

17

COMMISSION EUROPEENNE MEDITERRANÉENNE DE PLANIFICATION DES EAUX  
(C.E.M.P.E.)

4ème CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR  
LA PLANIFICATION ET  
LA GESTION DES EAUX

4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON  
WATER RESOURCES PLANNING  
AND MANAGEMENT

THEME 2

PREMIERES EXPERIENCES DE SIMULATION PAR MODELE MATHEMATIQUE  
DES AQUEDUCS URBAINS EN MAILLE

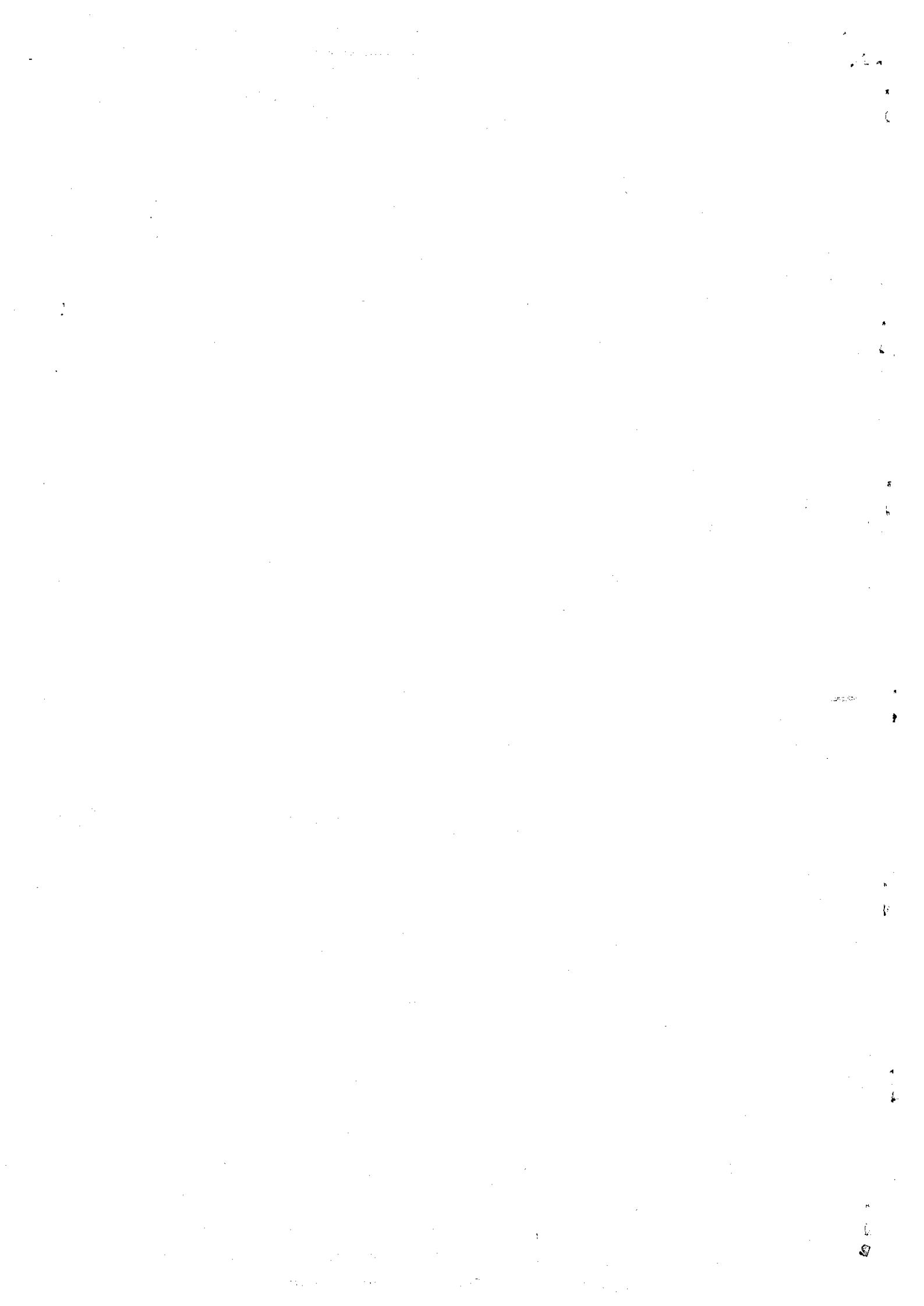
Ignazio Mantica  
Assistente Ordinario e Professore Stabilizzato di Costruzioni Idrauliche  
Facolta di Ingegneria  
Universita di Ancona (Italia)

