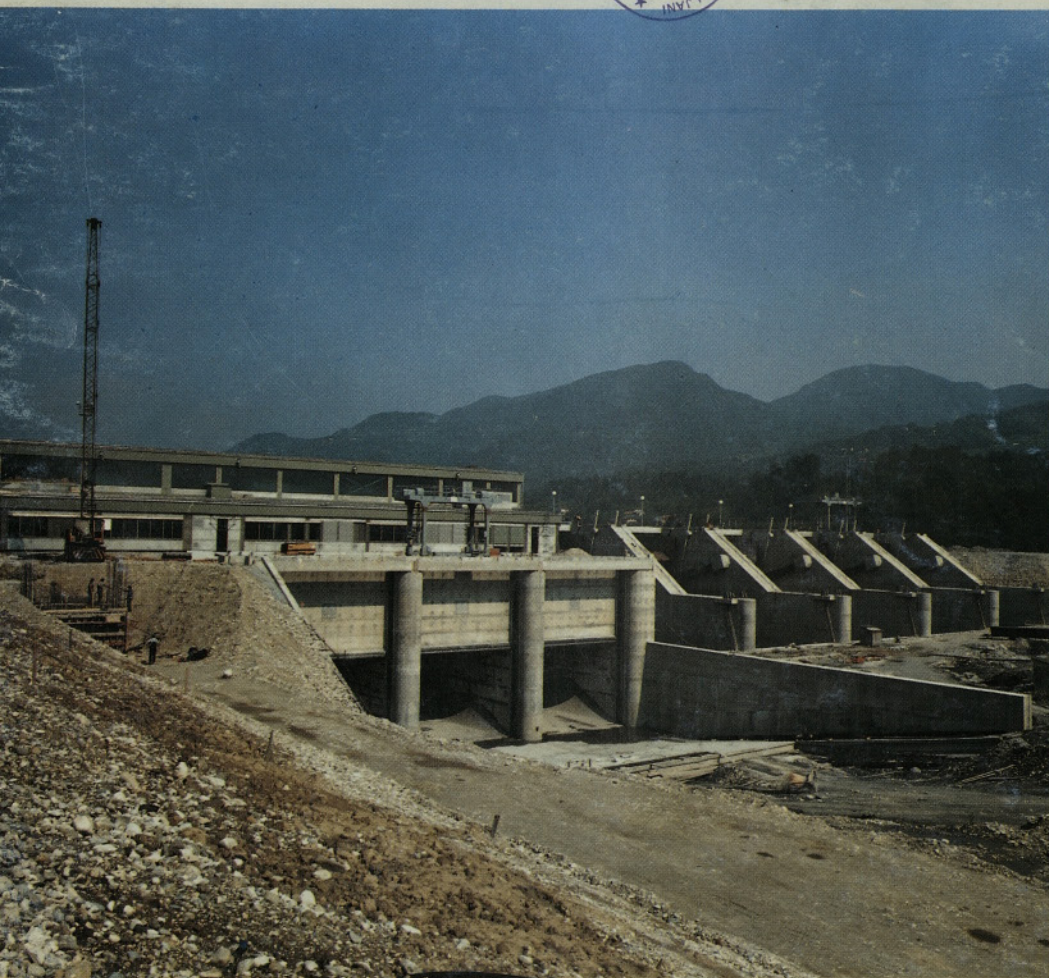


UDK-UDC 05:625;  
YU ISSN 0017-2774

LJUBLJANA,  
JULIJ-AVGUST, 1990

LETNIK XXXIX,  
STR.: 153-196

# GRADBENI VESTNIK 7-8



GIP GRADIS

HE VRHOVO V IZGRADNJI



**ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE**  
**LJUBLJANA, ERJAVČEVA ULICA 15 ; TEL.: 061/221 587**

---

**PRIPRAVLJALNI  
SEMINARJI  
ZA STROKOVNE  
IZPITE V  
GRADBENIŠTVU  
ZA LETO 1990**

- 6. seminar od 17.–21. septembra 1990
- 7. seminar od 22.–26. oktobra 1990
- 8. seminar od 19.–23. novembra 1990
- 9. seminar od 17.–21. decembra 1990

Prijavite se je treba približno en mesec pred pričetkom na naslov: **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Erjavčeva 15, 61000 Ljubljana**. Prijava je v obliki dopisa, z navedbo imena, naslova in poklica kandidata, datuma udeležbe seminarja in točnega naslova plačnika stroškov za udeležbo na seminarju. Račun izstavi po ugotovljeni udeležbi organizator.



# GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE  
ŠT. 7-8 • LETNIK 39 • 1990 • YU ISSN 0017-2774

## VSEBINA-CONTENTS

Članki, študije, razprave  
Articles, studies,  
proceedings

Sergej Bubnov:  
NEKAJ NAUKOV ZADNJIH POTRESOV . . . . . 154  
SOME LESSONS FROM THE RECENT EARTHQUAKES

Darinka Battelino, Marko Fašalek:  
MOŽNOSTI UPORABE METODE »JET GROUTING« V GRADBENIŠTVU . . . . . 159  
POSSIBLE APPLICATIONS OF JET GROUTING IN THE CONSTRUCTION  
INDUSTRY

Lojze Šubic:  
ZMANJŠANJE VPLIVOV CESTNEGA PROMETA NA OKOLJE . . . . . 167  
REDUCING OF ROAD TRAFFIC ENVIRONMENTAL IMPACTS

Tomislav Šibenik, Drago Sever:  
UMIRJANJE PROMETA V URBANIH PODROČJIH . . . . . 176

Ciril Stanič:  
SLOVENIJA IN TRANZITNE AVTOCESTE MED ZAHODNO IN SEVERNO  
EVROPO, JUGOSLAVIJO, BALKANOM IN AZIJO . . . . . 180

Poročila, obvestila  
Reports, Information

IN MEMORIAM: ANTON POLENŠEK . . . . . 182

Breda Kristovič:  
PRENOVA ZGRADBE »GAMBRINUS« . . . . . 183

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

Vlado Ljubič:  
GEOMETRIJSKO MODELIRANJE STAVB . . . . . 184  
THE GEOMETRICAL MODELLING OF THE BUILDINGS

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

Informacije Zavoda  
za raziskavo materiala  
in konstrukcij Ljubljana

Rudi Brinšek, Branko Belingar:  
NAČRTOVANI AVTOMATIZIRANI NAČIN TEHNIČNEGA OPAZOVANJA JEZOV  
V SLOVENIJI . . . . . 193  
THE PLANNED AUTOMATIC MONITORING OF DAMS IN SLOVENIA

Proceedings of the  
Institute for materials and  
structure research  
Ljubljana

Glavni in odgovorni urednik: Franc ČAČOVIČ

Lektor: Alenka RAIČ – Tehnični urednik: Dane TUDJINA

Uredniški odbor: Sergej BUBNOV, Vladimir ČADEŽ, Vojteh VLODYGA, Stane PAVLIN, Gorazd HUMAR, Ivan JECELJ, Andrej KOMEL, Branka ZATLER-ZUPANČIČ, Jože ŠČAVNIČAR, dr. Miran SAJE

Revija izdaja Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon: 221-587. Žiro račun pri SDK Ljubljana 50101-678-47602. Tiska Tiskarna Tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Celotna naročnina, skupaj s članarino za člane društev znaša 150,00 din. Za študente in upokojujence velja polovična cena. Naročnina za gospodarske naročnike za I. polletje 1990 znaša 1.000,00 din, za inozemske naročnike 80 US \$. Revija izhaja ob finančni pomoči RK za raziskovalno dejavnost in tehnologijo, Splošnega združenja gradbeništva in IGM Slovenije, Republiške vodne uprave, Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana in Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani.



# NEKAJ NAUKOV ZADNJIH POTRESOV

UDK 624.131.55

SERGEJ BUBNOV

## POVZETEK

Nezanesljivost seizmoloških podatkov (Tangshan, Armenija). Pomembnost vpliva lokalne geološke strukture tal na velikost seizmičnih obremenitev zaradi resonance, tudi pri veliki oddaljenosti od epicentra (Mexico). Neprimernost montažnih prefabriciranih sistemov, zlasti montažnih skeletov, zasnovanih na varjenju elementov (Armenija). Jedrski objekti v seizmičnih območjih (JE Krško). Pomen pripravljenosti na potres (Armenija, San Francisco).

## SOME LESSONS FROM THE RECENT EARTHQUAKES

## SUMMARY

Uncertainty of seismological data (Tangshan, Armenia). Influence of the local geological site conditions on the seismic actions, because of the resonance phenomenon, even at the great distance of the epicenter (Mexico). Prefabricated structures, based on the welding of elements, namely frame systems, are not reliable (Armenia). Importance of the earthquake preparedness (Armenia, San Francisco). Nuclear power plants in the seismic prove areas (N. P. P. Krško).

### 1. NEZANESLJIVOST SEIZMOLOŠKIH PODATKOV

Eden najhujših potresov po številu žrtev (več kot 250.000 mrtvih po uradnih podatkih in precej več po neuradnih) ne samo v našem stoletju, temveč najbrž v tem tisočletju, je bil 27. 7. 1976 v Tangshanu na Kitajskem. V svetovni strokovni javnosti je bilo le malo znanega o temeljnih seizmoloških parametrih tega potresa. Morda ne nazadnje tudi zato, ker so predstavniki Kitajske na nedolgo pred tem končanem meddržavnem sestanku UNESCO v Parizu, namenjenem zmanjševanju potresnega rizika in učinkov potresov, poročali, kako so kitajski seizmologi napovedali potres v Liaomingu (1975) in tako preprečili velikanske človeške žrtve (1). Potresa v Tangshanu, ki se je zgodil le nekaj mesecev kasneje, pa le niso napovedali. Po tangshanskem potresu so seizmologi napovedali potres v Pekingu, ki je spraval v paniko prebivalce Pekinga, vendar tega potresa sploh ni bilo.

Leta 1986, deset let po tangshanskem potresu, so Kitajci izdali obsežno monografijo o tem potresu z naslovom »The Tangshan earthquake of 1976«. Poleg številnih fotografij porušenih in poškodovanih objektov vsebuje monografija tudi nekaj seizmoloških podatkov. Najbolj osupljiv podatek je, da je Tangshan na seizmološki karti

Kitajske v območju 6. stopnje MKS lestvice, torej v praktično aseizmičnem področju. Potres je bil intenzitete 10.–11. stopnje MSK z magnitudo 7,8 (2).

Tudi pri nas seizmološke karte velikokrat niso pravilno določale seizmičnosti posameznih območij. Tako so imeli potresi v Skopju (1963), Banja Luki (1969) in Črnogorskem Primorju (1979) večjo intenziteto, kot so predvidevale seizmološke karte. Po vsakem od teh potresov so morali seizmologi tedaj veljavne karte popravljati in zvišati potresno intenziteto prizadetega območja (3).

Velik seizmološki lapsus se je zgodil tudi pri katastrofalnem potresu 7. 12. 1988 v Armeniji. Potres je imel v epicentru intenziteto 9–10 stopenj MSK lestvice. V najnovejši seizmološki karti SSSR iz leta 1980, ki jo je izdelovalo več kot 100 znanstvenikov in pri tem uporabilo 943 različnih strokovnih publikacij, je bil epicenter tega potresa znotraj območja 7. stopnje MSK lestvice, širše potresno območje pa v mejah 7. in 8. stopnje (4).

NE Krško je v enem izmed seizmološko najbolj aktivnih območij v Jugoslaviji (poleg Valandovega v Makedoniji). Seizmična aktivnost tega območja je bila že davno znana, ker je bilo v tem območju v preteklosti več potresov, od katerih so nekateri močno prizadeli Zagreb. Še bolj odločno so to potrdile seizmološke raziskave Balkana, ki so jih v okviru UNESCO in UNDP v letih 1974–1975 ločeno izdelali ameriški in sovjetski strokovnjaki (5). Zakaj je bila NE Krško locirana prav na tem območju, je vprašanje, ki še čaka na odgovor (sl. 1).

## 2. VPLIV LOKALNE GEOLOŠKE STRUKTURE TAL

Vpliv lokalne geološke in hidrogeološke sestave nosilnih tal na velikost seizmičnih obremenitev, ki ga je prvi v svetu podrobneje preučeval S. V. Medvedov, še vedno ostaja premalo raziskano področje v primerjavi z doseženimi rezultati pri raziskovanju dinamičnega odziva konstrukcij vnaprej dane potresne obremenitve. Dinamični parametri nadzemnih konstrukcij so veliko bolj znani kot dinamični parametri gibanja tal na določeni lokaciji, ki nastajajo zaradi potresov z različnimi koordinatami epicentrov in različnimi frekvenčnimi sestavi nihanja, ki se spreminjajo z razdaljo od epicentra. Ta problem je lažje rešljiv, če je znana lokacija potencialnega potresa, kot je to v Kaliforniji, kjer je lokacija potresnih žarišč vzdolž prelomnice St. Andreja znana. Veliko težje je ta problem reševati na Balkanu, zlasti v Jugoslaviji, kjer je razdrobljena blokavska geotektonska struktura, ki omogoča nastanek potresa domala povsod na ozemlju Jugoslavije.

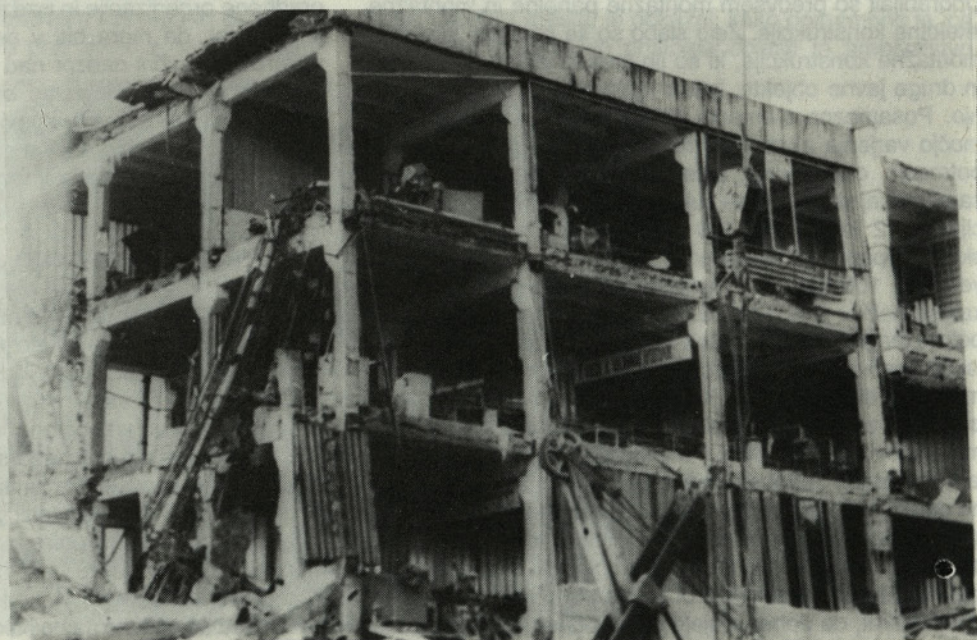
Izkušnje zadnjih potresov kažejo, da ima pojav resonance med nihanjem tal in nihanjem konstrukcije zelo velik pomen pri seizmični obremenitvi konstrukcije. Pojav resonance bistveno poveča te obremenitve v primerjavi z obremenitvami od istega potresa na lokacijah, kjer tega pojava ni. Razdalja prizadete lokacije od epicentra potresa pri tem ni odločujočega pomena. Značilen primer je bil potres v Mehiki (1985), ki je v 300 km od epicentra oddaljeni prestolnici povzročil veliko več škode in rušenj kot v samem epicentru. Ciudad Mexico je zgrajen na mehkih tleh izsušenega jezera, katerega prevalentna perioda nihanja je bila blizu lastni frekvenci nihanja 10–15 etažnih zgradb (ca. 1,5 sek). Pri potresu je nastala resonanca, ki je bistveno stopnjevala potresne sile v konstrukcijah in velikokrat povzročila njihovo rušenje (6).

Zato bi bilo treba več raziskovanja nameniti problemu nihanja tal v različnih geoloških, hidrogeoloških in tudi



Figure 10 - Acceleration with 70 percent probability of not being exceeded in 200 years

Slika 1. Karta verjetnih maksimalnih pospeškov na Balkanu (70% verjetnosti v 200 letih)



Slika 2. Montažni skeletni sistem v Armeniji

morfoloških pogojih pri različnih seizmogramih potresnega inputa. Iz takšne banke podatkov bi lahko jemali podatke za analiziranje nastanka resonance na posameznih lokacijah.

### 3. MONTAŽNI SISTEMI V SEIZMIČNIH OBMOČJIH

Potres 7. 12. 1988 v Armeniji je bil pravi preizkusni laboratorij za različne montažne sisteme pri potresni obremenitvi. Sovjetska zveza se je že takoj po vojni plansko odločila, da gradbeništvo tehnološko z gradbišč prenese v tovarne, kjer bi izdelovali elemente, ki jih na gradbišču samo montirajo. Šele sedaj so prišli do spoznanja, da je takšen način gradnje, če upoštevamo vse stroške opreme, strojev in prevozov, dražji kot navadna klasična gradnja.



Slika 3. Porušena montažna konstrukcija v Spitaku

Za gradnjo v seizmičnih območjih so uporabljali razne sisteme montažne gradnje glede na namen objekta. Uporabljali so predvsem montažne panelne in montažne skeletne konstrukcije. Zelo slabo so se izkazale skeletne montažne konstrukcije, ki so jih uporabljali za šole, vrtnice in druge javne objekte, kakor tudi za stanovanjsko gradnjo. Posamezne elemente so združevali v celoto s pomočjo varjenja elementov na stikih. Prav ti stiki so med potresom odpovedali. Sicer pa zadostuje, da odpove samo nekaj stikov, da se sukcesivno poruši cela konstrukcija (sl. 2 in 3). Od 120 osemnadstropnih montažnih skeletno-panelnih stanovanjskih stavb se jih je porušilo več kot 100 (sl. 4). Posledice tega potresa so bile katastrofalne. Več kot 25.000 mrtvih je zelo veliko za potres magnitude 6,9. Vzrok za takšno razdejanje je treba iskati predvsem v nesolidnosti gradbenih del. Sovjetski montažni sistemi, ki so jih uporabljali v Armeniji, so bili praktično preizkušeni v sovjetskih inštitutih za raziskavo materialov in konstrukcij. Projekti teh zgradb so bili izdelani z uporabo sodobnih metod projektiranja zgradb glede na dinamične seizmične obtežbe. Kljub temu te konstrukcije potresa niso vzdržale. Res je sicer, da je bil potres močnejši, kot je to določala seizmološka karta, toda ne glede na to se zgradbe ne bi smele porušiti. Pokazalo se je še enkrat, da dober projekt še ne pomeni tudi potresno



Slika 4. Skeletnopanelna montažna stanovanjska zgradba v Leninakanu (ena izmed redkih, ki se ni porušila)

varne zgradbe. Kakovost betona je bila daleč pod predpisano. Zvari stikov so bili pomanjkljivi. Odpovedale so gradbene organizacije in nadzorni organi. Špitalski potres je pokazal, da mora biti v seizmičnih območjih vpeljan najstrožji tehnični nadzor nad gradnjo, ki naj bi zagotovil popolno skladnost izvedbe s projektom. Tam, kjer takšnega nadzora iz kakršnihkoli razlogov ni mogoče zagotoviti, se je treba izogibati montažnim sistemom gradnje, ker je ta sistem veliko bolj ranljiv kot klasična gradnja.

### 4. POTRES NA OBMOČJU JE KRŠKO

Dne 28. 12. 1989 je bil v območju JE Krško potres z magnitudo 3,4 in intenziteto 6 stopenj po MSK lestvici. Če lahko sklepamo iz poročil dnevnega tiska, so JE takrat ročno ustavili »za vsak primer«. Pri enem izmed naknadnih potresov (»aftershock« z magnitudo 2,7, 5. 1. 1990), ki je bil šibkejši od glavnega sunka, se je JE samodejno ustavila. To ni povsem razumljivo, čeprav so predstavniki JE skušali kasneje pojasniti, zakaj se je JE samodejno ustavila pri šibkejšem potresu, ni se pa sama ustavila pri močnejšem potresu 28. 12. 1989. Morda senzorji takrat niso pravilno delovali? Kakorkoli že, območje JE Krško, eno izmed seizmično najbolj aktivnih območij v Jugoslaviji,

je neprimerno za lokacijo JE. Celotni potek izgradnje JE je bil napačen. Za izgradnjo jedrskih elektrarn v Jugoslaviji takrat nismo imeli nikakršnih predpisov. Glede na to, da je elektrarno gradil Westinghouse, smo se odločili, da upoštevamo ustrezne ameriške predpise (Regulation Guide 1.60). V smislu teh predpisov je treba pred pričetkom izgradnje sleherne JE izdelati predgradbeno varnostno poročilo PSAR (Preliminary Safety Assessment Report). Oceno poglavij PSAR-a za JE Krško 2.5.2 in 2.5.3 (ustreznost geoloških in seizmičnih podatkov) sem podal v poročilu z dne 25. 6. 1975 in zapisal, da je lokacija JE Krško glede na seizmičnost tega območja neprimerna. Vendar je bila takrat gradnja JE Krško že v teku (brez gradbenega dovoljenja, na podlagi lokacijske odločbe). V tem primeru je oblast kršila ne samo svoje lastne predpise za investicijsko gradnjo, temveč tudi v svetu običajni način priprave na gradnjo jedrskih elektrarn. Pri gradnji JE Caorso v Italiji (840 MW) je bil npr. PSAR pripravljen in potrjen l. 1968. Gradnja se je pričela l. 1970. PSAR je bil torej sprejet in potrjen dve leti pred pričetkom gradnje. Pri nas PSAR, ki je bil obravnavan 7. in 8. julija 1975 na sestanku v Kranjski gori, še pol leta po pričetku gradnje ni bil potrjen, ker je bil nepopoln (brez izračuna kontaminacije okolja in rešitve problema zagotovitve potrebne količine vode za hlajenje).

Presojati seizmično varnost JE Krško je zelo tvegana in problematična naloga. Pri tem je veliko neznanih dejavnikov, ki lahko vplivajo na varnost JE: že prej omenjena nezanesljivost seizmoloških napovedi, zlasti v našem geotektonskem prostoru, kakor tudi vprašanje kakovostnega nadzora pri gradbenih delih, zlasti pa pri montaži instalacij. Nevarnost lahko tudi nastane, če zaradi potresa odpove dotok vode za hlajenje ali kakšna druga večja okvara na instalacijah, ki so jih izvajala naša podjetja. Tudi pri JE Krško drži že prej povedana sintagma, da samo dober projekt še ne zagotavlja dobrega objekta.

Dejstvo je, da je zadnji potres v območju JE Krško povzročil paniko med prebivalstvom Krškega in okoliških naselij. To prebivalstvo je že prej živelo z nezaupanjem



Slika 5. Delno porušeni viadukt v San Franciscu

in strahom pred JE. Po potresu se je ta strah še povečal. Vprašanje je, ali ni osnovna naloga oblasti ravno v tem, da zagotovi svojemu prebivalstvu povsod in vselej življenje brez strahu.

## 5. POMEN PRIPRAVLJENOSTI NA POTRES

Potres, ki je dne 17. 10. 1989 prizadel San Francisco in druga okoliška mesta, je pokazal, kako pomembno je, če na potresnih območjih pristojne oblasti in prebivalstvo



Slika 6. Deformacija tal v Kaliforniji

računajo z možnostjo potresa. San Francisco je že leta 1906 preстал močan potres, ki je naredil veliko škodo (v glavnem zaradi požarov) in so potem v vsej Kaliforniji vpeljali predpise za protipotresno gradnjo. Teh predpisov so se projektanti in gradbeniki očitno tudi držali, kar je pokazal tudi ta potres z magnitudo 6,9, ki je povzročil le relativno majhno število žrtev (okrog 250) in še te v glavnem pri poružitvi viadukta, ki je nastala zaradi napake pri rekonstrukciji tega objekta v zvezi z izdelavo zgornjega voznega pasu (sl. 5). Tukaj se je pokazalo, da je izjemoma odpovedal nadzor nad gradnjo. Večina drugih objektov je ostala nepoškodovana. Po potresu je služba prve pomoči, tako tehnična kot medicinska, dobro delovala, kar je posledica dobre pripravljenosti službe civilne zaščite in rednih vaj za primer potresa vsega prebivalstva Kalifornije (sl. 6).

Potres v Armeniji enake magnitude 6,9 je zahteval več kot 25.000 žrtev. To je bila posledica nekakovostne gradnje in tudi nepripravljenosti civilne zaščite na potres.

## 6. SKLEPI

Izkušnje zadnjih potresov v svetu navajajo na naslednje sklepe:

- Seizmična rajonizacija kot osnova za dimenzioniranje potresne varnosti konstrukcij še vedno ni dovolj zanesljiva. Zato bi bilo umestno v protipotresnih predpisih držav s povečano seizmično aktivnostjo zmanjšati razlike med seizmičnimi obremenitvami posameznih stopenj intenzitete in tako približati potresne stopnje 7., 8. in 9. stopnje intenzitete.
- Intenzivirati je treba raziskave prevalentnih period nihanja na različnih lokacijah z različnimi geološkimi in hidrogeološkimi sestavi tal, da bi se pri dimenzioniranju konstrukcij lahko pravilneje upošteval pojav resonance.
- V seizmičnih območjih, kjer ni zagotovljen zanesljiv nadzor nad gradnjo, se je treba izogibati montažni gradnji, zasnovani izključno na varjenju elementov.
- Jedrske elektrarne locirati samo na aseizmičnih območjih, zlasti v državah, kjer seizmična rajonizacija potresnih območij ni zanesljiva.

## LITERATURA

1. UNESCO. 1976. Intergovernmental conference on the assessment and mitigation of earthquake risk. Final Report. Paris. SC/MD/53.
2. Zhu Chuanzhen. 1983. Reflection on events preceding the Tangshan earthquake of 1976. Proceeding of the Seminar on Earthquake Prediction Case Histories. UNDRO Geneva.
3. Bubnov S. 1969. Vpliv črnogorskega potresa na gradbene objekte. Gradbeni vestnik (28) Ljubljana, str. 182–192.
4. Bubnov S. 1989. Potres v Armeniji. Gradbeni vestnik (38). Ljubljana, str. 58–63.
5. Algermissen et al. 1975. UNESCO. Seismic Risk Evaluation of the Balkan Region. US Geological Survey. Goden. Colorado. 32 str.
6. Bubnov S. 1985. Nekatere značilnosti potresa v Mehiki. Gradbeni vestnik (34). Ljubljana, str. 1761–179.



# MOŽNOSTI UPORABE METODE »JET GROUTING« V GRADBENIŠTVU

UDK 624.159.4

DARIŃKA BATTELINO, MARKO FAŠALEK

## POVZETEK

V prvem delu članka so prikazane osnove injektiranja tal pod visokimi tlaki »jet grouting« in možnosti uporabe te metode v gradbeništvu. V drugem delu je podrobneje opisana sanacija tal s to metodo pod temelji stare zgradbe v Ljubljani.

## POSSIBLE APPLICATIONS OF JET GROUTING IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY

## SUMMARY

In the first part of the article the basic concepts of jet grouting are described as well as the range of possible applications in the construction industry. In the second part a more detailed description is given of the strengthening using this method of ground beneath the foundations of a building in the old part of Ljubljana.

