosledno izveden koncept »preprečitve«. Tu gre po eni strani za doseganje ekonomskega cilja, ki je minimiranje vseh stroškov, vključno tistih za preprečitev onesnaženja, po drugi strani pa za doseganje cilja varstva okolja, na način, ki prepreči onesnaženje z najmanjšimi dodatnimi stroški.

Naslednji koncept »stroški škode« je na sliki nakazan s črtkanimi črtami. Tu gre za iskanje načina, kako ustrezno odpraviti oziroma zmanjšati nevarnost že nastale škode z najnižjimi stroški.

Preprečitev onesnaževanja po prvem konceptu pomeni alokacijo stroškov: zaradi stroškov s preprečitvijo onesnaževanja, ki jih nosi posamezni gospodarski subjekt, odpadejo stroški za odpravo posledic onesnaženja, ki bi bremenili družbo. S tem v zvezi je treba omeniti sicer veljavno mednarodno pravilo »polluter pays« – namreč, da je povzročitelj onesnaženja odgovoren za vse posledice – moralno, kazensko in gmotno.

Kakovostni preskok v analizi in primerjavi prostorsko-ekoloških posledic, različnih energetskih objektov, bi prineslo energetsko planiranje, ki bi poleg ekonomskih kriterijev bolj ustrezno, tudi z ekonomskimi orodji, upoštevalo gospodarjenje z okoljem. Primer takšnega pristopa je predstavljen v literaturi (25).

- Avtorji so stroške onesnaževanja prikazali kot vsoto:
- stroškov za preprečitev onesnaževanja in
 - stroškov onesnaženja, ki jih sestavljajo:
 - stroški za izognitev škodi, ko je že prišlo do onesnaženja (akcije za obrambo in za vzpostavitev prejšnjega stanja) in
 - stroški zaradi posledic onesnaženja.



Slika 3: Medsebojna odvisnost ekonomskih ciljev, ciljev varstva okolja in tehnologij v optimizaciji modelov energetskega sistema

Vir: (24)

Z računalniškim modelom ugotavljajo, s kakšnim scenarijem bodo najceneje pokrili predvidene potrebe po električni energiji ter obenem zadostili tudi druge postavljene kriterije, med katerimi je tudi določen še dopusten nivo onesnaževanja okolja. Rezultati, ki so jih prikazali, kažejo na bistvene razlike v izboru optimalnega scenarija med:

– »tradicionalnim« pristopom, pri katerem je bil cilj najnižji stroški,

– pristopom, ki si prizadeva za najnižjimi stroški ob upoštevanju določene dopustne ravni emisij,

– pristopom, ki ima za cilj čimbolj znižati emisije, ne glede na stroške.

Podobnih analiz se bodo ne glede na njihove omejitve morali lotiti tudi strokovnjaki pri nas. Na ta način bodo dobili jasnejšo sliko o potrebnih investicijah v energetiki, ki bodo s čistim okoljem kot razvojnim ciljem, seveda bistveno večje. Medtem ko je izdelava analiz in primerjav stvar stroke, pa bo moral biti pri ocenjevanju zaključkov in sprejemanju sklepov zagotovljen večji neposreden vpliv javnosti, ki bo prispeval k dovolj zgodnji ugotovitvi morebitnih nesprejemljivosti, po drugi strani pa k boljšemu sprejemanju kasnejše izgradnje energetskega objekta na terenu.

4. ZAKLJUČEK

Ukrepi za varstvo okolja ne morejo biti absolutna zahteva – nivo zaščite, za katerega se odločimo, zavisi od pomembnosti posameznega vpliva za okolje in od stroškov, ki jih v najširšem smislu ukrepi za zaščito zahtevajo. Za precejšen del sveta velja, da vedno boljše poznavanje problemov varstva okolja in naraščajoče blagostanje prispevata k hitrejšemu zavedanju o nastajajoči ekološki škodi in k pripravljenosti ljudi, da plačajo za njeno zmanjšanje. Pri nas, vsaj v Sloveniji, lahko govorimo le o pozitivnih trendih, ki se nanašajo na prvi pogoj, medtem ko bo odsotnost drugega zaviralno vplivala na izvedbo sanacije. Odločitve na področju ekološke sanacije segajo od alternativ, ki se zavzemajo za vlaganje samo tam, kjer so učinki zagotovljeni in izračunljivi, do tistih, kjer je vlaganje oblika zavarovalnine, ki naj zmanjša možnost katastrofe v bodočnosti.

Ob obravnavi težkih problemov varstvo okolja, ki nastajajo zaradi izgradnje in obratovanja elektroenergetskih objektov, obstaja nevarnost, da se ekološka tematika fetišizira, če pozabimo na koristi, ki jih družba ima od izkoriščanja teh objektov. Druga skrajnost, ki smo ji bili do nedavnega priča pri nas, pa je zanemarjanje škodljivih vplivov, ki jih ti objekti imajo na okolje. Smiselne odločitve zahtevajo uravnoteženo ocenjevanje problematike.

LITERATURA

1. Gradbeni vestnik št. 1-2, jan.-feb. 1989, L. Šubic: Električna energija in okolje.
2. Program ukrepov za izboljšanje kakovostnega stanja reke Save zaradi izgradnje HE na Savi v obdobju 1986-1990, IS SRS, oktober 1986.
3. Meritve radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško, Poročilo za leto 1986, Institut Jožef Stefan, ZVD, Ljubljana, Institut Rudjer Bošković, Institut za medicinska istraživanja, Zagreb, Ljubljana april 1987.
4. VGB – Jugoslovansko-nemško posvetovanje, Bled 14–15. maj 1986, M. Gruden: Problemi zgorevanja manj kakovostnih premogov v Jugoslaviji.
5. Ibid – B. Paradiž: Problematika varstva okolja v Jugoslaviji.
6. Črna knjiga o stanju slovenskih gozdov, IGLG, Ljubljana 1987.
7. Ekologija, energija in varčevanje, uredil P. Novak, Delavska enotnost, Ljubljana, januar 1986, IV/2 Stanje in posledice onesnaženosti zraka v SR Sloveniji.
8. The State of the Environment, E. El-Hinnawi, H. Hashmi, UNEP 1987, Butterworths 1988.
9. Podatki Hidrometeorološkega zavoda SRS, Ljubljana, Vojkova 1b, z dne 17. 5. 1988.
10. Temeljni cilji in programske usmeritve političnega in družbenega programa SZDL Slovenije na področju ekologije, energije in varčevanja, »DELO« – 10. 6. 1987.
11. Stališča IS Skupščine SRS do načina uresničevanja temeljnih ciljev in programskih usmeritev političnega in družbenega programa SZDL na področju ekologije, energije in varčevanja, Poročevalec Skupščine SRS XIII/18, Ljubljana 7. 7. 1987.
12. Termoelektrarna Trbovlje – Program ekološke sanacije, SOZD REK Trbovlje, TE Trbovlje, januar 1988.
13. Program ekološke sanacije TE-TO Ljubljana, IB Elektroprojekt, Ljubljana, Termoelektrarna – toplotna Ljubljana, izdelan v septembru 1988.
14. Gradbeni vestnik št. 1-2-3, jan.-feb.-mar. 1988, J. Kokol: Program sanacije kakovosti vode reke Save v zvezi z izgradnjo HE na Savi.
15. Odlok o mejnih količinah oziroma koncentracijah škodljivih snovi, ki se smejo izpuščati v zrak (emisija), Ur. l. SRS 19/88.
16. Energie Spektrum, februar 1988.
17. Energy and Development Conference, Zagreb 1986, Model of Air Quality Control through Development of Yugoslav Energy Production, A. Knežević, Sarajevo.
18. Analiza pogojev in možnosti za spreminjanje in dopolnjevanje dolgoročnega plana SR Slovenije za obdobje 1986–2000, Poročevalec Skupščine SRS, Ljubljana 9. 3. 1988.
19. Environmental Effects of Electricity Generation: A Report in the Compass Series, OECD, Pariz 1985.
20. Aktualizacija planov razvoja energetike SRS za obdobje 1986–1990, kontinuiteta 1991–1995, ocena 1996–2000, Elektroinštitut Milan Vidmar, 10. 11. 1987.
21. Energetika in varstvo okolja v Sloveniji, D. Plut, Ilesičevi dnevi 26.–27. 2. 1988.

22. Umwelt und Energie, Handbuch für die betriebliche Praxis, zvezek 1, 2/1630, 22. 2. 1988, Haufe Verlag, Freiburg 1980.
23. Skupna metodologijo za ocenjevanje družbene in ekonomske upravičenosti ter učinkovitosti investiranja v SFRJ, Ur. l. SFRJ 50/1987.
24. Energy and Development Conference, Zagreb 1986, Energy Planning and Optimisation with Economic and Environmental Objectives, Z. Gereke, Beograd.
25. WEC Cannes 1986, Session 2. 4.: Energy and Environment, Environment Impact – A necessary Ingredient of Energy Planning, M. Heise, P. Kalas, G. Resele, Motor-Columbus, Baden, Švica, F. Rohde, Technische Hochschule Aachen, ZR Nemčija.

ANALIZA STABILNOSTI KONSTRUKCIJ PRI POTRESNEM VZBUJANJU, stanje raziskav december 1988

UDK: 624.131.155.048

BRANKO ZADNIK

POVZETEK

Varna in ekonomska gradnja objektov tipa betonskih gravitacijskih pregrad zahteva tudi dobro poznavanje obnašanja konstrukcije v primeru nastopa zelo močnih potresov. Pri tem je poseben problem opazovanje stabilnosti konstrukcije v globalu ter ugotovitev možnosti za nastop relativnih pomikov med posameznimi deli, bloki dolinske pregrade. V razvoju je postopek, ki bo omogočal določitev teh relativnih pomikov. Problem smo študirali na osnovi mehanizma obnašanja togega telesa na togi podlagi. V bodoče bomo model razširili z upoštevanjem elastične podlage.

SEISMIC STABILITY ANALYSIS OF STRUCTURES SUBJECTED TO STRONG GROUND MOTIONS, STATE-OF-THE-ART DECEMBER 1988.

SUMMARY

Safe and economical construction of concrete gravity dams requires a comprehensive knowledge of the behaviour of the structure subjected to strong earthquake loads. The dam structure is considered as a body consisting of individual blocks. In the event of very strong motions, relative displacement of blocks may occur with respect to the ground. For our research work an analytical model will be prepared by means of which the behaviour of the structure will be observed. The mechanism of rigid body on rigid base is introduced. The introduction of ideally flexible base will be made in the future.

1.0. UVOD

Energetski objekti hranijo oziroma proizvajajo ogromne količine energije, ki jo človek ob popolni kontroli s pridom izrablja. V primeru nekontrolirane sprostitve nakopičene energije lahko pride do številnih človeških žrtev in do težko ocenljive gmotne škode. Vzroki za takšno nekontrolirano sproščanje energije so lahko številni, od različnih naravnih, do subjektivnih človeških vplivov.

Članek predstavlja stanje raziskav, kakršno je bilo v mesecu decembru 1988 in ki se uvajajo v vsakodnevno delo v našem podjetju pri snovanju energetskih objektov, predvsem na področju proizvodnje električne energije. V sklopu raziskovalne naloge, ki jo sofinancira tudi PORS-6, študiramo obnašanje betonskih gravitacijskih pregrad v pogojih, ki se lahko pojavijo v primeru nastopa katastrofalnega potresa. V študiji se omejujemo le na analizo stabilnosti, torej na analizo zdrsa in prevrnitve bloka pregrade, ki ga v tej fazi raziskav popisujemo z idealno togim nesimetričnim modelom. Cilj raziskav je jasen. Ugotavljamo, kakšne so možnosti, pogoji in načini poškodb pregradnega objekta v globalu, kar je lahko vzrok nastopa sekundarnih katastrofalnih vplivov na okolico. S primernimi konstrukcijskimi ukrepi seveda nato te nevarnosti v fazi projektiranja odpravimo.

Avtor:

mag. Branko Zadnik, dipl. gr. inž., Inženirski biro ELEKTROPROJEKT, Enota za raziskave in razvoj, 61000 Ljubljana, Hajdrihova 4.

Razvita teorija omogoča tudi analizo stabilnosti poljubnega telesa v pogojih dinamičnega vzbujanja podlage simultano v horizontalni in vertikalni smeri. Tako je uporabna za spremljanje obnašanja poljubne opreme ob potresu, če nam je poznan odgovor zgradbe v višini posameznih etaž.

2.0. TOGO TELO NA TOGI PODLAGI

Za razumevanje osnovnega mehanizma gibanja telesa ob nastopu potresnega vzbujanja tal smo začeli s študijem obnašanja idealno togega simetričnega telesa na idealno togi podlagi. Začetki študija tega problema segajo v leto 1881, ko sta Milne in Perry (lit. 1 in lit. 2) v svojem pionirskem delu analizirala pogoje prevrnitve cilindrov ali kvadrov, stojećih na najmanjši ploskvi telesa, z osnovnim ciljem določiti seizmičnost neke lokacije. Tako sta variirala višine teles ter iz prevrnitev nekaterih sklepala na jakost vzbujanja podlage. Kasneje se je s podobnim načinom določanja maksimalnega pospeška potrebnega za prevrnitev telesa ukvarjalo še več raziskovalcev, vendar, kolikor mi je poznano, do današnjih dni problem analitično še ni zadovoljivo rešen.

Najobičajnejša predpostavka pri klasičnem obravnavanju stabilnosti telesa je, da horizontalni pospešek tal, ki je večji od kvocienta širine in višine telesa, pomnoženega s težnostnim pospeškom, povzroči prevrnitev telesa. To pa ne drži, saj je to le pogoj, da pride do rotacije telesa okoli enega od vogalov. Ob upoštevanju, da lahko pride ob takšnem rotacijskem gibanju tudi do drsenja telesa na podlagi, postane problem zelo kompliciran. Zaradi tega smo pri našem pristopu reševanja problema stabilnosti telesa definirali gibanje telesa s šestimi osnovnimi stanji: mirovanje (1), zdrs (2), rotacija (3), rotacijski zdrs (4), translacijski skok (5) in rotacijski skok (6), privzeli smo torej popis gibanja telesa v vertikalni ravnini, kot ga je uvedel Ishiyama (lit. 3). Uporabljene so naslednje osnovne predpostavke:

- problem je obravnavan ravninsko,
- telo je idealno togo in simetrično na vertikalno os,
- tla so vedno horizontalna in idealno toga,
- vzbujanje tal je simultano v vertikalni ($\ddot{Y}$) in horizontalni ($\ddot{X}$) smeri,
- časovni intervali, v katerih opazujemo telo, so zelo kratki, tako da ohrani telo v vsakem intervalu enak položaj.

2.1. Osnovne enačbe posameznih načinov gibanja

Glede na to, da lahko gibanje, kot smo ga definirali, popišemo z večjim številom diferencialnih enačb, od katerih vsaka zahteva posebno tolmačenje in, da tu ni primerne prostora za to, podajamo le osnovne enačbe, ki popisujejo pospeške telesa pri njegovem translatorskem gibanju v dveh smereh in rotacijskem gibanju okoli enega od vogalov (slika 2a). V enačbah nastopajo naslednje spremenljivke, ki popisujejo gibanje težišča telesa:

$x, \dot{x}, \ddot{x}$ – pomik, hitrost, pospešek v horizontalni smeri
 $y, \dot{y}, \ddot{y}$ – pomik, hitrost, pospešek v vertikalni smeri

$\theta, \dot{\theta}, \ddot{\theta}$ – kotni pomik, kotna hitrost in kotni pospešek

Mirovanje (1):

Pri mirovanju so vse zgoraj navedene količine seveda enake nič, razen pomika v horizontalni smeri, ki ima lahko neko trenutno vrednost, ki je ostala akumulirana od predhodnega gibanja, torej:

$x^0 = x$ (zač)

indeks 0 označuje vrednosti na kontaktu med telesom in tlemi.

