

Programsko orodje za pretočno tlačno analizo razmer v cevnih mrežah

A Software Tool for Pressure-Flow Analysis of Conditions in Pipe Networks

DARKO GORIČANEC - ANDREJ JAKL - JURIJ KROPE - VIKTOR KRAJNC

V prispevku je opisano programske orodje, ki omogoča določitev pretočno-tlačnih razmer in vodenje tehničnih informacij hidravlične cevne mreže. Računalniško aplikacijo povezuje v celoto objektno zasnovana lupina, ki lahko prevzame vlogo vmesnika med sedanjimi informacijskimi sistemi znotraj podjetja, geografskimi informacijskimi sistemi (GIS-i) in orodji za računalniško načrtovanje (RN-CAD) ter numeričnimi moduli za tehnične izračune. Podatki o cevni mreži se vnašajo preko uporabniško prijaznih vmesnikov, ki so integrirani v CAD okolje AutoCAD-a za MS Windows.

Ključne besede: mehanika fluidov, mreže cevovodne, sistemi informacijski, CAD

A software tool designed to determine pressure-flow conditions and to manage the engineering data of a hydraulic pipe networks is presented. The computer application is connected into one unit by an object-oriented shell acting as an interface between the existing information systems within the company, geographic information systems (GIS) and CAD tools on the one hand and the numerical modules for engineering computations on the other hand. The data about the pipe network are entered via user-friendly interfaces integrated into the AutoCAD environment for MS Windows.

Key words: fluid mechanics, pipe networks, information systems, CAD

0 UVOD

V še ne tako daljni preteklosti so cevna omrežja načrtovali in gradili predvsem na podlagi bolj ali manj natančnih ocen, saj so tovrstni prenosni sistemi po navadi precej razsežni in jih brez uporabe digitalnih računalnikov zelo težko obvladujemo.

Zaradi napredovanja tehnike nasprost je vedno bolj izražena tudi potreba po integralnem zbiranju in obdelovanju informacij ter interdisciplinarnem delu. Za uspešno in produktivno delo na interdisciplinarnem področju pa je nujno potrebno tudi informacijsko povezovanje strok med seboj na vseh ravneh, kjer se med seboj srečujejo, prepletajo in dopolnjujejo. Tako je nastala potreba po gradnji informacijskih sistemov, ki morajo biti zasnovani kar se da splošno, obenem pa morajo ponuditi ustrezno izhodišče tudi za specializirane zahteve stroke. Trenutna usmeritev v svetu zato narekuje medsebojno integracijo tako informacijskih sistemov kakor tudi specializiranih programskih orodij.

V prispevku predstavljamo programske orodje za analizo pretočno tlačnih razmer v cevnih mrežah, ki smo ga razvili z upoštevanjem omenjenih svetovnih usmeritev. Predstavljeni programske orodje omogoča vodenje in pregled geografskega, tehničnega in obratovalnega stanja ter vzdrževanja cevnega omrežja in deluje v grafičnem okolju AutoCAD-a 12 za MS Windows.

1 TEHNIČNI INFORMACIJSKI SISTEM

Razvoj tehnike je tesno povezan s spoznavanjem naravnih zakonitosti, saj se v praksi večina procesov odvija v skladu z njimi. Za uspešno reševanje tehničnih problemov moramo najprej imeti celovit pregled problema in vseh njegovih gradnikov.

0 INTRODUCTION

Since pipe networks are quite large and cannot be managed without computers, they have been designed predominately on the basis of more or less accurate estimations.

The intensive advancement of engineering science has called for integrated data collection and processing, and for interdisciplinary work. Also successful and productive work in interdisciplinary domains demands informational connectivity between various fields of engineering at all levels of intersection and complementation. As a result, the need has been felt for information systems of a universal design, yet offering an adequate base for the specific demands of individual fields of knowledge. Consequently, the current trend worldwide is towards the integration of information systems and software tools.

In this paper we present a software tool for pressure-flow analyses in pipe networks which has been developed in accordance with the recent trends of the profession worldwide. Our software tool ensures the management of the pipe network and offers information about the geographic, engineering and operating conditions as well as the maintenance of pipe networks. It works in the graphic environment of AutoCAD 12 for MS Windows.

1 ENGINEERING INFORMATION SYSTEM

The development of engineering is in close connection with the natural laws since, in practice, most of the processes run according to natural laws. In order to solve an engineering problem successfully we have first to obtain an overall view of the