## UVOD

Vse večje pomanjkanje dobro nosilnih in stabilnih tal, ki jih smemo uporabljati za zazidavo, ter potreba po zaščiti okolja ter zemeljskega in vodnega bogastva terjata, da se večji objekti ter odlagališča za ekološko nevarne snovi gradijo na manj kakovostnih ter slabo nosilnih temeljnih tleh. Prav tako vedno bolj naraščata potreba in želja, da bi se zaščitili in sanirali zgodovinski spomeniki in zgradbe. Uporaba terenov, katerih osnovne fizikalne karakteristike ne zadoščajo za prevzem dodatne obtežbe objektov oziroma stabilnost za razna zemeljska dela v večjih globinah povzročata – kljub do sedaj znanim številnim in dobro razvitim stabilizacijskim tehnikam (klasično injektiranje pri nizkih tlakih, izdelava apnenih slopov, temeljenje na pilotih ipd.) – velike probleme za kakovostno in ekonomično gradnjo.

Na podlagi ugotovljenih pomanjkljivosti teh znanih metod je bila razvita globinska stabilizacija tal z injektiranjem pri zelo visokih tlakih – »JET GROUTING«, ki pomeni najnovjši razvoj injekcijske tehnike. Osnovna prednost te

metode je, da lahko stabiliziramo slojevito zemljinjo, kjer so sloji lahko razpokana skala, gramoz, peski, melji in celo srednje stisljive koherentne zemljine; tega s konvencionalnimi postopki injektiranja, naj bodo ti še tako izpopolnjeni in dragi, ne moremo izvesti, ker je injekcijska masa vedno sledila plastem oziroma žilam z večjo prepustnostjo, pri zelo drobnozmernih zemljinah – koherentnih zemljinah z majhno prepustnostjo pa je bila sploh neuporabna. Z uporabo preproste cementne suspenzije, ki pod tlakom 20 do 700 barov razbije osnovno strukturo zemljine ter se z njo pomeša, se bistveno poveča nosilnost in zmanjša prepustnost temeljnih tal, tako da se izdelajo slopi stabilizirane zemljine.

»Jet grouting« so prvi začeli uporabljati Japonci v začetku leta 1970 (W. Nakanishi, Yahiro in Yoshida 1973, Miki 1973, Miki et al. 1980). Leta 1976, ko se je uporaba tega sistema stabilizacije tal razširila v Italijo, Francijo, Švico, Venezuelo in ZDA, je od japonskega sistema ostala samo osnovna ideja. V Evropi se je razvila izpopolnjena tehnologija tako glede uporabe injekcijskih mešanec kakor tudi možnosti povečanja tlakov injektiranja. Italijansko podjetje Pacchiosi je v sodelovanju z Japonci izdelalo sestavljeno avtomatizirano aparaturu, katere elementi omogočajo izvedbo vseh posameznih faz, od vrtnja prek priprave injekcijske mase do elektronsko vodenega injektiranja pod visokim tlakom. Ta aparatura je omogočila tudi hitro in poceni injektiranje, kar je druga prednost te metode. Z

### Avtorja:

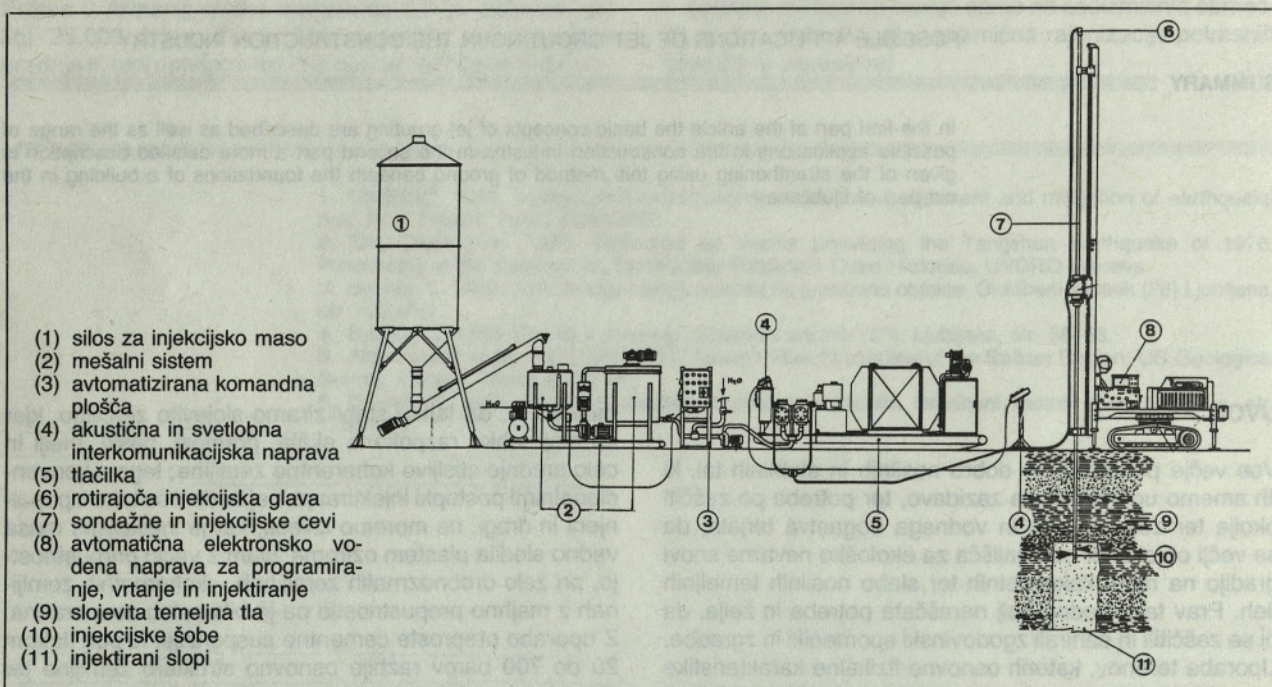
prof. dr. Darinka Battelino, dipl. gradb. inž., FAGG Ljubljana, TOZD Gradbeništvo  
Marko Fašalek, dipl. gradb. inž., Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij

osnovnim sistemom »jet grouting«, pri katerem vbrizgavamo samo cementno suspenzijo, lahko izdelamo slope s premerom do 2 m (običajno je premer slopa od 0,5 m do 1,2 m). Pri izpopolnjeni dvofazni tehniki – kjer se predhodno vtiskujeta zrak in voda oziroma samo zrak ali samo voda, ki zemljinu »izpere«, nato pa zapolnijo praznine s cementno suspenzijo – lahko izdelamo slope tudi do premera 3 m. Te lahko pustimo nearmirane ali pa jih poljubno armiramo.

Leta 1988 je stroj za enofazni sistem »jet grouting« nabavil ZRMK, TOZD Geotehnika, in ga doslej že večkrat uporabil pri zahtevnih gradbenih delih.

### SHEMATIČNI PRIKAZ INJEKTIRANJA

Shematični prikaz avtomatizirane naprave za injektiranje pod visokimi tlaki – »jet grouting« – je prikazan na sliki 1.

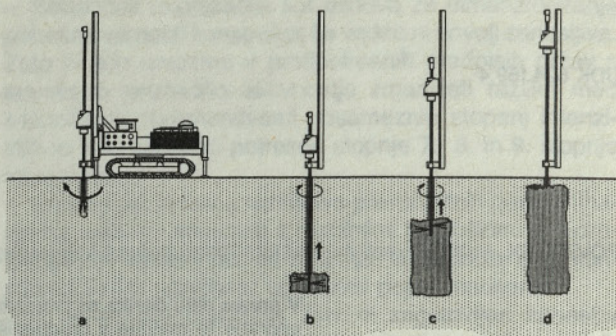


Slika 1. Shema standardne naprave

Slop se izdelava v delovnih fazah, kakor je to shematično prikazano na sliki 2. V prvi fazi izvrtamo vrtino z majhnim premerom do zahtevane globine. Vrtalna naprava omogoča prehod tako skozi vsako vrsto zemljine kakor tudi skozi skale samice, ki so lahko v tleh. Spodnji del naprave, ki je opremljena z vrtalno glavo, ima tudi poseben nastavek, na katerem je ena ali več šob, postavljenih pravokotno na os sonde (slika 2a). V drugi fazi (slika 2b) začnemo med dvigovanjem celotnega sistema vbrizgavati injekcijsko maso pod zelo visokim tlakom ob hkratnem rotiranju cevi. Parametri, ki vplivajo na dimenzijo (premer  $D$ ) izdelanega slopa, so: tlak, s katerim vtiskujemo injekcijsko maso ( $P$ ), čas injektiranja ( $t$ ), ki ga uravnavamo s hitrostjo dvigovanja in številom vrtljajev cevi, strižne odpornosti temeljnih tal ( $\tau$ ), premera šob ( $d$ ) in gostote

injekcijske mase ( $\eta$ ). Postopek izvajamo toliko časa, da izdelamo celoten slop (2c).

$$D = D(P, t, \tau, d, \eta)$$



Slika 2. Stopnje izdelave slopa

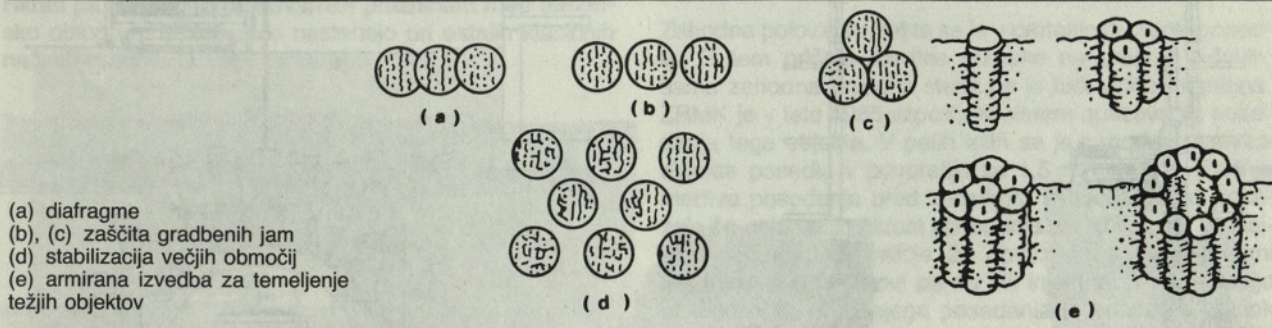
Pri metodi s trisistemskim postopkom (zrak, voda, cementna mešanica) izvrtamo vrtino, ko pridemo do zaželene globine, in vanjo pogreznemo injekcijsko cev, ki ima na koncu glavo z dvosistemskimi šobami. Spodaj so šobe za brizganje injekcijske mase, neposredno nad njimi pa šobe, ki brizgajo vodo ali bentonitno mešanico in zrak ali pa samo vodo oziroma samo zrak, s čimer razbijemo osnovno strukturo zemljine in odstranimo najfinejšo frakcije le-te; nastale praznine takoj nato zopolni injekcijska masa. Uporabljajo se lahko zelo različne injekcijske mase, od cementnih in koloidnih suspenzij, umetnih smol do čiste kemične raztopine, vendar se s pojemajočo prepustnostjo zemljine povečujeta tehnična in ekonomska nezanesljivost. Če uporabimo za merilo prepustnosti koeficient prepustnosti tal ( $k$ ), potem je prepustnost  $10^{-3}$  cm/s mejna prepustnost za uporabo silikatnih injekcijskih mas, pre-

pustnost  $10^{-5}$  cm/s pa mejna vrednost za večino dragih injekcijskih mas na osnovi umetnih smol. Pri manjših prepustnostih je potrebna uporaba trifaznega sistema injektiranja. Uporabljajo se lahko razni dodatki, ki povzročajo nabrekanje injektiranih mas (pri potrebnem dvigovanju posameznih delov objekta).

Od namena uporabe so odvisne shema izdelave slopov (slika 3) in armirana oziroma nearmirana zemljina.

– Posebno pomembna je zaščita globokih gradbenih jam ob že obstoječih objektih ter stabilizacija tal za gradnjo podzemnih železnic v urbanem naselju (sliki 5a in 5b).

– Zelo ekonomična je uporaba metode »jet grouting« za stabilizacijo slabo nosilnih temeljnih tal na velikih površinah, na primer pod nasipi ali pri objektih z velikimi tlorisnimi površinami, in za stabilizacijo plazečih pobočij (slika 6a) ter izvedbo veznih delov sider (slika 6b).



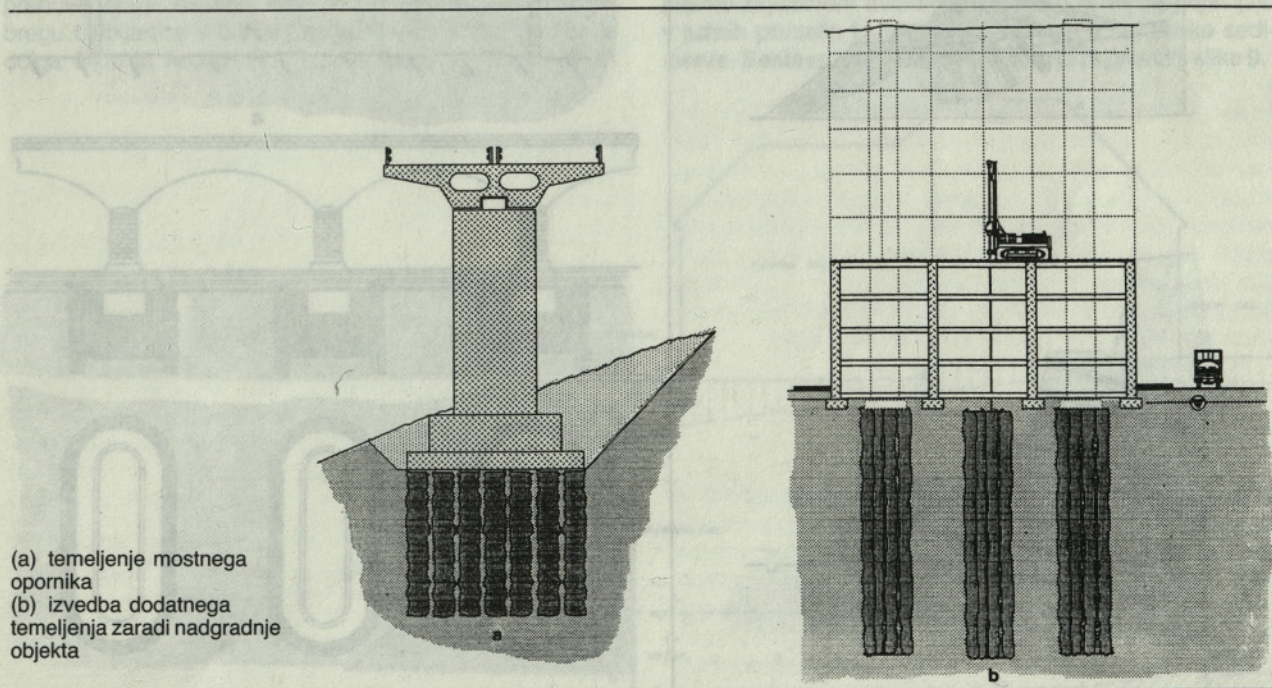
(a) diafragme  
 (b), (c) zaščita gradbenih jam  
 (d) stabilizacija večjih območij  
 (e) armirana izvedba za temeljenje težjih objektov

Slika 3. Shema izdelave slopov

**UPORABA METODE »JET GROUTING«**

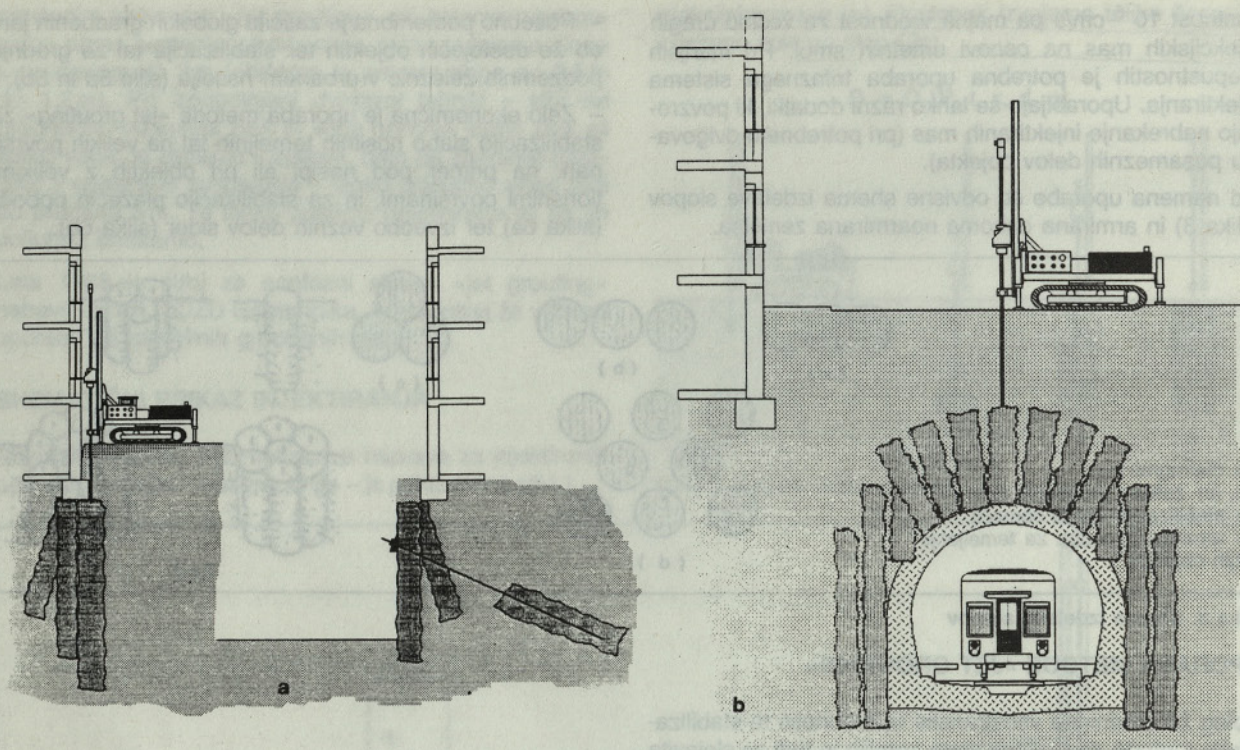
Poleg že omenjene vsestranske uporabnosti te stabilizacijske metode za različne vrste zemljin in tudi za slojevita temeljna tla, je vsestranska tudi tehnična uporabnost, ki je prikazana z nekaterimi primeri:

– Uporaba posameznih slopov ali slopov v skupini kot globok način temeljenja novih objektov oziroma kot sistem sanacije temeljenja že obstoječih objektov in pri nadgradnjah starih objektov (sliki 4a in 4b).

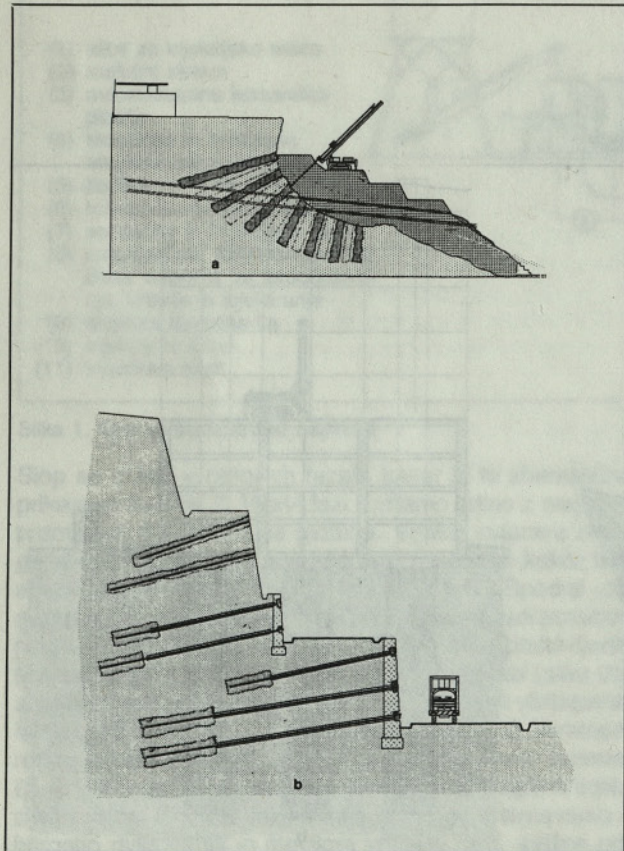


(a) temeljenje mostnega opornika  
 (b) izvedba dodatnega temeljenja zaradi nadgradnje objekta

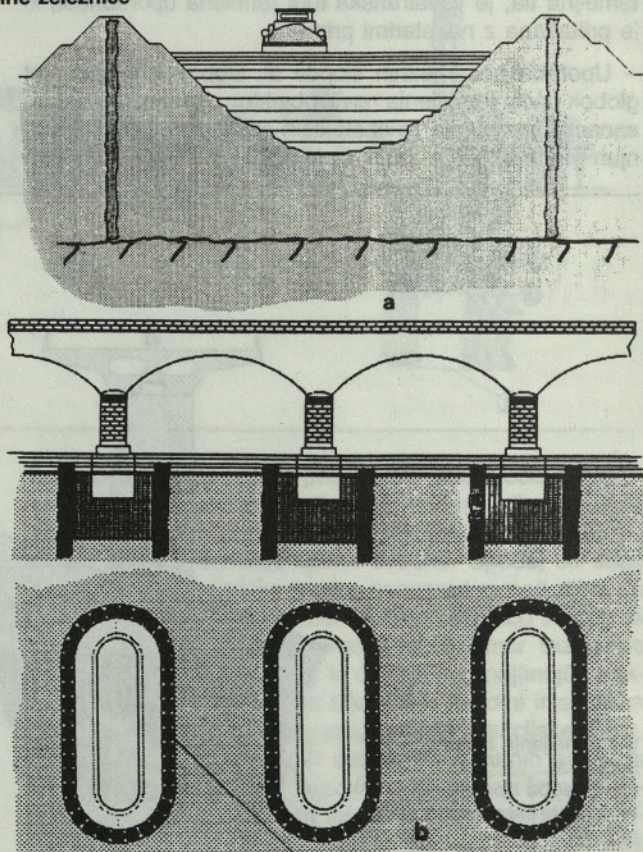
Slika 4. Temeljenje objektov



Slika 5. (a) zaščita globoke gradbene jame, (b) gradnja podzemne železnice



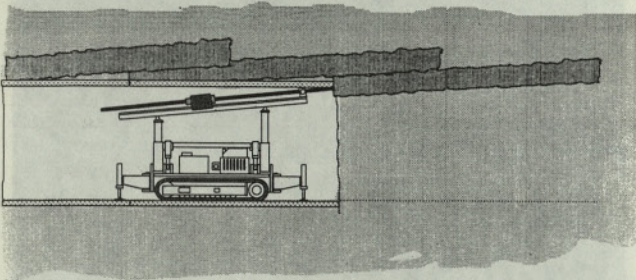
Slika 6. (a) stabilizacija plazov, (b) izvedba veznih delov sider



Slika 7. (a) diafragma, (b) povečana nosilnost temeljev ter protierozijska zaščita

– Izdelava diafragem je eno izmed najbolj razvitih področij uporabe tega načina stabilizacije temeljnih tal. Uporablja se za izdelavo samostojnih za vodo neprepustnih diafragem kakor tudi za kombinirano uporabo, kjer je diafragma nosilni in za vodo neprepustni element (slika 7) ter hkrati protierozijska zaščita.

Pri gradnji tunelov pod nivojem podtalnice s to metodo posebni opaž ter dodatne hidroizolacije niso potrebni. Hkrati pa se izognemo nevarnim prazninam med temensko oblogo in zemljino, ki nastanejo pri ostalih klasičnih načinih gradnje tunelov (slika 8).



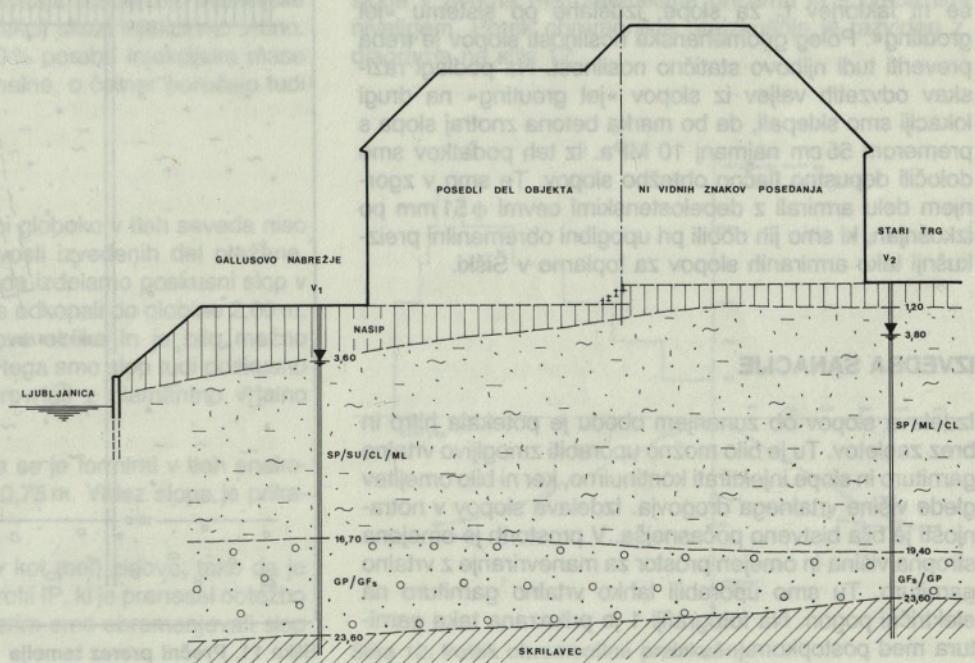
Slika 8. Stabilizacija in hidrozaščita tunela, grajenega pod gladino podtalnice

### SANACIJA TEMELJEV NEENAKOMERNO POSEDLE STAVBE V LJUBLJANI S SLOPI PO SISTEMU »JET GROUTING«

Pri revitalizaciji stavb v stari Ljubljani je predvidena tudi prenova stare mestne hiše iz 17. stoletja na desnem bregu Ljubljanice v bližini Čevljarkega mostu. Stavba je dolga 34 m in široka 11 m ter visoka okoli 17 m. Ima tri

nadstropja: pritličje in dve nadstropji; visoko podstrešje ni izkoriščeno. Zidovi in stropi so različne sestave glede na različna obdobja gradnje. Debelina zidov znaša od 0,30 m do 0,90 m in so sezidani iz opeke in kamna v apneni malti. V apneni malti so tudi kamniti temelji, katerih globina se precej spreminja. Najgloblji je temelj zahodne fasadne stene proti Ljubljani, kjer je globina temelja 4 m. Ostali temelji so plitvejši in njihova globina se manjša v smeri proti Staremu trgu.

