



VALIDACIJA PODATAKA HIDROTEHNIČKIH PROCESA VALIDATION OF HYDRO-ENVIRONMENTAL DATA

APSTRAKT

Spoznaja o hidrotehničkim procesima potiče od osmatranja prirodnih i tehničkih sistema u kojima se odvijaju. Proizvod osmatranja su podaci koje je dalje moguće pretvoriti u korisne informacije i znanje, ali samo ako se zna koliko su ti podaci pouzdani i tačni. Cilj ovog rada je da predloži sistem po kome bi se mogla sprovesti validacija i provera prikupljenih podataka na osnovu prethodnog znanja o osmatranom hidrotehničkom procesu. Sistem je osmišljen tako da se može prilagoditi različitim nivoima validacije u pogledu vremena kada su potrebni validovani podaci (automatska, poluautomatska ili ručna validacija) kao i u pogledu raspoloživosti hidrotehničkih simulacionih modela i dodatnih informacija (tehničkih karakteristika sistema za osmatranje, ekspertskog znanja o osmatranom procesu ili relacije između merenih veličina). Rezultat validacije je ocena koliko je svaki podatak reprezentativan za osmatrani hidrotehnički proces.

Ključne reči: Hidrotehnički procesi, validacija podataka

ABSTRACT

The knowledge about hydraulic and hydrologic processes is based on the monitoring of environmental and technical systems where they take place. The result of monitoring are the data that can be transformed into some useful information and knowledge, but only if the level of data reliability and accuracy is known. A framework for data validation and check according some additional knowledge about observed processes is presented in this paper. The validation system is designed in a way that can be adjusted to different levels of data validation based on time when the validated data is needed (automatic, semi-automatic and manual) and on availability of additional data that can be used in validation process (technical characteristics of the monitoring system, experts knowledge about monitored process or existing relations between monitored variables). As a result of data validation, every data value is labeled with validation grade that shows how much the data value is representative for monitored hydraulic and hydrologic process.

Key words: Hydraulic and hydrologic processes, data validation

1 UVOD

Hidrotehnički procesi (hidraulički i hidrološki) su složeni dinamički procesi koji prate kretanje vode u prirodnom ili tehničkom okruženju. Upotrebom čula vida i dodira čovek dobija priliku da uspostavi kontakt sa hidrotehničkim procesima, a intuicijom i logičkim razmišljanjem i da pretpostavi neke fenomene koji nisu lako osmotrivi golim okom (nisu opipljivi). Da bi se povećala osmotrivost moguće je iskoristiti i neka pomoćna sredstva. Od jednostavnih i lucidnih pomagala (bačen list u vodu da se vidi da li ona teče ili stoji) do složenih načina merenja i osmatranja, pri čemu se lepeza mernih instrumenata i postupaka se stalno širi.

Do reprezentativnih podataka koji predstavljaju ne-

1 INTRODUCTION

Hydraulic and hydrological processes are complex dynamic processes that accompany the water cycle in natural or technical environment. Using the senses of sight and touch the man gets the opportunity to establish contact with hydraulic and hydrological processes and with intuition and logical thinking the assumption of some phenomena that can not easily be monitored with naked eye (not palpable). To increase the monitoring it is possible to use some additional means; from simple and lucid aids (paper thrown into the water to see whether it runs or not) to complex ways of measuring and monitoring, whereby a range of measuring instruments and procedures are constantly expanding.