V ta namen je treba problem skupaj z gradniki in z njihovimi lastnostmi ustrezzo opisati in definirati. Trenutno so v svetu aktualni geografski informacijski sistemi (GIS), ki omogočajo opis elementov skupaj z dejansko lego v prostoru ter njihovimi prostorskimi soodvisnostmi (topološkimi odnosi). Podoben učinek lahko dosežemo tudi z računalniško konstruiranimi orodji, vendar brez dejanskih topoloških razmer, kar omejuje informacijsko izmenjavo med strokami (npr. med geodetsko in strojno stroko). Bistvo GIS-ov je geokodiranje, kar pomeni, da so podatki opremljeni s koordinatami v resničnem prostoru (kar seveda ni potrebno, vendar običajno gre za resnični prostor) in se lahko uporabijo kot osnova pri opisu prostora in pri prostorskih analizah. GIS-i mnogokrat ne zagotovijo možnosti ustrezne nadgradnje za reševanje problemov s posebnimi tehničnimi zahtevami, so pa s svojimi strukturami primerni kot podatkovna osnova pri interdisciplinarnem delu. Utrezno zgrajeni tehnični informacijski sistemi, ki pomenijo nadgraditev GIS-ov s primernimi tehniško orientiranimi programskimi komponentami, omogočijo upravljalcem cevnih omrežij naslednje:

- načrtovanje in gradnjo sistemov,
- vodenje in optimizacijo obratovanja,
- vzdrževanje naprav,
- izdelavo dokumentacije omrežja in naprav - digitalni kataster,
- priključevanje in evidenco odjemalcev.

Tehnični informacijski sistem hrani in obdeluje informacije o tehničnih podatkih in stanju naprav, potrebnih za obratovanje (lega, premer, dolžina, material, leto vgradnje, vrsta armature, način povezave itn.). S tem je omogočeno podajanje informacij o vzdrževanju, popravilih, zamenjavah, izdelavi statistike naprav in investicijsko načrtovanje. Sistem na načrtih pomeni le tiste informacije, ki opredeljujejo namen uporabe karte; za planerje, za kataster ali za obratovanje. Na načrtih so poleg osnovnih podatkov in prikaza izvedenega cevnega omrežja predstavljeni tudi rezultati hidravličnih izračunov. Vgrajena numerična modula za analizo pretočno-tlačnih razmer v vročevodni oz. nizkotlačni plinski cevni mreži omogočata naslednje določitve:

- smeri pretokov v posameznih odsekih cevne mreže,
- masni in prostorninski pretok ter hitrost tekočine v odsekih cevne mreže,
- padec tlaka v odsekih,
- tlak v vozliščih,
- pretočno-tlačno analizo plinske cevne mreže z eno ali več meritnimi reducirnimi postajami oz. pretočno-tlačno analizo vročevodnega cevnega omrežja z vgrajenimi črpalkami,
- pretočno-tlačno analizo stanja pri delno odprtih lokalnih elementih (ventilih),
- pretočno-tlačno analizo drevesnih, zankastih in kombiniranih cevnih mrež.

problem and its components. For this purpose we need an adequate description and definition of the problem and its components. At present, geographic information systems are widely used because they ensure the description of the elements together with their real position in space and their topological relations. The same can be attained with CAD tools, but without the topological relations, which reduces the exchange of information between different fields of knowledge (i.e. geodesy and mechanical engineering). The essential feature of GISs is geocoding, which means that the data are equipped with coordinates in real space (we usually deal with real space, although not necessarily), and as such they can be used as a basis to describe space in space analyses. Quite often GISs do not provide an adequate superstructure for solving problems with special engineering requirements, but due to their structures they certainly are a suitable basis for data in interdisciplinary work. Well designed technical information system, which means upgrading of GIS with suitable designed technical-oriented software components, does to pipe network managers ensure:

- planning and building of systems,
- control and optimisation of operation,
- maintenance of equipment,
- documentation of the network and equipment - digital inventory,
- connection and evidence of consumers.

Our engineering information system stores and processes information about the engineering data and the condition of devices and pipes needed for operation (position, diameter, length, material used, date of installation, type of armature, etc.). In this way it is possible to provide data for the maintenance, repair, replacements, statistics of devices and investment planning. The system generates maps which contain only the information dictated by the purpose for which they were made: for planners, inventory or operation. Apart from the basic data and the graphic presentation of the pipe network configuration, the map also includes the results of hydraulic analyses. The incorporated numerical modules for pressure-flow analyses in hot-water pipe networks and low-pressure gas pipe networks respectively, are used to determine:

- the direction of flows in pipe network sections,
- volume and mass flow, and fluid flow rate in pipe network sections,
- pressure drops in sections,
- nodal pressures,
- pressure-flow analyses of the gas pipe network with one or more measuring and pressure reduction stations (MRP) and pressure-flow analyses of the hot water pipe network with incorporated pumps, respectively,
- pressure-flow analysis of tree-shaped, looped and combined pipe networks.

Programsko orodje deluje v okolju AutoCAD-a za MS Windows na osebnih združljivih računalnikih, omogoča pa tudi povezavo z GIS sistemi (z GIS-i, ki temeljijo na Arc/Info podatkovni osnovi tako na grafičnem kakor atributnem nivoju, s preostalimi trenutno le na atributnem nivoju), s poslovno-informacijskimi sistemi in z drugimi znanimi atributnimi bazami tehničnih podatkov, ki so shranjene v enem izmed najpogostejsih formatov (dBASE, Paradox, MS Access, FoxPro, Excel, ASCII...) oz. dosegljivi prek SQL strežnikov (Oracle, Interbase ...).