Zahodna polovica objekta se je v preteklosti precej posedla. O tem pričajo številne razpoke na prečnih zidovih, sama zahodna fasadna stena pa je tudi vidno nagnjena. ZRMK je v letu 1985 vzpostavil sistem opazovanja posedanja tega objekta. V petih letih se je zahodna polovica objekta posedla v povprečju za 1,5 mm na leto. Zadnje meritve posedanja pred začetkom sanacije pa so pokazale še celo večjo hitrost posedanja. Pred več kot petnajstimi leti je bilo pritličje že povezano s prednapetimi jeklenimi vezmi, zidovi pa so bili injektirani. Ta sanacija ni preprečila nadaljnega posedanja in odpiranja razpok na objektu. Zaradi tega je ZRMK izvedel ob tem objektu detaljne geomehanske preiskave, ki so obsegale vrtnanje treh sondažnih vrtin do trdne podlage, laboratorijske preiskave odvzetih vzorcev in terenske preiskave »in situ«. Poleg tega je bilo v objektu ob temeljih odkopanih še pet sondažnih izkopov. S temi preiskavami smo ugotovili globino in sestavo temeljev ter sestavo tal. Ob zahodni fasadi je 3,60 m nasipa, pod njim so do globine 16,70 m plasti drobnih peskov, meljev in meljastih glin. Peščene plasti so rahle meljaste in glinaste, plasti pa so lahko do srednje gnetne. Prodnata plast se začne v globini 16,70 m, pod prodom v globini 23,60 m pa siv permokarbonski skrilavec. Vrhnje plasti so značilni poplavno-zaježitveni sedimenti Ljubljani, ki se pojavljajo v južnih predelih Ljubljane na prehodu v barjanske sedimente. Sestava tal pod tem objektom je razvidna s slike 9.



Slika 9. Sestava tal pod objektom

## KONCEPT SANACIJE

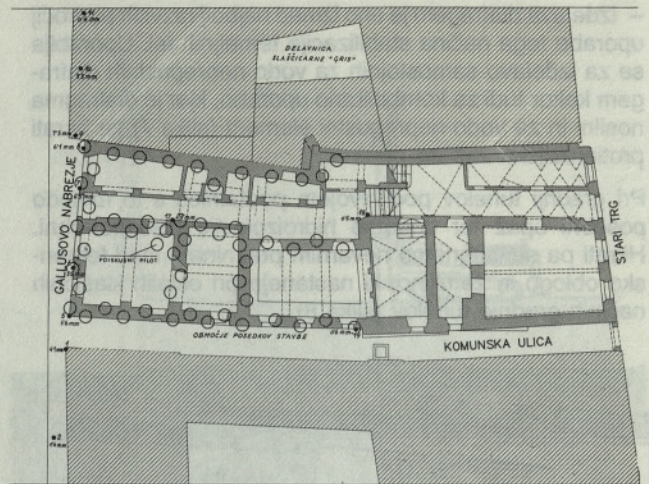
Pred vsako sanacijo temeljev, ki se posedajo, moramo ugotoviti vzroke. Kljub dokaj obsežnim preiskavam in številnim izkopom ob temeljih neposrednega vzroka za posedanje zahodne polovice tega objekta nismo mogli ugotoviti. Sklepali smo, da je lahko vzrok za posedanje počasno izpiranje tal, ki je deloma povezano z nihanjem gladine Ljubljance in deloma z morebitnimi podzemnimi tokovi vode v smeri od grajskega hriba proti Ljubljanci. Šele med sanacijo se je pokazalo, da so zahodno polovico objekta postavili na lesene pilote, ki so že strohneli. Med vrtnjem za izdelavo nekaj slopov po sistemu »jet grouting« smo namreč pod temelji naleteli na strohnen les. Odločili smo se, da vse nosilne zidove v pritličju, ki se posedajo, podpremo s slopi »jet grouting« do take globine, da bo dno slopov že nižje od dna Ljubljance. S tako globino slopov smo hoteli preprečiti vplive nihanja gladine Ljubljance na posedanje tega objekta. Kljub precejšnji globini slopov so ti še vedno v vrhnjih poplavno-zajezitvenih sedimentih Ljubljance. Slope smo razporedili cikcak pod nosilnimi stenami pritličja (slika 10) in jih zavrtali skozi kamnite temelje v tla pod čimbolj strmim kotom, kar je razvidno iz prereza na sliki 11.

Nosilnost slopov smo določili po običajnih izračunih, ki se uporabljajo v geomehaniki za izračun trenjskih pilotov. Pri slopih »jet grouting« je pomembna tudi pravilna ocena premera slopa, ki bistveno vpliva na njegovo nosilnost.

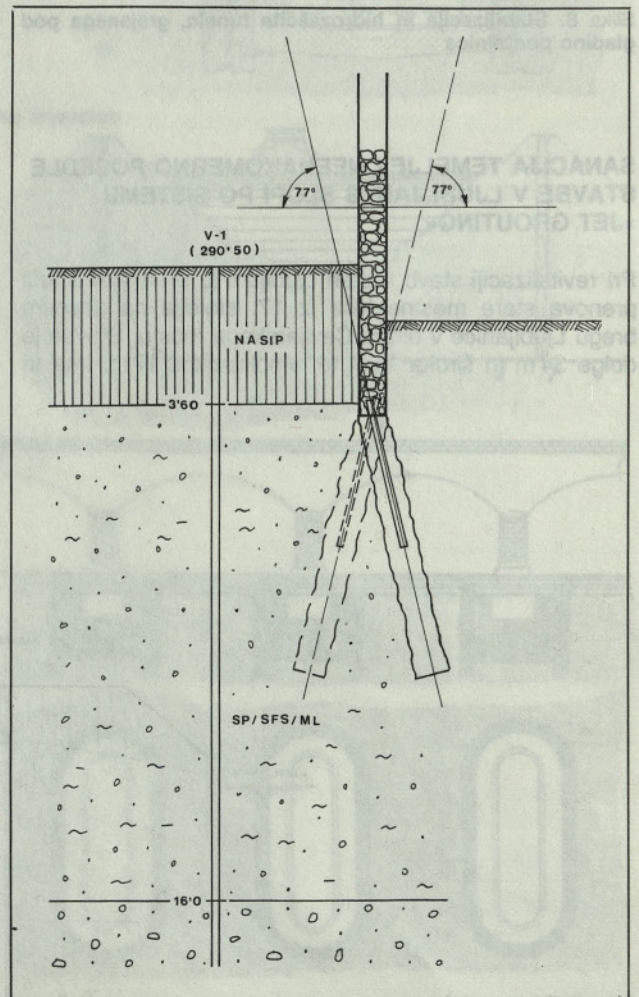
Na podlagi diagramov proizvajalca opreme in lastnih izkušenj smo ocenili, da lahko pričakujemo v opisanih tleh slope premera od 0,70 m do 0,80 m. Poleg tega na nosilnost trenjskih slopov bistveno vpliva tudi adhezija med plaščem slopa in zemljo. Adhezijo smo ocenili na podlagi nedrenirane strižne trdnosti, ugotovljene z laboratorijsko krilno sondo, in faktorja  $f_c$  iz literature. V literaturi še ni faktorjev  $f_c$  za slope, izdelane po sistemu »jet grouting«. Poleg geomehanske nosilnosti slopov je treba preveriti tudi njihovo statično nosilnost. Na podlagi raziskav odvzetih valjev iz slopov »jet grouting« na drugi lokaciji smo sklepali, da bo marka betona znotraj slopa s premerom 55 cm najmanj 10 MPa. Iz teh podatkov smo določili dopustno tlačno obtežbo slopov. Te smo v zgornjem delu armirali z debelostenskimi cevmi  $\phi 51$  mm po izkušnjah, ki smo jih dobili pri upogibni obremenilni preizkušnji tako armiranih slopov za toplarno v Šiški.

## IZVEDBA SANACIJE

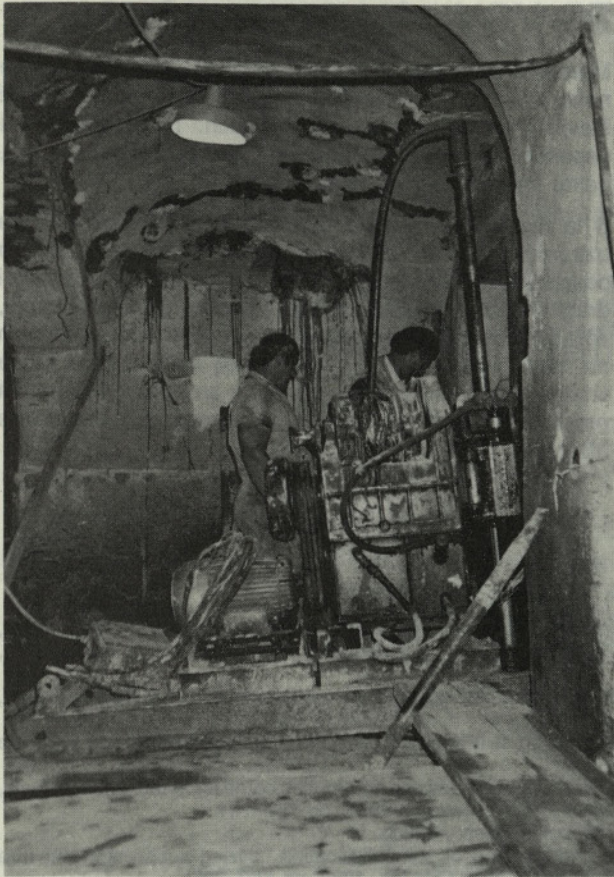
Izdelava slopov ob zunanjem obodu je potekala hitro in brez zapletov. Tu je bilo možno uporabiti zmogljivo vrtno garnituro in slope injektirati kontinuirno, ker ni bilo omejitev glede višine vrtnega drogova. Izdelava slopov v notranjosti je bila bistveno počasnejša. V prostorih je omejena stropna višina in omejen prostor za manevriranje z vrtno garnituro. Tu smo uporabili lahko vrtno garnituro na električni pogon. Na fotografiji 1 je prikazana taka garnitura med postopkom.



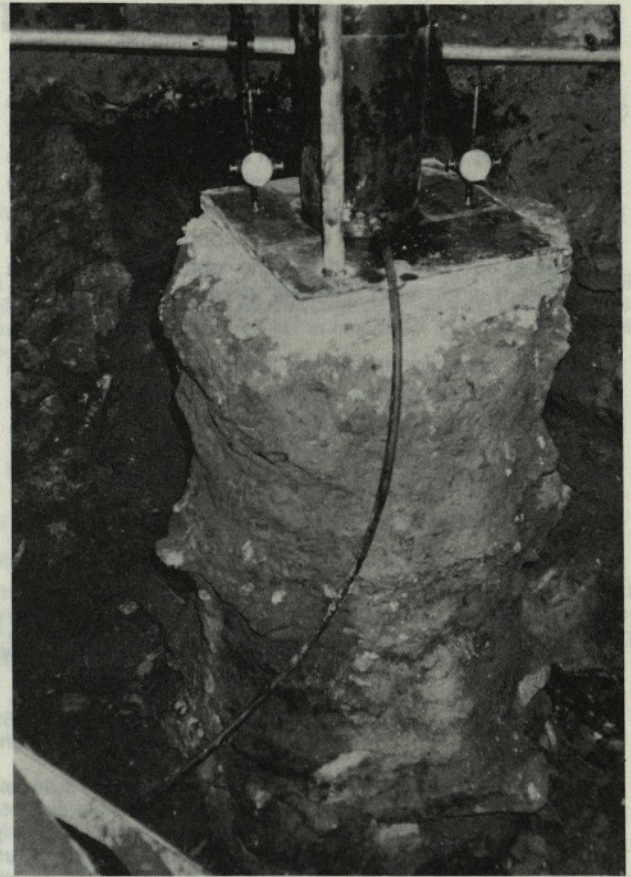
Slika 10. Razporeditev pilotov



Slika 11. Prečni prerez temelja



Fotografija 1. Vrtalna garnitura med postopkom



Fotografija 2. Videz slopa

Injektiranje slopov je potekalo z vmesnimi prekinitvami zaradi krajšanja vrtalnega drogova. Med injektiranjem tal po tem postopku pride do izlivanja suspenzije injekcijske mase in glinasto meljastih frakcij skozi injekcijsko vrtino. Te izgube so znašale 15–20% porabe injekcijske mase in so za take materiale normalne, o čemer poročajo tudi drugi avtorji.

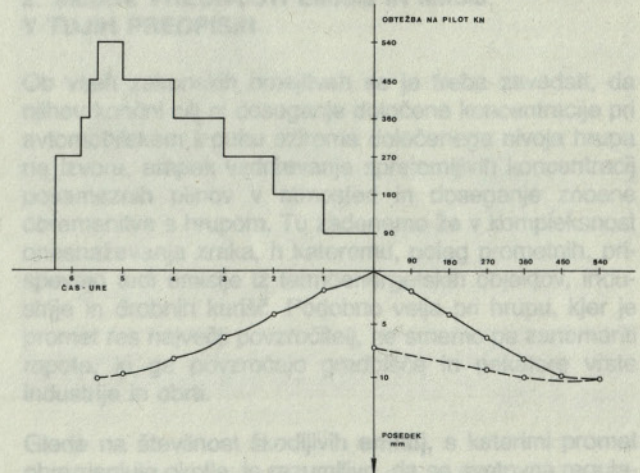
### KONTROLA KAKOVOSTI

Injektirana tla in izdelani slopi globoko v tleh seveda niso vidni, zato je kontrola kakovosti izvedenih del otežena. Zaradi tega smo se odločili, da izdelamo poskusni slop v objektu. Ta slop smo kasneje odkopali do globine 2,00 m, tako da je bila vidna njegova oblika in je bilo možno izmeriti premer slopa. Poleg tega smo slop tudi poskusno obremenili in ga kasneje prevrtali z diamantno vrtalno krono 20 cm iz središča.

Ob odkopu smo ugotovili, da se je formiral v tleh enakomeren valjast slop premera 0,75 m. Videz slopa je prikazan na fotografiji 2.

Poskusni slop smo situirali v kot med zidove, tako da je bilo možno v zidove vzdati profil IP, ki je prenesel obtežbo s hidravličnega bata – s katerim smo obremenjevali slop – na nosilne zidove stavbe.

Obremenilno preizkušnjo smo izvajali po predlogu mednarodnega standarda. Med njo smo merili posedanje glave slopa z dvema mikrometskima uricama in s preciznim nivelirjem. Potek obremenilne preizkušnje je razviden z diagrama na sliki 12.



Slika 12. Potek obremenilne preizkušnje

Pri obtežbi 540 kN so začela popuščati ležišča nosilca IP v zidovih, tako da smo morali obremenjevanje prekiniti. Slop se je pri tej obtežbi posedel za okrog 7,00 mm, elastična deformacija pa je znašala 3,00 mm. Z diagrama na sliki 12 je razvidno, da še zdaleč ni bila dosežena porušitev slopa v geomehanskem smislu. Na odkopanem slopu tudi še ni bilo vidnih nobenih razpok, ki bi kazale na morebitne tlačne porušitve betona slopa. V naših predhodnih izračunih smo izračunali dopustno obremenitev slopa 356,00 kN. Z doseženo obtežbo 540 kN na poskusnem slopu smo dokazali, da so bili naši izračuni pravilni.

Uspešnost sanacije temeljev kontroliramo tudi z občasnim merjenjem posedanja na reperjih, vgrajenih že leta 1985. Zadnje meritve kažejo, da se je posedanje začelo umirjati, vendar bomo z meritvami še nadaljevali.

## SKLEP

Metoda injektiranja pod visokimi tlaki »jet grouting« je nova metoda in se je pokazala kot zelo uporabna pri številnih gradbeno-geotehničnih delih. To potrjujejo tudi uspešne rešitve, ki jih je ZRMK dosegel v letu in pol, odkar imamo na voljo tako opremo.

S to metodo je mogoče uspešno sanirati stare objekte oziroma preprečiti njihovo neenakomerno in čezmerno posedanje. V konkretnem primeru, ki je tudi opisan, bi bili drugi klasični postopki sanacije temeljev (podbetoniranje, vgraditev vtisnjenih pilotov »Mega«) dosti bolj zahtevni in na meji izvedljivosti. Z uporabo bolj izpopolnjene lahke vrtnalne garniture, posebej prirejene za delo v omejenem prostoru, bi delo pri sanaciji v notranjosti potekalo še hitreje.

## LITERATURA

1. F. Aschieri, M. Jaiolkowski, R. Tornaghi: Case history of a cut-off wall executed by jet grouting, Proceedings of the 8<sup>th</sup> European Conference on Soil Mechanics and Foundations Engineering, Helsinki, pp 121–125.
2. G. K. Burke, R. A. Heller, L. F. Johnsen: Jet grouting for underpinning "The Cutting Edge", Geotechnical News, march 1989, pp 25–28.
3. D. B. Coomber, P. W. Wright: Jet grouting at felixtowe Docks, Ground Engineering, julij 1984, pp 19–24.
4. A. L. Garassino: Uso delle colonne in terra stabilizzata con jet-grouting come elemento provvisoriale, XV convegno nazionale di geotecnica – Spoleto, maggio 1983, pp 156–161.
5. Jet grouting technology equipments experiences, katalog.
6. M. Shibazaki, S. Otha: A unique underpinning of soil solidification utilizing super-high pressure liquid jet, Confgrouting in geotech. eng. ASCE New Orleans, 1982, pp 680–396.
7. V. Štruel, F. Vidic, A. Petkovšek, R. Brinšek: Interakcija tal in konstrukcij, Raziskovalna naloga, ZRMK, 1988, pp 37.
8. R. Tornaghi, A. Perelli Cippo, G. Rodio: Soil improvement by jet grouting for the solution of tunnelling problems, Milano, 1989, pp 265–275.
9. M. Fašalek: Projekt sanacije temeljev objekta Stari trg 32 v Ljubljani, Projekt ZRMK, DN: 2-279/89.



# ZMANJŠEVANJE VPLIVOV CESTNEGA PROMETA NA OKOLJE

LOJZE ŠUBIC

## POVZETEK

Onesnaženje in degradacija okolja zaradi prometa sta v svetu že dosegla obseg, ki je nujno spodbudil ukrepe v smeri energetsko varčnejšega in okolju prijaznejšega cestnega prometa. Izhajajoč iz analize teh ukrepov so v članku predlagane teze za oblikovanje kriterijev in usmeritev, ki bi bili uporabni pri cestnoprometnem planiranju v Sloveniji.

## REDUCING OF ROAD TRAFFIC ENVIRONMENTAL IMPACTS

## SUMMARY

Environmental pollution and degradation in the world caused by the traffic, have reached the extent which urgently encourages the measures for energy saving and environmentally friendly road traffic. Referring to the analysis of those measures, the paper proposes the thesis as the basis for defining the criteria and directions, to be of use with road and traffic planning in Slovenia.

## 1. UVOD

Škodljivi vplivi cestnega prometa na okolje so lahko zelo raznoliki. Prizadenejo lokalna, bolj ali manj od prometnic oddaljena področja, kakor tudi globalne razmere na našem planetu. Več o njihovem nastanku in posledicah smo pisali na drugem mestu (1), medtem ko se ta članek ukvarja z možnostmi, ki jih imamo, da bi vplive zgrajenega cestnega omrežja in prometa na njem zadržali na znosnem nivoju. Članek je bil izdelan na osnovi širše študije, ki jo je IB Elektroprojekt v letu 1989 izdelal po naročilu Skupnosti za ceste Slovenije, DS Ljubljana.

Izkušnje razvitih držav, ki imajo večjo tradicijo pri izdelavi ekoloških ocen prometa in njegove infrastrukture kažejo, da se planerji in projektanti bolj ukvarjajo z vplivi, kot sta hrup in onesnažen zrak, manj pa s t. i. mehкими področji ekologije, kot so npr. ohranjanje kulturne in naravne dediščine, varovanje zaščitenih kmetijskih zemljišč in območij vodnih virov, vizualni vplivi itd., ki jih je mnogo težje kvantificirati.

Takšno stanje zagotovo ne ustreza dejanskim razmeram med temi vplivi na okolje, saj po nekaterih virih npr. ni

mogoče primerjati človekovega dobrega počutja (odsotnost hrupa in z njim povezanega stresa) z nedotaknjenim naravnim okoljem. Po viru 2 ima namreč uničenje gozda ali pa vodnega naravnega okolja tako negativne učinke, da problem hrupa v primerjavi z njimi izpade zanemarljiv.

Naj to drži ali ne, v vsakem primeru je treba vplivom cestnega prometa in infrastrukture, ki jih ni možno kvantificirati, nameniti enako pozornost, čeprav bo njihova obravnava praviloma subjektivna. Odločitve na tem področju segajo že v sfero politične odgovornosti.

## 2. MEJNE VREDNOSTI EMISIJ IN IMISIJ V TUJIH PREDPISIH

Ob vseh zakonskih omejitvah se je treba zavedati, da njihov končni cilj ni doseganje določene koncentracije pri avtomobilskem izpuhu oziroma določenega nivoja hrupa na izvoru, ampak vzdrževanje sprejemljivih koncentracij posameznih plinov v atmosferi in doseganje znosne obremenitve s hrupom. Tu zadenemo že v kompleksnost onesnaževanja zraka, h kateremu, poleg prometnih, prispevajo tudi emisije iz termoenergetskih objektov, industrije in drobnih kurišč. Podobno velja pri hrupu, kjer je promet res največji povzročitelj, ne smemo pa zanemariti ropota, ki ga povzročajo gradbišča in nekatere vrste industrije in obrti.

Glede na številnost škodljivih emisij, s katerimi promet obremenjuje okolje, je razumljivo, da se svetovna regulativa ukvarja s tistimi izbranimi, pri katerih je pričakovani

Avtor:  
Lojze Šubic, dipl. gr. inž., IB Elektroprojekt, Hajdrihova 4,  
Ljubljana

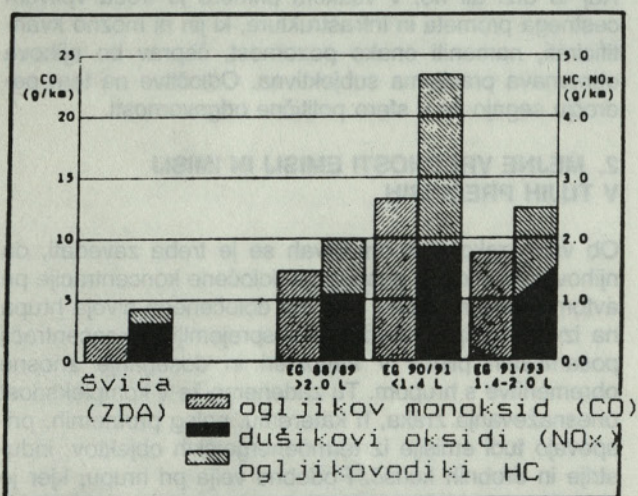
riziko največji. Najpogosteje se navajajo:

- ogljikov monoksid (CO),
- dušikovi oksidi (NO<sub>x</sub>),
- ozon (O<sub>3</sub>),
- ogljikovodiki (HC),
- svinec (Pb),
- žveplov dioksid (SO<sub>2</sub>),
- prah in
- hrup.

Za analizo hrupa ter onesnaženja zraka in vode obstaja v svetu vrsta modelov, ki služijo kot pripomoček za kvantificiranje vplivov. Vrednosti, ki jih s pomočjo teh modelov izračunamo za posamezen projekt, je treba primerjati z numeričnimi vrednostmi, ki jih predpisi označujejo kot sprejemljivo mejo. Glede na razmeroma hitro zaostrovanje kriterijev, ki je po eni strani posledica povečanega zavedanja o vrednotah okolja, po drugi pa napredka v tehnologiji, podajamo v tem poglavju vrednosti, ki jih predpisujejo v EGS, Švici in Združenih državah Amerike. Ostrejšje omejitve v slednjih državah so posledica večje ekonomske moči in samostojnosti v odločanju, v nasprotju z državami Evropske gospodarske skupnosti, kjer je močno prisoten kompromis med državami članicami. V celoti pa lahko predstavljene vrednosti smatramo kot reper, ki se mu bomo kot država morali slej ko prej približati.

### 2.1. Dovoljene emisije in imisije izpušnih plinov

Slika 1 (3) kaže dovoljene količine izpušnih plinov (ogljikov monoksid, dušikovi oksidi, ogljikovodiki) pri serijskem osebнем avtomobilu, kot jih predvidevajo predpisi Evropske gospodarske skupnosti, primerjane z vrednostmi iz švicarskih predpisov iz oktobra 1987, ki so povzete po ameriškem predpisu iz leta 1983.



Slika 1. Dovoljene količine izpušnih plinov pri serijskem avtomobilu – v predpisih Evropske gospodarske skupnosti, Švice in ZDA

Vir: (3)

Švicarske vrednosti so glede na vrsto emisije in prostornino avtomobilskega motorja 2 do 6-krat manjše od tistih

pri EGS, s tem da švicarske omejitve že veljajo, v EGS pa bo uvajanje postopno do leta 1993. Tako so bile pri avtomobilih s prostornino motorja, večjo od 2 l, predpisane meje uveljavljene za vse nove modele avtomobilov, medtem ko jih pri vseh novih avtomobilih upoštevajo od oktobra 1989.

Pri manjših avtomobilih se je EGS očitno težje sporazumela o dovoljenih emisijah, kar se kaže tako v dogovorjenih dovoljenih mejah, ki so precej višje, kakor tudi v rokih, v katerih jim morajo novi modeli avtomobilov oziroma sploh vsi novi avtomobili zadostiti.

Vse navedene meje emisij so dosegljive samo z vgraditvijo oksidacijskih (CO, HC) oziroma trosmernih katalizatorjev (NO<sub>x</sub>) v osebne avtomobile, tj. z večjo osnovno ceno avtomobila. Vgradnja predpostavlja uporabo neosvinčenega bencina, ker samo ta zagotavlja učinkovito delovanje katalizatorja. Pri tem pa je važno poudariti, da 100-procentnega čiščenja tudi s temi ukrepi ni mogoče doseči. Z množico hladnih startov avtomobila se učinkovitost katalizatorjev v mestni vožnji še dodatno zmanjša.

Najnovejši švicarski predpisi določajo meje dovoljenih emisij z ozirom na vrsto motornih vozil – preglednica 1 (3).

Preglednica 1. Mejne vrednosti emisij za različna motorna vozila po najnovejših švicarskih predpisih (v g/km oziroma v g/kWh\*)

Vir: (3)

Vrsta motornega vozila	Datum veljavnosti predpisa	Mjerne vrednosti			
		CO	HC	NO <sub>x</sub>	prašni delci
osebni avto	1. 10. 88	2,1	0,25	0,62	0,124
	1. 10. 88	6,2	0,5	1,40	0,370
dostavni avto	1. 10. 90	6,2	0,5	1,10	0,162
	1. 10. 87	8,4*	2,1*	14,4*	–
tovornjak	1. 10. 91	4,9*	1,23*	9,0*	0,7*
	1. 10. 87	8,0	7,5	0,1	–
motor	1. 10. 87	13,0	3,0	0,3	–
	1. 10. 90	8,0	3,0	0,1	–
motorno kolo	1. 10. 88	0,5	0,5	0,1	–

Zanimive so omejitve pri tovornih avtomobilih, ki jih evropski predpisi še ne navajajo oziroma govore le o pavšalnem zmanjšanju emisij: od 1. 4. 1988 dalje (za nove tipe motorjev) oziroma od 1. 10. 1990 (za vse nove motorje) naj bi se za 20% zmanjšale emisije CO in NO<sub>x</sub> ter za 30% emisije HC.

Emisije svınca v okolico se zelo zmanjšajo z uporabo neosvinčenega bencina, katerega uporaba je že predpisana v Švici in ZR Nemčiji. V celoti pa emisije niso odpravljene, ker je v gorivu še vedno dovoljen ostanek svınca, in sicer maksimalno 13 mg/l.

Poudariti je treba, da vgrajevanje katalizatorjev v vse avtomobile ni ukrep, ki bi bil izvedljiv v kratkem roku.

Četudi bi za nove avtomobile takoj predpisali vgraditev katalizatorjev, bi trajalo kar nekaj časa, da bi bil celotni vozni park opremljen z njimi oziroma, da bi kako drugače dosegli zmanjšane emisije pri vseh avtomobilih. Po podatkih za ZR Nemčijo je npr. leta 1988 že 94% pri njih izdelanih avtomobilov in kombijev imelo zmanjšane emisije škodljivih snovi z vgrajenimi katalizatorji ali na kak drug način. Pri celotnem številu nemškega voznega parka je to pomenilo 33% »čistejših« avtomobilov, k čemur so pripomogle tudi predhodne davčne spodbude za vgraditev katalizatorjev v starejše avtomobile.