- 1 Asistent mr Nemanja BRANISAVLJEVIĆ, dipl. građ. inž, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
- 2 V. prof. dr Dušan PRODANOVIĆ, dipl. građ. inž, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu
- 3 V. prof. dr Zoran KAPELAN, dipl. građ. inž, Exeter University, UK



ku hidrotehničku pojavu nije uvek lako doći. Prvi korak predstavlja izbor veličina. Izbor veličina mora biti vođen kako iskustvom tako i prethodnim znanjem o sličnim pojavama. Ponekad se proces izbora veličina koje će se osmatrati odvija iterativno, probanjem (eng. *trial and error*). Naredni korak predstavlja određivanje tehničkih karakteristika mernog sistema (merne lokacije, merne opreme i sistema za transfer podataka). Ovaj korak zahteva ekspertski uvid u čitav sistem osmatranja, od merenog procesa do pretpostavke kakvi se rezultati očekuju. Rezultat osmatranja je merni podatak o merenoj veličini. Sledeći korak je tumačenje mernog podatka i njegovo smeštanje u fizički i logički okvir koji definiše pojava koja se opisuje. Tek nakon što se svi fizički i logički kriterijumi slože, podatak se može prihvatiti kao reprezentativni za osmatranu hidrotehničku pojavu.

Proces provere reprezentativnosti rezultata osmatranja određenog procesa (u skladu sa potrebnim nivoom detaljnosti) zove se validacija podatka. U ovom radu se predstavlja sistem za validaciju podataka. Pored ocene pouzdanosti merenog podatka, sistem može da oceni i njegovu pogodnost da predstavlja neku hidrotehničku pojavu (njegovu reprezentativnost). Predloženi sistem za validaciju je konfigurabilan, može se prilagoditi svakom problemu u skladu sa karakteristikama merenja, karakteristikama merenog procesa, dostupnim informacijama i mogućim relacijama (modelima) između merenih veličina.

2 OD PODATKA DO ZNANJA O NEKOM PROCESU

Opažanje predstavlja početak puta u procesu spoznaje karakteritika nekog hidrotehničkog procesa. Tumačenjem *podataka* dolazi se do *informacije* o sistemu. Analizom i tumačenjem raspoloživih informacija dolazi do pretvaranje podataka u *znanje*. Znanje se dalje može matematički ili samo lingvistički zabeležiti i upotrebiti kao osnov ili uzor u nekom drugom procesu¹. Transfer od podatka do znanja je grafički prikazan na slici 1 [1].

Podaci su numeričke ili opisne vrednosti koje se odnose na neku veličinu, dok je veličina u fizici, pa i u hidrotehnici "ono što se meri, tj. upravo ono što se može izmeriti" [2,3]. Zbog toga se osnovno poreklo podatka povezuje sa merenjem.

Veličine su podeljene u dve grupe: osnovne i izvedene. „Osnovne veličine su međusobno nezavisne i neuporedive i njih treba tako izabrati da se preko njih može izraziti i izmeriti sve ono što razmatrana problematika nameće” [2].

¹ Čak i u legendi o nastanku zakona gravitacije opažanje je imalo značajnu ulogu.

It is not always easy to obtain the representative data for a certain hydraulic and hydrological phenomenon to reach. The first step is the selection of variables. Selection of variables must be taken according to experience and previous knowledge of similar occurrences. Sometimes the selection process is performed iteratively, by fitting (*trial and error*). The next step is determination of technical characteristics of the measuring system (measuring locations, measuring equipment and systems for data transfer). This step requires an expert insight into the whole monitoring system, from the measured process to the presumption of expected results. The monitoring result of the measured variable is the measurement data. The next step is the interpretation of measurement data and its placement in the physical and logical framework that defines the phenomenon that is described. Only after agreement of all the physical and logical criteria, data can be accepted as representative for the observed phenomenon.

The process of checking the representativeness of monitoring results of a certain process (in accordance with the appropriate level of detail) is called the data validation. This paper presents a system for data validation. In addition to reliability evaluation of measured data, the system can assess his suitability to represent a hydraulic and hydrological phenomenon (his representativeness). The proposed validation system is configurable; it can be adapted to each problem in accordance with the characteristics of the measurements, the characteristics of the measuring process, the available information and possible relations (models) between the measured values.