Giuseppa Ribighini  
Ricercatore di ruolo presso  
l'Istituto di Informatica della Facolta di Ingegneria  
Universita di Ancona (Italia)

10 - 12 Mai 1982

MARSEILLE

France



4ème CONFERENCE INTERNATIONALE SUR LA PLANIFICATION ET  
LA GESTION DES EAUX

THEME 2

PREMIERES EXPERIENCES DE SIMULATION PAR MODELE MATHEMATIQUE  
DES AQUEDUCS URBAINS EN MAILLE

**Ignazio Mantica**

Assistente Ordinario e Professore Stabilizzato di Costruzioni Idrauliche  
Facolta di Ingegneria  
Universita di Ancona (Italia)

**Giuseppa Ribighini**

Ricercatore di ruolo presso  
l'Istituto di Informatica della Facolta di Ingegneria  
Universita di Ancona (Italia)

## RESUME

Les AA., qui avaient déjà proposé une méthode de vérification des aqueducs urbaines à anneaux, vont rélationner sur les modifications qu'ils ont apporté au modèle en passant des premières expérimentations sur des réseaux fictifs de travail à celles sur des réseaux d'aqueducs réels. On va donner aussi les premiers résultats de simulation sur des réseaux d'aqueducs réels.

## SUMMARY

The AA. , who previously already proposed a method of simulation of the aqueduct urban system report on the changes that they made in the model in passing from the first experiments on fictitious nets of work to those on real aqueduct systems.

Also the first results of simulation on real aqueduct systems are given.

==.==.==.

Dans un article publié sur le "Giornale del Genio Civile", MANTICA & RIBICHINI (1979) nous avons déjà abordé le problème de la simulation des réseaux des aqueducs urbains. En particulier, nous avons fait une relation sur les modifications à apporter à la méthode de vérification de CURTO, CUSIMANO & NOBILI (1976) dans le but d'obtenir un modèle de simulation.

Ce travail, n'a pas été suivi immédiatement d'une vérification sur des réseaux de aqueducs urbains réels puisque, dans cette phase-là,

nous nous sommes limités à travailler sur un réseau schématisé "de travail" tiré de celui employé par les auteurs de la méthode de vérification auquel nous nous sommes référés.

Depuis peu, nous avons donné suite à quelques applications expérimentales sur des réseaux réels pour en évaluer l'effective utilité, vérifier la crédibilité des résultats, mettre au point le procédé de tarage et préparer d'éventuels correctifs.

Pendant que nous écrivons cette note, le travail vien de commencer parce que les financements nécessaires ont été donnés en retard.

Il faut préciser, tout de suite, que nous avons apporté quelques modifications au modèle déjà proposé. En particulier la méthode de vérification qui dérive de la méthode de Chandrashekar (CHANDRASHEKAR & STEWART -1975 ; KEVASAN & CHANDRASHEKAR-1972), résout le système d'équations non-linéaire :

$$A [\varphi(h)] (A^T H + A_n^T H_n) + Q = 0 \quad (1)$$

avec l'inconnu  $H$ , étant :

$$h = A^T H + A_n^T H_n \quad (2)$$

où  $H$  et  $H_n$  = des vecteurs qui contiennent les altitudes piézométriques dans les noeuds respectivement, à piézométrie inconnue et connue;

$A$  et  $A_n$  = des matrices topologiques de Boole d'incidence, où l'indice  $n$  a la même référence déjà indiquée pour  $H$  :