Upoštevanje nemški primer je tudi pri nas že prišlo do pobude slovenskega Izvršnega sveta za zmanjšanje osnovnega davka na promet za osebne avtomobile s katalizatorji in za znižanje osnovnega davka na neosvinčen bencin, ki pa na zvezni ravni ni bila sprejeta. Prizadevanja v tej smeri bo treba nadaljevati.

Maksimalne imisijske koncentracije škodljivih primesi v zraku, kot jih določa ameriški standard, so prikazane v preglednici 2 (4).

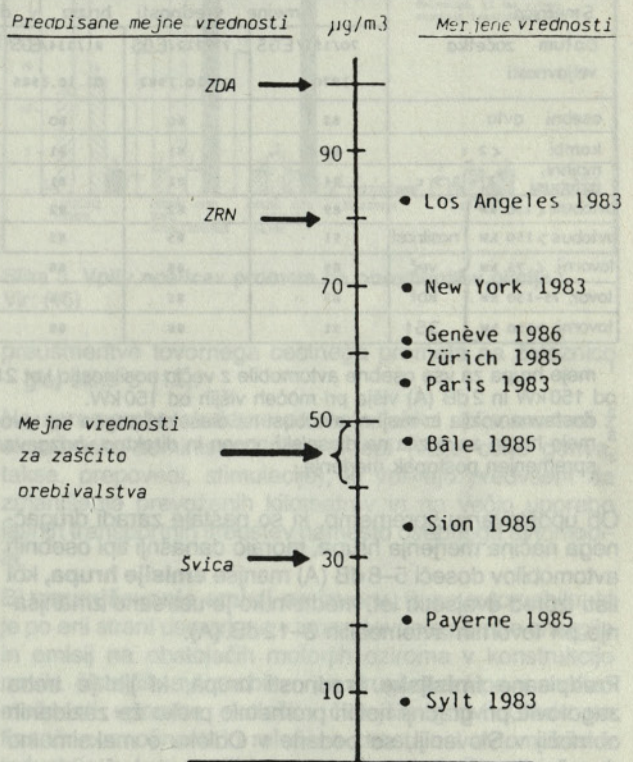
Preglednica 2. Imisijske vrednosti po ameriškem standardu  
Vir: (4)

Polutant (1)	Povprečni čas (ur) (2)	Primarni standard μg/m <sup>3</sup> (ppm) (3)	Sekundarni standard μg/m <sup>3</sup> (ppm) (4)
Prašni delci	letno (geometrijska sredina) 24 <sup>b</sup>	75	60
		260	150
Žveplovi oksidi	letno (geometrijska sredina) 24 <sup>b</sup>	80 (0,03)	—
		365 (0,14)	—
	3 <sup>b</sup>	—	1.300 (0,5)
Ogljikov monoksid	8 <sup>b</sup>	10 <sup>+</sup> (9)	10 <sup>+</sup> (9)
	1 <sup>b</sup>	40 <sup>+</sup> (35)	40 <sup>+</sup> (35)
Dušikovi oksidi	letno (aritmetična sredina)	100 (0,05)	100 (0,05)
Ozon	1 <sup>b</sup>	235 (0,12)	235 (0,12)
Ogljikovodiki (brez metana) <sup>a</sup>	3 (6–9 a.m.)	160 (0,24)	160 (0,24)
Svinec	3 meseci	1,5	

+ : v mg/m<sup>3</sup>  
a: ni zdravstveni standard; vodilo za kontrolo ozona  
b: ne sme biti prekoračena več kot enkrat na leto  
po: Council on Environmental Quality

Upoštevanje primarnega standarda je potrebno za zaščito zdravja ljudi, medtem ko sekundarni standard služi zaščiti okolja nasploh. Razlika je najbolj vidna pri poluciji s prašnimi delci, kjer primarni standard predstavlja minimalni nivo, ki ga zahtevajo zdravstveni razlogi, sekundarni standard pa naj bi preprečil onesnaževanje zgradb, slabo vidljivost in degradacijo materialov.

Imisije dušikovih oksidov, ki so v veliki meri pogojene s cestnim prometom, so bolj striktno kot v ZDA omejevana v ZRN in še zlasti v Švici. Tudi vrednosti, ki jih priporoča Svetovna zdravstvena organizacija (WHO) za zaščito prebivalstva, so za polovico nižje kot tiste v ZDA – slika 2 (5). Direktiva EGS, kateri naj bi se približali z jugoslovanskimi oz. slovenskimi predpisi, pa je milejša in sicer določa mejno vrednost 200 μg/m<sup>3</sup>.



Slika 2. Imisije dušikovih oksidov – NO<sub>x</sub> (letno povprečje NO<sub>2</sub>)  
Vir: (5)

Po viru 6 pri nas ne posvečamo dovolj pozornosti onesnaževanju zraka zaradi prometa z motornimi vozili. Obstoječi jugoslovanski pravilnik (7) omejuje le delež CO v izpušnih plinih vozil z bencinskim motorjem in obarvanost izpušnih plinov vozil z dieselskim motorjem – je torej nepopoln in zastarel. Prav tako je pri nas še vedno dovoljena prodaja in registracija vozil (wartburg), katerih emisije močno prekoračujejo evropske predpise.

Na področju imisij predlaga D. Hrček (6), da Slovenija čim prej novelira odlok o mejnih vrednostih škodljivih primesi v zraku in ga po možnosti uskladi s smernico SDČVJ 153 (8), če ustreza evropskim smernicam s tega področja. Glede na zvezni zakon, ki je v nastajanju, bi SR Slovenija po potrebi lahko uveljavljala strožje kriterije.

Glede na objavo RKVOUP smo v Sloveniji dejansko že pred izidom novega odloka o dovoljenih imisijah, ki za imisije dušikovih oksidov določa mejno vrednost 120 μg/m<sup>3</sup> (kot 98-percentil urnih vrednosti v obdobju enega leta), s katero smo ostrejši od zahtev evropske direktive. Za imisije svineca pa je predvidena mejna vrednost 1 μg/m<sup>3</sup>.

## 2.2. Dovoljene emisije in imisije hrupa

Cestni promet je največji vir hrupa, ki mu je podvržen človek. Motorno vozilo kot neposredni vir hrupa je podvrženo vedno ostrejšim omejitvam, kar se vidi iz razvoja smernic Evropske gospodarske skupnosti – preglednica 3 (9).

Smernica Datum začetka veljavnosti	mejne vrednosti hrupa v dB(A)				Zahtevano zmanjšanje hrupa	
	70/157/EGS 1970	77/212/EGS 01.10.1982	81/334/EGS <sup>1)</sup> 01.10.1985	84/424/EGS <sup>1)</sup> 01.10.1989 <sup>2)</sup>		
osebni avto	82	80	80	77 <sup>3)</sup>	5 - 8	
kombi < 2 t	84	81	81	78 <sup>3)</sup>	6 - 9	
majhni avtobusi 2 - 3,5 t	84	81	81	79 <sup>3)</sup>	5 - 8	
avtobus < 150 kW	89	82	82	80	9 - 11	
avtobus > 150 kW	nosilnost več	91	85	85	83	8 - 12
tovornj. < 75 kW		89	86	86	81	8
tovor. 75-150 kW	kot	89	86	86	83	6 - 10
tovornj. > 150 kW	35 t	91	88	88	84	8 - 12

<sup>1)</sup> meje hrupa za vse osebne avtomobile z večjo nosilnostjo kot 2 t je za 1 dB (A) višja pri močeh nižjih od 150 kW in 2 dB (A) višja pri močeh višjih od 150 kW.

<sup>2)</sup> dostavna vozila in majhni avtobusi na dieselski pogon ter tovornjaki – 1 leto pozneje.

<sup>3)</sup> meje hrupa za vozila na dieselski pogon in direktno vbrzganje so za 1 dB (A) višje.

<sup>4)</sup> spremenjen postopek merjenja.

Ob upoštevanju sprememb, ki so nastale zaradi drugačnega načina merjenja hrupa, morajo današnji tipi osebnih avtomobilov doseči 5–8 dB (A) manjše emisije hrupa, kot tisti izpred dvajsetih let, medtem ko je ustrezno zmanjšanje pri tovornih avtomobilih 8–12 dB (A).

Predpisane imisijske vrednosti hrupa, ki jih je treba zagotoviti pri gradnji novih prometnic preko že zazidanih območij v Sloveniji, so podane v Odloku o maksimalno dovoljenih ravnih hrupa za posamezna območja naravnega in bivalnega okolja ter za bivalne prostore (10). Preglednica 4 primerja vrednosti iz tega odloka z vrednostmi, ki jih podaja objava bavarskega ministrstva za notranje zadeve (11) z dne 20. 12. 82. Vrste območij, ki jih ščitimo pred hrupom, v obeh predpisih niso identične, vendar je opaziti razmeroma dobro ujemanje dovoljenih ravnih hrupa. Za čisto stanovanjska območja je dovoljena raven hrupa po naših predpisih višja za 3 dB (A), kar je praktično v okviru dovoljene tolerance.

V Švici so dovoljeni nivoji cestnega hrupa natančneje diferencirani (12). Imisijske mejne vrednosti, ki so primerljive s tistimi iz preglednice 4, služijo za presojo obstoječe situacije, s tem da njihova prekoračitev utemeljuje potrebnost sanacije. Poleg tega definirajo tudi t. i. planske in alarmne vrednosti nivoja hrupa. Planske vrednosti so nižje od imisijskih in veljajo kot kriterij za izločitev novih gradbenih zemljišč ter za projektiranje novih cest. Alarmne vrednosti so višje od imisijskih mejnih vrednosti in veljajo kot kriterij za presojo nujnosti sanacijskih ukrepov, pogojujejo pa v danih primerih tudi pasivne ukrepe na stavbah (izolacijska zasteklitev).

P. Gspan (13) navaja, da naš predpis (14), ki določa dovoljene ravni hrupa izpušnih sistemov motornih vozil,

Preglednica 3. Mejne vrednosti hrupa za motorna vozila, kot jih predpisuje EGS  
Vir: (9)

Preglednica 4. Mejne vrednosti imisij hrupa pri cestni novogradnji po slovenskem odloku (10) in objavi bavarskega ministrstva (11)

A) odlok (10) – tabela III		Maksimalno dovoljena ekvivalentna raven hrupa dB (A)	
Stopnja zahtevnosti	Vrsta območja	podnevi	ponoči
		I.	Okolje zdravilišč
II.	Turistično rekreacijska območja, okolje bolnišnic in okrevališč	60	50
III.	Čisto stanovanjsko območje, okolje šol, vzgojnovarstvenih ustanov in ustanov osnovne zdravstvene službe, javne zelene in rekreacijske površine v mestih (otroška igrišča, šolski vrtovi, javni parki)	65	55
IV.	Trgovsko-poslovno-stanovanjsko območje ter stanovanjsko območje ob prometnicah do globine 50 m od sredine zunanega voznega pasu oziroma od drugih virov hrupa, definiranih v stopnjah zahtevnosti V. in VI.	70	60

B) objava bavarskega notranjega ministrstva (11) (tabela F 16: Imisijske mejne vrednosti pri novogradnji ceste)		podnevi (6–22 <sup>h</sup> )	ponoči (22–6 <sup>h</sup> )
	Ob bolnišnicah, šolah, zdraviliščih in domovih za ostarele	60 dB (A)	50 dB (A)
	V čistih in sploh stanovanjskih območjih in območjih z majhnimi naselji	62 dB (A)	52 dB (A)
	V mestnih jedrih, vaških in mestnih območjih	67 dB (A)	57 dB (A)
	Področja obrti	72 dB (A)	62 dB (A)

zaostaja za tehničnimi možnostmi in za sodobnimi predpisi v razvitih državah. Ugotavlja tudi odsotnost programa, ki bi pri nas predvidel hitrejše prilagajanje tem predpisom.

Za imisijske predpise ugotavlja v splošnem dobro usklajenost s tujimi predpisi, vendar predlaga bolj dinamično prilagajanje izkušnjam, možnostim in dosežkom v svetu.

### 3. UKREPI ZA ZMANJŠEVANJE VPLIVOV / NA OKOLJE

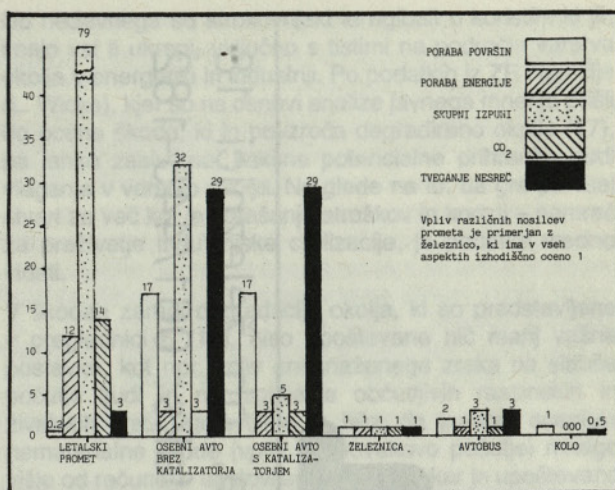
Z dovoljenimi količinami emisij in imisij, ki jih določajo tehnični predpisi, družba samo na en način opredeljuje svoj odnos do okolja.

Pri škodljivih vplivih, ki jih ne moremo kvantificirati, se mora odnos pokazati drugače. Možnosti so:

- v vnaprejšnji določitvi naravne in kulturne dediščine, obdelovalnih zemljišč I. kategorije in podobno, ki jih je v skladu s sprejetim zakonom ali predpisom treba posebej varovati;
- v analizah ekološkega rizika oziroma presoji vplivov na okolje, ki so narejene od primera do primera v okviru analiz strategije razvoja prometa ali pa pri primerjavi alternativ za planiranje nove cestne trase.

V vsakem primeru se skrb za zmanjševanje škodljivih vplivov cestnega prometa prične mnogo prej, kot je promet sploh nastal. Varstvo okolja je namreč postalo dejavnik, ki poleg gospodarskih že bistveno vpliva na razvoj cestnega prometa. Aktivnosti za celovito varovanje človekovega okolja, navedene v začetku poglavja, se na operativnem nivoju nanašajo na dve skupini ukrepov, ki sta usmerjeni v energetsko varčnejši in okolju prijaznejši promet:

A) **planiranje in prometna politika**, ki zmanjšujeta oziroma spreminjata strukturo prometa. Možnosti na tem področju vključujejo urbanistično planiranje, ki omogoči opravljanje človekovih aktivnosti (delo, spanje, sprostitve) na čim manjšem prostoru ter uvajanje informacijskih tehnologij, kar oboje lahko v precejšnji meri zmanjša potrebe po prometu. Drug aspekt je izbira prometnih sredstev: pešačenje in uporaba kolesa na krajših razdaljah lahko v mestnem prometu močno pripomoreta k spremenjeni strukturi. V daljinskem prometu pa lahko bistveno zmanjšanje pričakujemo od prehoda na večjo uporabo javnega prometa (avtobus, železnica) ter večje



Slika 3. Vpliv nosilcev prometa na obremenitev okolja  
Vir: (15)

preusmeritve tovornega cestnega prometa na železnico – glej sliko 3 (15).

Na spremembo strukture prometa lahko vplivamo tudi z ekonomsko-administrativnimi ukrepi (višje cene goriva, takse, prepovedi, stimulacije), ki vplivajo predvsem na zmanjšanje prevoženih kilometrov in na večjo uporabo javnih transportnih sredstev namesto osebnega avtomobila.

B) **zmanjševanje emisij na izvoru**, tj. na avtomobilu, ki je po eni strani usmerjeno v zmanjševanje porabe energije in emisij na obstoječih motorjih oziroma v konstrukcijo novih, čistejših avtomobilov, po drugi strani pa v analizo možnosti uporabe ekološko čistejših goriv. Glede na finančne zmožnosti in relativno zaostalost avtomobilske industrije v Jugoslaviji bomo na tem področju verjetno z nekim zamikom sledili izkušnjam v svetu.

Možnosti zmanjševanja škodljivih emisij iz obstoječih motorjev (katalizatorji ter dieselski motorji z delnim čiščenjem) in možnosti, ki jih ponuja konstrukcija novih tipov motorjev, so razvidne iz preglednic 1 in 5.

Kot perspektiva na področju ekološko čistejših goriv se v literaturi pogosto omenja uporaba vodika, ki bi ga pridobivali z elektrolizo iz vode s pomočjo sončne energije ob uporabi fotovoltlnih celic. Pri tem je treba reči, da vroče

Preglednica 5. Plinaste emisije različnih tipov motorjev, primerjane s predpisanimi in predlaganimi mejnimi vrednostmi v ZDA  
Povzeto po: Francis and Wollacott (1981). Vir: (16)

Vrsta škodljive snovi	Emisija škodljivih snovi (g/km) – preračunano iz g/miljo								
	ZDA zvezne omejitve 1978	ZDA verjetne zvezne omejitve 1983	predlagane omejitve v Kaliforniji 1983	tipični Ottov motor brez katalizatorja	dieselski motor z delnim čiščenjem	stirling motor	stirling motor v bodočnosti	plinska turbina	plinska turbina v bodočnosti
HC	0,93	0,26	0,24	4,7–1,6	0,25	0,12	0,12–0,006	0,19	0,06
CO	9,3	2,1	4,4	24,9–5,0	0,93	1,2	1,2–0,56	2,1	0,31
NO <sub>x</sub>	1,2	0,62	0,25	2,8–1,9	0,93	0,12	0,25–0,03	1,7	0,06

# izolirica

industrija izolacijskih materialov, 61110 Ljubljana, ob železnici 18  
 telefon: 061/443-096, teleks: 31585 yu izo, telefaks: 061/445-182

zgorevanje vodika ni povsem čisto, saj pri njem še vedno nastajajo dušikovi oksidi. Omenja se tudi avtomobil na električni pogon, ki bi lahko kmalu prevzel vlogo transportnega sredstva v mestih na kratkih razdaljah. Tako vodikov kot električni pogon zahtevata bistveno večji prostor za gorivo kot konvencionalni motorji, kar poleg nerešene ekonomičnosti in nekaterih tehničnih problemov vpliva na počasnejše uvajanje teh motorjev.

Medtem ko s planiranjem in prometno politiko delujemo na promet kot celoto, je mogoče zmanjševati vplive prometa na okolje tudi z delovanjem na posamezne komponente prometa (cestna infrastruktura, voznik, avtomobil).

Že omenjene tehnološke **izboljšave avtomobilov** in izdelava avtomobilov manjše moči, kakor tudi uvajanje alternativnih goriv, so ukrepi, usmerjeni v zmanjševanje emisij na izvoru. Tematika je izčrpno obdelana v viru 16. Bistvene postavke so:

- zmanjšanje teže avtomobila,
- zmanjšanje zračnega upora (aerodinamične oblike),
- izboljšanje učinkovitosti motorjev z notranjim izgorevanjem,
- elektronika za uravnavanje mešanice zrak-gorivo in drugih obratovalnih parametrov za doseganje minimalne porabe goriva in minimalnih emisij.

Največje energetske, ekološke in ekonomske učinke je pričakovati pri izdelavi vozil z bolj učinkovito porabo goriva in nižjimi največjimi hitrostmi, ki prispevajo tudi k manjšemu številu nesreč.

**Voznik** lahko vpliva na zmanjšanje škodljivih vplivov prometa:

- z dobrim in rednim vzdrževanjem avtomobila, ki ima za posledico manjšo porabo goriva, manjši vpliv na okolje in večjo varnost;
- s sproščeno vožnjo (zmerno pospeševanje in ustavljanje), ki vpliva na manjšo porabo goriva in zmanjšanje hrupa;
- z defenzivno vožnjo, ki prispeva k večji varnosti prometa;
- z izbiro javnih transportnih sredstev namesto prevoza s svojim avtomobilom, kar prispeva k zmanjšanju cestnega prometa.

Planiranje in izgradnja **cestne infrastrukture** na takšni trasi in s takšnimi tehničnimi elementi, ki do največje možne mere zmanjšata vpliv na socialno, fizično in kulturno okolje. Trasa mora pri tem upoštevati ekološke značilnosti in omejitve prostora, tehnični elementi pa naj omogočijo minimalno porabo goriva na prevoženi kilometer in zmanjšajo emisije hrupa. Slednje je mogoče z izgradnjo t. i. »tihih« voziščnih prevlek iz drenažnega asfalta z odprtimi porami.

Navedene ukrepe za zaščito okolja dopolnjujemo z aktivnimi in pasivnimi gradbenimi merami, s katerimi skušamo čim bolj omiliti že nastale škodljive vplive.

Aktivna mera na področju zaščite pred hrupom je izgradnja protihrupnih sten in nasipov. Pogozditev in zasaditev grmičevja ob cesti, če je izvršena v zadostni globini, pa

lahko poleg protihrupne bariere predstavlja tudi filter, ki zmanjša razdaljo širjenja škodljivih snovi po zraku.

Projektni ukrepi (lovilni bazeni, posebni sistemi odvodnjevanja, glineni naboji ob cestnem telesu), ki se izvajajo zlasti pri prehodu cest prek zaščitenega vodnega območja, predstavljajo aktivno zaščito pred posledicami nezgodnega razlivanja naftnih derivatov in drugih škodljivih snovi.

S projekti pejsažne ureditve pa lahko v določeni meri saniramo negativne topografske in krajinske vplive, ki nastopijo predvsem v zahtevnih terenskih pogojih. Vplivi ceste na naravno okolje so seveda odvisni od konkretnih značilnosti prometa in okolja, v katerem ta promet poteka. Te lahko narekujejo tudi izgradnjo nadvoзов oziroma podvoзов, s katerimi vzpostavljamo ponovne povezave v biotopu in zmanjšujemo negativen ločitveni vpliv ceste na favno.

Pasivna zaščita pred hrupom se izvaja na objektih, ki jih hočemo zaščititi pred hrupom. Sem spada predvsem izolacijska zasteklitev in izvedba sistema zračenja v zgradbah.

Zahteve varstva okolja vplivajo na večanje cene projekta ceste. Vzrok so ukrepi, ki jih uvajamo zaradi zmanjševanja predvidenih vplivov ali pa enostavno zamude v izgradnji, ki jih povzročajo dosledno upoštevanje ekoloških vplivov. Stroški za narodno gospodarstvo nastajajo tudi pri sistemskih ukrepih, ki so usmerjeni v izboljšanje strukture prometa, osveščanje udeležencev v prometu ter v izboljšave v avtomobilski in naftni industriji.

Preglednica 6. Finančne izgube zaradi degradacije okolja  
Vir: (17)

Kategorija škode	Stroški (v milijardah DEM na leto)
Onesnažen zrak	ca. 48,0*
– zdravstvene okvare	nad 2,3–5,8
– materialna škoda	nad 2,3
– škoda na posevkih	nad 1,0
– škoda v gozdarstvu	nad 5,5–8,8
Onesnaženje vode	precej nad 17,6
– škoda v rekah in jezerih	nad 14,3
– škoda v Severnem morju in Baltiku	precej nad 0,3
– škoda na podtalnici	nad 3,0
Onesnaženje tal	precej nad 5,2
– stroški Černobila oz. zaščita pred Černobilom	nad 2,4
– stroški onesnaženja zaradi starih odlagališč odpadkov	nad 1,7
– stroški zaščite naravnega okolja ter rastlinskih in živalskih vrst	nad 1,0
– simbolične količine: različna kontaminacija tal	precej nad 0,1
Hrup	nad 32,7
– zmanjšanje vrednosti bivališča	nad 29,3
– zmanjšana produktivnost	nad 3,0
– stroški socialnega zavarovanja zaradi hrupa	nad 0,4
Skupaj	precej nad 103.500

Do nedavnega so strokovnjaki le ugibali o koristih, ki jih imajo vsi ti ukrepi, vključno s tistimi na področju varstva okolja v energetiki in industriji. Po podatkih iz ZR Nemčije (L. Wicke), kjer so na osnovi analize javnega mnenja prišli do ocene škode, ki jo povzročajo degradirano okolje (17), pa lahko zaslutimo, kakšne potencialne prihranke nudi vlaganje v varstvo okolja. Ne glede na to, da gre pri vsej stvari za več kot le vprašanje stroškov in koristi – namreč za preživetje industrijske civilizacije, je podatke vredno videti.

V škodah zaradi degradacije okolja, ki so predstavljene v preglednici 6 (17), niso upoštevane nič manj važne postavke, kot npr. vpliv onesnaženega zraka na slabše počutje ljudi in na izginjanje občutljivih rastlinskih in živalskih vrst. Ugotovljeno je bilo, da javnost ocenjuje nematerialne škode (vpliv na človekovo počutje) mnogo višje od računsko ugotovljenih postavk, kar je upoštevano pri škodah zaradi onesnaženega zraka, kjer je strošek 48 milijard DEM precej višji od vsote posameznih postavk.

Podobni podatki za Avstrijo (1) govore o narodnogospodarski škodi 30 do 60 milijard ATS letno, ki nastane zaradi obremenitve okolja.

Način, kako so bili pridobljeni navedeni podatki, lahko tudi skeptično obravnavamo – drži pa, da bi ocenjevanje vlaganj v varstvo okolja nasploh in v cestnem gospodarstvu skozi prizmo teh in podobnih podatkov kaj hitro pokazalo tudi njihovo ekonomsko upravičenost.

#### 4. MOŽNI UKREPI V SLOVENIJI

Iz analiz okoljevarstvenih aspektov prometa v svetu lahko izluščimo izhodiščne teze za oblikovanje kriterijev in usmeritev, ki bi bili uporabni pri cestnoprometnem planiranju v Sloveniji in Jugoslaviji oziroma pri sprejemanju odločitev v posameznih sektorjih industrije.

Nekatere od navedenih tez so dovolj jasne in takega značaja (prednost javnega prometa, omejitev hitrosti na avtocestah), da ni dvoma o ustreznosti njihovih vključitev. Pri drugih s širšimi implikacijami (avtomobilska, naftna industrija) pa bo potrebna predhodna analiza domačih razmer, ki bo vnaprej prikazala posledice določene odločitve.

Po izkušnjah v tujini pa lahko tudi te teze ocenjujemo kot strateško usmeritev in del dolgoročne okoljevarstvene politike, katere akterji so državni organi, prizadete industrijske panoge in ne nazadnje posamezniki – po eni strani kot vozniki, po drugi strani pa kot nosilci zavedanja o nevarnostih degradacije okolja. Zaradi preglednosti so teze združene v sektorjih, na katerih lahko delujemo v smeri zmanjševanja energetske porabe in ekoloških vplivov ter večanja varnosti.

##### A) Cestni promet kot celota

I. Urbanistično načrtovanje, ki zmanjšuje potrebe po prometu (človek dela in živi na majhnih razdaljah).

II. Razvoj informacijske tehnologije, ki bo vplival na zmanjšanje prometa (delo ob domačih terminalih, teleko-

munikacije – nakupi, banka itd., brez prevažanja).

III. Prometno načrtovanje, ki teži k ekološko ustrezni gostoti in strukturi prometa:

- večja uporaba javnih transportnih sredstev (napraviti javni transport privlačen: je varen, okolju manj škodljiv, energetsko varčen in manjši porabnik prostora),
- prenos tovornega prometa s ceste na železnico,
- reguliranje vozniških hitrosti (»tempo 120« na avtocestah oziroma ustrežno manjše hitrosti na cestah nižjega reda), ki rezultira v manjši porabi energije in v manjših emisijah ter večji varnosti,
- definiranje tras za prevoz nevarnih snovi po cestah oziroma preusmerjanje prevoza na železnico.