2 FROM DATA TO KNOWLEDGE ABOUT A PROCESS

Perception is the beginning in the process of knowledge about characteristics of certain hydraulic and hydrological process. Interpretation of *data* leads to *information* about the system. Analysis and interpretation of available information leads to converting data into *knowledge*. Furthermore, knowledge can be mathematically or linguistically recorded and used as a base or model in another process. Transfer of data to knowledge is shown graphically in Figure 1 [1].

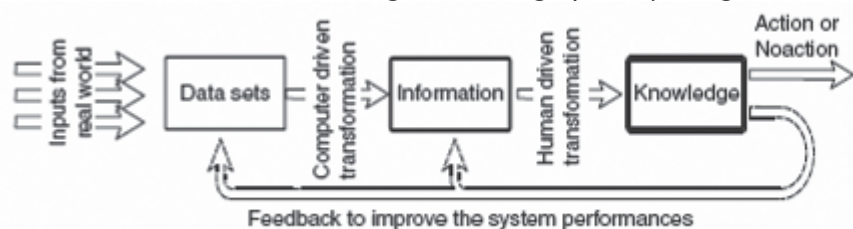


Figure 1: Transfer of data to knowledge (taken from [1])
Slika 1: Transfer od podatka do znanja (preuzeto iz [1])

The data are numeric or descriptive values that refer

Na primer, podatak o brzini ne govori ništa o geometriji, kao što se bez brzine i geometrije ne može izračunati protok. Brzina i geometrija (dužina) su osnovne veličine, dok je protok izve-dena².

3 VALIDACIJA PODATAKA I OCENA KO-LIKO SU PODACI REPREZENTATIVNI ZA RAZMATRANI PROCES

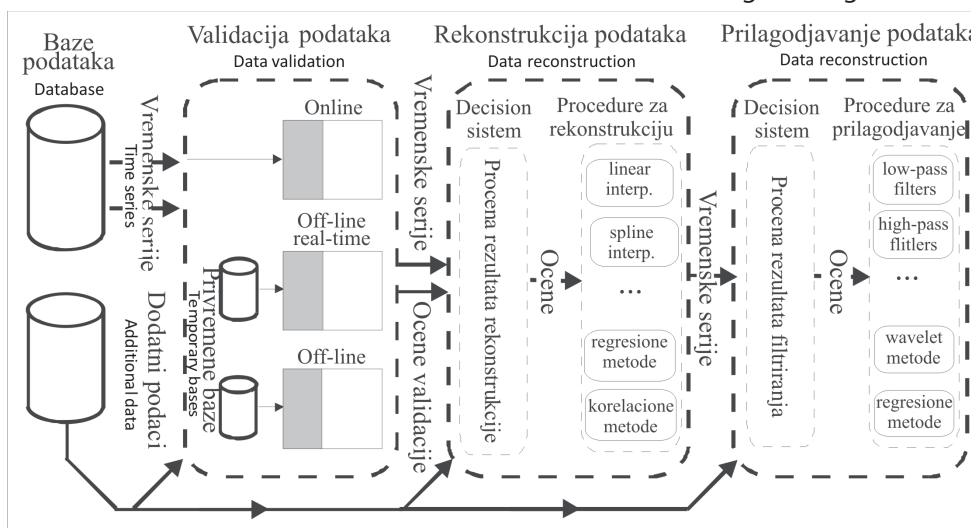
Validacija podataka predstavlja proceduru utvrđivanja kvaliteta podataka u pogledu njihove upotrebljivosti za potrebe prikupljanja znanja i shvatanje nekog osmatranog hidrotehničkog procesa. Cilj validacije je ne samo da se utvrdi da li je podatak reprezentativna slika merene veličine, već i da li je reprezentiran posmatranog hidrotehničkog procesa. Prema tome, validacijom se dobija ne samo informacija da li je merni instrument dobro izmerio mernu veličinu sa tehničkog stanovišta, već i sa stanovišta eks-pertske suda koja se bazira na celokupnom hidrotehničkom procesu, kao i na osnovu postojećih poznatih relacija između dostupnih dodatnih veličina.

to a certain variables, while the variable in physics, and in hydraulics is: "what is measured, i.e. what can be measured" [2,3]. Therefore, the primary origin of the data is associated with the measurement.