Zdrs (2):

$$\theta = \dot{\theta} = \ddot{\theta} = 0$$

$$\dot{y} = \ddot{y} = 0$$

$$\ddot{x} = -\ddot{X} - S'\mu (g + \ddot{Y})$$

kjer je $S' = \text{sgn}(-\ddot{X})$ za $x^0 \neq 0$, $\ddot{X}$ in $\ddot{Y}$ pa pospešek tal v horizontalni in vertikalni smeri. μ je koeficient trenja.

Rotacija (3):

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

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

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

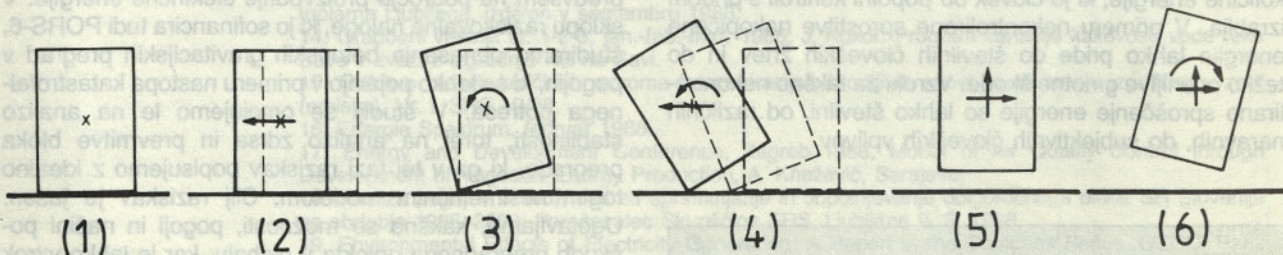
kjer je r razdalja od vogala do težišča, i vztrajnostni polmer, ∞ kot med r in stranico telesa, $S = \text{sgn}(\theta)$, če je $\theta \neq 0$, $S = \text{sgn}(\dot{\theta})$, če je $\theta = 0$ in $\dot{\theta} \neq 0$ ali $S = \text{sgn}(X)$, če je $\theta = \dot{\theta} = 0$.

Rotacijski zdrs (4):

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

$$(\infty - |\theta|).$$

$$(S \sin(\infty - |\theta|) + S'\mu \cos(\infty - |\theta|))$$



Slika 1. Osnovni načini gibanja

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

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

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

Gornje enačbe popisujejo posamezne načine gibanja simetričnega telesa relativno glede na podlago. Enačbe, ki popisujejo gibanje nesimetričnega telesa, so podobne gornjim, le da so posamezne spremenljivke odvisne še od vogala, okoli katerega preide do rotacijskega gibanja pri (3), (4) in (6). Z numeričnim reševanjem diferencialnih enačb dobimo vse parametre, ki nas zanimajo, torej pomike v horizontalni in vertikalni smeri ter zasuke.

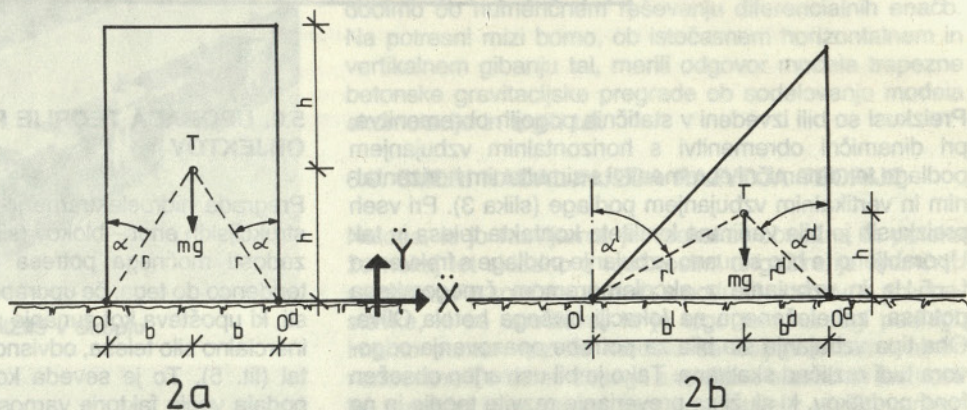
Pogoji za bodoči tip gibanja				Bodoče gibanje
$\Theta = 0$	$\dot{\Theta} = 0$	$R_y > 0$	$ R_x < \mu R_y $	(1) mirovanje
			$ R_x > \mu R_y $	(2) zdrs
$ \Theta < \pi/2$			$ R_x \leq \mu R_y $	(3) rotacija
			$ R_x > \mu R_y $	(4) rot. zdrs
$\Theta = 0$	$\dot{\Theta} = 0$	$R_y = 0$		(5) trans. skok
$ \Theta < \pi/2$				(6) rotac. skok
$ \Theta \geq \pi/2$				prevrnitev

Preglednica 1: Potrebni pogoji za prehod iz rotacije v druge tipe gibanja

4.0 EKSPERIMENTALNO DELO

Osnovni cilj eksperimentalnega dela, ki se odvija vzporedno z razvijanjem teorije, je preverjanje hipotez in analitičnega pristopa pri popisu gibanja togega telesa na

Slika 2. Prikaz simetričnega in nesimetričnega telesa



Pri nekem poljubnem gibanju telesa prehaja telo, ob izpolnitvi določenih pogojev, iz enega načina gibanja v drug. V preglednici 1 so prikazani pogoji, ki morajo biti izpolnjeni, da telo, ki na primer že rotira (3), preide v bodoči tip gibanja. Tu pomenita R_x in R_y reakcijski sili v horizontalni oziroma vertikalni smeri.

3.0. TOGO NESIMETRIČNO TELO NA TOGI PODLAGI

Ob razmišljanju o obnašanju nesimetričnega telesa lahko pričnemo z ugotovitvijo, da ostanejo v veljavi vse osnovne predpostavke, ki so veljale za simetrično telo, saj je fizikalni mehanizem togega telesa na togi podlagi enak. Razlike nastopijo predvsem zaradi spremembe geometrije telesa, torej nesimetrične lege geometrijskega in/ali masnega središča telesa. Zaradi takšne lege proučujemo namreč nesimetrično obnašanje, predvsem zasuke telesa glede na levi ali desni vogal, ki sta pola rotacijskega gibanja. Tako imamo kot najznačilnejšo razliko glede na simetrično telo različno geometrijo (glej sliko 2b). Enačb tu ne bomo zapisali.

togi podlagi. Tako smo v prvi fazi eksperimentov izvedli preizkuse na modelu sestavljenem iz treh posameznih betonskih kock velikosti 50/50/50 cm (lit. 7) (slika 5). Model je bil zasnovan tako, da je omogočal enostavno menjavo kontaktnih pogojev med modelom in tlemi, variranje višine in s tem tudi mase modela. Izvedli smo naslednje kombinacije na modelih M (i, j, k), kjer pomeni:

M – model

i – oznako za kvaliteto površine tal,

j – oznako za kvaliteto kontaktne površine spodnje kocke,

k – število kock ene nad drugo.

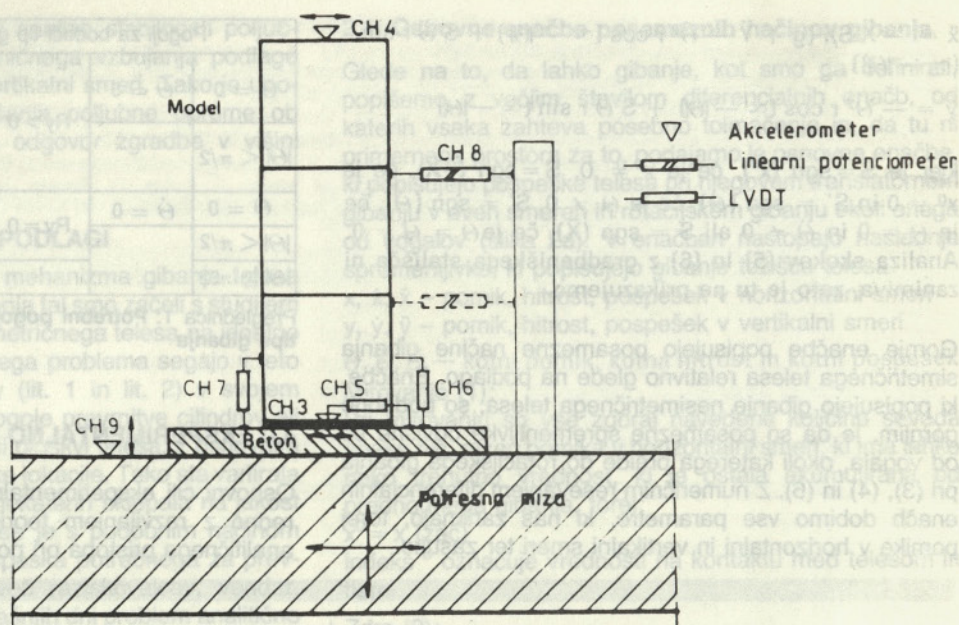
vrednosti za i, j popisujejo:

1 – beton

2 – jeklo

3 – les

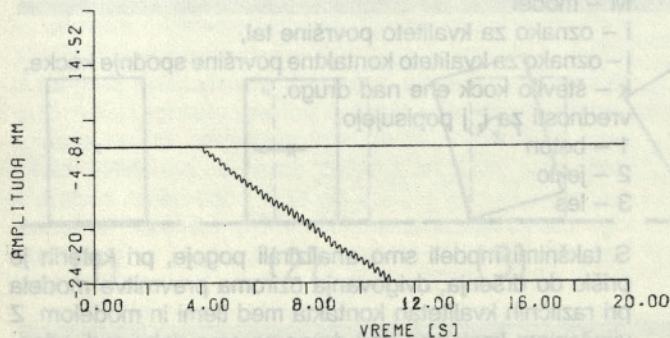
S takšnimi modeli smo analizirali pogoje, pri katerih je prišlo do drsenja, dvigovanja oziroma prevrnitve modela pri različnih kvalitetah kontakta med tlemi in modelom. Z vijačenjem kock eno nad drugo pa smo dobili tudi odgovore modelov različnih višin B/H: 1, 1/2, 1/3.



Slika 3. Shematski prikaz dinamičnega preizkusa modela

Preizkusi so bili izvedeni v statičnih pogojih obremenitve, pri dinamični obremenitvi s horizontalnim vzburjanjem podlage ter dinamični obremenitvi s simultanim horizontalnim in vertikalnim vzburjanjem podlage (slika 3). Pri vseh preizkusih je bila varirana kvaliteta kontakta telesa in tal. Uporabljeno je bilo sinusno vzburjanje podlage s frekvenco $f = 5 \text{ Hz}$ in vzburjanje z akcelerogramom črnogorskega potresa, zabeleženega na lokaciji bivšega hotela Oliva. Oba tipa vzburjanja sta bila za potrebe opazovanja odgovora tudi različno skalirana. Tako je bil ustvarjen obsežen fond podatkov, ki služi za preverjanje razvite teorije in na osnovi le-te razvitega računalniškega programa. Rezultati teh primerjav so spodbudni in kažejo, da smo na pravi poti pri simulaciji obnašanja togega telesa.

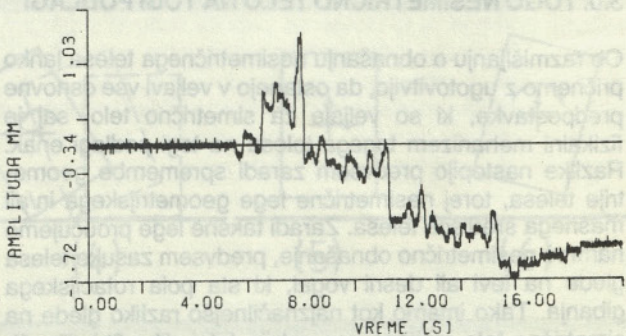
V ilustraciji prikazujemo na sliki 4 drsenje modela M321 kot odgovor, ki je bil zabeležen za horizontalno vzburjanje podlage s sinusnim spreminjanjem pospeška a ($a_{\max} = 0,52 \text{ g}$, $f = 5 \text{ Hz}$) in odgovor na črnogorski potres Petrovac, hotel »Oliva«, 1979, z $a_{\max} = 0,43 \text{ g}$ (lit. 6).



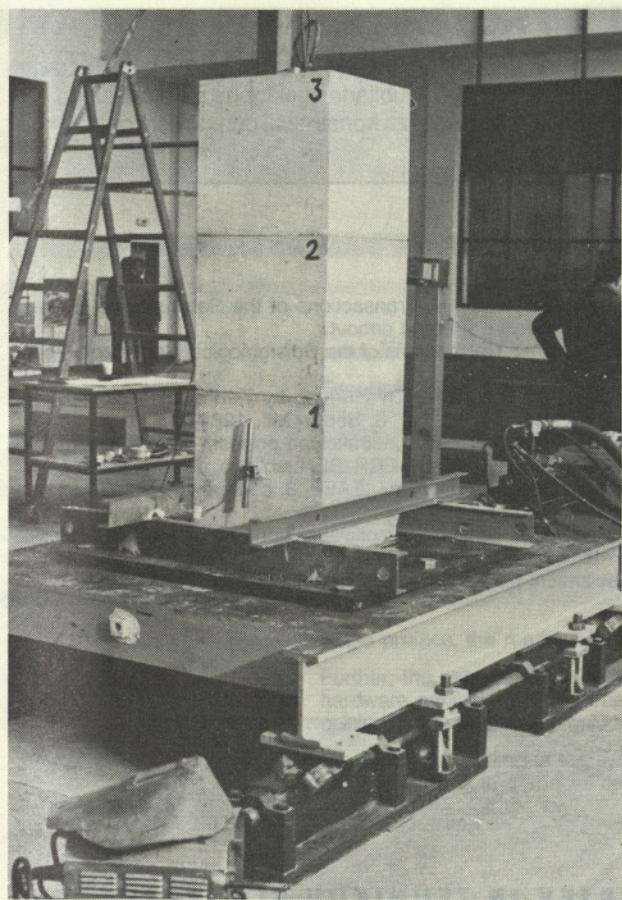
5.0. UPORABA TEORIJE PRI ANALIZI PREGRADNIH OBJEKTOV

Pregrada hidroelektrarne je globalno deljena v več konstrukcijskih enot – blokov (slika 6), ki se lahko ob nastopu zadosti močnega potresa premaknejo ali vsaj kažejo tendenco do tega, če uporabimo klasično analizo stabilnosti, ki upošteva kot zunanjo potresno obtežbo konstantno inercialno silo telesa, odvisno le od maksimuma pospeška tal (lit. 5). To je seveda konzervativen pristop, ki nam podaja večje faktorje varnosti, kot so dejanski.