IV. Izbor trase in projektiranje cest, ki upoštevata varstvo okolja:

- vključitev »presoje vpliva na okolje« po evropski smernici v proces planiranja cestne infrastrukture (upoštevanje ekoloških značilnosti in omejitev prostora),
- premikanje trase na rob ali sploh stran od važnejšega biotopa,
- projekt nadvozov oziroma podvozov za ponovno vzpostavitev povezav v biotopu,
- izdelava projekta pejsažne ureditve na območju izbrane trase (identificiranje tehnik za minimiranje vplivov na okolje),
- izbira varčnega prečnega profila avtomobilskih cest (širina 20 m namesto ca. 28 m), ki ima za posledico manjšo porabo zemljišča,
- na občutljivih odsekih preveriti možnost izgradnje avtomobilske ceste vsaj deloma po trasi obstoječe ceste (slabost: izguba alternativne povezave brez cestnine – korist: manjša poraba zemljišča),
- odločitev, da se cesta ne gradi in usmeritev na rekonstrukcijo obstoječega omrežja (ohranitev obstoječe uporabe zemljišča).

V. Davčna in administrativna politika:

- prepovedi in omejitve, ki so usmerjene v zmanjšanje prometa (»nedelja brez avta« v Švici in lokalne prepovedi, zlasti mestnega prometa v času nevarnosti smoga v ZR Nemčiji),
- takse na emisije CO<sub>2</sub>, ki bi spodbudile varčevanje z energijo (razmišljanje v ZDA) oziroma neuporabo avtomobilov,
- stimulacije, ki usmerjajo v večjo uporabo javnih transportnih sredstev in železniškega tovornega prometa.

## B) Avtomobil

I. Zahteve glede emisij (škodljive snovi, hrup) novo izdelanih domačih avtomobilov približati evropskim standardom – uporaba neosvinčenega bencina in katalizatorjev, zmanjšanje vsebnosti žvepla v dieselskem gorivu.

II. Posodobiti konstrukcijo domačih avtomobilov (manjša teža, manjši zračni upor, 5 prestav, mikroelektronika, varnejše konstrukcije, izboljšanje učinkovitosti motorjev z notranjim zgorevanjem).

III. Davčna in cenovna politika, ki bi pospeševali uvajanje

neosvinčenega bencina, katalizatorjev, tišjih motorjev, varnejših avtomobilov, alternativnih goriv.

IV. Projektne karakteristike katalizatorjev je možno zagotoviti samo z dobrim vzdrževanjem in kontrolo – kontrolo vključiti v tehnične preglede vozil. Dobro in redno vzdrževanje tudi sicer prispeva k manjši porabi goriva, manjši obremenitvi okolja in večji zanesljivosti.

V. Zagotoviti je treba zanesljivo bazo podatkov o vrsti, vzrokih, količinah in razvoju onesnaženja s škodljivimi snovmi (emisije). V okviru analize nastanka le-teh identificirati prometne emisije pri nas.

## C) Cesta

I. Izgradnja cest s takšnimi tehničnimi elementi ceste, ki zmanjšujejo porabo goriva in emisije na prevožen kilometer.

II. Usmeritev v izdelavo zgornjega ustroja ceste (voziščnih oblog), ki povzroča čim manjše emisije hrupa, zmanjšuje porabo goriva in je ustrezen s stališča varnosti.

III. Ponovna uporaba asfaltnih materialov pri rekonstrukcijah cest (recikliranje – prihranek surovin).

IV. Postopke pri zimskem soljenju cest spremeniti v smeri ekološkega kompromisa med zahtevami varne vožnje in zahtevami okolja.

V. Verifikacija napovedanih ekoloških vplivov v času gradnje in obratovanja cestne infrastrukture.

VI. Sistematično ugotavljanje kontaminacije s težkimi kovinami pasu zemljišča ob najbolj prometnih avtocestah in ukrepanje (nasadi grmičevja in dreves oziroma omejevanje poljedelstva v določenem pasu).

## D) Voznik

(Vpliv državnih organov je na tem področju omejen; možnosti so predvsem v vzgoji in izobraževanju voznikov.)

I. Sproščena vožnja (zmerno pospeševanje in ustavljanje); počitki pri dolgih vožnjah (reakcijski čas in pogostost nesreč se večata s številom ur vožnje brez počitka – zlasti skokovito po 6 urah vožnje).

II. Nižje hitrosti od predpisanih, defenzivna vožnja (aktivnosti v smislu »akcije –10 %«).

III. Odločitev za javno transportno sredstvo namesto lastnega avtomobila.

## 5. ZAKLJUČEK

Ekološke zahteve, ki jih mora izpolnjevati tako cestna novogradnja kakor tudi rekonstrukcije cest, so v zadnjih letih močno pridobile na pomenu. Ob ocenjevanju in vrednotenju investicijskih programov v Sloveniji se ugotovitve skupine za oceno posegov v okolje (SEPO) Instituta Jožef Stefan štejejo kot izločitveni kriterij, kar pomeni, da se predlagana investicija vrednoti po ekonomskih, tehničnih in drugih kriterijih šele v primeru, ko je ustrezna z ekološkega vidika. Skrb za okolje je upoštevana tudi v metodologiji za ocenjevanje družbene in ekonomske upra-



vičenosti (18), ki daje, poleg že uveljavljene podjetniške presoje o smotnosti investicij, večji poudarek oceni investicije s širšega družbenega vidika, kamor spada tudi ekološki vidik. Poleg navedenih postopkov, ki sta že predpisana, je treba, v smeri približevanja skupnim evropskim ukrepom, računati tudi z izdelavo presoje posega v okolje, ki jo formalno uvaja evropska direktiva 85/337/EEC (19).

V okviru presoje vpliva ceste na okolje bo treba računati z naslednjimi fazami:

- ugotovitev predhodnega stanja v ekosistemu (ničelno stanje) kot osnova za izbor variantnih tras;
- vrednotenje vplivov ceste in cestnega prometa (varian-

te) na okolje z namenom pridobiti instrument, ki bo omogočil enakovredno obravnavanje okoljevarstvenih aspektov s prometno-gospodarskimi in političnimi;

– ugotovitev možnih krajinsko-ureditvenih posegov in drugih izboljševalnih ukrepov pri planiranju in projektiranju izbrane trase.

Z uveljavitvijo presoje vpliva na okolje bi namesto dosedanjega sektorskega pristopa, ki ločeno obravnava vplive prometa (npr. hrup, emisije, vpliv na naravno in kulturno dediščino) pridobili instrument odgovorne zaščite okolja, ki bi v zgodnji planski fazi projekta s stališča ekologije omogočil izbiro med alternativami ali celo odločitev, da se projekt ne izvaja.

## LITERATURA

1. Šubic L., Cestni promet in okolje, IB Elektroprojekt, po naročilu Skupnosti za ceste Slovenije, DS Ljubljana, 1989.
2. Marx E., Geeignete Massnahmen zur Reduktion der Umweltbelastung, Universität für Bodenkultur, Wien, Roads and Traffic 2000 – knjiga 5, Berlin 6.–9. september 1988.
3. Infanger K., Schadstoffemissionen des Verkehrs in der Schweiz 1950–2000, Bundesamt für Umweltschutz, Bern, Schweiz, Roads and Traffic 2000 – 5 Traffic Ecology, Berlin 6.–9. september 1988.
4. National Ambient Air Quality Standards – Environmental Protection Agency – 40 CFR 50, 36FR 22384, 25 Nov. 1971, ZDA.
5. Riedwyl P., Trafic routier et pollution atmospherique, Route et trafic No 3, 3. 1989.
6. Hrček D., Predpisi evropske skupnosti na področju varstva zraka, seminar Evropa 1992 in varstvo okolja, RKVOUP in CDI Univerzum, Ljubljana 29. 5. 1989.
7. Pravilnik o napravah, opremi, dimenzijah in skupnih težah vozil v cestnem prometu (Ur. list SFRJ, št. 50/82).
8. Smernica 153: Mejne vrednosti onesnaženosti zraka, Zveza društev za varstvo zraka Jugoslavije (SDČVJ).
9. Steven H., Wird der Verkehr leiser? Tendenzen bei der Geräuschemission von Kraftfahrzeugen, Forschungsinstitut Geräusche und Erschütterungen, Aachen BRD, Roads and Traffic 2000 – 5 Traffic Ecology, Berlin 6.–9. september 1988.
10. Odlok o maksimalno dovoljenih ravneh hrupa za posamezna območja naravnega in bivalnega okolja ter za bivalne prostore (Ur. list SRS, št. 29/80).
11. Bekanntmachung »Verkehrslärmschutz im Strassenbau«, Bayerische Staatsregierung (ZR Nemčija), 20. 12. 1982.
12. Gusset F., Die Ermittlung und Beurteilung von Lärmimmissionen an Strassen, Strasse und Verkehr 4/1986.
13. Gspan P., Evropa 92 – Hrup, seminar Evropa 1992 in varstvo okolja, RKVOUP in CDI Univerzum, Ljubljana 29. 5. 1989.
14. Pravilnik o dimenzijah, skupnih merah in osni obremenitvi vozil ter o osnovnih pogojih, ki jih morajo izpolnjevati naprave in oprema na vozilih v cestnem prometu (Ur. list SFRJ, št. 50/82).
15. Natur 10/89.
16. OECD – COMPASS: Environmental Effects of Automotive Transport, Paris 1986.
17. Wicke L., Die ökologischen Milliarden. Das kostet die zerstörte Umwelt – so können wir sie retten, München 1986.
18. Skupna metodologija za ocenjevanje družbene in ekonomske upravičenosti ter učinkovitosti investiranja v SFRJ, Ur. list SFRJ, št. 50/1987.
19. Council Directive of 27 June 1985 on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment (85/337/EEC): Official Journal of the European Communities No L 175/40, 5. 7. 85.

# UMIRJANJE PROMETA V URBANIH PODROČJIH

UDK 656.05

TOMISLAV ŠIBENIK, DRAGO SEVER

## POVZETEK

V pričujočem besedilu so predstavljeni rezultati preizkušanj nekaterih ukrepov za zmanjšanje hitrosti motornih vozil. Predstavljeni sta optična in akustična zavora, ki vsaka na svoj način psihološko vpliva na voznika, da prilagodi hitrost vožnje lokalnim razmeram.

Ukrepe za zmanjšanje hitrosti motornih vozil smo preizkusili v realnem okolju in z metodo prej – pozneje ugotovili njihov vpliv na hitrost prometnega toka.

## SUMMARY

The results of testing some measures that assure the restriction on the driving speed of motor vehicles are given. Two measures – the optical and the acoustic barrier – are presented in detail. The both psychologically affect the driver, thus making him adjust the driving speed to local conditions.

The measures leading to lower driving speeds were tested on site, and their effect of the speed of the traffic stream were established by the before / after metode.

## 1. UVOD

Razvoj prometnega sistema in vedno večji tempo življenja postavljata pred projektante prometnih površin zahteve po čimbolj ugodnih prometno tehničnih karakteristikah, po čimvečji prepustnosti in po čim krajši in čimbolj ugodni vožnji. Na osnovi teh zahtev je večina današnjih cest in ulic, znotraj naselij, širokih in preglednih, ki omogočajo velike hitrosti.

Znotraj naselij se na prometnih površinah križajo tokovi različnih udeležencev v prometu – motorna vozila, pešci, kolesarji. Na skupnih prometnih površinah prihaja do konfliktnih situacij.

## 2. ZMANJŠEVANJE HITROSTI

Iz varnostnih razlogov je nujno, da na tistih odsekih cest, kjer se vsakodnevno srečujejo prometni tokovi pešcev in motornih vozil, omejimo največjo dovoljeno hitrost motornih vozil na hitrost, ki še omogoča, da ne pride do kolizij. Pri nas zakonodaja dovoljuje stalno omejitev največje hitrosti na 40 km/h. Posebej kadar in kjer služi, znotraj zaključenih stanovanjskih naselij, cesta kot prostor za otroško igro in ko skušamo urediti okolje kot človeku

prijazen prostor, se kaže potreba po še večjem zmanjšanju največje dovoljene hitrosti! To je možno doseči s posebnim odlokom pristojnega organa.

Takšen ukrep bi moral biti sam po sebi zadosten, da bi na nekem delu ceste zmanjšali hitrost vožnje. Ker pa kot vozniki vozimo »na pamet« in v splošnem ne upoštevamo prometne signalizacije je potrebno dele cest, kjer se srečujemo z velikimi hitrostmi motornih vozil in povečano koncentracijo pešcev (otrok – šolarjev, invalidov...), dodatno označiti in opremiti z gradbenimi ali drugimi ukrepi, ki bodo voznike motornih vozil opozarjali ali pa tudi prisilili, da bodo vozili v skladu s prometno signalizacijo.

### 2.1. Optična zavora

Namen optične zavore pred znakom za omejitev največje dovoljene hitrosti je, da opozori voznike motornih vozil na to, da prihajajo v območje omejitve hitrosti in da lahko pravočasno prilagodijo hitrost svojega vozila zahtevam signalizacije.

Optična zavora je sestavljena iz belih prečnih črt širine 70 cm, katerih medsebojna razdalja se spreminja v odvisnosti od začetne in končne hitrosti, ki naj jo voznik doseže pri prometnem znaku za omejitev hitrosti. Neenakomernost razmakov med prečnimi črtami da vozniku občutek, da vozi vedno hitreje, če hitrosti ne zmanjšuje. Pojemek pri zmanjšanju hitrosti sme biti takšen, da pri zaviranju ne bo nevarnosti, da bi se premikal tovor na motornih vozilih.

Avtorja:  
Mag. Tomislav ŠIBENIK, dipl. ing. gr.  
Drago SEVER, dipl. ing. gr.

Tabela 1: Razmaki med prečnimi črtami optične zavore kot funkcija pojemka za znižanje hitrosti od 80 km/h na 40 km/h.

Časovna razdalja (s)	Pojemek b (m/s <sup>2</sup> )							
	1,0		1,5		2,0		2,5	
	V	Stac.	V	Stac.	V	Stac.	V	Stac.
13	40	0						
12	40	11						
11	40	22						
10	44	34	37	0				
9	48	47	37	11				
8	51	61	37	22	37	0		
7	55	76	42	33	37	10	36	0
6	58	92	48	46	37	20	36	10
5	62	109	53	60	44	31	36	20
4	66	127	58	75	51	44	45	33
3	69	146	64	92	58	59	54	48
2	73	166	69	111	66	76	62	65
1	76	187	75	131	73	96	71	84
0	80	209	80	152	80	117	80	105

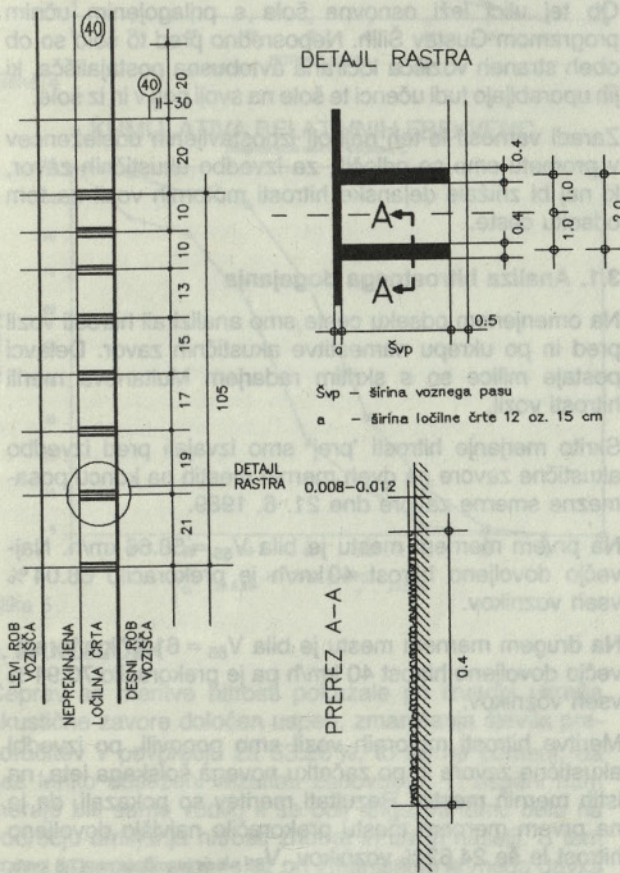
V ... hitrost v km/h

Stac. ... stacionaža v metrih merjena od prometnega znaka II-30 v nasprotni smeri vožnje

V tabeli 1 so prikazani razmaki med prečnimi črtami optične zavore. Na i-ti prečni črti je hitrost definirana z izrazom  $v_i = v_0 \cdot b t_i$ , stacionaža pa  $s_i = L \cdot l_i$ , kjer pomeni L razdaljo, na kateri motorno vozilo zmanjša hitrost iz 80 na 40 km/h ob pojemku b, prevožena pot v času  $t_i$  pa je  $l_i = v_0 t_i \cdot b t_i / 2$ .

Načrt optične zavore lahko napravimo na osnovi podatkov iz tabele 1, na sliki 1 pa je prikazana optična zavora za zmanjševanje hitrosti iz 80 na 40 km/h ob pojemku 2.5 m/s<sup>2</sup>. Tako izdelana zavora ima skupno dolžino 105 m voznik motornega vozila pa jo prevozi, ob zahtevanem režimu vožnje, v sedmih sekundah.

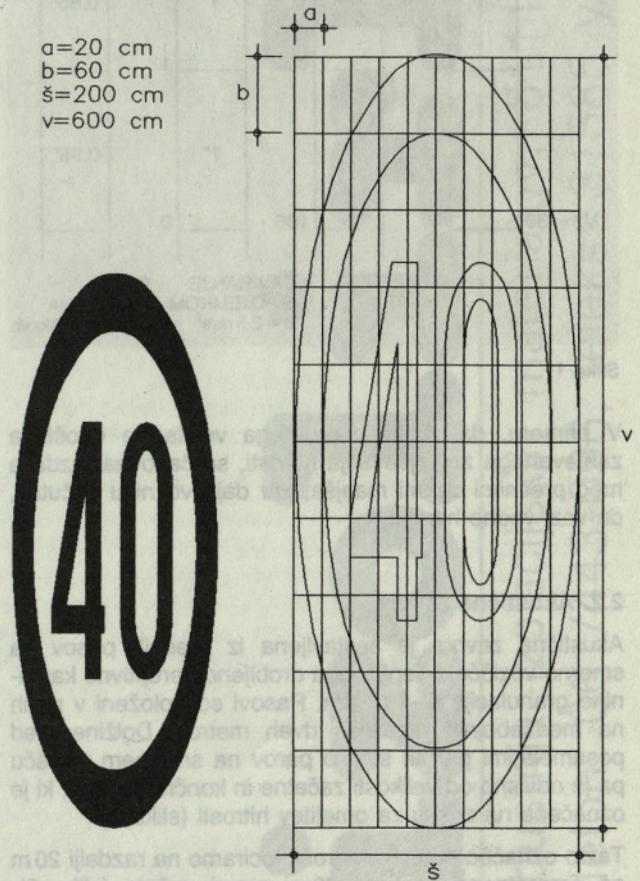
Na prvi prečni črti ima motorno vozilo začetno hitrost  $V_z = 80$  km/h. Ob enakomernem zaviranju se hitrost vožnje manjša in dosežemo končno – zeleno hitrost  $V_k = 40$  km/h pred šesto prečno črto. Zaradi dodatnega opozorila ponovimo še dve prečni črti z vmesnimi razdaljami 10 m. Frekvenca optičnih opozoril je ob upoštevanju zahtevanega režima vožnje eno opozorilo na sekundo.



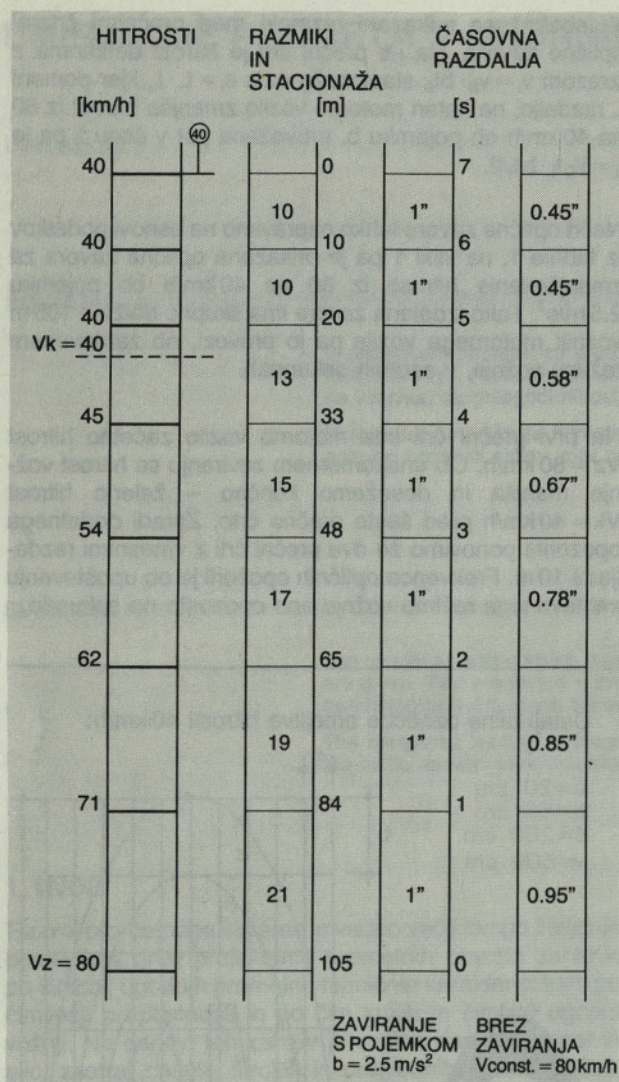
Slika 2

Detajl talne označbe omejitve hitrosti 40 km/h:

- a=20 cm
- b=60 cm
- š=200 cm
- v=600 cm



Slika 3



Slika 1

V primeru, da voznik motornega vozila ne upošteva zahtevanega zmanjševanja hitrosti, se časovna razdalja med prečnimi črtami manjša, kar daje vozniku občutek, da vozi vedno hitreje.

## 2.2. Akustična zavora

Akustična zavora je sestavljena iz prečnih pasov na smerno vozišče prilepljenega drobljenca eruptivne kame-nine granulacije 8 – 12 mm. Pasovi so položeni v parih na medsebojnih razdaljah dveh metrov. Dolžine med posameznimi pari in število parov na smernem vozišču pa je odvisno od velikosti začetne in končne hitrosti, ki je označena na znaku za omejitev hitrosti (slika 2).

Talno označbo omejitve hitrosti lociramo na razdalji 20 m od prometnega znaka II-30 v smeri vožnje (slika 2), piktogram te talne označbe pa je podan na sliki 3. Namen akustične zavora je enak kot optične zavora. Ta s šumom,

zaradi spremenjene vozne površine, opozori voznika na potrebo po prilagoditvi hitrosti zahtevam signalizacije.

V dolžini 50 cm od roba vozišča proti sredini ceste akustične zavora ne polagamo, da s tem omogočimo mirno vožnjo kolesarjem, drugim vozilom na dve kolesi in odtok vode z vozišča.

Optična in akustična zavora nista fizična ukrepa za zmanjševanje hitrosti, sta le psihološka ukrepa, ki naj bi voznika opozorila na s prometnimi znaki predpisan režim v primerih, ko bi voznik lahko prometne znake iz kakršnega koli razloga spregledal.

Seveda lahko voznik tudi zavestno krši cestno prometne predpise in vozi hitreje kot je dovoljeno ali pa tudi po levi strani ceste preko polne črte. Za prisilo pri upoštevanju prometnih znakov in pravil vožnje pa lahko uvedemo fizične ukrepe.

## 3. PRIMER UPORABE AKUSTIČNIH ZAVOR

Ulica Pohorskega odreda leži na obrobju mesta Maribor in predstavlja izredno ugodno povezavo centra mesta s primestnimi naselji. Tehnični elementi ceste so takšni, da omogočajo voznikom velike hitrosti, saj je cesta v premi, vozišče pa je široko.

Ob tej ulici leži osnovna šola s prilagojenim učnim programom Gustav Šilih. Neposredno pred to šolo so ob obeh straneh vozišča locirana avtobusna postajališča, ki jih uporabljajo tudi učenci te šole na svoji poti v in iz šole.

Zaradi varnosti le-teh najbolj izpostavljenih udeležencev v prometu smo se odločili, za izvedbo akustičnih zavor, ki naj bi znižale dejanske hitrosti motornih vozil na tem odseku ceste.

### 3.1. Analiza hitrostnega dogajanja

Na omenjenem odseku ceste smo analizirali hitrosti vozil pred in po ukrepu namestitve akustičnih zavor. Delavci postaje milice so s skritim radarjem Multanova merili hitrosti vozil.

Skrito merjenje hitrosti 'prej' smo izvajali pred izvedbo akustične zavora na dveh mernih mestih na koncu posamezne smerne zavora dne 21. 6. 1989.

Na prvem mernem mestu je bila  $V_{85} = 58.66 \text{ km/h}$ . Največjo dovoljeno hitrost 40 km/h je prekoračilo 68.04 % vseh voznikov.

Na drugem mernem mestu je bila  $V_{85} = 61.07 \text{ km/h}$ , največjo dovoljeno hitrost 40 km/h pa je prekoračilo 70.91 % vseh voznikov.

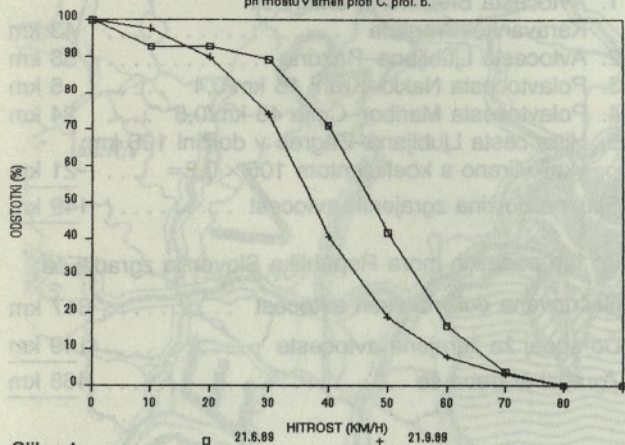
Meritve hitrosti motornih vozil smo ponovili, po izvedbi akustične zavora in po začetku novega šolskega leta, na istih mernih mestih. Rezultati meritev so pokazali, da je na prvem mernem mestu prekoračilo najvišjo dovoljeno hitrost le še 24,62 % voznikov,  $V_{85}$  pa se je znižala na 47,8 km/h.

Na drugem mernem mestu je delež voznikov, ki so prekoračili najvišjo dovoljeno hitrost, padel na 40,6 %,  $V_{85}$  pa se je znižala za skoraj 8 km/h. Rezultati meritev so prikazani na slikah 4 in 5.

Cilj, znižanja dejanskih hitrosti motornih vozil na s prometnim znakom določeno največjo dovoljeno hitrost, smo le deloma dosegli. Od skupnega števila motornih vozil, ki so prekoračila največjo dovoljeno hitrost pred uvedbo ukrepa akustične zavore, je prekoračilo to hitrost po izvedbi ukrepa še 36,18% na prvem mernem mestu in še 57,28% na drugem mernem mestu. Z drugimi besedami, dosegli smo, da na vsakih 10 motornih vozil, ki so prekoračila največjo dovoljeno hitrost pred ukrepom, vozi prehitro še 4 vozila na prvem mernem mestu in še 6 vozil na drugem mernem mestu.