Variables are divided into two groups: basic and derived. „Basic variables are independent and incomparable, and they should be selected so that they can express and measure any discussed problem" [2]. For example, data on the speed does not say anything about geometry, as without the speed and geometry the flow can not be calculated. Speed and geometry (length) are the basic variables, while the flow is derived'.

3 DATA VALIDATION AND ASSESSMENT OF HOW THE DATA IS CONSIDERED REPRESENTATIVE FOR THE PROCESS

Data validation is the process of determining the quality of data in terms of their usability for the purposes of gathering knowledge and understanding of a



Slika 2: Šema sistema za transformaciju podataka u informaciju

Figure 2: Schematic review of the data transformation into information

Na putu od podatka do informacije, validacija predstavlja samo prvi korak (slika 2). Nakon validacije, sledi rekonstrukcija podataka koji nedostaju ili su lošeg kvaliteta i prilagođenje podataka potrebama (transformacija podataka). Rekonstrukcija podataka ima za cilj da popuni nedostajuće podatke najverovatnijim, izabranom interpolacionom metodom, dok se prilagođenje podataka odnosi na filtriranje, izdvajanje osobina, statis-tičku obradu, itd.

Validacija podataka se u mernom sistemu može sprovesti na tri načina: 1) u realnom vremenu, 2) u toku prikupljanja podataka ali ne i u realnom vremenu i 3)

2 Ili obrnuto. Ukoliko se na primer direktno meri protok, onda je brzina izvedena veličina.

monitored hydraulic and hydrological process. The aim of validation is not only to determine whether the measured data is representative image of measured variable, but also whether it is the representation of the observed hydraulic and hydrological process. Thus, validation is used not only for obtaining the information whether the measuring instrument has successfully measured the variable from the technical standpoint, but also from the

expert standpoint that is based on the entire hydraulic and hydrological process, and based on existing well-known relations between the available additional quantities.

On the way from data to information, validation is only the first step (Figure 2). Validation is followed by reconstruction of missing data or poor data quality and data adjustment (data transformation). Reconstruction of the data is intended to fill in missing data with probable data, using selected interpolation method, while the adjustment of data is related to filtering, feature extraction, statistical processing, etc.

Validation of data in the measuring system can be implemented in three ways: 1) in real time, 2) during the data collection but not in real time and 3) after the data is collected. System design that can be used for this purpose depends on the ways in which vali-

1 Or vice versa. If for example the flow is measured, then the velocity is derived variable.

nakon što su podaci prikupljeni. Od načina na koji se sprovodi validacija zavisi i dizajn sistema koji se može u tu svrhu upotrebiti. Za validaciju u realnom vremenu moraju se koristiti značajniji računarski resursi, jer se ne može očekivati ekspertska podrška u svakom trenutku. Ovakav vid validacije se još može nazvati i "automatska validacija" koja podrazumeva potpuno prepuštanje procesa unapred definisanom algoritmu.

Validacija koja se sprovodi u toku prikupljanja podataka, ali ne u realnom vremenu (na primer satno, dnevno ili čak nedeljno) podrazumeva upotrebu računarskih resursa uz povremeno podešavanje parametara algoritama od strane eksperta ("polu-automatska validacija"). Ukoliko uslovi dozvoljavaju, validacija podataka se može sprovesti i nakon što su podaci prikupljeni ("ručna validacija") u kojoj glavnu ulogu igra ekspert, dok se računarski resursi koriste isključivo kao podrška ekspertskom sudu. U procesu ručne validacije se mogu koristiti i pomoćna sredstva, kao što je vizuelizacija podataka, koja ne mogu biti u upotrebi u automatskoj ili polu-automatskoj validaciji. Zbog toga se može očekivati da će ručna validacija podataka dati najbolje rezultate.