Sistem je v celoti načrtovan in zgrajen objektno usmerjeno v Client/Server arhitekturi. Numerični moduli za določitev pretočno-tlačnih razmer v cevnih mrežah uporabljajo matematične iterativne metode, prilagojene za delo z redkimi matrikami (Sparse Matrix). Vse komponente so odprte navzven tudi za uporabniške prilagoditve in nadgradnje (programiranje).

V programske orodje je mogoče vključiti numerične module, ki omogočajo obravnavo naslednjih sistemov:

- vodovodni sistemi in sistemi za gašenje požarov,
- srednjetlačni in visokotlačni plinski sistemi,
- sistemi za prenos nafte,
- sistemi za prenos pregrete in nasičene pare,
- sistemi za prenos komprimiranega zraka,
- kanalizacijski sistemi,
- dvofazni sistemi,
- transport vseh drugih tekočin v cevnih sistemih,
- prehodnostno analizo,
- vključevanje optimizacijskih metod za optimalno načrtovanje in dograjevanje sistemov.

2 NUMERIČNA METODA ZA DOLOČITEV PRETOČNO TLAČNIH RAZMER V CEVNIH MREŽAH

2.1 Padec tlaka v ceveh

Padec tlaka pri pretoku nestisljive tekočine od vozlišča i do vozlišča j je funkcija linijskih in lokalnih energijskih izgub in ga določimo z Darcy-Weisbachovo enačbo:

$$p_i - p_j = 0,81 \cdot \rho \cdot \frac{q_{v,ij}^2}{d^4} \cdot \left(\frac{\lambda \cdot l}{d} \cdot \sum \xi \right) \quad (1)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots, N$$

Za določitev padca tlaka nestisljivih kapljevin obstajajo še druge enačbe: Hazen-Williamsonova, Manningova in Gauckler-Manning-Stricklerjeva enačba. Enočba (1) se lahko uporablja tudi za določitev padca tlaka v nizkotlačnih plinskih cevnih mrežah, ker je največji dovoljeni padec tlaka od merilno reducirne postaje (MRP) do porabnika 3000 Pa. Stisljivost plina v tem območju padca tlaka je zanemarljivo majhna.

Our software tool runs in the AutoCAD environment for MS Windows on PC compatible computers. In addition, it enables communication with GISs (those based on the Arc/Info database on the graphic as well as the attribute level, and for now only at the attribute level with all other systems), business information systems and all other major attribute based engineering data bases stored in one of the most current formats (dBASE, Paradox, MS Access, FoxPro, Excel, ASCII, etc.) or accessible via SQL servers (Oracle, Interbase, etc.).

The entire system is object-oriented, designed and built in the Client/Server architecture. The numerical modules for pressure-flow analyses in hydraulic pipe networks are based on mathematical iterative methods adapted for work with Sparse Matrices. All components are open for customisation and upgrading (programming).

Numerical modules for the treatment of the following systems can be incorporated into the software tool:

- water supply systems and fire extinguishing systems (hoses),
- medium- and high-pressure gas systems,
- crude oil pipelines,
- systems for overheated and saturated steam transport,
- system for compressed air transport,
- sewage systems,
- two-phase systems,
- the transport of all other fluids in pipe systems,
- the analysis of transients,
- incorporation of optimisation methods for optimum design and extension of systems.

2 NUMERICAL METHOD FOR DETERMINATION OF THE PRESSURE-FLOW CONDITIONS IN PIPE NETWORKS

2.1 Pressure drops in pipes

The pressure drop of the incompressible fluid flow from node i to node j is a function of line and local energy losses defined by the Darcy-Weisbach equation:

$$\left(\frac{\lambda \cdot l}{d} \cdot \sum \xi \right) = K_{ij} \cdot q_{v,ij}^2 \quad (1)$$

$$j = 1, 2, 3, \dots, N$$

Pressure drops of incompressible liquids can be determined by some other equations: the Hazen-Williamson, the Manning and the Gauckler-Manning-Strickler equations. Equation (1) can also be used to determine pressure drops in low-pressure gas pipe networks because the maximum allowed pressure drop from the measuring and pressure reduction station (MRP) to the consumer is 3000 Pa. The compressibility of the gas within this pressure drop range is negligible.

2.2 Karakteristična krivulja črpalk

Pretočno tlačno karakteristiko črpalke $h-q_v$ določimo z meritvami ali povzamemo iz kataloga proizvajalca črpalk. Matematični zapis ima obliko polinoma:

$$h = A + B \cdot q_v^2 \quad (2)$$

2.3 Numerična metoda LTM

Določitev pretočno-tlačnih razmer pri pretoku fluidov kakršni so: nizkotlačni, srednjetlačni in visokotlačni plin, pregreta para, nasičena para, kapljevine in dvofazni tok je mogoča z uporabo različnih numeričnih metod [1] in [2]. Za vročevodne in nizkotlačne plinske cevne mreže je najprimernejša linearna numerična metoda (LTM), s katero nelinearno Darcy-Weisbachovo enačbo (1) lineariziramo po tlaku na naslednji način:

$$q_{v_i} = \left| p_i - p_j \right|_{k+1} \cdot \sqrt{\frac{1}{K_{ij} \cdot \left| p_i - p_j \right|_k}} \quad (3)$$

Pri tem je:

$$i = 1, 2, 3, \dots, N \quad j = 1, 2, 3, \dots, M \quad k = 1, 2, 3, \dots, M$$

Reševanje sistema lineariziranih nelinearnih enačb (3) poteka implicitno, tako da v prvem iteracijskem koraku začetne tlake v vozliščih predpostavimo in jih nato z vsako naslednjo rešitvijo popravljamo, dokler ne zadostimo izbrani relativni natančnosti.