KUMULATIVA RELATIVNIH FREKVENČ

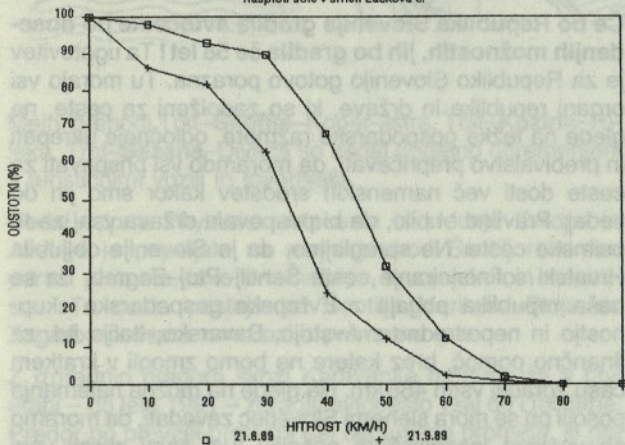
pri mostu v smeri proti C. prol. b.



Slika 4

KUMULATIVA RELATIVNIH FREKVENČ

naoproti sole v smeri Lackova c.



Slika 5

4. ZAKLJUČEK

Čeprav so meritve hitrosti pokazale po izvedbi ukrepa akustične zavore določen uspeh, zmanjšanja števila prekoračitev v povprečju za 53.26%, to še ne pomeni, da nas lahko doseženi rezultati zadovoljijo. Ti uspehi nam morajo biti samo vodilo k še bolj angažiranemu delu na področju umirjanja hitrosti znotraj in izven naselij. S tem bomo prispevali svoj delež pri zmanjšanju krvnega davka na naših cestah, kar je eden od osnovnih ciljev vseslovenske akcije za zmanjšanje števila prometnih nezgod 'AKCIJE - 10%'.

# izolizirka

industrija izolacijskih materialov, 61110 Ljubljana, ob železnici 18  
 telefon: 061/443-096, telex: 31585 yu izo, telefaks: 061/445-182

# SLOVENIJA IN TRANZITNE AVTOCESTE MED ZAHODNO IN SEVERNO EVROPO, JUGOSLAVIJO, BALKANOM IN AZIJO

UDK 625.711.3(497:12)

CIRIL STANIČ

V vseh planih SR Slovenije je predvideno, da se mora slovenska avtocestna mreža prvenstveno navezati na evropsko in jugoslovansko avtocestno mrežo.

SR Hrvatska in Republika Slovenija sta po osimskih sporazumih zadolženi, da svoje avtoceste zgradita od Trsta v trasi Kozine proti Rijeki, od Trsta v trasi Sežana-Razdrto in v trasi Gorica-Razdrto proti Ljubljani ter dalje do Zagreba, Beograda, Azije.

Republika Slovenija in Jugoslavija sta podpisali z Avstrijo dogovor, da se Turska avtocesta s Koroške s predorom skozi Karavanke poveže z jugoslovansko avtocesto Bratstva in enotnosti proti Gevgeliji, Bolgariji in Aziji.

SR Hrvatska in Republika Slovenija sta v evropskem, predvsem pa v jugoslovanskem merilu zadolženi, da na svojem terenu podaljšata Phyrnsko avtocesto proti Zagrebu. Sedaj je že zgrajena do naše meje pri Šentilju.

Poleg opisanih štirih tras avtoceste proti Italiji in Avstriji sta SR Hrvatska in Republika Slovenija zainteresirani, da se obstoječe magistralne ceste Postojna-Rijeka, Divača-Koper in Trst-Škofije-Koper-Istra zgradijo kot avtoceste ali štiripasovnice.

**Iz tega kratkega opisa in skice se vidi, da bo morala Republika Slovenija zgraditi proti Italiji tri avtoceste, proti Avstriji dve avtocesti in v smeri Jugoslavije celo pet izrazitih tranzitnih avtocest.**

Iz načrta severne in zahodne Evrope, Jugoslavije in Slovenije in prikazanih preglednic je vidno, koliko tranzitnih avtocest mora zgraditi Republika Slovenija za lastne potrebe in za Jugoslavijo, Evropo, Balkan in Azijo.

A) Skupna dolžina avtocest Slovenije od meje Evrope do meje Hrvatske je naslednja:

1. Avtocesta Bratstva in enotnosti	
Karavanke-Bregana	191 km
2. Šentilj-Maribor-Ljubljana	139 km
3. Maribor-Ptuj-Macelj	48 km
4. Ljubljana-Postojna-Razdrto-Sežana	79 km
5. Razdrto-Vipava-Vrtojba	44 km
6. Divača-Koper-Dragonja	45 km
7. Postojna-Ilirska Bistrica	34 km
8. Trst-Kozina-Rupa	29 km
9. Trst-Koper	8 km
Skupna dolžina	617 km

B) Republika Slovenija je do sedaj že zgradila naslednje dolžine avtocest:

1. Avtocesta Bratstva in enotnosti	
Karavanke-Bregana	43 km
2. Avtocesta Ljubljana-Razdrto	55 km
3. Polavtocesta Naklo-Kranj 15 km/0,4	6 km
4. Polavtocesta Maribor-Celje 48 km/0,5	24 km
5. Hitra cesta Ljubljana-Zagreb v dolžini 106 km, vskalkulirano s koeficientom $106 \times 0,2 =$	21 km
Skupna dolžina zgrajenih avtocest	149 km

Po teh podatkih mora Republika Slovenija zgraditi še:

Načrtovana dolžina vseh avtocest	617 km
Do sedaj že zgrajene avtoceste	149 km
Zgraditi je treba še	468 km

**Od leta 1970, ko smo začeli z gradnjo avtocest, je Republika Slovenija zgradila letno 8 km avtocest.**

**Če bo Republika Slovenija gradila avtoceste po dose-danjih možnostih, jih bo gradila še 58 let!** Ta ugotovitev je za Republiko Slovenijo gotovo porazna. Tu morajo vsi organi republike in države, ki so zadolženi za ceste, ne glede na težke gospodarske razmere, odločneje ukrepati in prebivalstvo prepričevati, da moramo vsi prispevati za ceste dosti več namenskih sredstev kakor smo jih do sedaj. Pravilno bi bilo, da bi prispevala država vsaj za tri osimske ceste. Ne spreglejmo, da je Slovenija obljubila Hrvatski sofinanciranje ceste Šentilj-Ptuj-Zagreb, da se naša republika pogaja z Evropsko gospodarsko skupnostjo in neposredno z Avstrijo, Bavarsko, Italijo itd. za finančno pomoč, brez katere ne bomo zmogli v kratkem času zgraditi vseh 468 km. Ne glede na možna najemanja posojil pa se mora sleherni Slovenec zavedati, da moramo ob vsakem inozemskem posojilu tudi sami zbrati vsaj 50% dinarske vrednosti posamezne ceste.

Jugoslaviji je znano, v kakšnem slabem stanju je hitra cesta Ljubljana-Zagreb, ki je imenovana kar »krvava cesta«. Ta cesta je sedaj največje ozko grlo na celotni trasi od Karavank do Gevgelije.

Italija je odprla novo avtocesto, imenovano »Alpe-Jadran« od Trsta do Benetk in prek Vidma in Trbiža v srednji in vzhodno Evropo.

Ta povsem nova avtocesta »Evropa-Jadran« posreduje sedaj prek Trsta povečan promet turistov, ki potujejo v Istro, Kvarner, Dalmacijo in Jugoslavijo.



## TRANZITNE AVTOCESTE SLOVENIJE

ŠENTILJ-MARIBOR-PTUJ-ZAGREB  
KARAVANKE-LJUBLJANA-ZAGREB  
GORICA-POSTOJNA-REKA  
TRST-KOZINA-REKA  
TRST-KOPER-ISTRA

Mejni prehodi Trst-Škofije-Koper-Istra, Trst-Kozina-Rijeka, Trst-Sežana-Divača so sedaj dodatno obremenjeni s turističnimi vozili in tovornjaki.

Sedaj odprta Phyrnska avtocesta iz srednje Evrope in Avstrije je pripeljala na mejni prehod Šentilj rekorden porast prometa, tako avtomobilov, tovornjakov in avtobusov. Ta cesta postaja od Šentilja-Maribora-Ptuja do Zagreba povsem novo ozko prometno gredo.

Z izgradnjo predora skozi Karavanke moramo že v prvi etapi – do leta 1991 – zgraditi avtocesto vsaj do Ljubljane. Predor bo prevzel pretežni del sedanjega prometa, ki gre prek prelazov Rateče, Podkoren, Ljubelj in Jezersko.

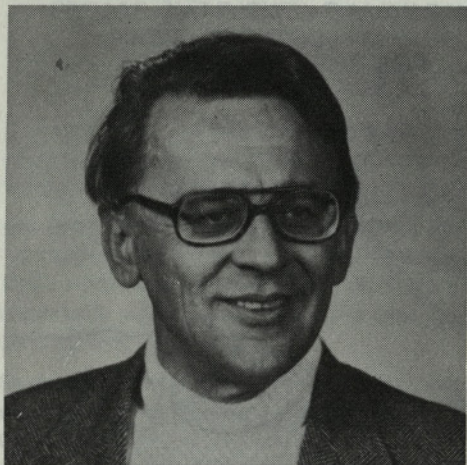
Vsa Evropa je gospodarsko zainteresirana, da se industrijski proizvodi Evrope prevažajo prek naše tranzitne cestne mreže v Jugoslavijo, na Balkan in orient.

Slovenija se kljub velikim finančnim težavam trudi, da bi poleg gradnje predora pravočasno zgradila vsaj nekatere najbolj potrebne odseke posamezne avtoceste, kjer poteka največji tranzitni promet iz Italije, Avstrije in Evrope. **Vsekakor pa Slovenija računa na solidarno pomoč**

celotne Jugoslavije pri gradnji predora skozi Karavanke in pri posameznih tranzitnih avtocestah, saj bodo koristile potrebam celotne Evrope, Jugoslavije, Balkana in orienta.

Ob tako težki finančni nalogi, ki čaka Slovenijo v naslednjih desetletjih, se moramo vsaj temu primerno obnašati, saj moramo zelo strpno presojeti, kateri cesti naj damo prednost, katera je najbolj potrebna, katera bo najbolj koristna, kje bomo preprečili največ prometnih nesreč itd. **Tudi to dobro presodimo, ali so protestne zapore cest oz. cestni mitingi v sedanjem času preudarni in upravičeni. Vsekakor sodimo, da bo za vse nas bolj pravilno, če vložimo vse napore v akcije za zbiranje namenskih sredstev, pa naj bi bilo to posojilo, dotacija, referendum, davek, samoprispevek itd.** Vse to, kar velja za Slovenijo, velja tudi za Ljubljano, kjer smo zašli s sredstvi v slepo ulico brez izhoda.

Sedaj, ko je slovenski parlament izvolil za gradbenega ministra gos. Marjana Kranjca dipl. gr. inž., znanega strokovnjaka za ceste, bo naše potrebe smiselno tolmačil doma, v Beogradu in v Evropi.



## Anton POLENŠEK

Po večmesečni hudi bolezni je 5. januarja 1990 v Corvallis (Oregon, ZDA) umrl Anton-Tone Polenšek, eden največjih sodobnih raziskovalcev in znanstvenikov s področja lesenih konstrukcij.

Rodil se je 7. maja 1936 v Ljubljani, kjer je končal gimnazijo in gradbeno fakulteto. Podiplomski študij je opravil na univerzi države Oregon, kjer je leta 1968 magistriral in leta 1972 doktoriral. Na univerzi v Corvallis je najprej delal kot inženir, nato pa kot glavni raziskovalec ter vodja laboratorija za lesene konstrukcije oziroma kot redni univerzitetni profesor za ta predmet.

Pri svojem delu se je največ ukvarjal s teoretičnimi metodami preračunavanja lesenih konstrukcij, posebno montažnih objektov, da bi bili ti dimenzionirani z zadostno varnostjo, vendar tudi z največjo možno ekonomičnostjo. Upoštevajoč variabilnost kakovosti lesa se je dobro zavedal pomena verjetnostnega računa in numeričnih metod pri računskem obravnavanju lesenih konstrukcij.

Že zelo zgodaj se je začel ukvarjati z matematičnim modeliranjem obnašanja konstrukcij, pri čemer je kot podatke o lastnostih lesa in veznih sredstev uporabil rezultate preiskav, opravljenih v laboratoriju univerze v Corvallis. Študiral je tudi problem klasifikacije lesa kot gradbenega materiala, da bi z natančnejšo opredelitvijo lastnosti zmanjšal variacije v kakovosti oz. omogočil zvišanje dopustnih napetosti.

V zadnjih letih se je posvetil predvsem proučevanju odpornosti lesenih hiš glede na potresne učinke. Raziskoval je različne zveze med elementi hiše in razvil računalniški model obnašanja lesenih elementov oz. lesnih zvez pod vplivom potresne obtežbe, da bi pri dani obtežbi ugotovil količino disipirane energije v teh zvezah. Občasni potresi v svetu so potrdili predpostavke njegovih teoretičnih izračunov, da porušitve lesenih objektov nastanejo zaradi poškodb zvez med elementi.

Svoja spoznanja je prenašal tudi na sodelavce v domovini: v letih 1985-86 je pri izvajanju jugoslovansko-ameriškega projekta Obnašanje lesenih stanovanjskih hiš v Jugoslaviji delal leto dni na Institutu za ispitivanje materiala Srbije v Beogradu in objavil skupaj z našimi raziskovalci več člankov s tega področja.

Zaradi uspešnega dela je imel podporo ameriške fundacije za znanost. Dvakrat (leta 1972 in 1977) je prejel Marquartovo nagrado Ameriškega združenja za les, ki jo podeljujejo za najboljše znanstvene dosežke leta. Leta 1988 je dobil tudi najvišjo nagrado Ameriškega znanstvenega združenja za les George Mara za pomembna znanstvena odkritja.

Anton Polenšek je bil velika osebnost – ne samo kot znanstvenik, ampak tudi kot človek. Kot ljubitelj narave in dober športnik je bil vedno veder in poln optimizma. Nikogar ni hotel obremenjevati s svojimi težavami, sam pa je bil vedno pripravljen pomagati.

Kolegom v ZDA in tistim, ki smo ga poznali v domovini, bo ostal v spominu kot izvrsten strokovnjak, dober tovariš in sodelavec. Bil je človek, ki je prav gotovo uspešno predstavljal Slovenijo v svetu.

Jelena Srpčič



## Prenova zgradbe „GAMBRINUS“

SGP Konstruktor Maribor se je v preteklem letu lotil zahtevnega dela rekonstrukcije objekta Gambrinus, in ga uspešno zaključil.

Objekt Gambrinus je zgradil okrog leta 1865 znan mariborski pivovar Čeligi. V kleti objekta je bila ledenica, v pritličju je bila prostorna restavracija – pivnica Gambrinusova dvorana, v nadstropju je bil stranovanjski del. Objekt je dobil ime po kipu na strehi objekta Gambrinusu bajeslovnem flamskem kralju, ki velja za iznajditelja piva.

Objekt je večkrat menjal namembnost. Zadnja leta je bila v objektu proizvodnja brezalkoholnih pijač, ki je povzročila največ škode na objektu. Ob proizvodnji se je tehnološka tekočina izlivala v nasutje nad oboki kleti in v pritličju skozi fasadno zidovje. Zamakanje je nastalo tudi skozi streho ob ostankih strešnih žlebov. Na zidovih nad nivojem pritličja, je to pustilo take posledice, da je strokovna komisija občine Maribor-Rotovž ugotovila, da jih nima smisla ohraniti, saj je bila sanacija sicer možna vendar neracionalna, draga in ne bi zagotavljala trajne kvalitete objekta. Omenjena komisija je dovolila, da se objekt porušii do kote tlaka pritličja ter se zgradi enak objekt z novimi materiali. Potrebno je ohraniti zunanjo fasadno podobo v celoti. Fasadni zid se mora pozidati v prvotni debelini in to v opeki.

Objekt je bil maja 1988 porušen do nivoja pritličja, ohranjena pa je bila klet, ki je 10 m pod nivojem pritličja v celoti vkopana v teren. Kletne stene so kamnite, debeline ca. 1,00 m. Stropovi nad kletjo so obokani, opečni.

Pri rekonstrukciji objekta je bil ohranjen poslovno stanovanjski značaj. Klet je namenjena gostinskemu programu, pritličje svetle višine 5,39 m po katerem se objekt imenuje Gambrinusova dvorana, trgovini. V nadstropju in mansardi so stanovanja, skupno 13 stanovanj. K južni požarni steni objekta je prizidan prizidek. Višina gabarita prizidka je enaka višini rekonstruiranega objekta. V prizidku je 10 stanovanj in dva lokala v pritličju.

Velika višina posameznih etaž, ki so bile pogojene z ohranitvijo fasade je narekovala izvebo dvoetažnih stanovanj v nadstropju, prav tako so dvoetažna stanovanja tudi v mansardi.

Zunanji izgled objekta in konstrukcijska pogojenost je omogočila individualno reševanje posameznih stanovanjskih enot, ki nudi osebno in humano bivanje.

Ker je kletno zidovje kamnito in izredno kvalitetno je bilo možno obtežbo objekta prenesti preko armiranobetonskih okvirjev pod talno ploščo pritličja na kletne zidove in jih povezati pod stropno ploščo nad pritličjem. S tem je dosežena zadostna togost in ohranjena dvoranska zasnova pritličja. Fasadne stene so dvoslojne opečne z vmesnim slojem toplotne izolacije, ojačane z vertikalnimi in horizontalnimi armiranobetonskimi vezmi.

Najpomembnejša na objektu je fasada, ki je v celoti posnetek prvotne fasade. Fasada je izvedena na podlagi natančnega fotogrametričnega posnetka, posnetka globinskega členjenja in kopij originalnih štukaturnih elementov. Izvedba fasade je bila zahtevno zidarsko, fasadersko in štukatersko delo. Poleg odlitkov štukaturnih elementov, ki jih je izdelal Slikar Maribor v svojih delavnicah in montažnih elementov, vencev, okvirjev ob oknih in podobno, ki jih je izdelal SGP Konstruktor Maribor v obratu montažnih elementov v armiranem penobetonu, gre največja zasluga za končni izgled objekta preciznemu zidarskemu delu ob sodelovanju tehnologa, projektanta in Zavodu za varstvo naravne in kulturne dediščine v Mariboru.

Gotov objekt Gambrinus pričakuje samo še postavitve kopije kipa Gambrinusa na strehi na prvotno mesto. Kip je kulturni spomenik, ki ga je zob časa tako poškodoval, da mora original po mnenju spomeniškega varstva najti prostor v prostoru, kjer ne bo izpostavljen vremenskim vplivom in drugim mehanskim poškodbam. Na strehi objekta naj bi stala kopija za katero pa ni denarja.

Upamo, da bo objekt, ki ga vsi poznajo pod imenom Gambrinus čimprej krasil bajeslovni vitez s kozarcem piva v roki.

Vodja projekta  
Breda Kristovič, inž. gr.



# POROČILA

# 17

GV XXXIX 7-8

## GEOMETRIJSKO MODELIRANJE STAVB

UDK 624.04:519.68

VLADO LJUBIČ

### POVZETEK

Članek opisuje računalniški program za geometrijsko modeliranje stavb **GeoModel**. Ta je pravi 3D geometrijski modelirnik. Vgrajeni so naslednji konstrukcijski elementi: stene, stebri in plošče. Zasnovan je na modernih CAD tehnikah (oknih, menijih), kot vhodno enoto pa uporablja miško. Tipkovnico uporabljamo le pri podajanju numeričnih in tekstovnih podatkov. Rezultate programa lahko prenašamo v druge programe (KOP, PLOŠČA, AUTOCAD).

### THE GEOMETRICAL MODELLING OF THE BUILDINGS

### SUMMARY

The paper describe the computer program **GeoModel** for the geometrical modelling of the buildings. **GeoModel** is a real 3D modeller. Walls, columns and plates are built in program. **GeoModel** is based on the modern CAD techniques (windows, menus). Mouse is used as main input device. Keyboard is used as input device only for the numerical and the alfanumerical data. We can transfer results to other CAD programs (KOP, PLOŠČA, AUTOCAD).

### 1.0. UVOD

V IKPIR-FAGG se že dvajset let ukvarjamo z uvajanjem računalniško podprtega konstruiranja v gradbeništvo. Najprej smo razvijali programe za statično in dinamično analizo konstrukcij (programi RAVOK, OKVIR, EAVEK, PLOŠČA), zadnjih deset let pa se ukvarjamo tudi z uvajanjem CAD tehnik v modeliranje stavb, računalniško podprto konstruiranje armature in opažev (GeoModel, AR-CAD, KOP, ROK). Ker nam obstoječi geometrijski modeli niso zadoščali pri modeliranju stavb, smo izdelali lasten program **GeoModel**. Ugotovili smo, da se pri

modeliranju stavb ne pojavljajo tako zahtevni elementi kot npr. v strojogradnji. Z enostavnimi elementi: stenami, stebri, ploščami in odprtini lahko opišemo veliko večino stavb.

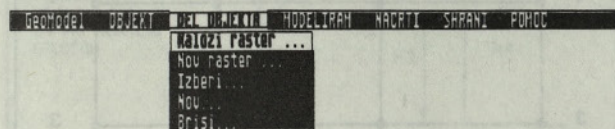
### 2. GEOMODEL

**GeoModel** je interaktivni grafični program za modeliranje in izdelavo načrtov objektov. Modeliranje poteka tako, da vnašamo na pripravljeni raster s pomočjo nitnega križa in miške stene, stebre, plošče in odprtine v stene in ob tem skrbimo še za višine elementov. Z nekaj spretnosti lahko z vgrajenimi tipi elementov zgradimo 3D modele še tako zapletenih objektov. Poleg modeliranja v tlorisu lahko med modeliranjem rišemo še poljubne 3D perspektivne poglede. Pravo vrednost dobi program **GeoModel** skupaj z zgrajenimi knjižnicami rastrov, delov objekta in risb opreme ali instalacij.

Avtor:  
Vlado Ljubič, dipl. inž. gradb., asistent FAGG, IKPIR,  
Jamova 2, Ljubljana

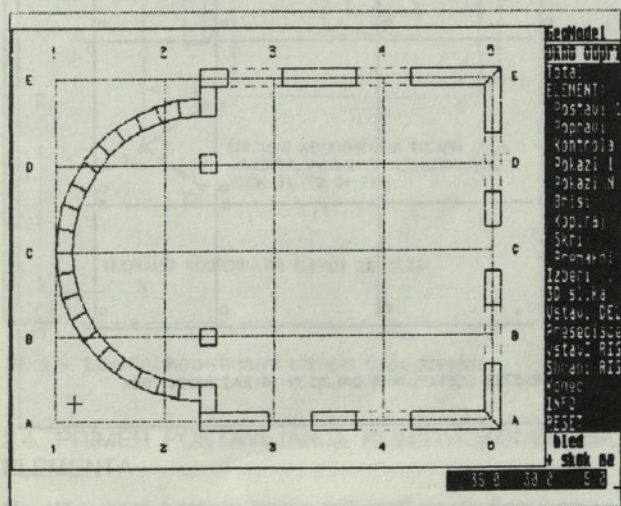
Za izdelavo načrta v tlorisu je na voljo vgrajen grafični urejevalnik, ki omogoča kotiranje, vpisovanje tekstov in opomb, izbiro meril in formatov risbe. Pred risanjem na risalnik pomanjšano sliko načrta pregledamo na zaslonu. Zapis podatkov za risalnik je v **HP-GL** (Hewlett Packard Graphic Language) standardu. Rišemo lahko neposredno na risalnik ali zapišemo podatke na datoteko.

**GeoModel** shranjuje podatke o objektu na datoteke, ki so ustrezno dokumentirane in jih lahko uporabimo kot podatke svojim programom. S programom **KOP** (program za konstruiranje opažev) in **PLOŠČA** (program za račun plošč) je mogoča neposredna povezava. Če nam v **GeoModel** vgrajeni grafični urejevalnik ne zadošča, lahko uporabimo povezavo prek »script« datoteke s programom **AUTOCAD™**.

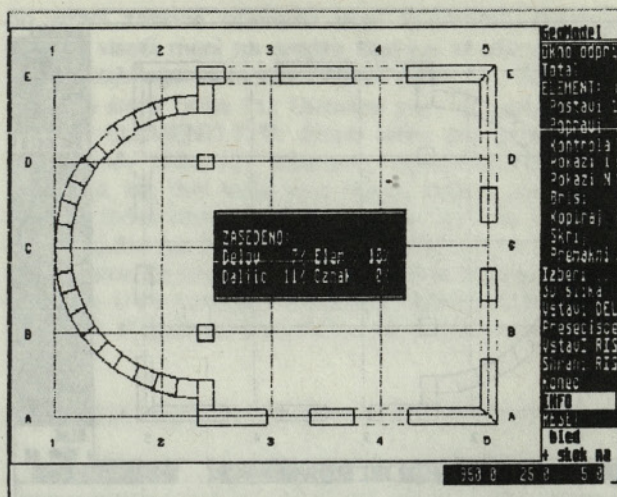


Slika 1. Viseči meniji glavnega dela programa

**GeoModel** uporablja moderne CAD tehnike za dialog z uporabnikom. Glavne dele programa krmilimo prek visečih menijev (slika 1), geometrijsko modeliranje in izdelava načrta pa tečeta prek grafičnega menija (slika 2) ob desni strani zaslona (podobno kot v programu **AUTOCAD**). Spodnji dve vrstici sta rezervirani za obvestila in dodatne horizontalne menije. V desnem spodnjem delu zaslona poteka izpis trenutnega položaja nitnega križa in velikost koraka nitnega križa. Prek funkcijskih tipk lahko izbiramo velikost tega koraka, ortogonalni način dela, izpis relativnih in polarnih koordinat položaja nitnega križa in fiksiranje x ali y koordinate pri gibanju nitnega križa. Pri delu se vklapljuje opozorilne table (slika 3) in dodatni horizontalni meniji v spodnji vrstici zaslona (slika 4). Tudi alfanumerični vnos podatkov poteka prek mask v spodnji vrstici zaslona (slika 5).



Slika 2. Modeliranje z grafičnim menijem



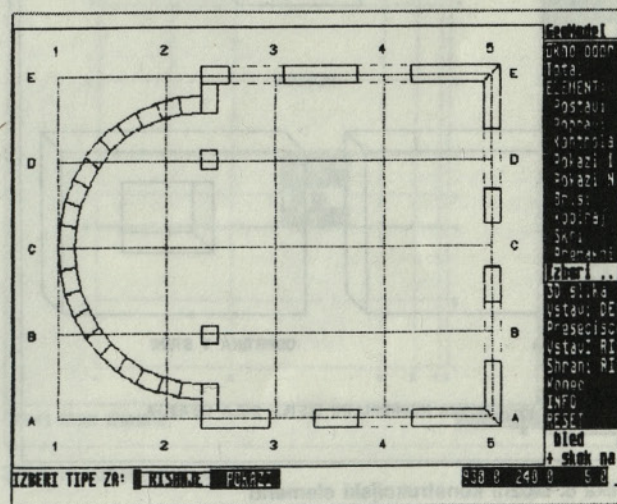
Slika 3. Opozorilne table

## 2.1. POTREBNA OPREMA

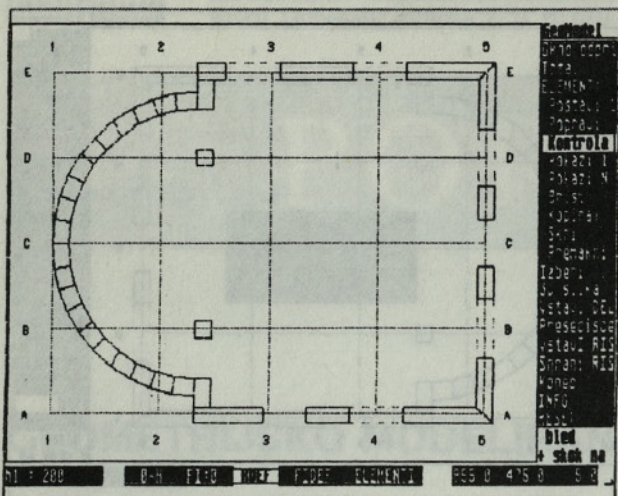
Program je pisan v programskem jeziku **FORTRAN-77** za osebne računalnike **IBM - PC XT/AT** in kompatibilne računalnike s **640 kB RAM**, disketno enoto in trdim diskom. Poleg tega je potrebna še miška in grafična kartica (**EGA** ali **Herkules**). Ker so pri modeliranju pomembne barve, priporočamo grafično kartico **EGA**. Za risanje načrta potrebujemo risalnik, ki pozna **Hewlett-Packardov** grafični jezik (**HP 7475**, **HP 7585**, **ROLAND 3300**...). Od programske opreme je potreben operacijski sistem **MS DOS 3.2** ali višji.