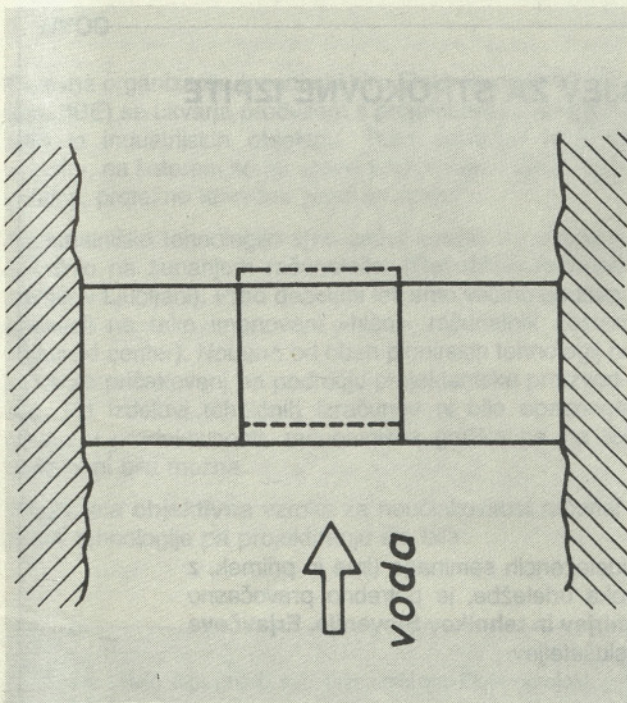
Pri tipičnem predstavniku betonske gravitacijske pregrade (slika 7) vidimo, da lahko s trikotnim presekom zelo dobro popišemo značilni prerez pregrade. Seveda je potrebno v tem primeru upoštevati dodatno zunanjo obtežbo, ki deluje na telo pregrade zaradi vpliva akumulacije, to je hidrostatske, hidrodinamske in vzgonske pritiske, ki delujejo v horizontalni $P(t)$ in vertikalni smeri $V(t)$, na omočene



Slika 4. Odgovor modela M321 na sinusno in potresno horizontalno vzburjanje podlage – zdrs (2)



Slika 5. Preizkusi se izvajajo v IZIS v Skopju



Slika 6. Načelna delitev pregradnega objekta v bloke

ploskve telesa. Enačbe, ki popisujejo obnašanje modela pregrade ob upoštevanju vsega navedenega, so podobne že navedenim enačbam v tč. 2.1. Prikazujem le najznačilnejše, ki popisujejo obnašanje hipotetičnega simetričnega modela pregrade:

$$\text{zdrs (2): } \ddot{x} = -\ddot{X} - S'\mu (g + \ddot{Y}) + \frac{P(t)}{m}$$

Rotacija (3):

$$\ddot{\theta} = \frac{r}{i^2 + Sr^2} (\ddot{X} \cos - (g + \ddot{Y}) \sin - \frac{P(t)}{m} \cos + \frac{V(t)}{m} \sin) + \frac{1}{m(i^2 + Sr^2)} (P(t) d + V(t) c)$$

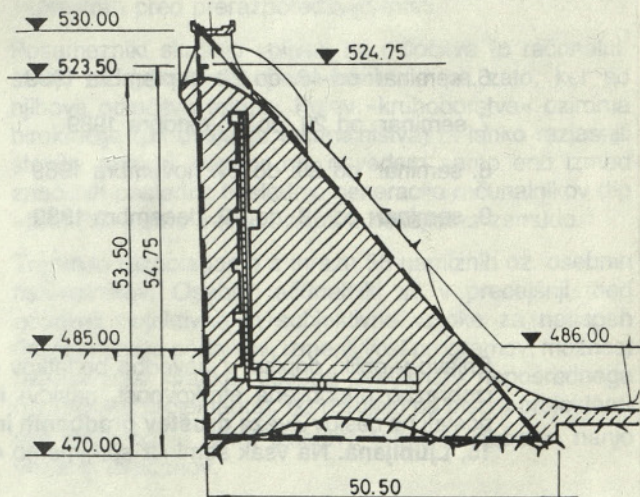
$$\sin = \sin(\infty - |\theta|), \cos = \cos(\infty - |\theta|)$$

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

Za rotacijski zdrs (4) so te zveze še daljše (lit. 4). V času pisanja tega članka pripravljamo preizkus, s katerim bomo, zopet ob variriranju različnih parametrov, ki nastopajo v enačbah, preverili odgovore modelov, kot jih dobimo ob numeričnem reševanju diferencialnih enačb. Na potresni mizi bomo, ob istočasnem horizontalnem in vertikalnem gibanju tal, merili odgovor modela trapezne betonske gravitacijske pregrade ob sodelovanju modela akumulacije in togih tal.

6.0. SMERI NADALJNJEGA RAZVOJA TEORIJE

Naloga, ki jo razvijamo, je vsekakor obsežna in poteka že nekaj let skladno z možnostmi angažiranja finančnih sredstev. Po končanju analiz s področja osnovne predpostavke, ki se upošteva, to je togo telo na togi podlagi, imamo namen razvite modele še bolj približati realnim razmeram. To bomo dosegli z vpeljavo elastičnih lastnosti tal v model in v naslednjem koraku še z upoštevanjem elastičnosti telesa pregrade. Seveda je bodočnost teh raziskav v marsičem odvisna od možnosti angažiranja finančnih sredstev, kar je v današnjih časih verjetno še najtežja naloga.



Slika 7. Tipičen presek gravitacijske betonske pregrade in geometrijski model preseka - HE Moste

7.0. ZAHVALA

Raziskave se vršijo ob financiranju IBE Ljubljana, IZIS Skopje in PORS-6 Ljubljana v sklopu raziskovalnega projekta Ljudska obramba in družbena samozaščita, Potresno inženirstvo, Analiza konstrukcij pri potresni obtežbi (energetski objekti).

LITERATURA

1. J. Milne: »Experiments in Observational Seismology«, Transactions of the Seismological Society of Japan, Vol. 3, Jan. to Dec. 1881, pp. 12–64.
2. J. Perry: »Note on the Rocking of a Column«, Transactions of the Seismological Society of Japan, Vol. 3, Jan. to Dec. 1881, pp. 103–106.
3. Y. Ishiyama: »Motions of Rigid Bodies and Criteria for Overturning by Earthquake Excitations«, Earthquake Engineering & Structural Dynamics, Vol. 10, No. 5, Sept.–Oct., 1982.
4. B. Zadnik: »LO in DSZ – Potresno inženirstvo – Račun konstrukcij pri potresni obtežbi (energetski objekti)«, Poročilo o delu v letu 1987, RP št. 06-56788-281-87, ERR IBE, Ljubljana, december 1987.
5. B. Zadnik: »Dynamic Analysis in Hydro Power Plant Design«, EAEE, 8. conference, Vol. 5, Lisbona 1986.
6. L. Taškov, T. Paskalov: »Laboratorijska statička i dinamička ispitivanja hipotetičnog modela betonske gravitacione brane«, Izveštaj IZIS 88–48, Skopje, junij 1988.
7. B. Zadnik: »Preizkusi modelov na seizmični platformi«, interni projekt, ERR IBE, maj 1988.



ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE

LJUBLJANA, ERJAVČEVA ULICA 15; TEL.: 061/221 587

ROKI PRIPRAVLJALNIH SEMINARJEV ZA STROKOVNE IZPITE V GRADBENIŠTVU ZA LETO 1989

6. seminar: od 18. do 22. septembra 1989
7. seminar: od 23. do 27. oktobra 1989
8. seminar: od 20. do 24. novembra 1989
9. seminar: od 18. do 22. decembra 1989

Prijavo v obliki dopisa, z navedbo podatkov o udeležencih seminarja (ime in priimek, z izobrazbo pridobljena strokovnost, naslov) in roka udeležbe, je potrebno pravočasno poslati na naslov **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Erjavčeva 15, Ljubljana**. Na vsak seminar sprejmemo 40 slušateljev

UVAJANJE PROJEKTIRANJA NA RAČUNALNIŠKEM SISTEMU »COMPUTERVISION«

UDK 624:519.68

GORAZD RAIČ

POVZETEK

Uvodno poglavje utemeljuje nabavo računalniškega sistema za tridimenzionalno projektiranje v danem proizvodnem okolju.

Osrednji del prispevka predstavlja nove možnosti, ki jih nudi strojna in predvsem programska oprema. Prostorska računalniška grafika razcepi klasično tehnično risanje v dva povsem različna in medsebojno neodvisna procesa, v izdelavo modela in njegovo projekcijo.

Zaključno poglavje obravnava dimenzioniranje računalniške mreže in kadrovskega zaledja – s posebnim poudarkom na dopolnilnem izobraževanju in stroških, ki nastajajo v zvezi z njim.

IMPLEMENTING A COMPUTERVISION SYSTEM IN A DESIGN ENGINEERING FIRM

SUMMARY

In the preface, the reasons for implementing a three-dimensional designing practice are given.

Further, the paper draws attention to a variety of feasibilities, brought about rather by software than hardware equipment. The three-dimensional computer graphics splits up a classical design into two quite different and mutually independent phases, being a model and its projection.

Finally, the upgrading of the system configuration and its background – the users staff – is taken into consideration, with a special care for training courses and related costs.

1. UVOD

Delovna organizacija Inženirski biro Elektroprojekt v Ljubljani (IBE) se ukvarja predvsem s projektiranjem energetskih in industrijskih objektov. Tržni proizvod je torej »papir«, na katerem so nanizane informacije o predvideni gradnji, pretežno tehnične risbe in izračuni.

Računalniško tehnologijo smo začeli uvajati v našo proizvodnjo na zunanjem računalniku (Republiški računski center v Ljubljani). Pred desetimi leti smo večino obdelav prenesli na tako imenovani »hišni« računalnik (lasten računski center). Nobena od obeh pionirskih tehnologij ni izpolnila pričakovanj na področju projektantske proizvodnje. Pri izdelavi tehničnih izračunov ni bilo opaznega skoka v produktivnosti, računalniška grafika pa na tej opremi ni bila možna.

Poglavitna **objektivna** vzroka za neučinkovitost računalniške tehnologije pri projektiranju sta bila:

- neustrezna priprava in vnos podatkov (ki ju prej ni bilo in sta zahtevala 4/5 časa delovnega procesa),
- pomanjkanje ustreznih programske opreme.

Pomemben **subjektivni** vzrok za neučinkovitost računalniške tehnologije sodi v področje industrijske psihologije in ga lahko strnemo v en sam pojem:

- prastrah pred prerazporeditvijo moči.

Posamezniki skušajo vplivati na odločitve (o računalništvu), da (p)ostanejo pomembni, ne pa zato, ker so njihove odločitve tehtne. Pojav »kruhoborstva« oziroma birokracije (pri uvajanju računalništva) bi lahko razjasnili številni primeri, vendar naj navedem samo eno izmed značilnih posledic: naslednjo generacijo računalnikov (tip »IBM-PC«) smo začeli uvajati z nekajletno zamudo.

Trenutno razpolagamo z mrežo 55 namiznih oz. osebnih računalnikov. Osebnih računalnikov so v precejšnji meri odpravili objektivne in subjektivne vzroke za neuspeh (lažja priprava podatkov, izmenljivost programov, možnost računalniške grafike, osebna uveljavitev neposrednega uporabnika-projektanta), ne rešujejo pa bistva projektantske proizvodnje, torej izdelave tehnične risbe in nanjo vezanih izračunov.

To nameravamo doseči z računalniškim sistemom »Computervision«.

Avtor
Gorazd Raič, dipl. gradb. inž., Inženirski biro Elektroprojekt,
Ljubljana

2. PREGLED STROJNE IN PROGRAMSKE OPREME

2.1. Strojna oprema

Jedro začetne konfiguracije računalniškega sistema Computervision pri IBE so tri **samostojne** delovne postaje z lastno procesorsko in pomnilniško zmogljivostjo. Vsaka postaja ima:

- 32-bitni delovni procesor »Motorola 68020«
- grafični koprocesor
- matematični koprocesor
- delovni pomnilnik 8 MB
- trdi disk 170 MB (135 MB)
- barvni zaslon (47 cm, 8 barv, 1152 × 900 točk)
- tipkovnico
- lasersko miško
- do 5 možnih priključkov na lokalni mreži.

Krmiljenje »Ethernet« povezuje vse delovne postaje med seboj in s skupno periferijo, ki obsega:

- centralni disk 515 MB (420 MB)
- tračno enoto
- elektrostatični risalnik VERSATEC (A2)
- peresni risalnik ROLAND (A1)
- matrični (grafični) tiskalnik
- osebni računalnik PC-AT (EGA)

2.2. Sistemska programska oprema

Računalniško konfiguracijo Computervision upravlja operacijski sistem UNIX. Najvažnejše značilnosti tega operacijskega sistema (in njegove prednosti pred operacijskim sistemom DOS na osebnih računalnikih) so, da

- omogoča pristop več uporabnikom hkrati (multiuser, multitasking),
- deluje na mreži za prenos podatkov,
- ureja delovna okna na zaslonu.

Osnovno programsko orodje je programski paket CADDSS (»Computervision Automated Design and Drafting System«), ki omogoča **splošno geometrijsko modeliranje v tridimenzionalnem prostoru**.

Prostorska računalniška grafika razceplja klasično tehnično risanje v dva povsem različna in med seboj **neodvisna** delovna procesa:

RISANJE = KONSTRUKCIJA + PROJEKCIJA

Konstruiranje: Model (3D)
Konstrukcijska ravnina

Projiciranje: Risba
Pogled
Plast

Konstruiranje opravi uporabnik, projiciranje pa računalnik.

MODEL sestavlja uporabnik s pomočjo vnašanja, spreminjanja in brisanja osnovnih geometrijskih likov in njihovih sklopov (točka, krožni lok, krožnica, stožernica, interpolirana krivulja; zaokrožen in rezan vogal; besedilo; cilindrič-

na, rotacijska, navlečena, interpolirana ploskev; kotiranje in šrafiranje...).

Modeliramo v poljubni KONSTRUKCIJSKI RAVNINI (konstrukcijska ravnina zavzema lahko poljubno lego v geometrijskem prostoru) in v poljubnem POGLEDU.

Vnašamo v lokalnem koordinatnem sistemu izbrane konstrukcijske ravnine, vendar se vneseni geometrijski liki samodejno in sproti preslikavajo v enotni globalni koordinatni sistem modela.

Običajno začnemo delo hkrati na štirih standardnih pogledih, od katerih so prvi trije identični s konstrukcijsko ravnino:

tloris, naris, stranski ris, izometrija.

RISBA je celotna površina, na katero projiciramo lahko hkrati poljubno število (tudi med seboj prekrivajočih se) pogledov. Risba je tisto, kar dobimo na zaslonu in papirju.

Risbo lahko konstruiramo v 254 različnih plasteh. Vsaka PLAST ima lahko eno od osmih barv. Plasti lahko med modeliranjem spreminjamo, izključujemo in vključujemo.

Za novo miselnost prostorske računalniške grafike je pomembno dejstvo, da spreminjanje in brisanje risb, pogledov in plasti prav nič ne vpliva na prostorski model. Risbe, poglede in plasti sproti prirejamo trenutnim zahtevam končnega izdelka, »tehnične risbe«.

Tehnične risbe izdela računalnik povsem samodejno na podlagi predhodno izdelanega prostorskega modela in podanih parametrov projekcije.