Osnovno načelo algoritma LTM je implicitno reševanje nelinearnega matričnega računa, kjer lahko ugotovimo, da se v matriki število polnih elementov (od nič različnih elementov) v primerjavi s praznimi elementi, z velikostjo cevne mreže odstotno zmanjšuje (pravimo, da je matrika redka).

3 PROGRAMSKO ORODJE

Programsko orodje (sl. 1) deluje v grafičnem okolju operacijskega sistema MS Windows na IBM-PC združljivih računalnikih. Geografsko podlago (sl. 2), ki prikazuje urbano naselje, vnesemo neposredno v AutoCAD za MS Windows ali pa jo prenesemo iz ArcCAD-a (orodja GIS, ki temelji na podatkovni strukturi Arc-Info). V AutoCAD-u nato v grafično podlago vrišemo cevno mrežo. Podatki o cevni mreži, ki je lahko drevesna, drevesno-zankasta ali zankasta, se vnašajo prek uporabniško prijaznih vmesnikov, ki so integrirani v okolje AutoCAD-a (sl. 3). Preverjanje podatkov izvajamo v istem okolju. Po končanem vnusu in uspešnem preverjanju podatkov lahko izvedemo izračun pretočno-tlačnih razmer, ki poteka v ozadju, tako da ni treba zapuščati grafičnega okolja AutoCAD-a.

2.2 The characteristic pump curve

The pressure-flow characteristic of the pump $h-q_v$ is either determined by measurements or taken from the producer's catalogue. The mathematical expression has the form of a polynomial:

2.3 The numerical LTM method

Pressure-flow conditions of fluids, such as low-pressure, medium-pressure and high-pressure gas, overheated steam, saturated steam, liquids and two-phase flows can be determined using various numerical methods [1] and [2]. The numerical linear theory method (LTM) is the best method for hot-water and low-pressure gas pipe networks. It is used to linearize the non-linear Darcy-Weisbach equation (1) via pressure in the following way:

$$q_{v_i} = \left| p_i - p_j \right|_{k+1} \cdot \sqrt{\frac{1}{K_{ij} \cdot \left| p_i - p_j \right|_k}} \quad (3)$$

Here:

The system of linearized nonlinear equations (3) runs implicitly by assuming the initial node pressures in the first step of iteration and by correcting them in every subsequent solution until the chosen relative accuracy is reached.

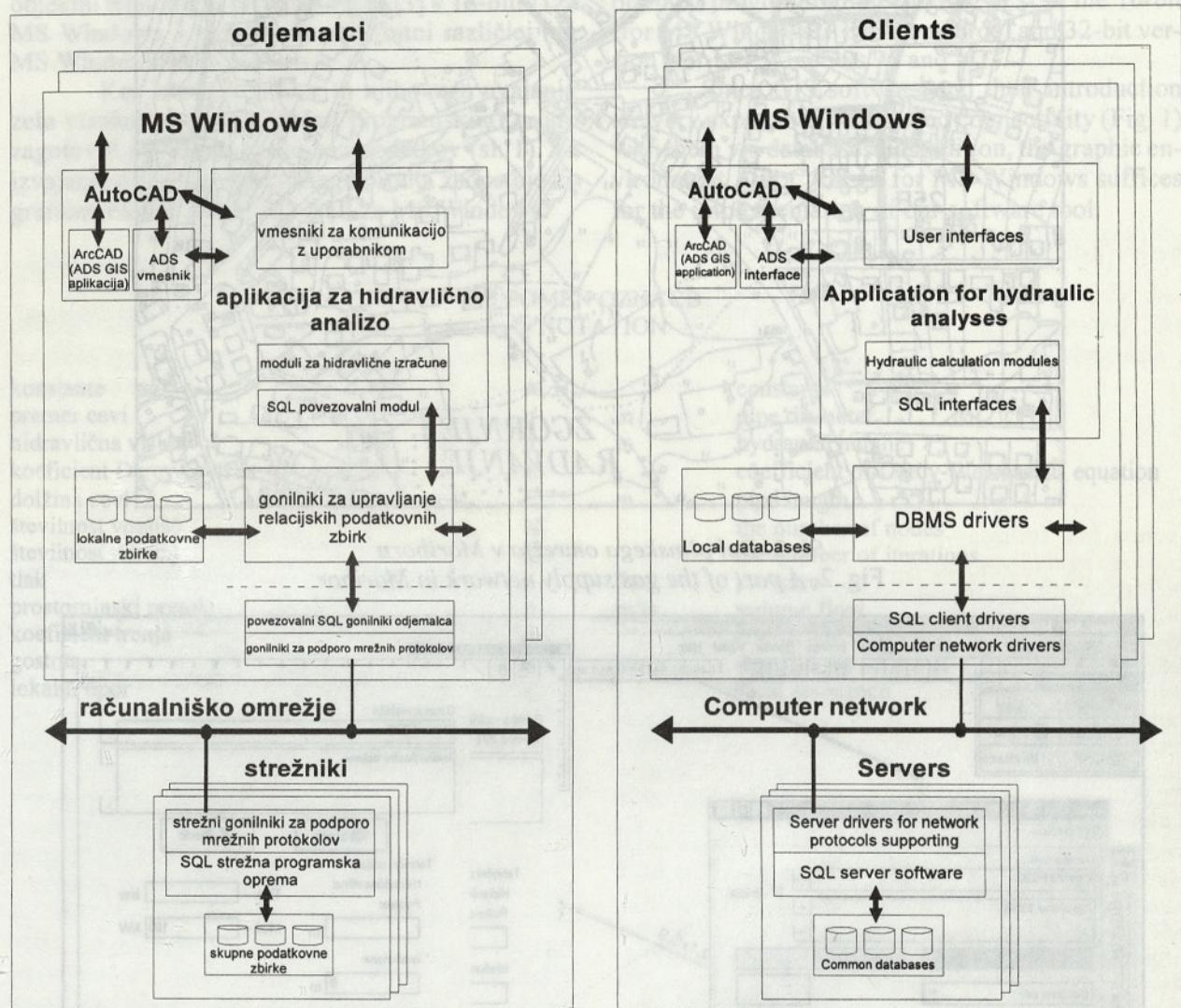
The essential principle of the LTM algorithm is the implicit solution of the nonlinear matrix calculation which shows that the number of full elements in the matrix (elements other than zero) decreases by percentage with the size of the pipe network in comparison with the void elements (the matrix is sparse).