$h$  = le vecteur de la perte de charge dans les tuyaux du réseau;

$Q$  = le vecteur du débit aux noeuds du réseau;

$[\varphi(h)] = q h^{-1}$  est une matrice diagonale où la fonction est la loi du mouvement dans le tuyaux du réseau.

en mettan ou début en  $\varphi(h)$

$$h_i = 1$$

comme indique par CURTO (1976), tandis que la méthode originelle de CHANDRASHEKAR (1972) (1975), rend linéaire le système (1) par la Jacobiane de la fonction (1)

$$F(H) = 0 \quad (3)$$

et par la méthode de Newton-Raphson.

Nous avons toutefois relevé, en quelques applications de vérification, la non-convergence de la méthode, en particulier quand le réseau à étudier est à mailles large avec des mailles d'ordre inférieur. Bien que soit dans la nature mathématique de l'approche que la méthode puisse ne pas converger, nous avons constaté que la non-convergence dans le cas particulier, exposé plus haut, était due à la initialisation employée très éloignée des effectives valeurs du vecteur  $h$  donc nous avons expérimenté avec succès différentes initialisations qui consistent à mettre le vecteur  $h$  proportionnel à la longueur du conduit par l'intermédiaire d'un coefficient mètre/kilomètre.

Dans quelques cas ce type d'initialisation a été plus efficace que celui qui était employé par CURTO et par nous aussi précédemment. Une autre modification fondamentale au modèle déjà proposé a été l'introduction de la possibilité de simuler des manœuvres de gestion comme la fermeture (et par conséquent la réouverture) de clapet. Cette modification a été introduite pour étudier la possibilité d'améliorer avec des manœuvres de tournation les conditions d'approvisionnement hydrique dans ces localités pour lesquelles l'apport d'eau nouvelle et la reconstruction du réseau sont plutôt lointaines. Les modifications introduites pour simuler des gérances à roulements n'impliquent pas rien de nouveau dans le procédé de résolution de la (1) qui continue à soutenir le système. Toutefois il faut tenir compte que la fermeture d'un clapet comporte l'élimination d'un conduit et donc la diminution de dimension du système (2) avec conséquente mise en ordre de la matrice (1), au contraire la réouverture

de la vanne comporte une nouvelle mise en ordre des matrices qui doivent retourner aux dimensions et aux ordres initiaux.

En outre nous avons apporté une modification ultérieure, qui toutefois peut être considéré comme un cas particulier du précédent, et qui consiste à introduire à zéro dans le réseau, pendant la simulation, un nouveau conduite.

Au but d'expérimenter le nouveau modèle nous avons synthésiser boole anamente :

a. le réseau de Pianella, une petite localité de la province de Pescara (Italie) qui compte à peu près 2500 habitants, chargée par de vieux problème soit d'approvisionnement hdrique soit à cause du mauvais fonctionnement distributuf;

b. le réseau moyen de l'aqueduc d'Ancona (Italie), qui dessert à peu près 45000 habitants.

Les graphes des fig.1 et 2 illustrent ces réseaux.

Les deux modèles ont apparemment presque la même dimension puisque dans cette phase le modèle relatif à la ville de Ancona a été limité aux conduites avec un diamètre égal ou supérieur à 80 mm exluant donc le réseuax le plus capillaire.

Nous n'avons pas eu de difficultés dans la simulation du réseau de Pianella, qui en effect ne présent pas de singularités, sauf quand on a expérimté des simulations de gérance comme la fermeture de vannes, c'est à dire l'elimination de conduites du systhème.

En suite ces difficultés ont été surmontées avec les modifications apportées sur lesquelles nous avons déjà référé.