4 IMPLEMENTACIJA SISTEMA ZA VALIDACIJU PODATAKA

Validacija podataka predstavlja proveru karakteristika merenih podataka i ocenu koliko se karakteristike merenog podatka uklapaju u opštu sliku osmatranog procesa. Brojna vrednost (eng. *value*) podatka, kao krajnji produkt merenja daje informaciju o merenoj veličini dok se karakteristike podatka ogleđaju u tome kako se on uklapa u sliku merenog procesa. Karakteristike podataka se mogu posmatrati iz tri ugla: 1) tehničkih karakteristika mernog sistema, 2) ekspertskog mišljenja o osmatranom procesu i 3) relacionih zavisnosti između merenih veličina.

Tehničke karakteristike mernog sistema pružaju uvid u primenjen postupak merenja, karakteristike merenih uređaja i sistema za prenos podataka, operativne uslove rada sistema, itd. Banalan primer je informacija da je došlo do prekida u napajanju, što u slučaju specifičnog setovanja mernog sistema ne mora da bude identifikovano u prikupljenoj vremenskoj seriji podataka (na primer nule koje mogu biti regularna vrednost merene veličine).

Ekspertska procena karakteristika mernog okruženja, merne mikrolokacije i specifičnih karakteristika osmatranog procesa može imati značajan uticaj na rezultat validacije. Loše odabrana ili održavana merena lokacija može značajno da utiče na merne podatke iako možda merni sistem, sa tehničkog aspekta, dobro funkcioniše (na primer zasipanje lokacije za merenje nivoa). Treći način provere karakteristika podataka je na osnovu relacija koje postoje između merenih podataka (ukoliko se meri više veličina) ili aktuelnog podatka merene veličine i istorijskih poda-

tion is carried out. Validation in real time must use significant computing resources, due to a lack of expert support at any time. This form of validation can also be called "automatic validation" which implies a complete relinquishing of process to a previously predefined algorithm.

Validation that is done during data collection, but not in real time (for example by hour, day or even week) involves the use of computer resources with periodic setting of the algorithm parameters by experts ("semi-automatic validation"). If conditions permit, data validation can be conducted after the data collection ("manual validation"), in which experts have the main role, and the computer resources are used exclusively as an expert support. In the process of manual validation auxiliary resources can be used, such as data visualization, which can not be used in automatic or semi-automatic validation. Therefore, manual data validation is expected to give the best results.

4 IMPLEMENTATION OF DATA VALIDATION

Data validation is a test feature of measured data and evaluation of how the characteristics of measured data fit the general picture of monitored process. The data values, as the final product of measurement, provide information about the measured variable while the characteristics of the data reflect how it fits into the picture of measured process. Characteristics of the data can be viewed from three angles: 1) technical characteristics of the measuring system, 2) expert opinion on the observed process and 3) relational dependence between the measured values.

Technical characteristics of the measuring system provide insight into the implemented process of measurement, the characteristics of measuring devices and systems for data transfer, operating conditions of the system, etc. Banal example is the information that there was an interruption in supply, which in the case of the specific setting of the measuring system does not need to be identified in the collected data series (for example zero, which can be regular value of the measured variable).