3 SOFTWARE TOOL

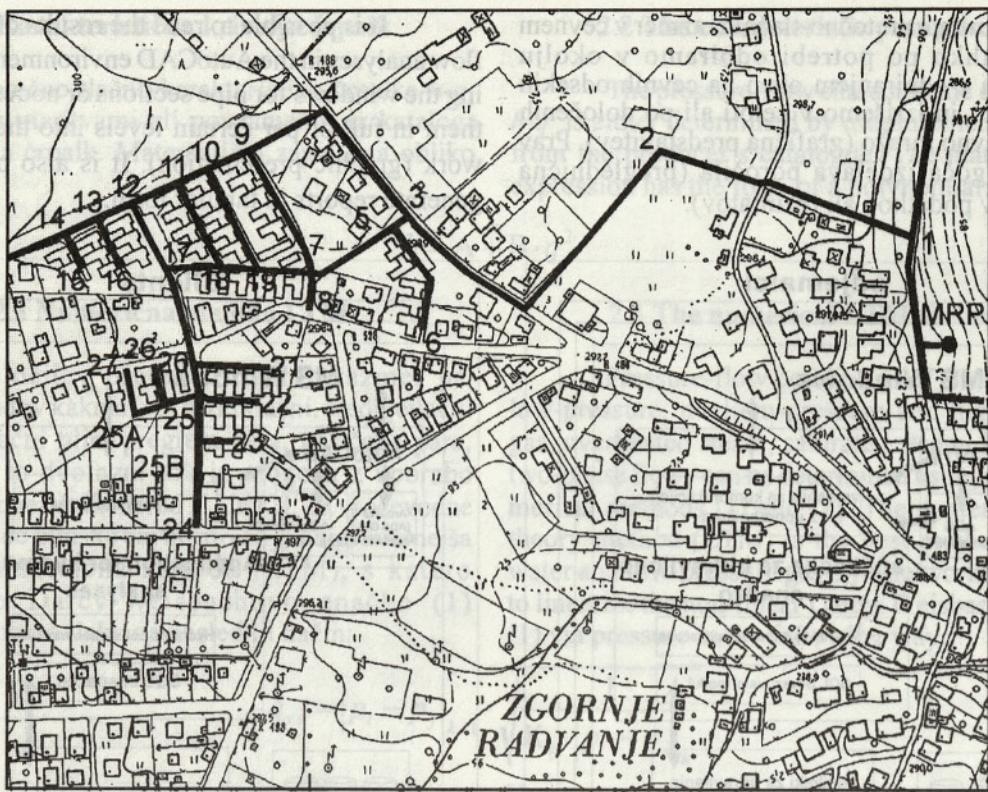
The software tool (Fig. 1) runs in the graphic environment of the MS Windows operating system on IBM-PC compatible computers. The geographic base (Fig. 2), which represents an urban area, is either entered directly into AutoCAD for Windows or transferred from ArcCAD (GIS tools based on the ArcInfo data structure). The pipe network is then drawn with AutoCAD into the graphic base. The data on the pipe network, whose configuration may be tree-shaped, looped or combined, are entered via user-friendly interfaces integrated in the environment of AutoCAD (Fig. 3). The verification of data is implemented in the same environment. After the data entry and successful data verification the calculation of pressure-flow conditions can begin. This runs in the background, so there is no need to leave the AutoCAD graphic environment.