Sprememba v modelu povzroči spremembo na **vseh** risbah. Spremenjenim razdaljam se prilagajajo tudi številke in simboli pri kotiranju.

2.3. Zaslonska okna, ikone in zgradba ukaza

Informacije za delo dobivamo sproti na šestih zaslonskih oknih, ki jih lahko začasno odstranimo (skrijemo, zapremo).

SUNTOOLS	osnovno okno, povezava z operacijskim sistemom UNIX
CONSOLE	pomožno okno, kamor operacijski sistem pošilja sporočila
STATUS	pomožno okno, ki vsebuje osnovne parametre o trenutno aktivnem modelu in projekciji
TEXT	delovno okno, kamor vtipkavamo ukaze in kamor CADDSS pošilja sporočila
GRAPHICS	osrednje grafično okno, ki je namenjeno konstruiranju
MENU	jedilnik (spisek, seznam) ukazov v obliki takoimenovanih ikon

Ikona je »podokno« v okviru jedilnika in opravlja dvojno vlogo:

- z grafičnimi in alfanumeričnimi simboli spominja uporabnika na vrsto ukazov, ki jih lahko pokličemo s pomočjo ikone,
- z miško postavimo nitni križ na področje, ki ga zaseda ikona, ukaz pa sprožimo z (levim) gumbom.

Ukaze lahko tudi vtipkamo prek tipkovnice v naslednjem vrstnem redu:

a) Pojemovni del ukaza:

- velelnik (navedba operacije)
- samostalni (navedba predmeta)
- pridevniki (navedba vrste predmeta)

b) Podatkovni del ukaza:

- izbor predmeta (entitete)
- izbor položaja predmeta (lokacije).

Najpomembnejše ločilo je dvopičje, s katerim razmejimo pojemovni in podatkovni del ukaza.

Ukazov za upravljanje oken in osnovnih ukazov CADDs-a je skupaj nad 440, kar pa je le del znanja, ki ga mora obvladati uporabnik na delovni postaji.

Vsak uporabnik na CV naj bi poleg splošnega geometrijskega modeliranja (CADDs) obvladal vsaj še en poseben projektantski paket (npr. za jeklo, beton, arhitekturo, geodezijo, statiko itd.).

Pristop k uporabi ukazov brez pripomočkov v obliki prenosnih jedilnikov (»pull-down menu«) in ikon je bil v preteklih generacijah CADDs mnogo manj produktiven.

Šolanje za učinkovito splošno geometrijsko modeliranje traja dva meseca. Zadostuje srednja tehnična predizobrazba, predhodni računalniški tečaji pa niso nujni.

2.4. Načini zajemanja podatkov

Filtri za vnašanje predmetov:

- a) izbor z ozirom na vrsto predmeta (obdelane bodo samo navedene vrste predmetov, npr. krožni loki, krožnice, daljice, točke itd.),
- b) izbor z ozirom na obsegajoči prostor (obdelani bodo samo predmeti znotraj navedenega prizmatičnega okna, npr. mnogokotnika, pravokotnika, celotnega pogleda),
- c) izbor z ozirom na sloj (obdelani bodo samo predmeti, ki ležijo na navedenih slojih).

Vse tri vrste filtrov lahko logično seštevamo (konjunkcija).

Vnašanje položaja:

Položaj predmeta definiramo z geometrijskimi koordinatami. CADDs uporablja izključno desni pravokotni koordinatni sistem. Koordinate sicer lahko vnašamo tudi v polarnem koordinatnem sistemu, vendar jih CADDs takoj preslika v pravokotnega. Prostor, v katerega CADDs preslikava predmete, imenujemo globalni koordinatni sistem.

Koordinate lahko podajamo:

a) globalno:

vse tri koordinate odtipkamo brez presledkov, pred vred-

nostjo koordinate pa vstavimo oznako koordinate (npr. X10Y20Z-30)

b) inkrementalno:

navedemo vrednost prirastka koordinate, pred katerega vstavimo oznako prirastka (npr. IX20), ki se prišteje k trenutni vrednosti koordinate

c) referenčno:

koordinata se nanaša na položaj nekega obstoječega predmeta; položaj podamo v dveh delih s parametrom REF in LOC (npr. REF X10 LOC IX5)

d) lokalno (običajni način!):

z miško premaknemo nitni križ na zaželeni položaj. Pri vnosu velja **lokalni** koordinatni sistem, ki je definiran z aktivno konstrukcijsko ravnino. Po končanem vnosu CADDs preslika predmet v globalni koordinatni sistem

e) filtri za lego predmeta:

(te filtre običajno logično prištevamo k vnašanju položaja z miško)

END robna točka izbranega predmeta

NEAR najbližja točka na izbranem predmetu

ORG središčna točka na izbranem predmetu

INTO sečišče dveh izbranih predmetov

LOC preklic gornjih (in drugih) filtrov itd.

2.5. Aplikacijska programska oprema

Vsi programski paketi imajo skupno grafično podatkovno bazo, kar omogoča interdisciplinarno delo na projektu. Navajamo le najpomembnejše posebne programske pakete:

Splošno:

VISUALISATION	skrivanje nevidnih robov, perspektiva
AREA & VOLUME	izračun površin in prostornin
PHYSICAL PROPERTIES	trdnostne značilnosti geometrijskih likov

Gradbeništvo, arhitektura, geodezija:

GENERAL BUILDING DESIGN	visoke zgradbe
STRUCTURAL STEEL MODELING	jeklene konstrukcije
REINFORCED CONCRETE DETAILING	betonska armatura
FINITE ELEMENT MODELING	oblikovanje končnih elementov
COSMOS	statična in dinamična nosilnost
GLOBAL MAPPING	višja geodezija
POLYGON	geodetski kataster
SURVEY DATA INPUT	snemanje terena
SITE ENGINEERING	obdelava terena

Strojništvo:

PIPING	cevodni sistemi
HVAC	ogrevanje, prezračevanje in klimatiziranje
INTERFERENCE CHECKING	preverjanje nedovoljenega prekrivanja
PS	statična in dinamična nosilnost cevovodov

Elektrotehnika:

ELECTRICAL ENGINEERING	električne sheme
------------------------	------------------

Navedena posebna programska orodja dopuščajo večjo produktivnost, splošno geometrijsko modeliranje pa večjo prilagodljivost. S splošnim geometrijskim modeliranjem lahko konstruiramo tudi like, ki jih je s posebnim orodjem težje ali pa celo nemogoče sestaviti.

Izkušnje drugod razodevajo, da delovni postopek pri **prototipnih projektih** kljub vsem navedenim orodjem **ni krajši** od klasičnega neračunalniškega konstruiranja. Bistven korak k večji produktivnosti je možen le s postopno izgradnjo podatkovne baze tipičnih rešitev lastne proizvodnje.

Visoka tehnologija zahteva naložbe v lastni razvoj. Če ne bomo vlagali vanj, bo COMPUTERVISION četrta računalniška generacija, ki ne bo izpolnila (vseh) pričakovanj.

3. DIMENZIONIRANJE RAČUNALNIŠKE MREŽE IN KADROVSKEGA ZALEDJIA

Naslednjih nekaj vrstic je izvleček iz investicijskega programa za Computervision.

3.1. Računalniške storitve notranjim uporabnikom (posredna prodaja tehnologije prek lastne proizvodnje)

Namen raziskave je predvideti zadostno končno število delovnih postaj. Raziskavo trga smo prevedli na izrabo obstoječih zmogljivosti. Od proizvodnih zmogljivosti smo se omejili na zmogljivost živega dela, torej na delo ljudi. Ocenili smo povprečno število pričakovanih izmen na delovnih postajah.

Analiza sestave proizvodnih zmogljivosti je privedla do prvega pomembnega zaključka, da v **neposredni** proizvodnji s pomočjo CV lahko dela 50 % vseh sodelavcev.

S pomočjo CV je najgospodarneje projektirati **kompleksne in ponavljajoče se** objekte, pri katerih je smiselno vlagati v tipizacijo rešitev. Analiza modularnosti proizvodnje je privedla do drugega pomembnega zaključka: delež proizvodnje, ki jo je gospodarno projektirati s CV, ocenjujemo na 50 % neposredne proizvodnje.

Delovno izmeno razpolovimo na pripravo za delo v zvezi s CV in na samo delo na delovni postaji (torej 12 % vseh delovnih izmen).

Delo v **dveh izmenah** razpolovi gornjo vrednost v končni izid, ki se glasi:

Končno število delovnih postaj znaša 6 % celotne proizvodnje živega dela.

(Začetna konfiguracija pri IBE znaša 1 %).

3.2. Strategija uvajanja

Delavci v projektni skupini **sami** uporabljajo računalniško tehnologijo (projektirajo na delovnih postajah CV). To je končni cilj, povezan z obsežnim in dragim dopolnilnim izobraževanjem.

Uvajanje je stalen, nikoli zaključen proces, zato predvidevamo poleg uporabnikov še po enega poklicnega **projektanta AOP** v vsakem sektorju, ki v njem nudi strokovno pomoč in skrbi za računalništvo.

Vzpostavitev prototipa (nove vrste projekta) je poseben primer uvajanja in zahteva prizadevnega projektanta s temeljitim in celostnim poznavanjem objekta. **Vodja prototipnega projekta** mora zgraditi podatkovno bazo projektnih modulov (gradnikov).

3.5. Šolanje (dopolnilno izobraževanje)

Dobavitelj je dolžan organizirati tečaje za vsak prodan programski paket. Stroški predavatelja so všteti v ceno računalniškega sistema do neke zgornje meje, ki zavisi od vrednosti nabavljene opreme (npr. 13 človek-tednov).

Vsak uporabnik-projektant se udeleži tečaja za splošno geometrijsko modeliranje (CADDs) in tečaja za vsaj enega izmed posebnih programskih paketov.

Potrební čas za izšolanje enega uporabnika (tečaj, vaje, utrjevanje na primeru iz prakse) ocenjujemo na 4 mesece. Proces uvajanja je postopen in traja dve leti od dneva instalacije ter zahteva po eno izmeno na vsaki delovni postaji.

Naložba v opremo in šolanje se lahko začne vračati šele po enem letu.

4. »NI VSE ZLATO, KAR SE SVETI« (Nekateri problemi, ki nas čakajo v prihodnosti)

Dobavitelji:

- napake v programski opremi
- neskladnost med navodili in dejanskim delovanjem

Programska oprema, ki jo uporabljamo, ima ogromne razsežnosti (nekaj sto človek-let razvoja), zato ni pričakovati, da bi bila kdajkoli brez napak. Napake bo sicer treba javljati dobavitelju, hkrati pa poiskati drugo rešitev za tekoče delo (»work-around«).

Delovni čas:

- delovne konice
- omejitve iz zdravstvenih razlogov

Delovnih konic na računalniku včasih ni mogoče, včasih pa ni gospodarno izravnati. Pričakujemo občasno delo v večerni/nočni izmeni in ob koncu tedna.

Neuradne meritve sevanja kažejo, da je prostor za zaslonom zdravju škodljiv, prostor pred zaslonom pa zadovoljiv le pri oddaljenosti od zaslona nad 70 cm. Opažamo večjo duševno utrujenost pri radiestezijsko občutljivih sodelavcih.

Medicina dela ugotavlja, da je umestna omejitev dela na delovni postaji (4 ure na dan).

Sodelavci:

- starost
- osebnostne poteze

Učinkovito delo na delovni postaji zahteva sorazmerno »svežega« človeka (dober spomin, sposobnost intenzivnega mišljenja, analitičnost in vztrajnost duha, samoobvladovanje, etično zrelost, podrejanje osebnih skupnim ciljem, sposobnost prostorske orientacije). Res je, da imajo mlajši sodelavci naravno prednost pri uvajanju CV, vendar duševna starost v veliki meri zavisi od človekovega življenjskega stila in duševne kondicije. Najslabše se odzivajo na CV ljudje, ki so se z leti »zabubili« v rutinsko

delo ali pa si ustvarili sorazmerno brezskrben ali sorazmerno pomemben položaj.

Vodstvo:

- izobraževanje
- nezaupanje vodij projektov

Razmerje med osnovnimi sestavinami naložbe je približno tako: 30 % strojna oprema, 30 % programska oprema, 40 % uvajanje.

Naložba v CV je za 350-članski kolektiv v obdobju splošne gospodarske stagnacije veliko breme. Vendar je najdražja naložba tista, ki ni do konca izpeljana.

V osmih mesecih je ekipa CV organizirala in izvedla tečaje iz splošnega geometrijskega modeliranja za 31 sodelavcev in tečaje iz posebnih programskih paketov (statika, cevovodi, električne sheme) za 15 sodelavcev.

Razvijali smo prototipne projekte za vodno elektrarno (strojnica, prelivna polja, oporni zid) in za jekleno industrijsko halo (nosilna konstrukcija, cevovodni sistemi).

Velik izziv za ekipo CV bi bilo naročilo za delo na CV od zunanega naročnika. Prastara vzhodnjaška (»ekološka«) modrost pravi, da je dobra pogodba tista, pri kateri imata obe strani koristi. Oglasite se!

HLADILNI STOLP

Računalniški program za izračun geometrije in količin

JANEZ SVETLIČ

POVZETEK

Računalniški program obsega grafiko in izračun količin za posamezne etaže pršišča (etaže tehnoloških enot) in lupine hladilnega stolpa:

- grafični prikaz posameznih etaž,
- določitev oblike lupine hladilnega stolpa z grafiko,
- izračun površine lupine in prostornine betona,
- izračun količin za pršišče.

COOLING TOWER – Computer Supported Geometric Design and the Related Bill of Quantities

SUMMARY

The computer program concerns the colling towers of circular shape with many floors for special process equipment. The computer output consists of:

- Drawings of particular floors,
- Determination and design of hyperbolic shell,
- Area and volume calculation for the hyperbolic shell,
- Bill of quantities.

UVOD

Ena izmed projektantskih dejavnosti je tudi izdelava tehnične dokumentacije za gradnjo hladilnih stolpov iz armiranega betona in pršišča za hlajenje vode iz PVC materiala ali salonita.

Avtor:

Janez Svetlič, dipl. inž. gr. IB Elektroprojekt, Hajdrihova 4 Ljubljana

Izgradnja vedno večjih termoeenergetskih objektov zahteva tudi vedno večje količine hladilne vode za kondenzator.

Za vsak MW električne moči bloka potrebujemo od 100 do 150 m³ vode na uro, torej potrebujemo za 300 MWe blok približno 40.000 m³ hladilne vode na uro.

Najgospodarnejše bi bilo, če bi lahko zajeli vodo za hlajenje iz naravnega vira (reke, jezera, morja). Pri 300 MWe bloku bi tako odvajali 400 MW toplotne moči iz kondenzatorja v vodotok. Izbira lokacije za gradnjo termoelektrarn je pogojena predvsem z razpoložljivim virom premoga. Problem oskrbe s hladilno vodo pa rešujemo s hladilnimi stolpi. V tem primeru potrebujemo iz naravnega vira le okoli 2% vode (800 m³/h) za hlajenje kondenzatorja. V kondenzatorju sprejeto toploto odvajamo v atmosfero s pomočjo hladilnega stolpa, ki ohladi vodo za 8–13° C.

Glede na velikost in zahtevnost objekta, ki ima za 300 MWe tloris ca. 4500 m² in višino ca. 110 m, so investicijski stroški dokaj visoki.