## 2.2. ENOTE

V programu je predvideno, da so enote **CM**. Lahko uporabimo tudi druge enote, vendar se kotnice, opombe in teksti pri tem ne izrišejo pravilno.



Slika 4. Horizontalni meniji



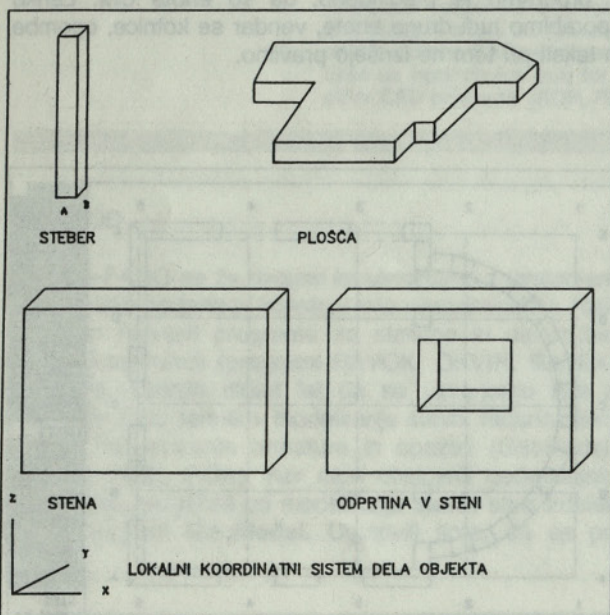
Slika 5. Vnos podatkov

### 2.3. MOŽNOSTI UPORABE PROGRAMA GeoModel

Program GeoModel je namenjen modeliranju in izdelavi načrtov zgradb. Vgrajeni so naslednji konstrukcijski elementi (slika 6):

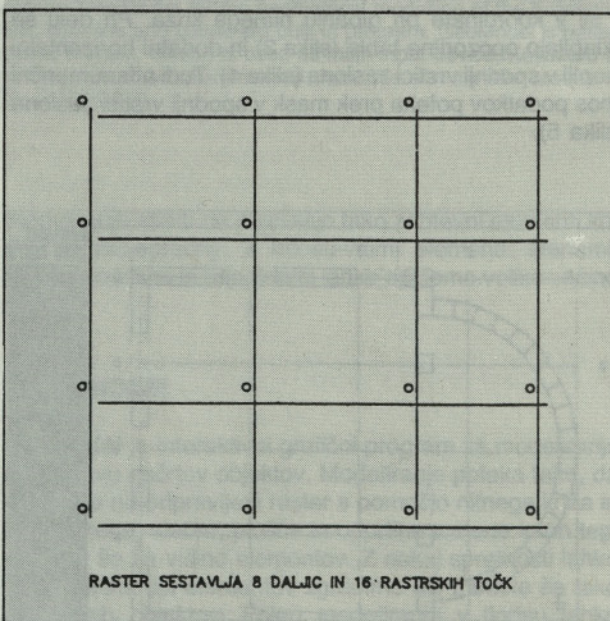
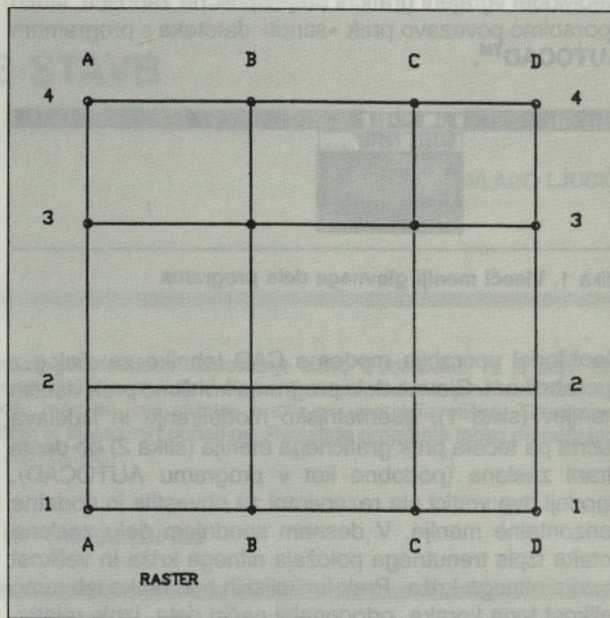
stena,  
stebler,  
plošča  
in odprtina.

Poleg konstrukcijskih elementov lahko uporabljamo tudi geometrijska elementa daljico in rastrsko točko. Raster, na katerem podajamo elemente, je sestavljen iz daljic in rastrskih točk (slika 7).



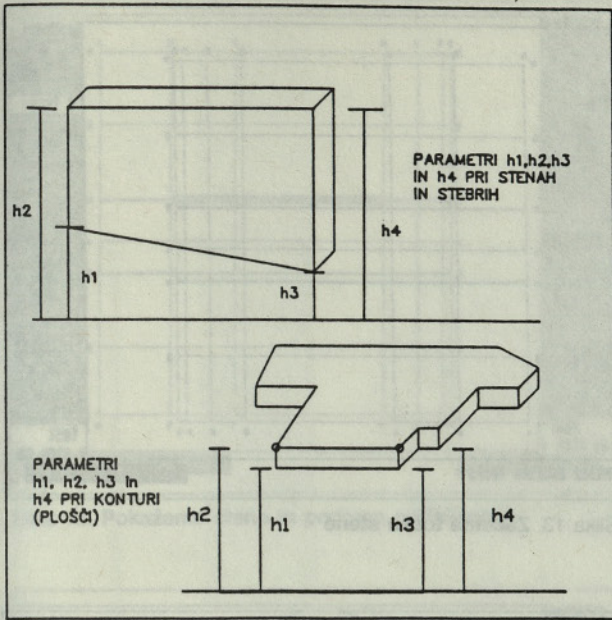
Slika 6. Možni konstrukcijski elementi

ljen iz delov objekta. Ker je del objekta običajno ena etaža objekta, ima vsak del objekta podano etažno višino. Ta predstavlja osnovni podatek za tretjo dimenzijo konstrukcijskega elementa. Pri podajanju sten in stebrov je njihov standardni položaj od nič do višine etaže. Ta položaj lahko med izvajanjem programa poljubno spreminjamo. Vsak konstrukcijski element ima štiri parametre ( $h_1, h_2, h_3, h_4$ ), ki določajo njegov položaj v z smeri. S spreminjanjem teh parametrov lahko opišemo steno spreminjajoče se višine (slika 8).



Slika 7. Geometrijski elementi tvorijo raster

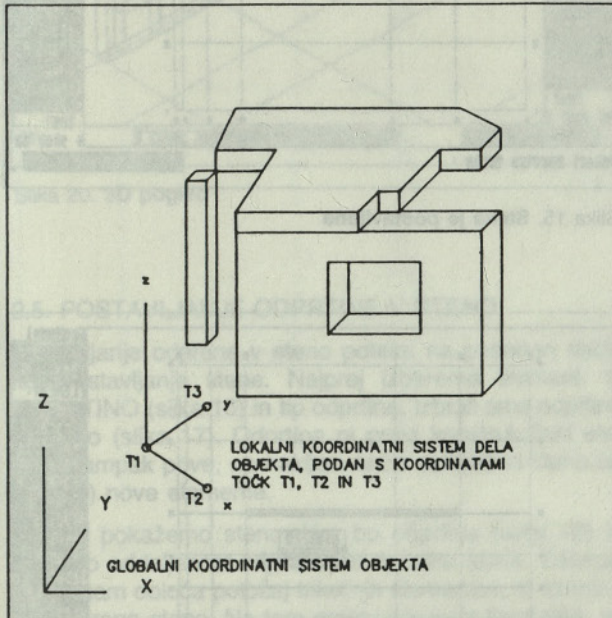
Čeprav poteka modeliranje zgradbe v tlorisu, so vsi konstrukcijski elementi tridimenzionalni. Objekt je sestav-



Slika 8. Parametri h1, h2, h3 in h4

Del objekta ima lahko poljubno lego v objektu. To lego podamo s tremi točkami v objektu, ki predstavljajo lokalno izhodišče dela objekta (slika 9).

Za en del objekta uporabljamo lahko le eno datoteko tipov in je med modeliranjem ne smemo več popravljati.

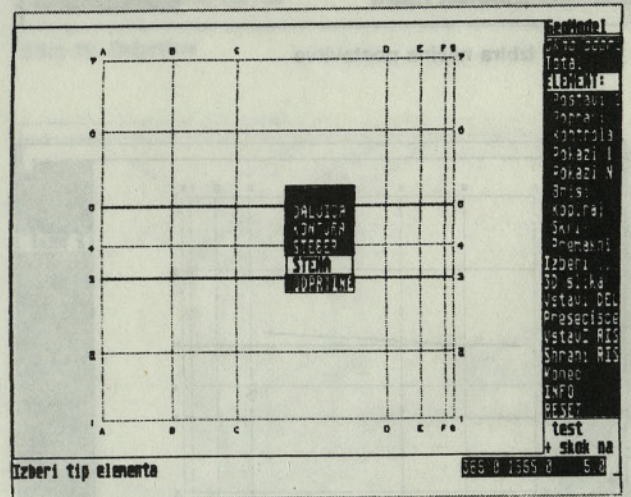


Slika 9. Lokalni koordinatni sistem dela objekta

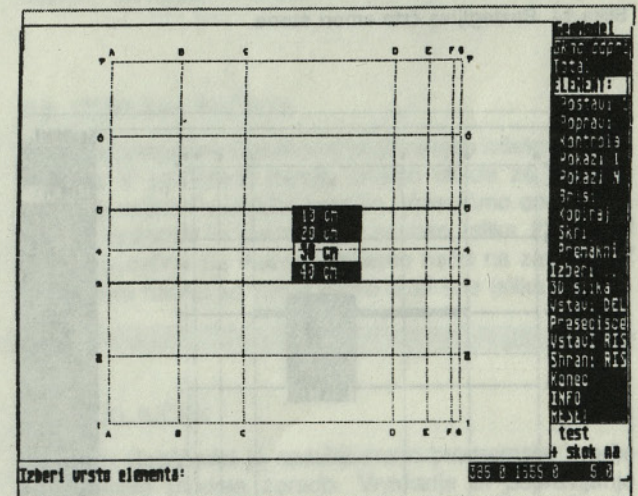
2.4. PRIMER POSTAVLJANJA KONSTRUKCIJSKEGA ELEMENTA

Na slikovnem primeru bomo prikazali postavljanje stene debeline 30 cm v ravnino dela objekta. V grafičnem meniju

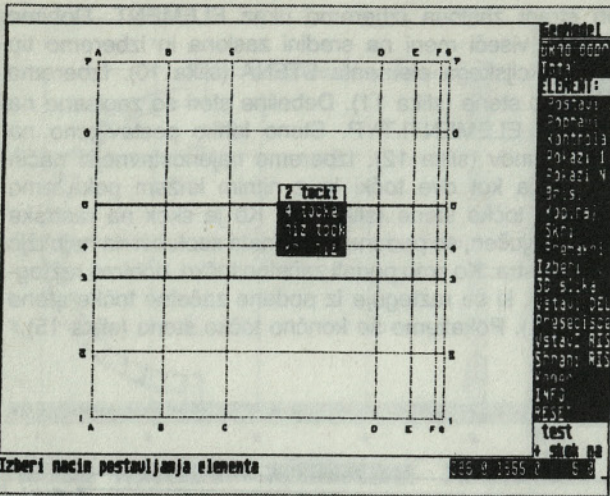
ob strani zaslona izberemo ukaz ELEMENT. Dobimo dodatni viseči meni na sredini zaslona in izberemo tip konstrukcijskega elementa STENA (slika 10). Izberemo debelino stene (slika 11). Debeline sten so zapisane na datoteki ELEMENTI.TYP. Steno lahko postavljamo na več načinov (slika 12). Izberemo najenostavnejši način podajanja kot dve točki in z nitnim križem pokažemo začetno točko stene (slika 13). Ko je skok na rastrske točke vključen, se podana koordinata zaokroži na najbližjo točko rastra. Ko smo podali začetno točko, dobimo raztegljivo črto, ki se razteguje iz podane začetne točke stene (slika 14). Pokažemo še končno točko stene (slika 15).



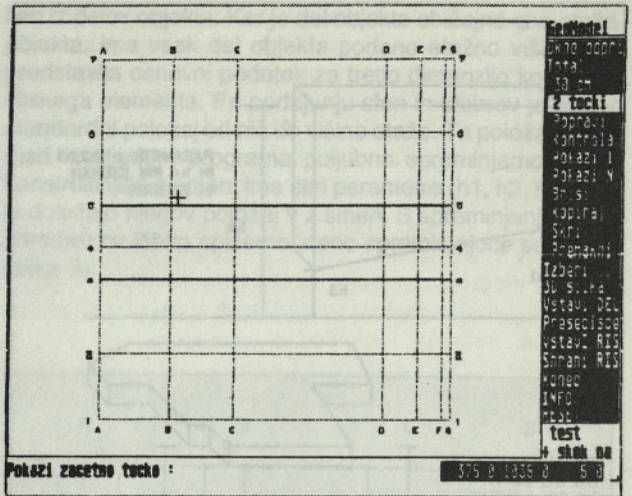
Slika 10. Izbira stene



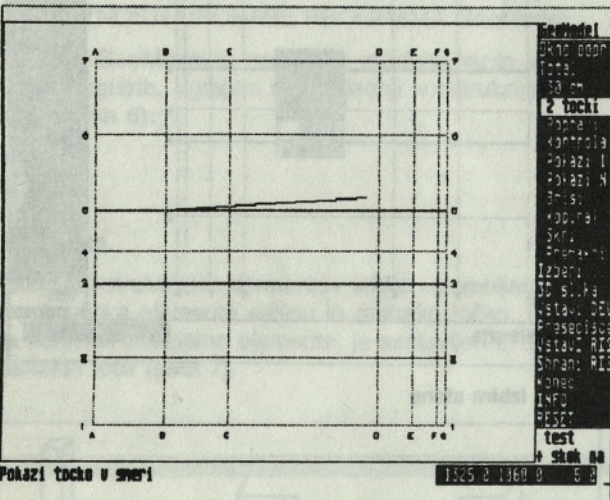
Slika 11. Izbira debeline



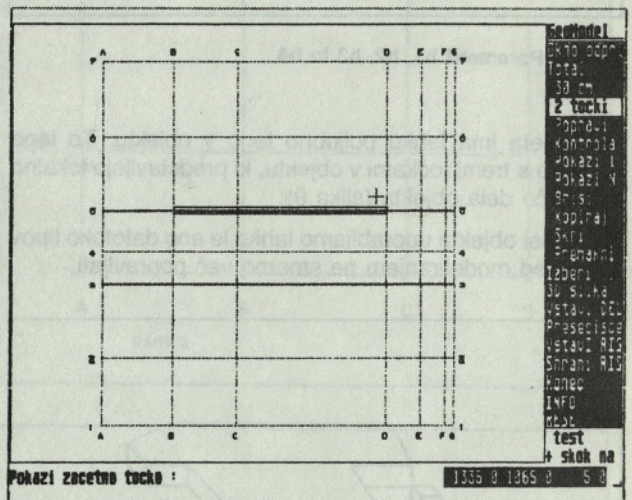
Slika 12. Izbira načina postavitve



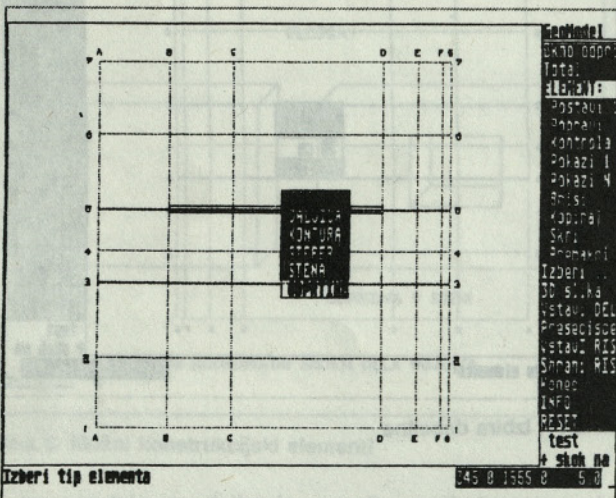
Slika 13. Začetna točka stene



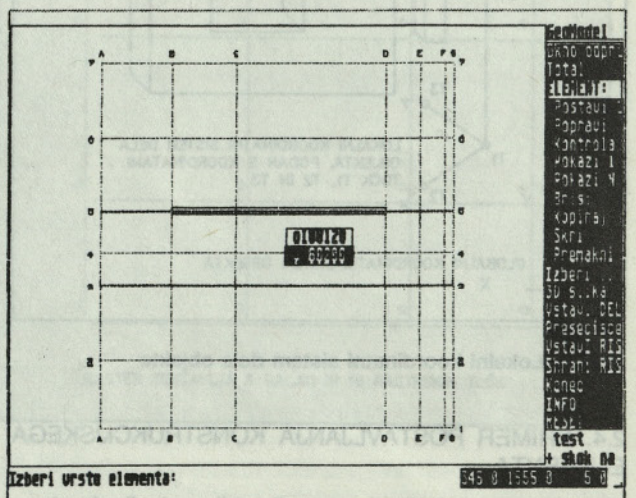
Slika 14. Raztegljiva črta smeri stene



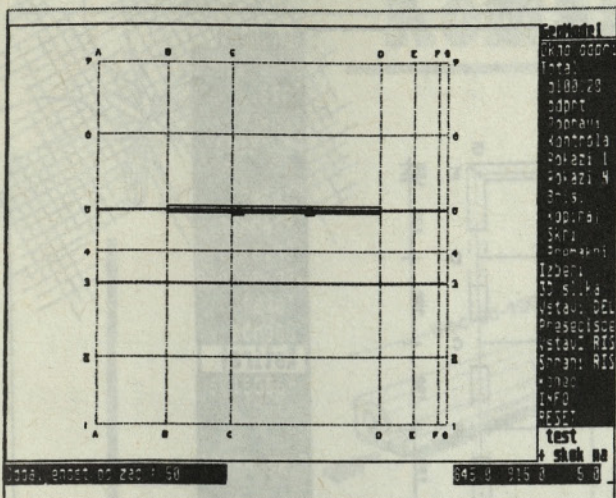
Slika 15. Stena je postavljena



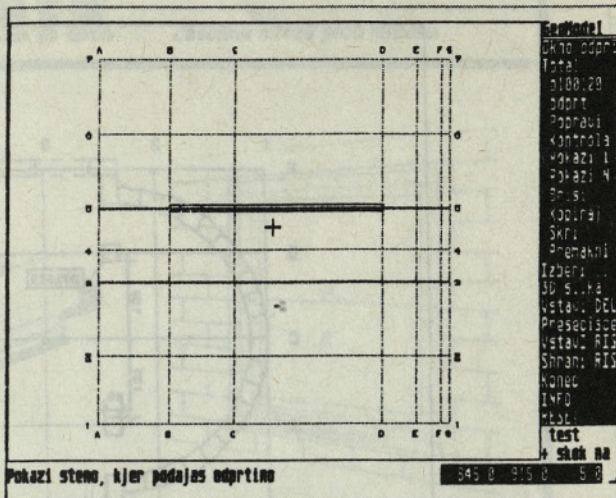
Slika 16. Izbira elementa



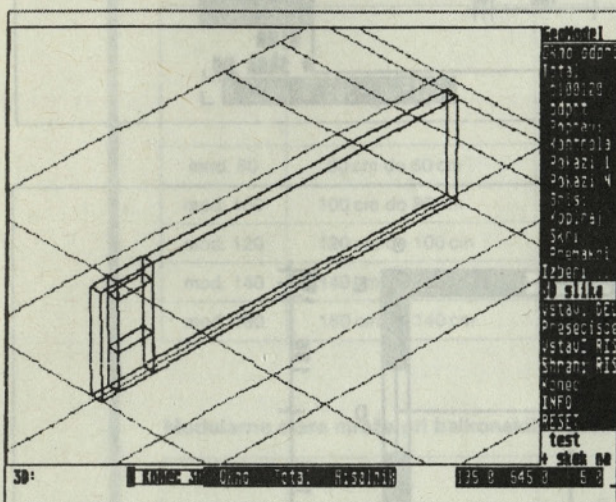
Slika 17. Izbira tipa odprtine



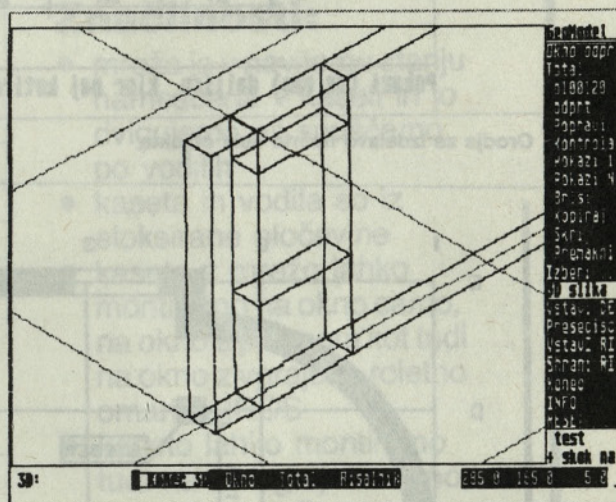
Slika 18. Pokažemo steno in podamo oddaljenost



Slika 19. Odprtina



Slika 20. 3D pogled



Slika 21. 3D pogled v detajlu

## 2.5. POSTAVLJANJE ODPRTINE V STENO

Postavljanje odprtine v steno poteka na podoben način kot postavljanje stene. Najprej izberemo element, tj. ODPRTINO (slika 16) in tip odprtine. Izbrali smo odprtino za okno (slika 17). Odprtina ni pravi konstrukcijski element, ampak pove, na kakšen način razdelimo steno na 4 (ali 3) nove elemente.

Najprej pokažemo steno, kjer bo odprtina (slika 18) in podamo oddaljenost odprtine od začetka stene. Začetek stene nam določa položaj trikotnih elementov, ki označujeta izbrano steno. Na tem mestu program kontrolira, ali je mogoče postaviti odprtino v steno, in če je to mogoče, steno razdeli na 4 nove dele, ki postanejo samostojni konstrukcijski elementi (dve steni, parapet in preklada).

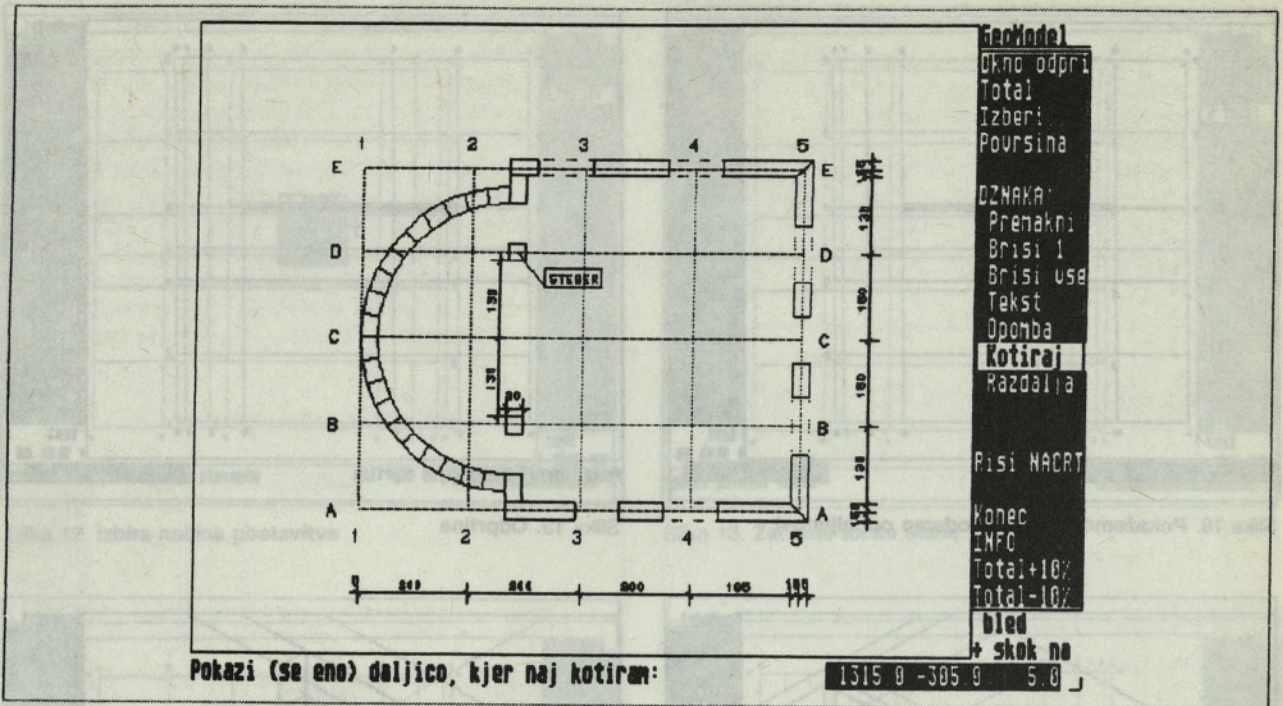
Med modeliranjem lahko kontroliramo pravilnost tudi z risanjem 3D slike dela objekta iz poljubne točke (slika 20). Ta pogled lahko tudi povečujemo in si ogledamo detajle (slika 21).