Rezultate pretočno-tlačnih razmer v cevem omrežju lahko po potrebi odbiramo v okolju AutoCAD-a z odpiranjem oken na cevnih odsekih ali vozliščih in izrišemo v celoti ali po določenih nivojih v cevno mrežo (grafična predstavitev). Prav tako je mogoča izdelava poročila (preglednična predstavitev podatkov ali rezultatov).

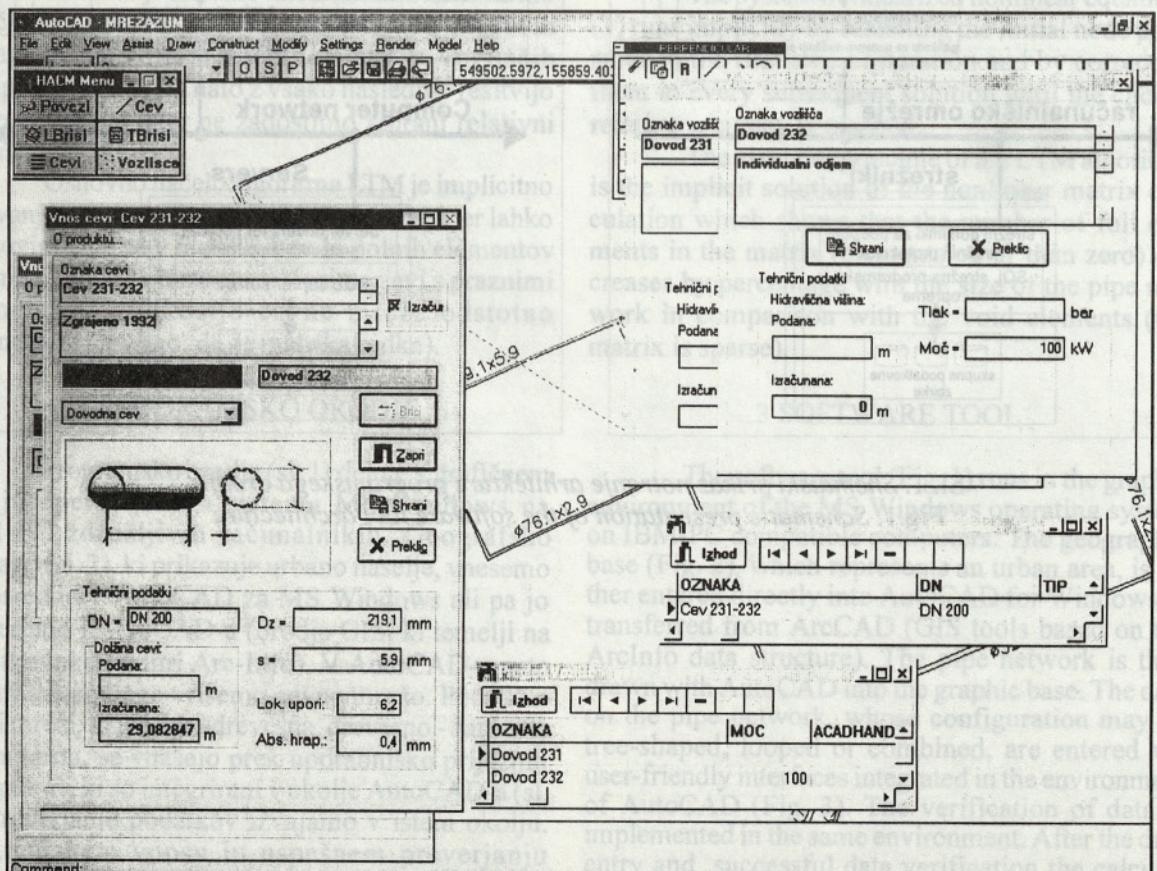
It is possible to read the results of pressure-flow analyses in the AutoCAD environment by opening the windows for pipe sections or nodes and draw them in full or per certain levels into the pipe network (graphic presentation). It is also possible to generate reports in tabular form.



Sl. 1. Shematski prikaz notranje arhitekture programskega orodja
Fig.1. Schematic presentation of the software tool architecture



Sl. 2. Del plinskega omrežja v Mariboru
Fig. 2. A part of the gas supply network in Maribor



Sl. 3. Grafično okolje AutoCAD z okni za vnos podatkov
Fig. 3. Graphic environment AutoCAD with data entry windows

4 SKLEP

Programsko orodje za določitev pretočno tlačnih razmer v vročevodnih ozziroma nizkotlačnih plinskih cevnih mrežah [4] in [5], kar je bil naš izhodiščni cilj, je plod sodelovanja strokovnjakov različnih tehničnih strok in je v celoti izdelano v objektni tehnologiji programiranja [3] v 16-bitni (za MS Windows 3.1 dalje) in v 32-bitni različici (za MS Windows 95 in NT).