NAMEN IN UPORABNOST

Za zagotovitev možnosti izbire optimalne velikosti objekta in sistema konstrukcij smo izdelali računalniške programe STOLP, ETAHS, RIHS in LUHS za grafiko in izračun količin posameznih etaž pršišča (etaže tehnoloških enot) in lupine hladilnega stolpa.

V fazi snovanja je risanje tlorisov in izračun količin nosilnega sistema konstrukcij in razvodnega sistema vode pri hladilnih stolpih po »peš metodi« zelo zamudno in monotono delo, ki je povezano z napakami in stroški.

S programom STOLP z vnosom minimalnega števila podatkov 4 do 11, ki jih določita tehnolog – termodinamik in konstrukter – gradbenik, dobimo priročne grafične prikaze z že izračunanimi količinami opaža in betona.

Zanesljiv računalniški izračun količin je pomemben, ker so osnovne dolžine posameznih nosilnih in tehnoloških elementov 400 do 5000 ml. Le-te pomnožimo še s širino, višino in ceno po enoti. Glede na dejstvo, da je računalnik znatno hitrejši od človeka, lahko s pomočjo programa izdelamo več variant, ki nam omogočajo optimalno tehnično in ekonomsko zasnovo objekta.

Program je izdelan za računalnik PC. Podatke podajamo korak za korakom.

Rezultate programa STOLP dobimo na zaslonu in jih s pomočjo »hard copy programa« prenesemo na tiskalnik.

Rezultate grafike uporabljamo za elaborate tehnične dokumentacije. Program STOLP smo dopolnili s programoma ETAHS in RIHS.

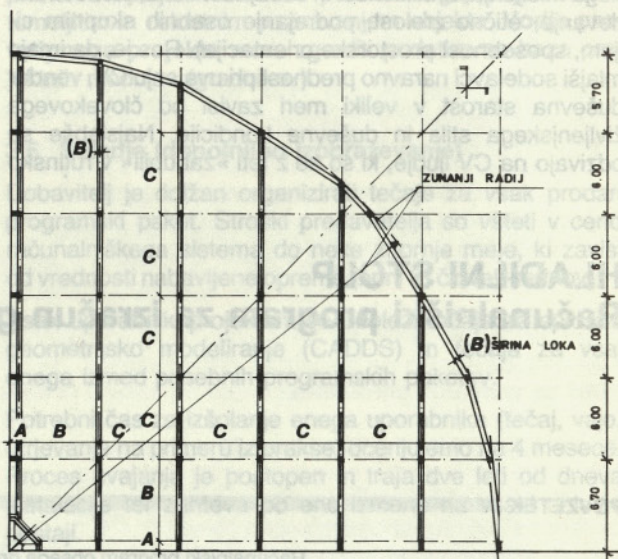
S programom ETAHS določimo parametre, ki so potrebni za risanje na risalniku.

Program RIHS pa riše posamezne etaže hladilnega stolpa. Najprej en kvadrant krožnega tlorisa etaže (na poseben list) in nato zriše vse štiri kvadrante ne enem listu velikosti A3.

Prikazani podatki, ki jih vnesemo v računalnik, dobljena grafična slika in izračunane količine za 1/4 krožnega tlorisa, so prikazani na slikah 1, 2, 3, 4.

VNOS PODATKOV

ZUNANJI RADIJ	=	36.6
ŠIRINA GRED (B)	=	0.35
VIŠINA GRED (H)	=	0.7
RAZDALJA A	=	0.7
RAZDALJA B	=	6.0
RAZDALJA C	=	6.0
ŠIRINA LOKA	=	0.35
VIŠINA LOKA	=	0.7



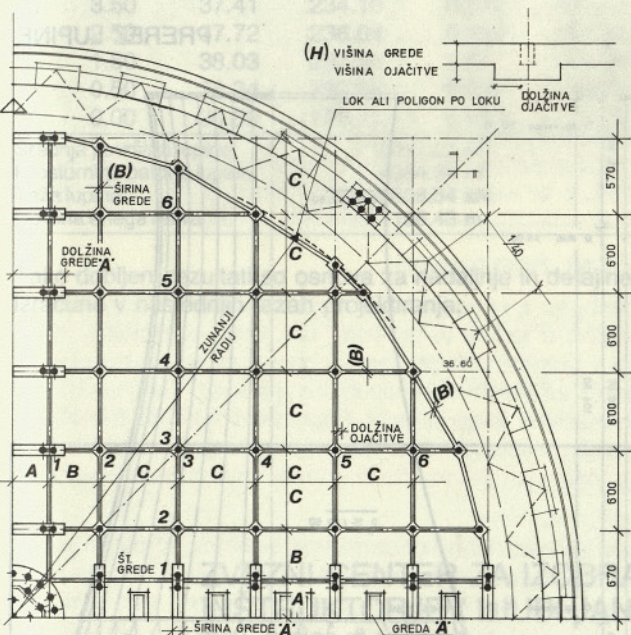
DOL. GRED v m	=	1. 34.929
		2. 33.264
		3. 30.383
		4. 25.896
		5. 18.728
DOL. LOKA v m	=	55.816
VOL. LOKA v m ³	=	13.675
DOL. GRED v m	=	143.201
VOL. GRED v m ³	=	35.084
VOL. GRED (A) v m ³	=	3.430
POV. OPAŽA GRED v m ²	=	250.601

SLIKA 1. Etaža osnovnega nosilnega sistema

Program postavlja stebre na predpisano mrežo, določeno z razdaljami A, B in C, ki so enake v X in Y smeri, nato program sistem poveže z nosilci.

VNOS PODATKOV

ZUNANJI RADIJ	=	36.6
ŠIRINA GRED (B)	=	0.25
VIŠINA GRED (H)	=	0.4
RAZDALJA A	=	2.8
RAZDALJA B	=	3.9
RAZDALJA C	=	6.0
DOLŽINA OJAČITVE	=	0.4
VIŠINA OJAČITVE	=	0.3
DOLŽINA GREDE »A«	=	4.0
ŠIRINA GREDE »A«	=	0.7
VIŠINA GREDE »A«	=	0.7



IZRAČUN KOLIČIN

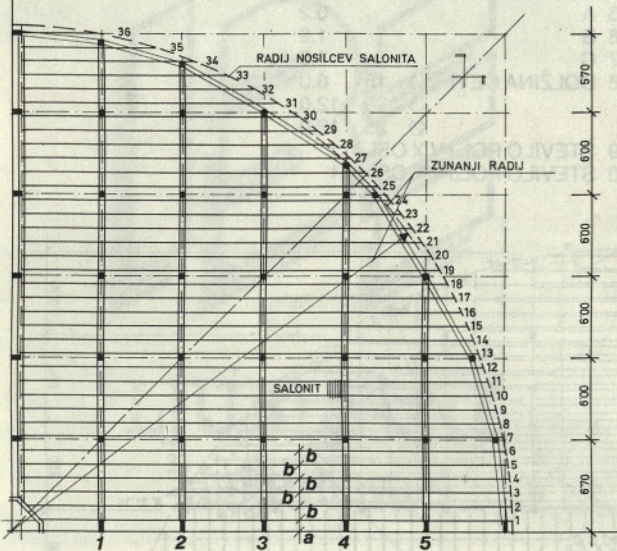
DOL. GRED v m	=	1. 32.517
		2. 31.854
		3. 30.193
		4. 26.700
		5. 22.839
		6. 14.700
LOK v m	=	49.295
NETO D. GRED + LOKA v m	=	301.502
VOLUMEN v m ³	=	45.662
DOLŽINA GRED »A« v m	=	48.000
VOLUMEN GRED »A« v m ³	=	23.520
CELOTEN VOLUMEN v m ³	=	69.182
POVRŠINA OPAŽA v m ²	=	375.04

Slika 2. Etaža temeljnih vezi

Glede na zahtevnost objekta je običajno temeljenje na pilotih, ki so povezani z gredami. Pod glavo pilota je AB greda ojačana, prav tako so grede močnejše tudi v štirih radialnih smereh. Program upošteva pri izračunu količin tudi vse ojačitve.

VNOS PODATKOV

RADIJ NOSILCEV	=	37.0
RAZDALJA A	=	0.8
RAZDALJA B	=	1.02
RAZDALJA C	=	0.8



DOLŽINE NOSILCEV

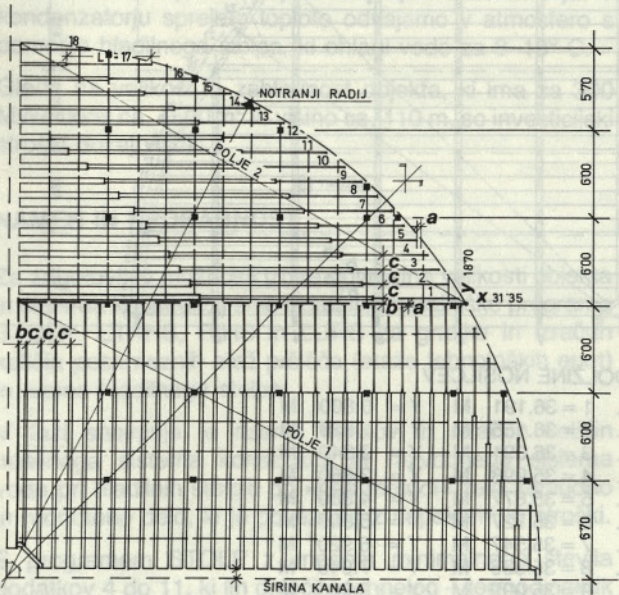
L 1 = 36.191 M	Y = 0.800 M
L 2 = 36.155 M	Y = 1.820 M
L 3 = 36.091 M	Y = 2.840 M
L 4 = 35.998 M	Y = 3.860 M
L 5 = 35.877 M	Y = 4.880 M
L 6 = 35.727 M	Y = 5.900 M
L 7 = 35.547 M	Y = 6.920 M
L 8 = 35.338 M	Y = 7.940 M
L 9 = 35.099 M	Y = 8.960 M
L 10 = 34.829 M	Y = 9.980 M
L 11 = 34.527 M	Y = 11.000 M
L 12 = 34.193 M	Y = 12.020 M
L 13 = 33.826 M	Y = 13.040 M
L 14 = 33.424 M	Y = 14.060 M
L 15 = 32.987 M	Y = 15.080 M
L 16 = 32.514 M	Y = 16.100 M
L 17 = 32.001 M	Y = 17.120 M
L 18 = 31.448 M	Y = 18.140 M
L 19 = 30.853 M	Y = 19.160 M
L 20 = 30.212 M	Y = 20.180 M
L 21 = 29.524 M	Y = 21.200 M
L 22 = 28.785 M	Y = 22.220 M
L 23 = 27.991 M	Y = 23.240 M
L 24 = 27.137 M	Y = 24.260 M
L 25 = 26.217 M	Y = 25.280 M
L 26 = 25.225 M	Y = 26.300 M
L 27 = 24.152 M	Y = 27.320 M
L 28 = 22.987 M	Y = 28.340 M
L 29 = 21.716 M	Y = 29.360 M
L 30 = 20.320 M	Y = 30.380 M
L 31 = 18.771 M	Y = 31.400 M
L 32 = 17.031 M	Y = 32.420 M
L 33 = 15.036 M	Y = 33.440 M
L 34 = 12.673 M	Y = 34.460 M
L 35 = 9.696 M	Y = 35.480 M
L 36 = 5.262 M	Y = 36.500 M

CELOTNA DOLŽINA = 1015.361 M

Slika 3. Etaža nosilcev salonita ali plastike

VNOS PODATKOV ZA POLJE 2 v m

- 1 NOTRANJI RADIJ 36.5
- 2 ŠIRINA KANALA 0.7
- 3 ŠIRINA POLJA 1 31.35
- 4 VIŠINA POLJA 2 17.8
- 5 A 0.2
- 6 B 1.2
- 7 C 1.0
- 8 DOLŽINA CEVI Ø 15 6.0
- Ø 20 12.0
- Ø 25 12.0
- 9 ŠTEVILO POLJ V X OSI = 1
- 10 ŠTEVILO POLJ V Y OSI = 1



IZRAČUNANE DOLŽINE CEVI ZA POLJE 2

- Ø 150: 108.000
- Ø 200: 187.967
- Ø 250: 98.089
- Ø 300: 0.000

DOLŽINE ZADNJIH ODSEKOV OD 1 DO 18 v m

- 1 12.571
- 2 11.947
- 3 11.276
- 4 10.556
- 5 9.783
- 6 8.952
- 7 8.058
- 8 7.094
- 9 6.052
- 10 4.922
- 11 3.691
- 12 2.341
- 13 0.847
- 14 11.172
- 15 9.261
- 16 7.016
- 17 4.230
- 18 0.287

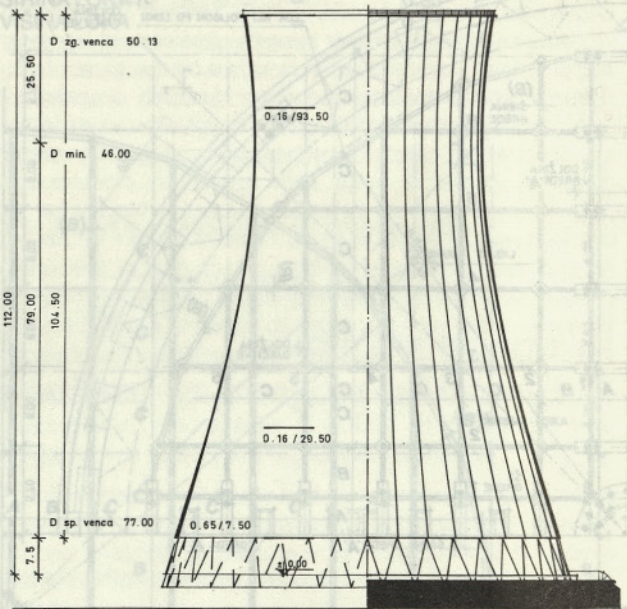
SLIKA 4: Etaža salonitnih cevi

Pri računu salonitnih cevi v etaži razdelitve tople vode le-te razdelimo po poljih 1 in 2 ali več. Polja definiramo s koordinatami X in Y. Podamo odmike a in c ter dolžine cevi za profil 150, 200, 250 in 300 mm, ki so predvidene glede na hidravlični izračun. Rezultat izračuna so skupne dolžine cevi po profilih in poljih.

S programom LUHS (slika 5) določimo geometrijo lupine hladilnega stolpa, površino in prostornino betona.

Lupina ima obliko hiperboloida. Za risanje in izračune smo uporabili enačbo hiperbole.

PREREZ LUPINE



V računalniškem izpisu so izračunane površine lupine in prostornine betona.