Nous avons rencontré des difficultés supérieures dans la simulation du réseua de Ancona, où la presence de réservoirs en position anormale par rapport aux schémas abituels crée une discontinuité dans le réseau. Cette discontinuité comporte des solutions qui ne peuvent pas être acceptées dans le modèle de verifcation si celui-ci n'est pas bien taré. et c'est justement pour faciliter la résolution de cette difficulté que nous avons négligé, dans la phase à laquelle

77

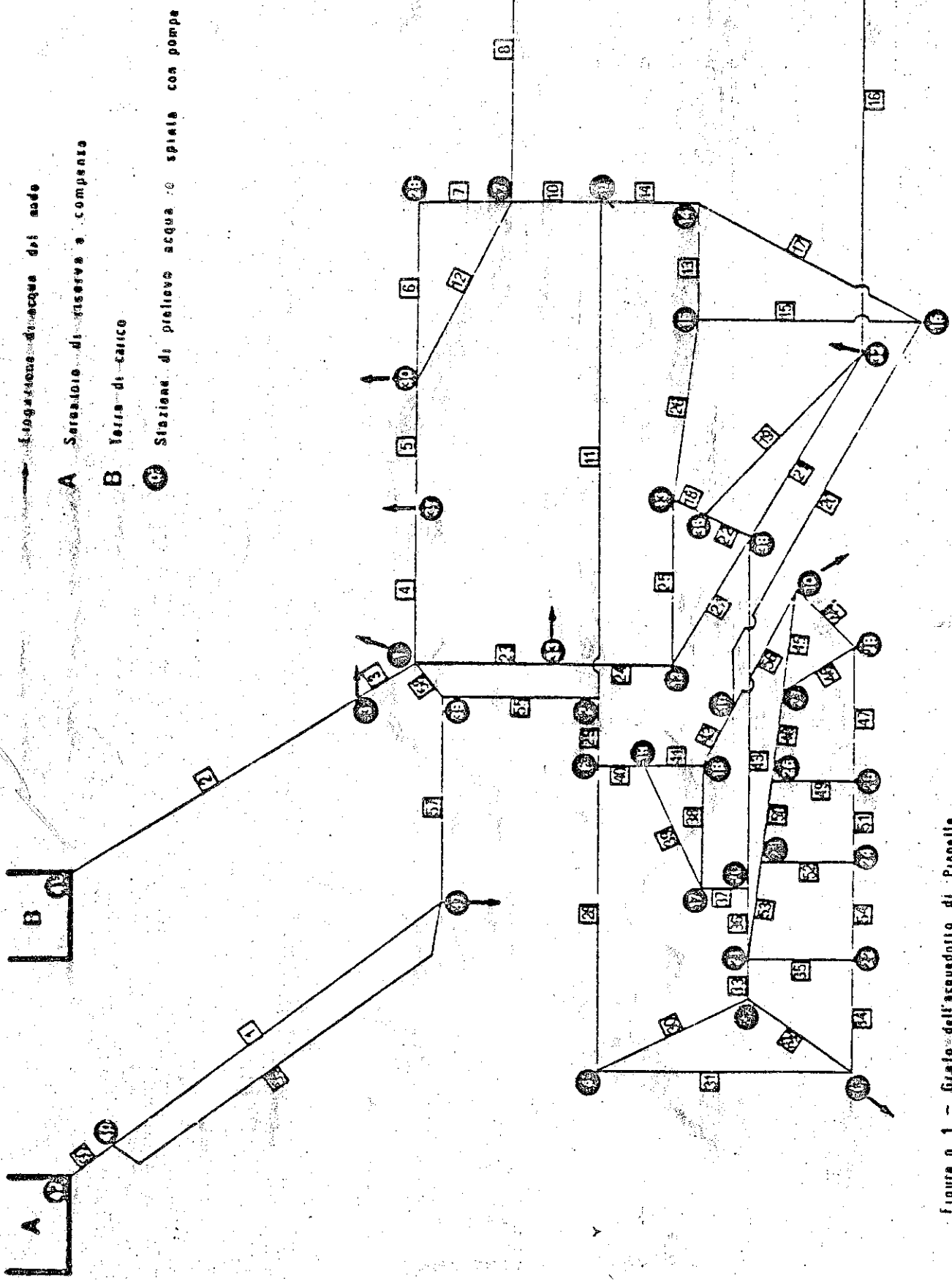


Figura n 1 - Grato dell'acquedotto di Pianella



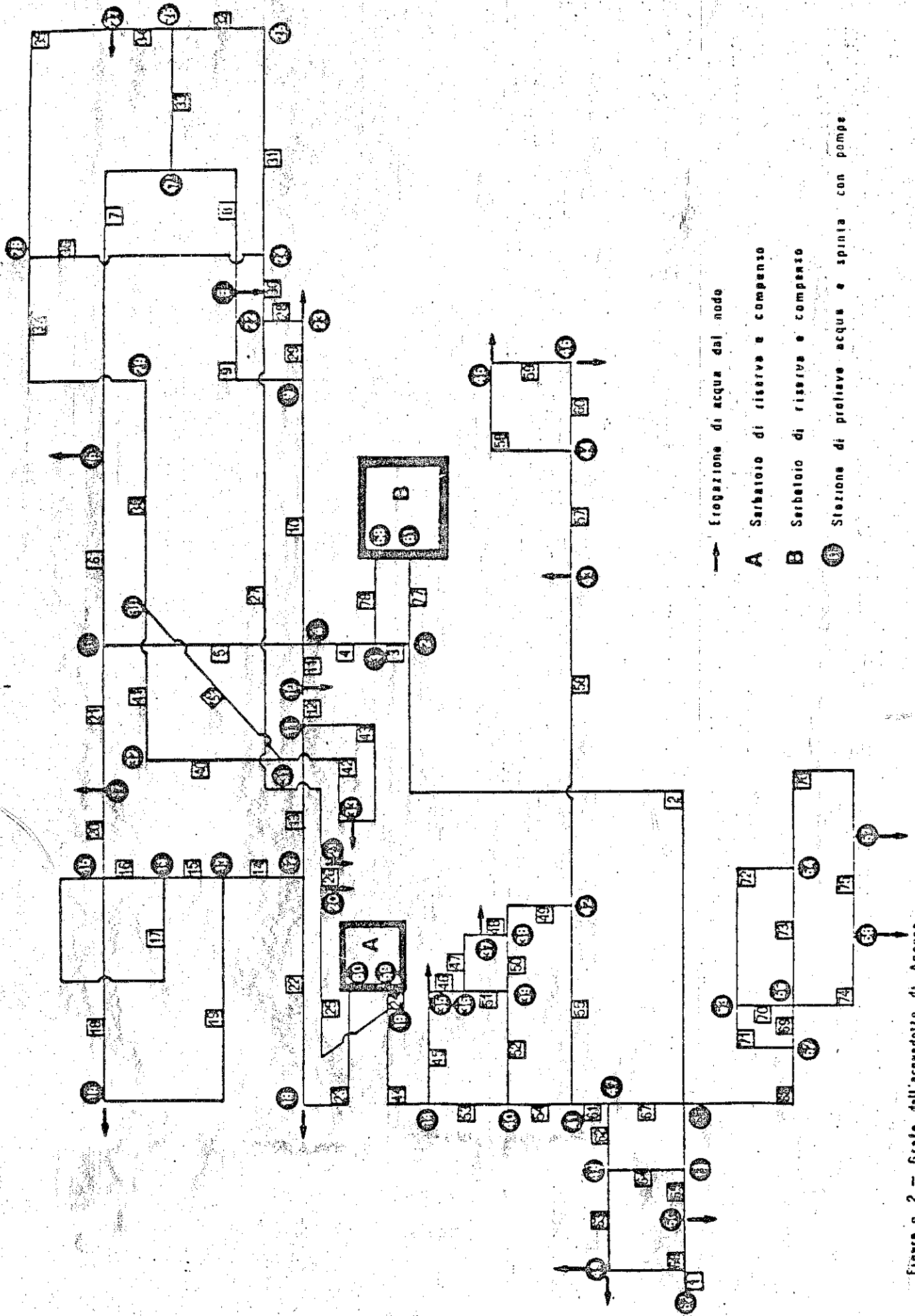


Figura n. 2 - Grate dell'acquedotto di Ancona

Cette note se réfère, le réseau le plus capillaire.