Ker je cena GIS-ov in njihovega uvajanja zelo visoka, smo s tovrstnimi programskeimi orodji zagotovili povezavo preko baz podatkov (sl. 1). Za izvajanje našega programskega orodja zadostuje že grafično okolje AutoCAD-a 12 za MS Windows.

4 CONCLUSION

The presented software tool for determining pressure-flow conditions in hot water or low-pressure gas pipe networks [4] and [5] is the result between cooperation of experts in various branches of engineering. It was made entirely with the object-oriented programming technology [3] in the 16-bit (for MS Windows 3.1 and onwards) and 32-bit version (for MS Windows 95 and NT).

Since GIS software and their introduction are very expensive, we assured connectivity (Fig. 1) with them via databases. In addition, the graphic environment AutoCAD 12 for MS Windows suffices for the implementation of our software tool.

5 POMEN OZNAČB 5 NOTATION

konstante	A, B
premer cevi	d
hidravlična višina	h
koefficient Darcy-Weisbachov enačbe	K
dolžina cevi	l
številnost vozlišč	N
številnost iteracij	M
tlak	p
prostorninski pretok	q_v
koefficient trenja	λ
gostota	ρ
lokalni upor	ξ

constants	A, B
pipe diameter	d
hydraulic height	h
coefficient of Darcy-Weisbach's equation	K
pipe length	l
the number of nodes	N
the number of iterations	M
pressure	p
volume flow	q_v
coefficient of friction	λ
density	ρ
local resistance	ξ

Način načrtovanja cevnih omrežij je dosegel drugega reda. Način načrtovanja je vredno opaziti, da se drugim odgovarja. Če je načrtovanje cevne mreže optimalno, ne treba očitno optimalno načrtovati. Način načrtovanja je vredno običajen ali pa z uporabo operacijskih raziskav. Pri običajenem načrtovanju projektant določi dimenzije cevnega omrežja z praktičnimi rešitvami in pripravo [4], nato pa izračun ugotovi, ali hidravlični parametri, npr. padec tlaka, pretok in hribovi fluida, ne presegajo dovoljenih vrednosti. Pri načrtovanju z uporabo operacijskih raziskav epošemo zakonitosti dogodkov v izbranem cevnom omrežju matematično z namensko funkcijo in neenakostni hidravlični omejitve. Z določitvijo minimuma namenske funkcije določimo optimalno drevesno pot omrežja.

Metode za določanje minimuma in maksimuma namenske funkcije so znane že dalj čas. Ne glede na to, le bistveno niso vplivale na postopke načrtovanja. Vzrok za to je bila omejitev uporabe v praksi. Prva ovira je bil dolg računalni čas, druga omejitev pa rešljivost samih problemov. Npr. Lagrangeova metoda je uporabna, če so funkcije, ki jih vključujemo v matematični model, odvedljive.

Način načrtovanja cevnih omrežij se je korenito spremenil z uporabo računalništva in operacijskih raziskav. Za optimizno načrtovanje cevnih omrežij so bili izdelani

metodi, ki določajo optimalno drevesno pot omrežja. Način načrtovanja je vredno običajen ali pa z uporabo operacijskih raziskav. Pri običajenem načrtovanju projektant določi dimenzije cevnega omrežja z praktičnimi rešitvami in pripravo [4], nato pa izračun ugotovi, ali hidravlični parametri, npr. padec tlaka, pretok in hribovi fluida, ne presegajo dovoljenih vrednosti. Pri načrtovanju z uporabo operacijskih raziskav epošemo zakonitosti dogodkov v izbranem cevnom omrežju matematično z namensko funkcijo in neenakostni hidravlični omejitve. By determining the minimum and maximum of the objective function we can determine the optimum tree path of the pipe network.

The methods for determining the minimum and maximum of the objective function have been known for quite a time. Nevertheless, they have not substantially influenced the design processes. The reason for this was the limitation of the use in practical applications. The first limitation was the long calculation time, and the second the insolubility of the problems. The Lagrange method, for example, is useful if functions included in the mathematical model are differentiable.

The design of pipe networks has undergone substantial change with the introduction of computers and operational research. For optimum design of pipe networks the following models have been made:

6 LITERATURA 6 REFERENCES

- [1] Kropo J., Goričanec D.: Analysis of Pipe Networks Including Pumps, Energy and Buildings, Lausanne 17, 1991, pp. 141-145.
- [2] Goričanec D., Kropo J.: Hydraulics Analysis of Overhead Steam Transport. Proceedings of the Sixth Asian Congress of Fluid Mechanics, Singapore, May 22-26 1995, pp. 1352-1355.
- [3] Jakl A., Krašna M., Goričanec D.: Izkrašnje z objektnimi jeziki pri razvoju tehniških aplikacij. OTS'96 Objektna tehnologija v Sloveniji, Zbornik strokovnega srečanja, Maribor, 19. - 20. junij 1996, str. 182-189.
- [4] Goričanec D., Kropo J., Jakl A., Krajnc V., Lavrenčič J.: Računalniška aplikacija za računanje pretočno-tlačnih razmer v vročevodnih transmisijskih sistemih, Zbornik prvega mednarodnega kongresa SITHOK-1, Maribor, 14. do 15. maj 1996, str. 153-158.
- [5] Goričanec D., Kropo J., Prstovnik A., Jakl A., Krajnc V., Mirt S., Grapulin B.: Uporaba CAD sistema za računanje razmer v plinskih transmisijskih sistemih, Zbornik prvega mednarodnega kongresa SITHOK-1, Maribor, 14. - 15. maj 1996, str. 129-134.