VNOS PODATKOV v m

- DEBELINA NA VRHU LUPINE 0.35
- DEBELINA NA ZAČETKU LUPINE 0.65
- DEBELINA NA POLJUBNI VIŠINI 0.16
- VIŠINA LUPINE 104.50
- VIŠINA GRLE LUPINE 79.0
- PREMER SPOD. VENCA LUPINE 77.0
- PREMER GRLE LUPINE 46.0
- VIŠINA ODPRTINE HLAD. STOLPA 7.5
- VIŠINA SPODNJEGA VENCA 1.6
- KOT MED STEBRI V RAV. DVEH STEBROV 60

Slika 5: Grafična slika lupine na risalniku

IZRAČUN

Višina kam. m	Radij m	Površina m ²	Debelina m	Volumen m ³
104.50	25.07	0.00	0.350	0.00
103.50	24.91	157.01	0.340	54.15
102.50	24.77	156.07	0.329	52.22
101.50	24.62	155.16	0.319	50.32
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
4.50	37.10	232.17	0.550	125.06
3.50	37.41	234.10	0.572	131.31
2.50	37.72	236.04	0.594	137.65
1.50	38.03	237.98	0.617	144.09
0.50	38.34	239.94	0.639	150.62
0.00	38.50	120.71	0.650	77.79

Srednja površina lupine 18047.23 m²

Prostornina betona lupine 4384.34 m³

Teža lupine 109608.54 kN

Dolžina enega rebra 106.43 m

Tako dobljeni rezultati so osnova za nadaljnje in detajlne izračune v naslednjih fazah projektiranja.



**ZVEZNI CENTER ZA IZOBRAŽEVANJE GRADBENIH
INŠTRUKTORJEV LJUBLJANA, KARDELJEVA PLOŠČAD 27;
TEL.: 061/342 366**

**IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE V GRADBENIŠTVU
ZA LETO 1989**

PISNI DEL

23. september 1989

21. oktober 1989

25. november 1989

USTNI DEL

9.–13. oktober 1989

13.–17. november 1989

13.–17. december 1989

Prijave v obliki obrazca (dobite ga pri naslovu oziroma na seminarju), z dokazili o izobrazbi, je potrebno poslati **20 dni pred pisnim delom predvidenega roka** na naslov: **Zvezni center za izobraževanje gradbenih inštruktorjev, Kardeljeva ploščad 27, Ljubljana.**

POJASNILO**k članku »Geodetske podloge za projektiranje cest«**

(GV 7-8-9, str. 122-128, XXXVII/1988)

Objavljeni članek je doživel v strokovni javnosti velik odmev. To je spodbudno, saj je nujno potrebno, da se vsaka nova tehnična zamisel preveri v praksi in da nanjo dajo pripombe vsi, ki so pri tem zainteresirani.

Dve skrajnosti, ki sta se pri tem pojavili, pa sta:

- uporabiti povečavo TTN 5 za VSE in VSAKRŠNE projekte nizkih gradenj,
- strokovni pomisleki strokovnjakov GZ SRS glede upravičenosti uporabe TTN 5 v take namene iz splošnih (največja povečava je dovoljena 2,5-kratna) in strokovnih (kvaliteta TTN 5 in neprimernost snemalne višine za TTN 5 pri reambulaciji povečanih kart v merilu 1 : 1000) razlogov.

Ker očitno iz članka ni dovolj točno razviden smisel dane možnosti, želim pojasniti:

1. Pregledani tehnološki prijem velja uporabiti le v tistih primerih, ko z neposrednimi projektantskimi terenskimi deli (zakoličbo in snemanjem profilov) pridobimo vse potrebne podatke o terenu in prostoru. Gre torej za projektna dela na nivoju PZI. Taka direktna faza projektiranja pa nastopa le v posameznih primerih (obnova ali rekonstrukcija ali gradnja manj zahtevnih in lokacijsko točno opredeljenih prometnic ali drugih objektov nizkih gradenj). Torej takrat, ko podatkov ni potrebno zajemati iz geodetskih podlog, kot je to na primer idejni projekt. Popolnoma NEPRIMERNO pa je navedeni postopek uporabljati za izdelavo idejnih projektov posebej za zahtevne objekte nizkogradnje (npr. avtoceste, železniške proge ipd.), kjer je cilj ugotovitev realnih razmer v prostoru, določitev čimbolj točne investicijske vrednosti in definiranje dokončnega položaja objekta v prostoru.

2. Splošno določilo o dovoljeni povečavi geodetskih kart in načrtov razumem kot strokovno omejitev, ki pa ne more veljati za tiste stroke, kjer geodetsko zahtevano natančnost (če je zahtevana) lahko pridobimo tudi drugače (neposredno ali z računalnikom). Menim, da je vložena družbena sredstva in s tem dane možnosti potrebno čimbolj izkoristiti, saj se to povrne v prihrankih, ki pri tem nastanejo (cenejši projekti, hitrejši pričetek gradnje, manj vznemirjanja prebivalcev in podobnih).

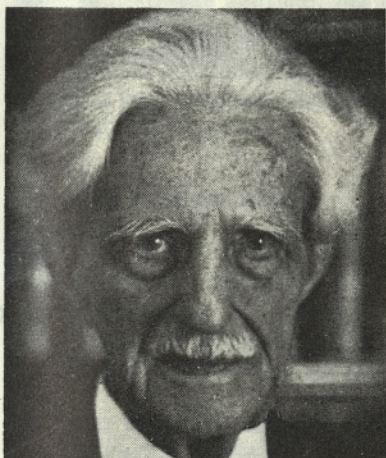
3. Do spoznanja o primernosti tako prikrojjenih TTN 5 za nekatere vrste izdelave projektov za nizkogradnjo sem prišel na podlagi lastnih raziskav in literature geodetskih strokovnjakov (za katero mi ni znano, da bi bila kdajkoli kritizirana ali zanikana!). Upošteval sem možno natančnost pri izvajanju grobih gradbenih del ter dejstvo, da v navedenem primeru geodetska podloga ne služi kot VIR PODATKOV, ampak le kot SLIKOVITA OSNOVA za tlorisni prikaz na osnovi drugače pridobljenih podatkov izdelane projektne dokumentacije. Te ugotovitve sem dopolnil še z izkušnjami glede geodetskih podlog, ki jih za svoje potrebe izdelajo projektanti sami, največkrat pa ne dosežejo kvalitete povečane TTN 5.

Upam, da bo s tem dopolnilom strokovna javnost točneje seznanjena s ponujeno možnostjo hitrejšega projektiranja objektov nizkogradnje. Ker je izdelava geodetskih načrtov v merilu 1 : 1000 za potrebe projektiranja prometnic že nekoliko zastarela, sem prepričan, da bo v kratkem v Sloveniji na voljo DMR (digitalni model reliefa), ki bo omogočil kompleksno in racionalno izrabo računalnikov za presojo in projektiranje vseh velikih posegov v prostor, kar mora biti naš skupen cilj.

LJUBLJANA, marec 1989

Avtor:
Mag. Alojz Juvanc, FAGG

IN MEMORIAM



Pál Csonka
(1986–1987)

Pokojni Pavel Csonka, bivši profesor na tehniški univerzi v Budimpešti, je bil svetovno znameniti statik. Uspehe mu je omogočilo temeljito obvladanje matematike in teorije elastičnosti, združeno z veliko invencijoznostjo ter prizadevnostjo. Dostavil mi je spisek svojih inozemskih objav od leta 1934 do leta 1967. Od skupnega števila 159 jih 72 obravnava probleme napetostne analize lupin. Njegov postopek je popolnoma matematičen, pri čemer kroji tako obliko lupine, da ustreže membranskim diferencialnim pogojem teorije elastičnosti. Tako rešitev potem prilagaja raznim tlorisom: kvadratu, pravokotniku, trikotniku, mnogokotniku. Obdelal je tudi druge vrste lupin, kot nagubane in konzolne brez podpor na konzolnem robu. Prav tako je obdelal Aimond-ove konoidne lupine. Okrog 20 člankov obravnava obnašanje skeletov pod vplivom vodoravnih obtežb. Njegov izvirni postopek v določeni meri podoben Crossovemu, je objavljen v Gradbenem vestniku I. 1963 in v Gradjevinaru I. 1952. Okrog 20 člankov obravnava praktično preračunavanje plošč in mrež; 26 člankov je posvečenih dimenzioniranju prereзов in to: 15 uklonskim problemom, 11 problemom zvoja. V ostalih 15 člankih poroča o problemih v ojačenem betonu v zvezi z montažnimi postopki. V jeklu obdeluje statične probleme okvirjev pri železniških vagonih, nekaj člankov pa je vsesplošnega značaja: to so problemi varnosti konstrukcij, pa tudi poročila o delih kolegov v domeni Teoretske in uporabne mehanike konstrukcij. Za njegove postopke je v splošnem značilna dovolj enostavna uporabnost in genialna invencioznost. V podanem poročilu madžarske Akademije znanosti in umetnosti je podan poudarek na plemenitosti njegove osebnosti, ki naj bo vzor mlajšim rodovom konstrukterjev.



GV XXXVIII 5-6

POROČILA 11

RAČUN VKOPANIH CEVI

UDK: 624.074.27:(100)150

JERNEJ CIMPERŠEK

POVZETEK

V prispevku je opisan račun vkopanih cevi po ISO standardu. Prikazan je računski postopek in privzeti računski model. Na koncu je dodan primer računa s programom CEV-1, ki računa po tem postopku.

BURIED PIPES CALCULATION

SUMMARY

The paper contains description of buried pipes calculation by ISO standard. Pipes are subject to external loads with or without internal pressure. Theoretical model and calculation procedure are shown. An example of the application of the computer programme CEV-1 is shown in the paper.

1.0. UVOD

Cev, položena v tla, je pogosta konstrukcija v gradbeništvu. Uporablja se za oskrbo z vodo, za odvajanje odpadnih vod, za plinovode, prepuste pod nasipi itd. Način izvedbe je različen. Cev je lahko vgrajena v rov ali pa je položena pod nasipom.

Varno in gospodarno konstruiranje je možno le, če poznamo natančen potek notranjih sil po cevi. Zato moramo sodelovanje cevi in okoliške zemljine simulirati s pravim modelom. Določitev modela, ki dobro opiše stvarno obnašanje tal, je težka naloga, saj je obnašanje odvisno od mnogih faktorjev, kot so npr. vsebnost vode, gostota zemljine, elastične in plastične lastnosti tal in sodelovanje z objektom. Pri računu moramo upoštevati potrebne

varnostne faktorje. To velja tudi za upoštevane prometne obremenitve, posebno pri malih zemeljskih nasutjih. Pri dokazu uporabnosti in varnosti se mora upoštevati časovno spremenljive lastnosti posameznih materialov.

V tem prispevku je opisan račun vkopanih cevi po ISO standardu iz leta 1976 (4). Po tem standardu je za račun zemeljske obtežbe na cev priporočena Marstonova teorija, ki temelji na silosni teoriji Janssena. Ta teorija je strožja od drugih ter je enostavna in pregledna. Po tej metodi je bil izdelan računalniški program CEV-1 za PC računalnike.

2.0. ZUNANJE OBTEŽBE NA CEV

Na cevi, ki leži v zemljini, delujejo naslednje obtežbe: teža zemeljskega materiala nad in ob straneh cevi, točkovne in enakomerno porazdeljene obtežbe, ki so največkrat posledica prometnih obtežb vozil in se prenašajo na cev preko zemljine. Med nasuto zemljino in raščnim terenom nastane trenje, ki prevzame del teže, ostala teža se prenese na cev. Če je cev dosti bolj toga od okoliške

Avtor:

Jernej Cimperšek, dipl. gradb. inž., FAGG, VTOZD gradbeništvo in geodezija, Katedra za mehaniko

zemljine, zemljina med steno rova in cevjo, do višine temena cevi, ne prevzame skoraj nič obtežbe. Zaradi tega pri togih ceveh v rovu premer cevi neposredno ne vpliva na velikost obtežbe.

2.10. Navpična obtežba zaradi zemeljskega pritiska

Velikost pritiska zemljine na teme cevi je odvisna od prostorninske teže zemljine, višine nasutja in širine rova nad temenom. Sila se zmanjšuje za silo trenja.

Cev je lahko položena v ozek izkop, širok izkop ali pa je položena pod nasutjem. Obtežbo v vsakem od teh primerov računamo drugače.

2.11. Cev v ozkem izkopu

Za cev v ozkem izkopu mora biti izpolnjen eden od naslednjih dveh pogojev:

- 1: $B \leq 2D$; $H > 1,5B$
- 2: $2D \leq B \leq 3D$; $H > 3,5B$.

Navpično temensko obtežbo zemljine v vzdolžni smeri cevi računamo po enačbi

$$G_v = C_0 \cdot \gamma \cdot B^2. \quad (2)$$

kjer je

$$C_0 = \frac{1 - e^{(-2kf \cdot \frac{H}{B})}}{2kf} \quad (3)$$

$$k = \text{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2) \quad (4)$$

$$f = \text{tg } \varphi. \quad (5)$$

2.12. Cev v širokem izkopu ali pod nasipom

Cev je v širokem izkopu, kadar ni izpolnjen eden od pogojev v točki 2.11. Pojavlja se pri izkopu v slabih terenih z majhnim notranjim trenjem. Problem rešujemo podobno kot pri cevi v rovu, le da tukaj trenje ne zmanjšuje obtežbe. Pojavi se dodatna obtežba zaradi posedanja zemljine nad cevjo. Zemljina se posede do višine enakomernih posedkov H_e .

Obtežbo zemljine računamo po enačbah:

$$G_v = C_1 \cdot \gamma \cdot D^2 \quad (6)$$

$$C_1 = \frac{e^{(-2kf \cdot \frac{H_e}{D})} - 1}{2kf \cdot \left(\frac{H_e}{D}\right)} \quad (7)$$

$$H_e = H \cdot r. \quad (8)$$

Faktor usedanja r je enak 1,0 za cev v skali, 0,9–0,7 za cev v raščenem terenu in 0,6–0,4 za cev v nasutem terenu.

2.13. Vpliv elastičnosti cevi

Če deluje zunanja obtežba na cev, katere prerez je podan, se nasip in cev deformirata. V tem primeru je obtežba, ki deluje na cev, manjša od obtežbe na togo cev, ker delujejo tedaj strižne sile v drugo smer in razbremenjujejo cev. Marston je podal dva izraza za račun togih in podajnih cevi. V tem primeru moramo najprej izračunati faktor elastičnosti n po enačbi, ki jo je podal Voellmy (3):

$$n = \left(\frac{E_z}{E_{ac}}\right) \cdot \left(\frac{r_s}{S}\right)^3. \quad (9)$$

Možnosti so naslednje:

- $n < 1$... cev je bolj toga kot teren,
- $n = 1$... cev in teren sta enako toga,
- $n > 1$... teren je bolj tog od cevi.

Če je $n < 1$, se enačba (6) spremeni v naslednjo obliko:

$$G_v' = C_1 \cdot \gamma \cdot B^2 \cdot K_e \quad (10)$$

$$K_e = \frac{D}{B}. \quad (11)$$

V primeru zelo toge cevi delujejo tla na cev z aktivnim zemeljskim pritiskom, pri podajnih ceveh pa s pasivnim.

Podajna cev je obravnavana po teoriji elastičnosti (homogeno, linearno izotropno obnašanje materiala). Poznamo dva slučaja:

- Ravninsko deformacijsko stanje, kjer velja, da je cev neskončna, ima konstanten prečni prerez in da ni deformacij v smeri normale na prečni prerez.
- Ravninsko napetostno stanje, kjer velja, da se cev prosto razteza v smeri normale na prerez, tako da ni vzdolžnih normalnih napetosti.

2.20. Prometna obtežba

Ta obtežba je določena po teoriji Boussinesqa za elastičen izotropen polprostor. Račun je izpeljan za točkovne obtežbe. V programu so upoštevane obtežbe vozil po predlogu novih predpisov za obtežbe cestnih mostov (stari DIN 1072). V ISO standardu so izdelane preglednice za izvednotenje koeficienta C_p za račun prometne obtežbe na teme cevi. To računamo po enačbi:

$$P_v = P \cdot C_p \cdot D \cdot \varnothing, \quad (12)$$

v kateri silo na kolo (P) in dinamični faktor ($\varnothing$) preberemo iz Preglednice 1.