## 2.6. IZDELAVA NAČRTA

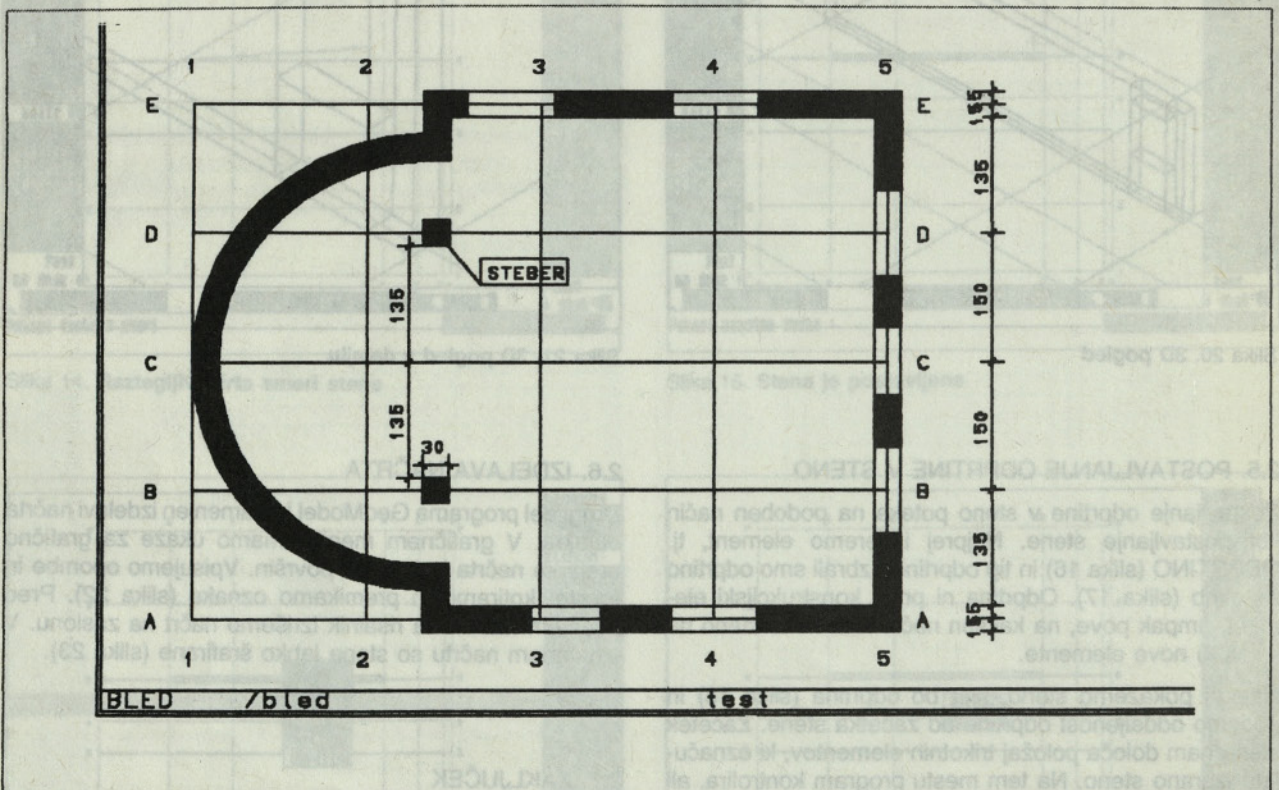
Drugi del programa GeoModel je namenjen izdelavi načrta objekta. V grafičnem meniju imamo ukaze za grafično urejanje načrta in izračun površin. Vpisujemo opombe in tekste, kotiramo in premikamo oznake (slika 22). Pred risanjem načrta na risalnik izrišemo načrt na zaslonu. V izdelanem načrtu so stene lahko šrafirane (slika 23).

## 2.7. ZAKLJUČEK

Program GeoModel je specializirano programsko orodje za izdelavo modela zgradb. Vnašanje in popraviljanje elementov je zelo enostavno, podatkovna struktura pa je dosegljiva tudi drugim programom. Posebej je pomembna povezava s programom AUTOCAD. Po uporabi modernih CAD tehnik ne zaostaja za vrhunskimi CAD programi v svetu.



Slika 22. Orodja za izdelavo načrta dela objekta



Slika 23. Izdelan načrt

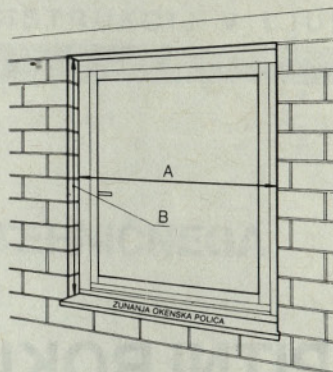
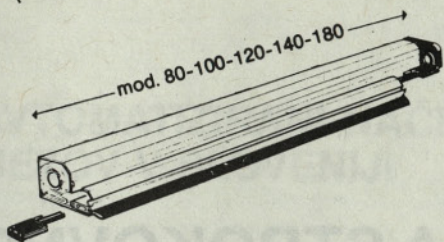
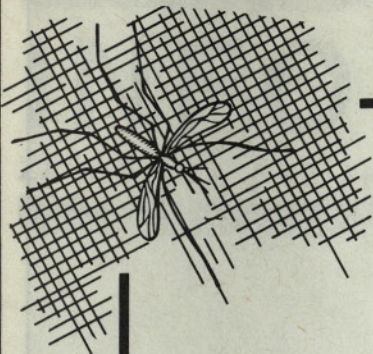
LITERATURA

1. V. Ljubič, GeoModel – program za geometrijsko modeliranje zgradb, Priročnik za uporabo programa, FAGG, VTOZD GG, IKPIR, Ljubljana 1988.
2. J. Smith, R. Gesner, Customizing AutoCAD, New Riders Publishing, Thousand Oaks, California, 1988.



# Komarnik

Zaščitna mreža proti mrčesu



## Modularne mere mreže pri oknih

Mod.	A (širina)	B (višina) (visina)
mod. 80	80 cm do 60 cm	140 cm
mod. 100	100 cm do 80 cm	140 cm
mod. 120	120 cm do 100 cm	140 cm
mod. 140	140 cm do 120 cm	140 cm
mod. 180	180 cm do 140 cm	140 cm

## Modularne mere mreže pri balkonskih vratih

Mod.	A (širina)	B (višina) (visina)
mod. 80	80 cm do 60 cm	220 cm
mod. 100	100 cm do 80 cm	220 cm
mod. 140	140 cm do 100 cm	220 cm

## Značilnosti:

- mreža je v navitemu stanju nameščena v kaseti in jo dvigujemo ali spuščamo po vodilih
- kasete in vodila so iz eloksirane pločevine
- kaseto z mrežo lahko montiramo na okno samo, na okno s polknom kot tudi na okno z vgrajeno roletno omarico IROS
- kaseto lahko montiramo tudi na že vgrajeno okno, ki je lahko tudi izvenstandardnih dimenzij (kasete v ta namen lahko prikojimo – prežagamo)

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



**Industrija stavbnega pohištva**

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

**ZVEZNI CENTER ZA IZOBRAŽEVANJE  
GRADBENIH INŠTRUKTORJEV LJUBLJANA**  
Ljubljana, Kardeljeva ploščad 27

## **IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE ARHITEKTOV IN GRADBENIKOV V LETU 1990**

PISNI DEL		USTNI DEL	
22. september	1990	8.–12. oktober	1990
20. oktober	1990	12.–16. november	1990
24. november	1990	10.–14. december	1990

**PRIJAVE JE TREBA POSLATI VSAJ 20 DNI PRED  
ROKOM ZA PISNI DEL IZPITA NA NASLOV: ZVE-  
ZNI CENTER ZA IZOBRAŽEVANJE GRADBENIH  
INŠTRUKTORJEV, 61109 LJUBLJANA, KARDE-  
LJEVA PLOŠČAD 27.**

## NAČRTOVANI AVTOMATIZIRANI NAČIN TEHNIČNEGA OPAZOVANJA JEZOV V SLOVENIJI

UDK 627.43:519.68(497-12)

RUDI BRINŠEK, BRANKO BELINGAR

### POVZETEK

V članku so predstavljene sedanje metode tehničnega opazovanja hidrotehničnih objektov in načrtovane izboljšave z avtomatizacijo opazovanja, s katero želimo občutno izboljšati kakovost ter zmanjšati stroške opazovanja.

Avtomatizirani način meritev določenih parametrov na objektih, takojšnja obdelava in prenos podatkov v center opazovanja (upravljanja) sestavljajo sistem opazovanja, ki med drugim omogoča tudi boljšo povezavo med statističnim in determinističnim principom (modelom) opazovanja.

Z avtomatizacijo meritev je mogoče objekte opazovati strukturalno, z vključitvijo matematičnega (numeričnega) modeliranja pa je omogočena tudi takojšnja primerjava med dejanskim (izmerjenim) in simuliranim (izračunanim) obnašanjem objektov. Opisano opazovanje poteka v celoti z računalniško mrežo (PC).

Sistem nudi tudi takojšnje alarmiranje, obveščanje in morebitno regulacijo določenih procesov.

### THE PLANNED AUTOMATIC MONITORING OF DAMS IN SLOVENIA

### SUMMARY

In the paper a description is given of methods presently used for the long-term monitoring of hydrotechnical structures (dams, pipelines, etc.) and of the planned improvements which are to be achieved with the introduction of automatic monitoring. By means of the latter it will be possible to improve significantly the quality of measurements and at the same time to reduce the costs of long-term monitoring.

If a number of parameters relating to the structures are measured automatically, then their immediate processing and data transfer to the long-term monitoring centre (the management centre) together represent a monitoring system which provides a better link between results obtained using statistical and deterministic observation models.

With the introduction of automatic monitoring it will be possible, by means of mathematical modelling, to carry out immediate comparisons between the actual (measured) and simulated (calculated) behaviour of hydrotechnical structures. The described monitoring system runs on a computer network using PC's.

The described system is capable of issuing alarms, as well as routine information bulletins, and can be used for the operation of certain hydraulic regulation processes.

#### Avtorja:

Rudi Brinšek, dipl. inž. gradb., ZRMK Ljubljana  
Branko Belingar, dipl. inž. elek., (Data measuring sistem)

#### 1.0. UVOD

Kmalu po izidu Pravilnika o tehničnem opazovanju visokih jezov leta 1966 je ZRMK Ljubljana na podlagi izdelanih

projektov tehničnega opazovanja na vseh dotedanjih hidrotehničnih objektih v Sloveniji (visokih pregradah) vzpostavil sisteme tehničnega opazovanja, ki so v glavnem zajemali naslednje kontrolne meritve in preglede:

- a) meritve vertikalnih in horizontalnih pomikov repernih točk na pregradi in njenem vplivnem območju,
- b) meritve nagibov karakterističnih konstrukcijskih elementov,
- c) meritve delovanja razpok in dilatacij na konstrukcijskih elementih,
- d) meritve globin razpok z ultrazvokom,
- e) vizualne preglede pregradnega objekta z dopolnjevanjem katastra razpok in poškodb,
- f) vizualne geološko-geomehanske preglede brežin akumulacij in podslapij,
- g) meritve piezometričnih pritiskov (filtracijskih vzgonskih tlakov) v opazovalnih vrtinah,
- h) meritve filtracijskih hitrosti podtalnice v opazovalnih vrtinah,
- i) meritve prepustnosti za vodo (vodoprepustnosti) območij opazovalnih vrtin,
- j) ugotavljanje izvora vode po metodi specifične električne upornosti.

S področja elektrogospodarstva opazujemo v Sloveniji deset visokih pregrad v dravski verigi (HE Dravograd, HE Vuzenica, HE Vuhred, HE Ožbalt, HE Fala, HE Mariborski otok, Jez Melje, Strojnica Zlatoličje, Jez Markovci, Strojnica Formin), štiri v savski (HE Moste, pregrada Završnica, HE Mavčiče, HE Medvode) in tri v soški verigi (HE Doblar, HE Plave, HE Solkan). Vsi objekti v dravski verigi so betonsko težnostnega tipa (osem stebriških, dva kanal-ska), v savski in soški verigi pa so vsi prav tako betonsko težnostni, s tem da je po eden izmed njih betonsko ločno gravitacijski.

Največjo gradbeno višino imata obe ločno gravitacijski pregradi HE Doblar in HE Moste, in sicer 59,0 m. Višina zaježitve in dolžina krone sta največji pri pregradi HE Moste:

višina zaježitve 45,0 m,  
dolžina krone 55,0 m.

Kadri, ki so potrebni pri opazovanju:

en inženir gradbeništva – v celoti (obdelava),  
dva inženirja geodezije – delno (na terenu in obdelava),  
dva inženirja geologije – delno (na terenu in obdelava),  
en inženir fizike – delno (obdelava),  
dva tehnika gradbeništva – delno (meritve na terenu),  
trije pomočniki – delno (meritve na terenu),  
en tehnik gradbeništva – delno (obdelava).

Naštete kontrolne meritve in preglede izvajamo na pregradnih objektih (če je stanje normalno) v povprečju enkrat na leto. Piezometrične pritiske v opazovalnih vrtinah merijo sami upravljavci objektov povprečno enkrat na mesec.

## 2.0. SEDANJI NAČIN TEHNIČNEGA OPAZOVANJA OBJEKTOV

Za ugotavljanje deformacij konstrukcijskih elementov pregradnih objektov uporabljamo geodetske meritve, ki temeljijo:

– na merjenju vertikalnih pomikov s preciznim niveliranjem (nivelir NI 007, Carl Zeiss),

– na merjenju horizontalnih pomikov s triangulacijo (sekundni teodolit Theo 010, Carl Zeiss) in trilateracijo (teleoptični razdaljemer Mekometer ME 3000, Kern),  
– na merjenju delovanja razpok in dilatacij na deformetričnih trikotnikih (deformeter na bazi 25,4 cm, Huggenberger),  
– na merjenju nagibov s klinometrom (baza 1,0 m, Huggenberger) in koordinometri.

V sklopu opazovanja deformacij konstrukcijskih elementov merimo tudi globine razpok z ultrazvokom in vibracije.

Globine razpok merimo z aparaturo, ki jo sestavljajo ultrazvočne koničaste sonde EX-RX. Globino razpoke ovrednotimo iz razlike časa preleta ultrazvoka čez razpoko pri enkratni in dvakratni razdalji med obema sondama.

Pri meritvah vibracij potrebujemo sonde velike občutljivosti (1 Hz do 1 kHz), s katerimi lahko merimo amplitude (pomike), hitrosti in pospeške.

Vse naštete meritve potekajo ročno na terenu.

Podtalnico oziroma kakovost betonov in hribine v podlagi ter bokih pregradnih objektov opazujemo s pomočjo opazovalnih vrtin, v katerih zasledujemo spremembe piezometričnih pritiskov (hidravličnih gradientov), filtracijskih (Darcyjevih) hitrosti podtalnice, prepustnosti za vodo (VDP) oziroma koeficientov filtracije, temperatur voda in njihove specifične električne upornosti.

Piezometrične pritiske merimo ročno na terenu z električnim merilnikom gladine vode in manometri.

Filtracijske hitrosti merimo po metodi dekoncentracije radioaktivnega označevalnika ( $Br^{82}$ ). Padec koncentracije izotopa je sorazmeren s filtracijsko hitrostjo v vrtini. Pri merjenju (filtracijske hitrosti izmerimo na poljubni dolžini vrtine) uporabljamo instrument za detekcijo radioaktivnih snovi (scintilacijski detektor) in števni del (Berthold).

Prepustnost za vodo merimo po metodi VDP z vtiskanjem vode pri treh različnih pritiskih, da definiramo Darcyjevo premico. V odvisnosti od sprejema vtiskajoče vode, dolžine merske etaže in premera vrtine ovrednotimo koeficient filtracije.

Temperature vode v vrtinah merimo ročno na terenu z elektronskim termometrom (Pt 100).

Specifično električno upornost vzorcev voda ugotavljamo s konduktometrom (Iskra).

Pri razlagi rezultatov vseh naštetih meritev opažamo, da ima sedanji statistični princip (model) opazovanja poleg določenih prednosti tudi nekatere bistvene pomanjkljivosti. Večkrat se pojavi problem razlage rezultatov, ker ni mogoče natančno ugotoviti tako odnosa med vzrokom in posledico zaradi večkratne korelacije posameznih vplivov kakor tudi ne vplivov, ki jih zaradi nepoznavanja niti ne upoštevamo. Rezultate pri tem načinu opazovanja praviloma interpretiramo za minulo stanje, pri čemer se v določenem obdobju opazovanja tehnika meritev ne sme spremeniti.

Da bi s sedanjim statističnim načinom opazovanja objektov lažje opredelili odnose med vzroki in posledicami, ugotavljamo, da je treba vrednosti posameznih parametrov spremljati v takih časovnih intervalih, ki bodo omogočili natančno določanje njihove oscilacije (periode), s tem pa tudi njihove korelacije. Oscilacij vrednosti posameznih parametrov (te se lahko v uri spreminjajo) in njihove

korelacije z enkratnimi ali večkratnimi letnimi meritvami ni mogoče natančno ugotavljati. Zato je treba meriti pogosteje, s tem pa se povečajo stroški opazovanja.

Problem je mogoče učinkovito reševati z avtomatskimi (elektronskimi) meritvami, ki obenem odpravijo vpliv subjektivnih faktorjev, iz množice podatkov pa je mogoče tudi statistično določati natančnejše vrednosti parametrov in takoj odkriti možna nerealna odstopanja.

### 3.0. NAČRTOVANI AVTOMATIZIRANI NAČIN TEHNIČNEGA OPAZOVANJA OBJEKTOV

Načrtovani avtomatizirani način opazovanja objektov omogoča avtomatsko merjenje (v poljubnem semplirnem času, ki ga je mogoče za posamezna merilna mesta med merjenjem tudi spreminjati ali pa se programsko samodejno spremeni za vsa merilna mesta, npr. med potresom), takojšnjo (po želji) obdelavo podatkov z risanjem kronoloških diagramov ter grafikonov, tipkanje tabel, takojšnje alarmiranje ob prekoračitvi predpisanih vrednosti in morebitno samodejno regulacijo (praznjenje akumulacije).

Sistem omogoča tudi obdelavo podatkov o strukturalnem obnašanju objektov (senzori so vgrajeni na karakterističnih, za stabilnost objekta najbolj odločilnih mestih).

Podatki se lahko v vsakem trenutku pregledajo na objektu in v enem ali več centrih vodenja (opazovanja) v ustreznem sistemu terminalov. Merilni del sistema je s centrom opazovanja povezan prek telefonske linije (lahko tudi drugi prenosni mediji: UKV, VF zveze...). Tako je mogoče zahtevati in takoj dobiti poljubne vrednosti parametrov, ki jih želimo analizirati.

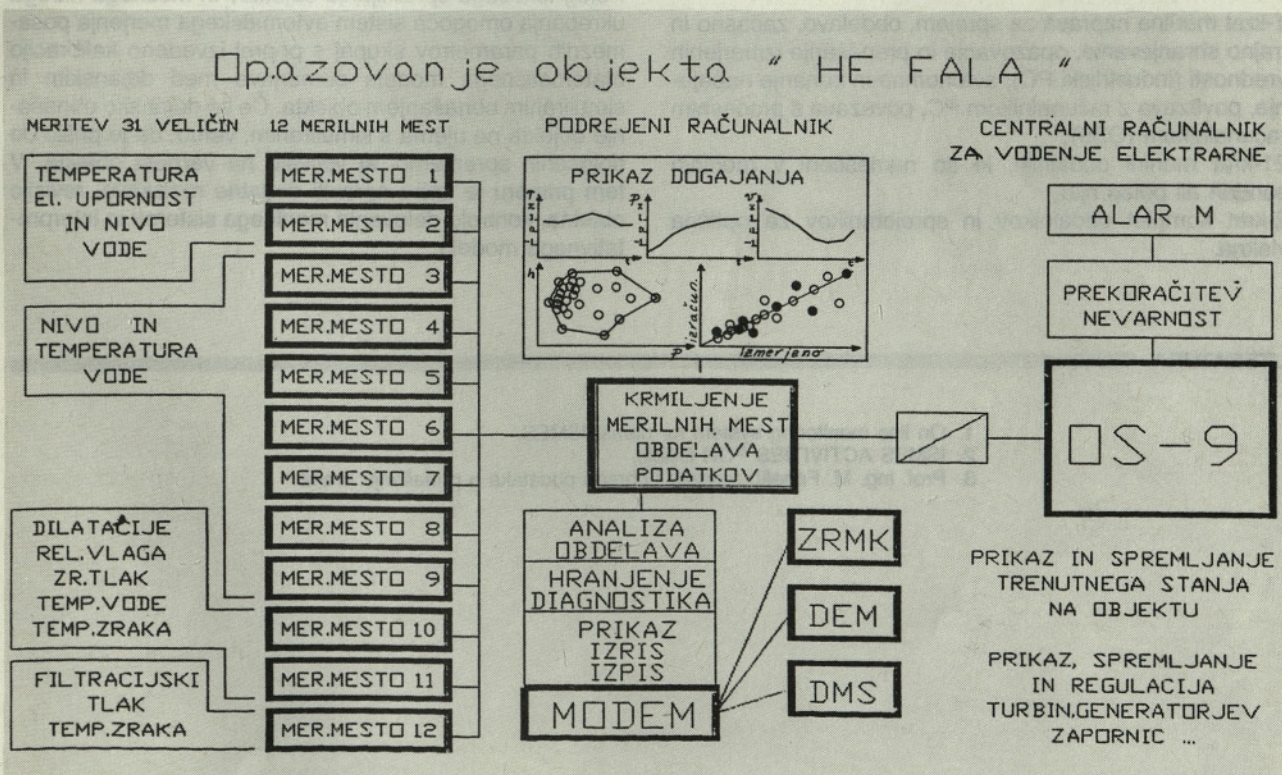
Glavna prednost takšnega sistema je ta, da je mogoče z določeno programsko opremo tudi takoj ugotavljati korelacije med izmerjenimi in simuliranimi vrednostmi, ki jih lahko dobimo po deterministični in statistični poti (matematični modeli). Sistem omogoča tudi začetno kalibracijo konstant (mehanske karakteristike materialov), ki jih je treba pri matematičnem modeliranju natančno definirati (deterministični modeli).

Za zgled lahko navedemo preprostejši deterministični način opazovanja podtalnice, ki ga z avtomatskim sistemom opazovanja lahko izvajamo dokaj učinkovito.

Gladina vode v akumulaciji dnevno oscilira za nekaj metrov. Tok podtalnice je v tem primeru nestacionaren, vendar mora biti pri enakih pogojih reakcija piezometričnih pritiskov v vrtnah na objektu vedno enaka. Če tega ni, lahko sklepamo, da je prišlo do spremembe efektivne poroznosti medijev oziroma do takšnega vpliva, ki ga do takrat niti nismo registrirali. Takšno opazovanje je seveda mogoče, če merimo vrednosti posameznih parametrov zvezno ali v poljubno kratkih časovnih intervalih.

V letu 1990 načrtujeta ZRMK Ljubljana, v sodelovanju z DMS, in Dravske elektrarne Maribor vzpostavitev avtomatskega sistema opazovanja rekonstruiranega pregradnega objekta HE Fala:

tip betonsko gravitacijski,  
gradbena višina 54,0 m,  
višina zaježitve (normalni vodostaj) 15,0 m,  
dolžina krone 220 m.



#### Predvidene meritve:

2-krat nivo in temperatura vode (spodnja in zgornja voda),  
7-krat piezometrični pritisk in temperatura vode v bočnih opazovalnih vrtinah,  
2-krat specifična električna upornost vode v opazovalnih vrtinah,  
2-krat piezometrični pritisk (filtracijski vzgonski tlak) v kontrolnem hodniku,  
1-krat temperatura zraka ali vode v kontrolnem hodniku,  
4-krat pomik na dilatacijah (biaksialno),  
2-krat temperatura betona na merilnih mestih dilatacije,  
1-krat temperatura zraka (ambienta),  
1-krat zračna vlaga,  
1-krat zračni tlak.

#### Skupno število merilnih mest:

2-krat kombinirana sonda za merjenje nivoja, temperature in upornosti vode,  
7-krat kombinirana sonda za merjenje nivoja in temperature v integrirani obliki z vgrajenim mikroprocesorjem, ki omogoča avtomatsko kalibracijo, kontrolo in regulacijo – natančnost: nivo 0,5%, temperatura 0,1%, upornost 1% – temperaturno območje: -30 do +70°C,  
2-krat piezometrični pritisk v kontrolnem hodniku – natančnost: 0,5% – temperaturno območje delovanja: -30 do +70°C,  
4-krat pomiki na dilatacijah – natančnost: 0,1% – temperaturno območje delovanja: -45 do +70°C,  
4-krat temperatura zraka in betonov – natančnost: 0,1% – temperaturno območje delovanja: -30 do +100°C,  
1-krat zračni tlak – natančnost: 0,5% – temperaturno območje delovanja: -30 do +60°C,  
1-krat relativna vlažnost – natančnost: 2% – temperaturno območje delovanja: -20 do +150°C.

#### Merilna naprava:

1-krat merilna naprava za sprejem, obdelavo, začasno in trajno shranjevanje, opazovanje in prenašanje izmerjenih vrednosti (industrijski PC), avtonomno in zunanje napajanje, povezava z računalnikom PC, povezava s procesnim računalnikom (OS9);  
21-krat merilni oddajniki, ki so nameščeni v merilnih sondah ali poleg njih;  
2-krat komplet oddajnikov in sprejemnikov za optična vlakna.

#### Telefonski prenos podatkov:

1-krat komplet telefonskega modema za dvostransko komunikacijo,  
1-krat instaliran program za računalnik PC, nameščen v centru opazovanja.

Po končani rekonstrukciji objekta bo v sistem vključeno tudi seizmično opazovanje.

Za primerjavo lahko navedemo podatke o avtomatskem opazovanju (ISMES) italijanske pregrade P. del Barbellino:

gradbena višina 66 m,  
dolžina krone 256 m.

#### Meritve:

1-krat nivo vode v akumulaciji,  
1-krat temperatura ambienta,  
1-krat količina padavin,  
41-krat temperatura betonov,  
1-krat nagib (telekoordinometer),  
1-krat količina filtrirane vode,  
1-krat nagib v temelju (klinometer),  
2-krat pomik na dilatacijah (biaksialno).

### 3.0. SKLEP

Vpeljava avtomatskega opazovanja s telemetrijo pomeni bistven napredek pri ugotavljanju stanja visokih pregrad. Z zbiranjem in obdelavo podatkov na objektih kakor tudi v centru upravljanja (opazovanja) je omogočen hiter in dober pregled stanja celotne verige objektov in morebitno takojšnje (tudi samodejno) ukrepanje na podlagi preliminarnih analiz. Vpliv subjektivnih dejavnikov je pri tem praktično izničen.

Poleg tekočega spremljanja objektov in možnega hitrega ukrepanja omogoča sistem avtomatskega merjenja posameznih parametrov skupaj s poprej izvedeno kalibracijo matematičnega modela primerjave med dejanskim in simuliranim obnašanjem objekta. Če se dejansko obnašanje objekta ne ujema s simuliranim, vemo, da je prišlo do določenih sprememb, ki vplivajo na varnost objekta. V tem primeru je treba opraviti dodatne raziskave, revizijo objekta, kontrolo delovanja merilnega sistema in interpretativnega modela.

## LITERATURA

1. On line monitoring system for dams, ISMES.
2. ISMES ACTIVITIES FOR DAMS.
3. Prof. ing. M. Fanelli: Akvizija i obrada podataka o ponašanju brana.

# IZOLIKA

**industrija izolacijskih materialov, p. o.**  
**61110 Ljubljana, ob železnici 18**

telefon (061) 443 096, 442 402  
telex: 31585 yu izo  
telefax: (061) 445 182

## **izdelujemo:**

bitumenske strešne lepenke  
pergamin papir  
izoval – hidroizolacijske trakove  
izotekt – bitumenske varilne trakove  
izokrit – bitumensko skodlo  
izostik – bitumensko lepilo  
bitumenske emulzije in raztopine  
bitumenske mase in kite  
tesnilne trakove  
kombi – S plošče  
stiropor plošče in embalažo  
izomat plošče  
protipožarna vrata  
protipožarne omete in blazinice

## **nudimo:**

storitve s področja protipožarnega inženiringa  
strokovno svetovanje pri izdelavi vseh vrst  
izolacijskih sistemov

za dodatne informacije pokličite našo  
informativno službo – tel. (061) 443 096  
int. 36 ali 59