Naslovi avtorjev: doc. dr. Darko Goričanec, dipl. inž.
 prof. dr. Jurij Kropo, dipl. inž.
 Fakulteta za kemijo in kemijsko
 tehnologijo
 Univerze v Mariboru
 Smetanova 17
 2000 Maribor

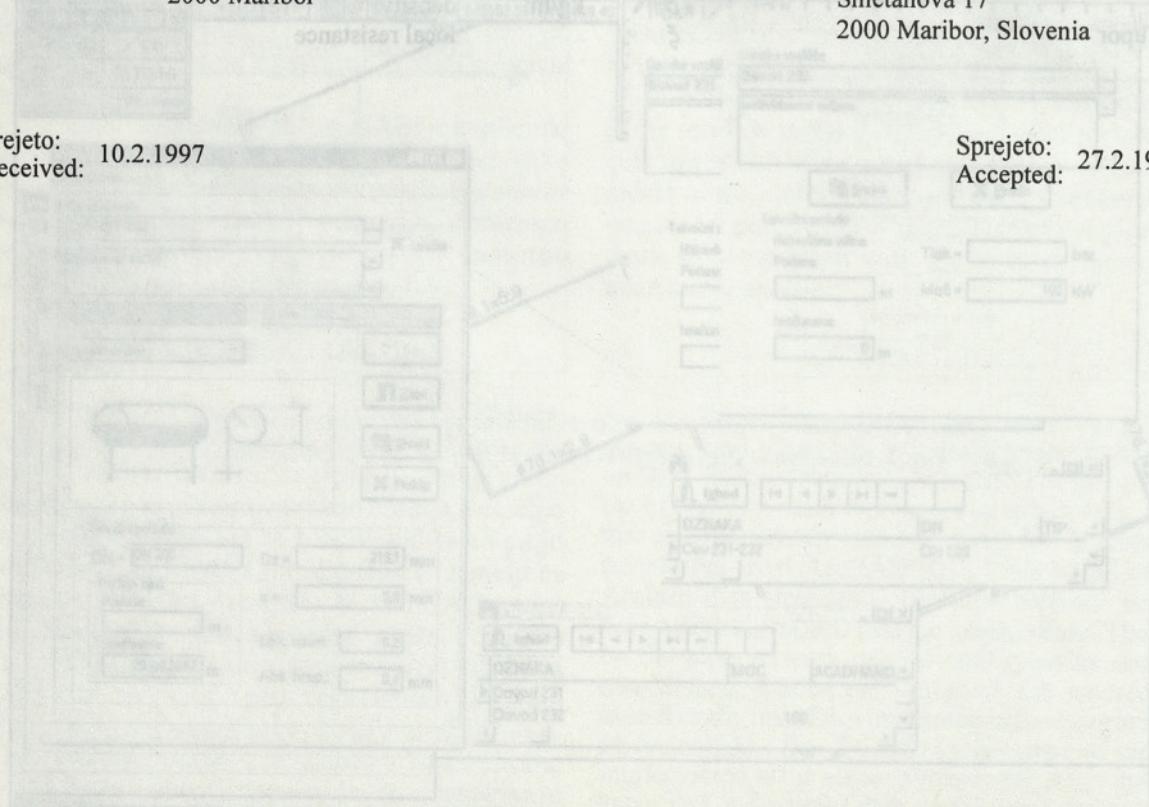
Andrej Jakl
 mag. Viktor Krajnc, dipl. inž.
 Fakulteta za elektrotehniko,
 računalništvo in informatiko
 Univerze v Mariboru
 Smetanova 17
 2000 Maribor

Authors' Addresses: Doc. Dr. Darko Goričanec, Dipl. Ing.
 Prof. Dr. Jurij Kropo, Dipl. Ing.
 Faculty of Chemistry and Chemical
 Technology
 University of Maribor
 Smetanova 17
 2000 Maribor, Slovenia

Andrej Jakl
 Mag. Viktor Krajnc, Dipl. Ing.
 Faculty of Electrical Engineering,
 Computer Science and Information
 Technology
 University of Maribor
 Smetanova 17
 2000 Maribor, Slovenia

Prejeto: 10.2.1997
 Received:

Sprejeto: 27.2.1998
 Accepted:



SL. 3. Grafično okolje AutoCAD z okni za vnos podatkov
 Fig. 3. Graphic environment AutoCAD with data entry windows