Preglednica 1: Dinamični faktor za prometno obtežbo

vozilo	sila na kolo P	dinamični faktor $\varnothing$
SLW 600	100 kN	1,2
SLW 300	50 kN	1,4
LKW 120	30 kN	1,5

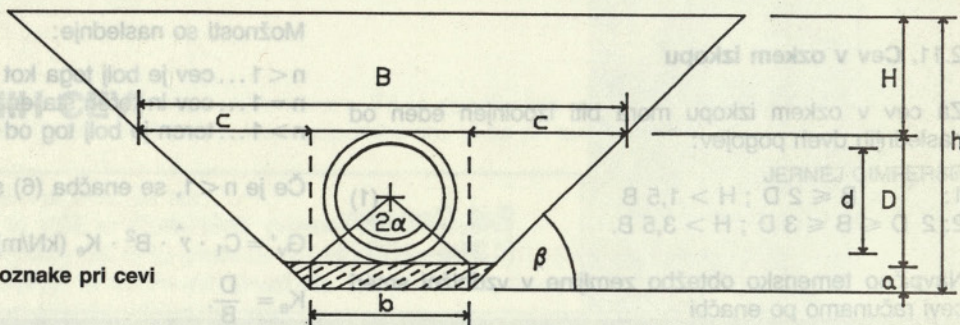
Izraz za C_p je podan v literaturi različno za razne tipe vozil. Privzel sem enak izraz kot v (4).

2.30. Ostale obtežbe

Na cev delujejo še naslednje obtežbe: bočni zemeljski pritisk, voda v cevi, lastna teža cevi in pritisk v cevi.

3.0. OBREMENITEV

Cev je računana kot trikrat statično nedoločen sistem. Z rešitvijo dobimo notranje sile po prerezih (moment in osna sila). Izpeljave so podane v knjigi Handbuch für Rohre aus Beton (1).



Slika 1. Prerez in uporabljene oznake pri cevi

4.0. DIMENZIONIRANJE CEVI

Cevi so dimenzionirane glede na potreben faktor varnosti (V)

$$V = \frac{K \cdot T}{G_t} \quad (13)$$

Faktor varnosti leži med 1,3–2,0 in sicer 1,3 za normalne cevi, 1,5 za cevi pod tlakom in navadne cevi premera nad 1000 mm in 2,0 za cevi s kombiniranimi obtežbami premera nad 1000 mm.

Koeficienti povečanja nosilnosti (K) v odvisnosti od kota ležišča (α) in vrste ležišča so podani v Preglednici 2.

Kot 2α	Ležišče vrsta 1	
	rov	nasip
90°	1,9	2,3
120°	2,2	2,5

Kot 2α	Ležišče vrsta 2	
	rov	nasip
90°	2,2	2,8
120°	2,6	3,2
180°	2,9	3,2
360°	4,0	4,0

Preglednica 2: Koeficienti povečanja nosilnosti K za obe vrsti ležišča

5.0. RAČUNALNIŠKI PROGRAM CEV-1 (6)

Program za izračun zasutih cevi CEV-1 je napisan v programskem jeziku MS-Quick Basic in deluje na PC

XT/AT in kompatibilnih računalnikih. Ima tudi grafični dodatek CEV-G, ki izriše prereze po pozicijah in je pisan v jeziku FORTRAN-77. V programu so vgrajeni podatki za betonske in azbestnocementne cevi po JUS (8) in (9).

6.0. RAČUNSKI PRIMER

Kot primer prikazujemo betonsko cev premera 1000 mm po standardu (9) s temensko nosilnostjo cevi $T = 63,00$ kN/m. Cev je v širokem izkopu z nasutjem nad cevjo 2,0 m. Prometna obtežba je vzeta po predlogu novega

predpisa za mostove: TV 600 (SLW 600).

Ostali podatki:

širina izkopa na dnu	$b = 2,000$ m
širina izkopa na temenu	$B = 3,628$ m
kot izkopa	$\alpha = 60^\circ$
zunanji premer cevi	$D = 1,210$ m
notranji premer cevi	$d = 1,000$ m
kot notranjega trenja zemljine	$\phi = 32^\circ$
specifična teža zemljine	$\gamma = 19,00$ kN/m ³
vrsta ležišča:	ležišče v betonu
višina posteljice	$h_p = 0,200$ m
kot naleganja cevi	$2\alpha = 180^\circ$

Rezultati programa CEV-1:

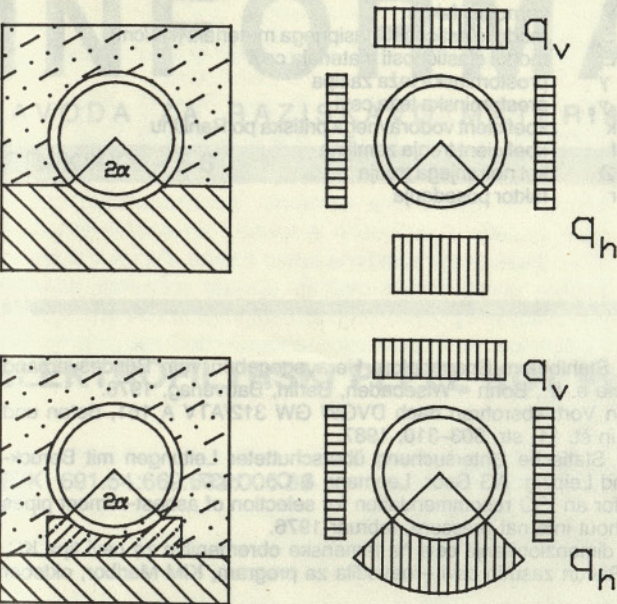
Nosilnost cevi

– obtežba zemljine nad cevjo

koeficient zemeljske obtežbe	$C = 2,2990$
koeficient po Rankinu	$k = 0,3073$
koeficient trenja	$f = 0,6249$
lastna teža cevi	$G_l = 8,75$ kN/m
teža vode v cevi	$G_v = 46,00$ kN/m
vertikalna zemeljska obtežba	$G = 63,95$ kN/m

– prometna obtežba nad cevjo po DIN 1072

vrsta obtežbe	SLW 600
koeficient prometne obtežbe	$C_p = 0,1458$
vertikalna prometna obtežba	$P = 21,17$ kN/m
totalna vertikalna obtežba	$G_t = 93,88$ kN/m
totalna horizontalna obtežba	$G_h = 11,68$ kN/m
reakcija podlage	$F_p = 139,87$ kN/m
potrebni varnostni faktor	$v_p = 1,50$
dejanski varnostni faktor	$v_d = 1,95$



Slika 2. Vrste ležišč:
vrsta 1 – ležišče v pesku
vrsta 2 – ležišče v betonu.

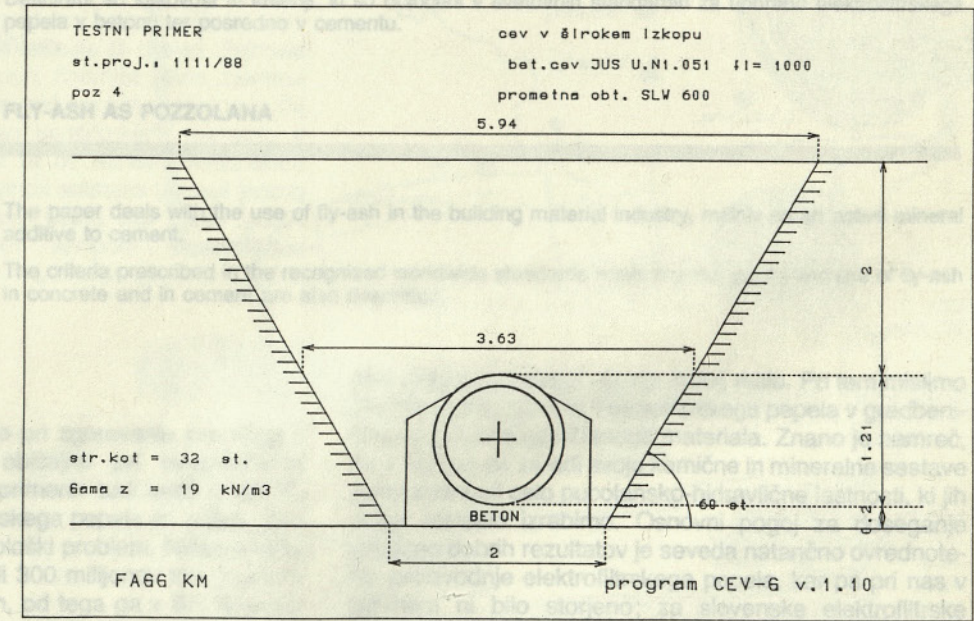
7.0. ZAKLJUČEK

Način statičnega dimenzioniranja zasutih cevovodov je v splošnih obrisih vsebovan v strokovni literaturi in priročnikih raznih proizvajalcev, npr. v (5). Za posamezne primere se pri nas v glavnem uporablja tuje standarde, ker ni nobena metoda pri nas standardizirana.

Največkrat se uporablja metoda po ISO standardu (4). Glede na to, da je dimenzioniranje zasutih cevovodov postopek, ki je dolgotrajen in ponavljajoč, je bil sestavljen računalniški program CEV-1, ki računa po tem ISO standardu. Vendar ta postopek ni primeren za račun podajnih cevi, ker ne upošteva deformacije cevi in s tem razporeditve napetosti okoli nje (plastika, jeklo). To upošteva delovni list nemškega združenja za kanalizacijo ATV A 127 (2), ki je izšel leta 1985.

OZNAKE

- G_v obtežba zemljine iznad temena
- G_h obtežba zemljine na strani cevi
- G_t totalna vertikalna obtežba na teme
- C₀ koeficient odvisen od pogojev izkopa
- C₁ koeficient odvisen od pogojev širokega izkopa
- r_s (D – d)/2 (cm)
- s debelina stene cevi



Slika 3. Prikaz rezultatov računa s programom CEV-G

Notranje sile po prerezu

Kot 2 α	Oсна silа N	Moment M	Napetosti	
			σ zun	σ not
0°	– 18,58 kN	2,11 kNm	0,20 MN/m²	– 0,38 MN/m²
45°	– 33,18 kN	– 0,93 kNm	– 0,28 MN/m²	– 0,03 MN/m²
90°	– 42,21 kN	– 0,89 kNm	– 0,32 MN/m²	– 0,08 MN/m²
135°	– 37,77 kN	1,56 kNm	0,03 MN/m²	– 0,39 MN/m²
180°	– 45,64 kN	– 2,78 kNm	– 0,60 MN/m²	0,16 MN/m²

H	višina nasutja nad cevjo
H _e	višina enakomernega posedanja, ki je funkcija dvojnega kota α
B	širina izkopa nad cevjo
b	širina izkopa na dnu
D	zunanj premer cevi
d	notranji premer cevi
α	kot naleganja cevi
T	temenska nosilnost cevi pri zlomu
K	koeficient povečanja nosilnosti

V	varnostni faktor
E _z	modul elastičnosti nasipnega materiala (kN/cm)
E _{ac}	modul elastičnosti materiala cevi
γ	prostorninska teža zasipa
γ_c	prostorninska teža cevi
k	koeficient vodoravnega pritiska po Rankinu
f	koeficient trenja zemljine
ϕ	kot notranjega trenja
r	faktor posedanja

LITERATURA

1. Handbuch für Rohre aus Beton, Stahlbeton, Spannbeton, Herausgegeben vom Bundesverband Deutsche Beton und Fertigteilindustrie e. V., Bonn – Wiesbaden, Berlin, Bauverlag, 1978.
2. Berechnung und Konstruktion von Vortriebsrohren nach DVGW GW 312/ATV A 161, Beton und Stahlbetonbau, št. 10, str. 257–264 in št. 11, str. 303–310, 1987.
3. Voellmy A., Eingebettete Rohre. Statische Untersuchung überschütteter Leitungen mit Berücksichtigung ihrer Elastizität, Zürich und Leipzig: AG Gebr. Leemann & Co., 1937.
4. ISO/TC 77 – First draft proposal for an ISO recommendation for selection of asbest-cement pipes subject to external loads with or without internal pressure, februar 1976.
5. Salonit Anhovo, Statični račun in dimenzioniranje cevi na temenske obremenitve za cevi tipa KC.
6. Cimperšek J., CEV-1, CEV-G – Račun zasutih cevi – navodila za program, KIM Maribor, oktober 1988.
7. Cimperšek J., Zemeljske obremenitve na vkopane cevi, seminarska naloga na podiplomskem študiju FAGG, Ljubljana, 36 strani, 1989.
8. JUS B.C4.061 Azbestnocementni proizvodi, Tehničke norme, 1983.
9. JUS U.N1.051 Betonske cevi za kanalizacijo, Tehničke norme, 1982.

4.0. DIMENZIONIRANJE CEVI

Če so dimenzionirane cevi na potreben faktor varnosti $K \cdot T$ (13), faktor varnosti K med 1,3–2,0 in sicer 1,3 za normalne cevi, 1,5 za cevi pod tlakom in navadne cevi premera nad 1000 mm in 2,0 za cevi s kombiniranimi obtežbami premera nad 1000 mm.

Koeficienti povečanja nosilnosti (K) v odvisnosti od kota naleganja (α) in vrste ležišča so podani v Preglednici 2.

Kot α	Vrsta ležišča	Koeficient K
20°	1	1,20
30°	1	1,30
45°	1	1,50
60°	1	1,80
90°	1	2,00
120°	1	2,20
150°	1	2,50
180°	1	3,00
20°	2	1,50
30°	2	1,60
45°	2	1,80
60°	2	2,00
90°	2	2,20
120°	2	2,50
150°	2	2,80
180°	2	3,20

Premer cevi D (mm)	Premer cevi d (mm)	Premer cevi ϕ (mm)
100	80	60
150	120	90
200	160	120
250	200	150
300	240	180
350	280	210
400	320	240
450	360	270
500	400	300
550	440	330
600	480	360
650	520	390
700	560	420
750	600	450
800	640	480
850	680	510
900	720	540
950	760	570
1000	800	600

Program za izračun zasutih cevi CEV-1 je napisan v programskem jeziku MS-Quick Basic in deluje na PC.

podatki za mostove: TV 800 (SLW 800).