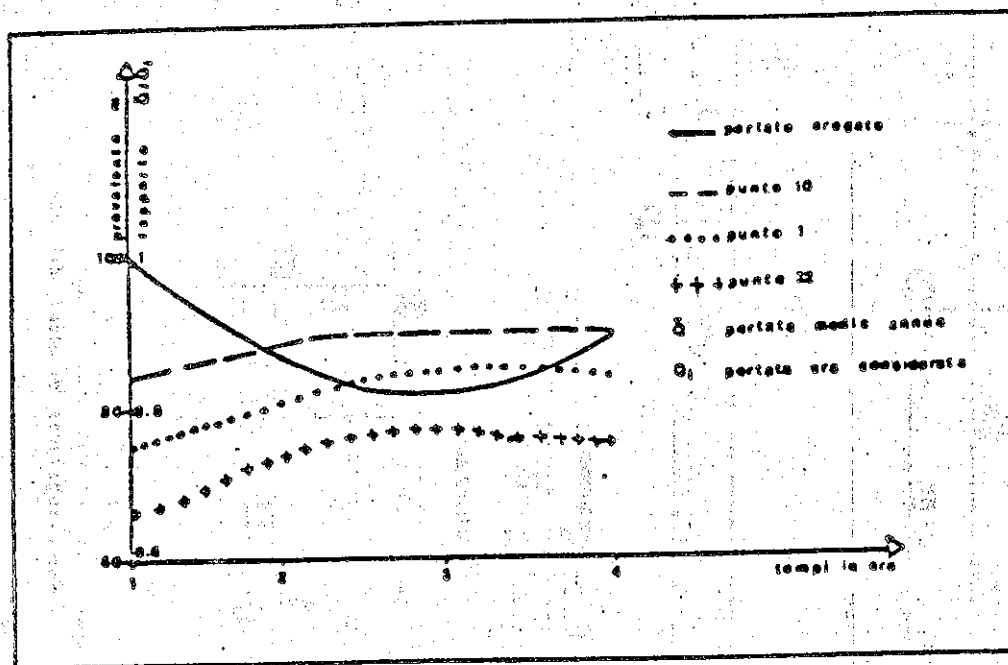


Figure n° 3

La fig. 3 est le graphique de quelques données relatives à la simulation du réseau de Pianella réduit à 4 heures seulement.

En particulier nous avons reporté le rapport entre les débits à l'heure examinée et le débit moyen annuel, introduit comme INPUT du système, et les altitudes piézométriques calculées en trois points significatifs par lesquels était possible une comparaison avec la situation réelle.

Cette comparaison, qui a été suivie pendant des temps supérieurs (jusqu'à un maximum, actuellement, de 24 heures), a donné presque toujours des résultats satisfaisants.

Nous chercherons être plus exhaustifs sur la experimentation de réseaux réels à l'occasion de la conférence et du prochain congrès d'Hydraulique et Constructions hydrauliques de Bologna (Italie). En outre on va installer sur l'aqueduc d'une petite localité un

ensemble d'instruments de mesure tels à permettre de valable comparaisons entre le modèle mathématique et la réalité.

### Bibliographie

CHANDRASHEKAR, M. & STEWART, K.H. - Sparsity oriented analysis of large pipe networks. Jr HY4 (ASCE) 1975

CURTO, G.; CUSIMANO, M. & NOBILI, G. - Un nuovo procedimento di calcolo automatico per la verifica delle reti idrauliche in pressione - XV Convegno di Idraulica e Costruzioni idrauliche - Roma - 1975

KEVASAN, H.K. & CHANDRASHEKAR, M. - Graph-theoretic models for pipe network analysis. Jr HY2 (ASCE) 1972

MANTICA, I. & RIBICHINI, G. - Modello matematico per le reti di distribuzione degli acquedotti urbani ad anello. Il problema della simulazione durante l'esercizio. - Il Giornale del Genio Civile - 4/5/6 - 1979