Ostali podatki:	
širina izkopa na dnu	$b = 2,000 \text{ m}$
širina izkopa na temenu	$B = 3,628 \text{ m}$
kot izkopa	$\alpha = 60^\circ$
zunanj premer cevi	$D = 1,210 \text{ m}$
notranji premer cevi	$d = 1,000 \text{ m}$
kot notranjega trenja zemljine	$\phi = 32^\circ$
specifična teža zemljine	$\gamma = 19,00 \text{ kN/m}^3$
vrsta ležišča:	ležišče v betonu
višina poselice	$H_e = 0,200 \text{ m}$
kot naleganja cevi	$2\alpha = 180^\circ$

Rezultati programa CEV-1

Nosilnost cevi = 10,00 kN

– obtežba zemljine 1000 cm

koeficient zemeljske obtežbe	$C = 2,2990$
koeficient po Rankinu	$k = 0,3073$
koeficient naleganja	$\lambda = 0,5000$
teža telesa v cevi	$G_c = 46,00 \text{ kN/m}$
teža telesa v cevi	$G_s = 14,00 \text{ kN/m}$
teža telesa v cevi	$G_t = 14,00 \text{ kN/m}$

vrsta obtežbe	SLW 800
obtežba	$Q = 1,00 \text{ kN/m}$
obtežba	$Q = 1,00 \text{ kN/m}$
obtežba	$Q = 1,00 \text{ kN/m}$
obtežba	$Q = 1,00 \text{ kN/m}$
obtežba	$Q = 1,00 \text{ kN/m}$
obtežba	$Q = 1,00 \text{ kN/m}$
obtežba	$Q = 1,00 \text{ kN/m}$
obtežba	$Q = 1,00 \text{ kN/m}$
obtežba	$Q = 1,00 \text{ kN/m}$

premer varnostni faktor	$V_s = 1,50$
dejanski varnostni faktor	$V_d = 1,35$

ELEKTROFILTRSKI PEPEL KOT PUCOLAN

UDK: 691.54:662.613:006.86

DAMIJANA DIMIC

POVZETEK

Članek obravnava koriščenje elektrofiltrskega pepela v industriji gradbenih materialov predvsem kot aktivnega mineralnega dodatka v cementu.

Definirani so kakovost in kriteriji, ki so določeni v svetovnih standardih za uporabo elektrofiltrskega pepela v betonu ter posredno v cementu.

FLY-ASH AS POZZOLANA

SUMMARY

The paper deals with the use of fly-ash in the building material industry, mainly as an active mineral additive to cement.

The criteria prescribed in the recognized worldwide standards regarding the quality and use of fly-ash in concrete and in cement are also described.

UVOD

Elektrofiltrski pepeli nastajajo pri zgorevanju premoga v termoenergetskih objektih običajno pri temperaturah 1100–1200°C, v redkejših primerih tudi okoli 1600°C. Količine nastalega elektrofiltrskega pepela so velike, zato so povsod po svetu velik ekološki problem. Njihova letna svetovna proizvodnja je okoli 300 milijonov ton, jugoslovanska okoli 15 milijonov ton, od tega ga v SR Sloveniji pridobimo okoli 1,5 milijona ton. Pričakujemo lahko le še povečanje teh količin, zato si proizvajalci pepelov – kar pa ne bi mogli trditi tudi za naše proizvajalce – zelo prizadevajo, da bi v največji možni meri izkoristili njegovo uporabno vrednost ali jo celo povečali; to pa je mogoče le z dobrim in kompleksnim poznavanjem vseh lastnosti elektrofiltrskega pepela. Pri nas je bilo v preteklih obdobjih pri reševanju koristne uporabe elektrofiltrskega pepela, z

zelo redkimi izjemami, storjeno bolj malo. Pri tem mislimo predvsem na uporabo elektrofiltrskega pepela v gradbeništvu in industriji gradbenega materiala. Znano je namreč, da imajo pepeli zaradi svoje kemične in mineralne sestave pucolanske ali celo pucolansko-hidravlične lastnosti, ki jih lahko koristno izrabimo. Osnovni pogoj za doseganje ustreznih dobrih rezultatov je seveda natančno ovrednotenje proizvodnje elektrofiltrskega pepela, kar pa pri nas v glavnem ni bilo storjeno; za slovenske elektrofiltrske pepelke lahko celo trdimo, da sistematično niti za enega.

Zaradi nedefinirane kakovosti imamo zato naše elektrofiltrske pepelke še vedno le za odpadni produkt. Namreč, šele ko pepel ovrednotimo in mu zagotovimo določeno kakovost, lahko govorimo o elektrofiltrskem pepelu kot surovini. Pri neki definirani kakovosti je za uporabo elektrofiltrskega pepela primarnega pomena stalnost kakovosti, ki jo zagotavljamo po znanem programu zagotavljanja in dokazovanja kakovosti – program QC/QA (Quality Control/Quality Assurance) (1).

Od lastnosti elektrofiltrskega pepela je odvisno, za kaj ga bomo uporabili. Trenutno največji delež ga uporabljamo

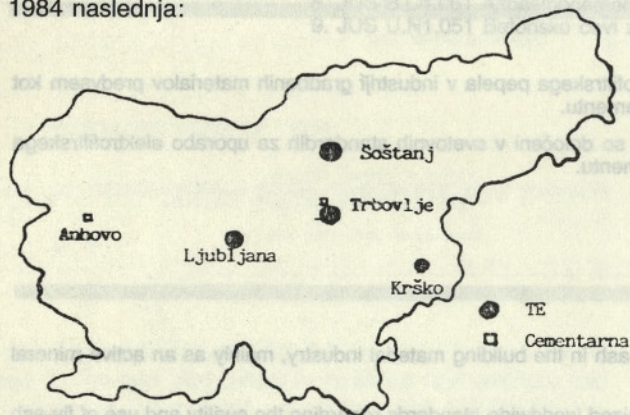
Avtor:
mag. Damijana Dimic, dipl. inž. kem.

- v gradbeništvu, in sicer kot:
- surovino za proizvodnjo portlandcimentnega klin-kerja,
 - pucolanski dodatek cementu,
 - delno nadomestilo cementa v betonu,
 - korektiv granulacijske sestave mineralnega agregata za beton,
 - surovino za lahki beton,
 - surovino za lahki agregat,
 - stabilizacijski material pri gradnji cest,
 - surovino za opeko ipd.

V Jugoslaviji je organizirana uporaba elektrofiltrskih pepelov zelo skromna; za SR Slovenijo lahko rečemo, da je trenutno minimalna in se je celo zmanjšala. To potrjuje podatek, da je bilo v letu 1984 od skupno proizvedenih 1.467.000 ton porabljenih 235.000 ton, v letu 1987 pa se je uporaba zmanjšala na manj kot 135.000 ton zaradi ustavitve proizvodnje zidakov.

V SR Sloveniji nastaja elektrofiltrski pepel v treh večjih in enem manjšem termoeenergetskem objektu, ki so lokacijsko razporejeni tako, kot je prikazano na sliki 1.

Po podatkih iz ankete, izvedene v letu 1985, je bila proizvodnja elektrofiltrskega pepela v SR Sloveniji v letu 1984 naslednja:



Slika 1. Lokacije termoeenergetskih objektov in cementarn v SR Sloveniji

Objekt	Proizvodnja
Te Šoštanj	1.000.000 ton
TE Trbovlje	280.000 ton
TE-TO Ljubljana	200.000 ton
TO Krško	52.000 ton

Glede na razmeroma skromne, nesistematično pridobljene podatke o lastnostih in sestavi slovenskih elektrofiltrskih pepelov pa vendarle lahko trdimo, da vsi trije pepeli kažejo poleg drugih možnih uporab primerno osnovno kakovost za uporabo kot pucolan pri proizvodnji gradbenih materialov, predvsem kot pucolanski dodatek pri proizvodnji cementa. Njihove osnovne karakteristike so za en naključni vzorec prikazane v preglednici 1.

ELEKTROFILTRSKI PEPEL KOT PUCOLANSKI DODATEK CEMENTU

Elektrofiltrske pepele razdelimo po kemični sestavi v štiri tipe (3,4), kakor je to podano v preglednici 2.

Le za elektrofiltrske pepele tipa I in II oz. F in C po standardu ASTM (5) velja, da imajo pucolanske lastnosti.

V primerjavi z gornjo razdelitvijo elektrofiltrskih pepelov po tipih jih lahko glede na kemično in mineraloško sestavo razdelimo tudi po aktivnosti, in sicer v dve skupini (6):

- pucolansko aktivne – z veliko SiO_2 in malo CaO . To so v glavnem elektrofiltrski pepeli tipa F. Po kemični in mineraloški sestavi so to silikatna stekla, ki vsebujejo aluminij, železo in alkalije. Malokristalne komponente so kremen, mulit, silimanit, hematit in magnetit;
- pucolansko-hidravlično aktivne – z veliko CaO . To so v glavnem elektrofiltrski pepeli tipa C. Po kemični in mineraloški sestavi so to silikatna stekla, ki vsebujejo precej kalcija; kristalne komponente so kremen in $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$, lahko tudi prosti CaO . V primerih večje količine sulfatov je mogoča tudi prisotnost CaSO_4 in $3\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaSO}_4$.

Preglednica 1: Osnovne karakteristike slovenskih elektrofiltrskih pepelov

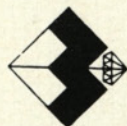
Karakteristika	Termoeenergetski objekt		
	Šoštanj EFP fini	Trbovlje EFP fini	Ljubljana EFP fini
Kemijska sestava, %			
Žarilna izguba	1,10	0,80	1,20
SiO_2	47,62	48,80	46,40
Al_2O_3	25,21	28,91	26,23
Fe_2O_3	8,69	8,84	7,07
CaO	10,63	6,62	12,70
MgO	2,50	2,29	2,45
SO_3	2,28	1,03	1,93
Alkalije kot Na_2O	1,97	2,74	1,87
Finost			
– delež zrn < 45 μm , %	67,3	38,3	41,1
– spec. površina, m^2/kg	442	265	282
Spec. teža, g/cm^3	2,15	2,10	2,18
Pucolanska aktivnost z apnom			
7 dni 55° C, (MPa)			
– upogibna trdnost	2,5	1,7	2,1
– tlačna trdnost	10,5	6,6	7,5
Ocena, TIP, razred	II, C	II, C	II, C

UNIVERZALNI GEOMETER

Instrument za niveliranje
N-ZKLU1 meri višinsko
razliko med dvema
točkama pri gradnji
visokih objektov, meri
horizontalne kote
in razdalje

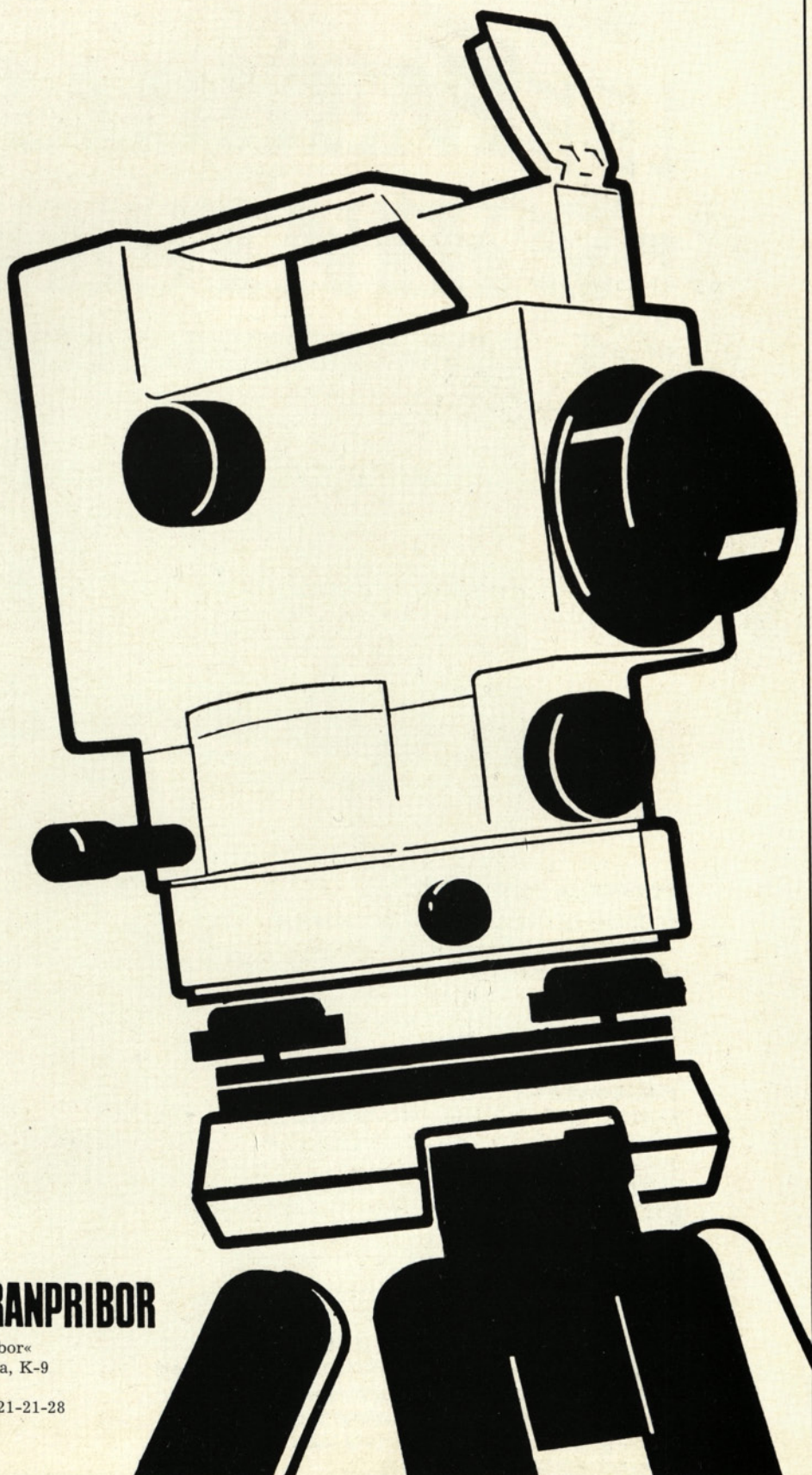
**UNIVERZALEN
ZELO PRECIZEN
IMA VISOKE
UPORABNE
LASTNOSTI**

Izredno se je izkazal
na gradbiščih, v rudnikih,
jamah, pri površinskih
kopih v vseh vremenskih
razmerah



SOJUZAGRANPRIBOR

V/O »Sojuzagranpribor«
SSSR, 103918 Moskva, K-9
Ul. Ogareva 5
telefon: 229-61-10, 221-21-28
teleks: 411437



40 LET
IBE

PODJETJE
ZA PROJEKTIRANJE
IN INŽENIRING P. O.
61001 LJUBLJANA Hajdrihova 4
Jugoslavija
tel. 214-533

PODROČJA DEJAVNOSTI

HIDROELEKTRARNE – VELIKE IN MALE
TERMoeLEKTRARNE IN TOPLARNE
JEDRSKE ELEKTRARNE
ODLAGALIŠČA RADIOAKTIVNIH ODPADKOV
DALJNOVODNI SISTEMI IN STIKALIŠČA
TRANSFORMATORSKE POSTAJE
FARMACEVTSKA INDUSTRIJA
PREHRAMBENA INDUSTRIJA
LESNO PREDELOVALNA INDUSTRIJA
KOVINSKO PREDELOVALNA INDUSTRIJA
PLINOVODI
SKLADIŠČA TEKOČIH GORIV
EKOLOŠKI SISTEMI ZA ČIŠČENJE VODA IN ZRAKA

PROJEKTANTSKO SVETOVALNE STORITVE

Predhodne raziskave, razvoj konceptov, planiranje,
predinvesticijske in investicijske študije, energetske
študije, racionalna raba energije, podloge za lokacijske
odločitve, varstvo okolja in krajinsko načrtovanje, vodenje
upravnega postopka, premoženjsko-pravne zadeve,
razpisna dokumentacija in oddajanje del, vodenje
izgradnje, projekti za gradnjo objekta, nadzor nad gradnjo,
prevzem objekta in obratovanje.