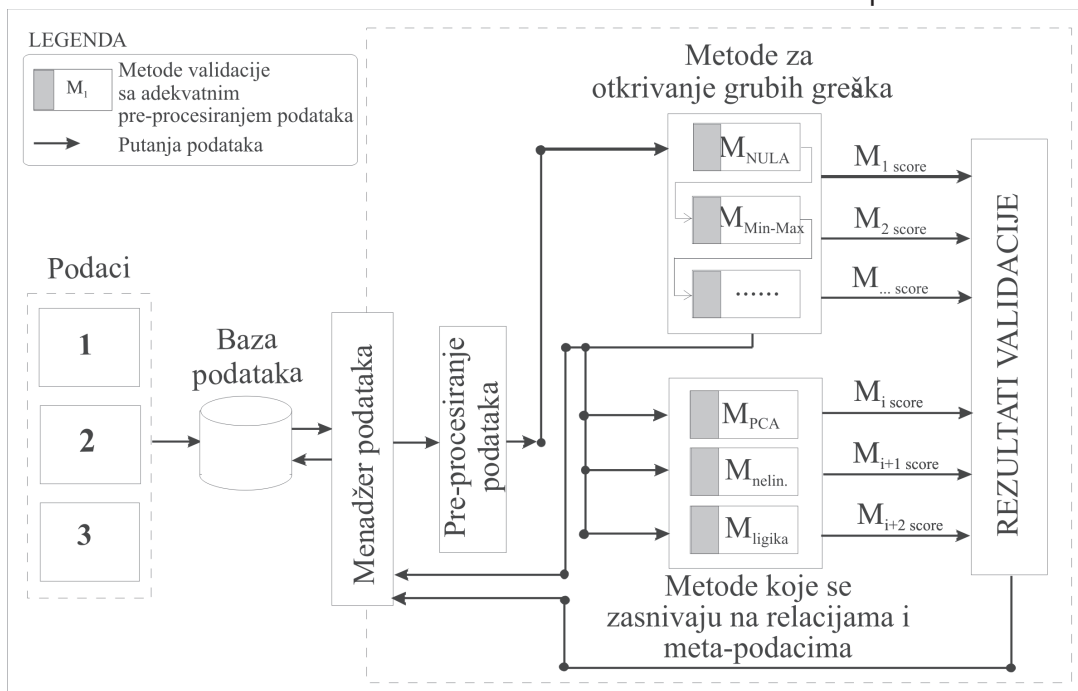
Expert assessment of the characteristics of the measuring environment, measurement micro-location and specific characteristics of monitored process can have a significant impact on the result of validation. Bad-chosen or maintained measuring locations can significantly affect the measurement data even if the measuring system, from technical aspect, works well (for example covering of the location for level measuring). The third way of testing the characteristics of data is based on the relation that exist between the measured data (if more variables are being measured) or the actual data of the measured variable and historical data of the same variable. This way of vali-

taka iste veličine. Ovaj način validacije podrazumeva upotrebu matematičkih modela i odgovarajućih algoritama (klasifikacija, grupisanje, regresije, itd.).

Ocena koliko se karakteristika merenog podatka uklapa u opštu sliku merenog procesa se može iskazati na tri načina: 1) binarno, 2) opisno diskretno i 3) kontinualno. Primer binarne ocene bi bilo 0 – ukoliko je podatak regularan i 1 – ukoliko podatak nije regularan. Ovakv pristup validaciji se može nazvati i detekcija anomalija (eng. *anomaly detection*), ili detekcija podataka koji odstupaju od generalnog šablona (eng. *outlier detection*). Opisne diskretne ocene povećavaju manevarsku sposobnost i dozvoljavaju više stepeni regularnosti (neregularnosti) podataka. Ocene tipa: A – regularan podatak, B – sumnjiv i C – neregularan podatak, iako pružaju veću fleksibilnost odlažu odluku o rezultatu validacije. Treći vid ocenjivanja, kontinualna ocena (na primer 0 – 100) pruža najveću slobodu, ali se tumačenje rezultata značajno usložnjava (na primer: kako bi se protumačila ocena validacije 47?).

dation involves the use of mathematical models and corresponding algorithms (classification, grouping, regression, etc.).

The estimation of how characteristics of measured data fit into the overall picture of the measured process can be expressed in three ways: 1) binary, 2) descriptive discretely and 3) continuously. Example of binary evaluation would be 0 - if the case of regular data and 1 - if data is not regular. This approach to data validation can be also called anomaly detection or detecting data that deviate from the general pattern (*outlier detection*). Descriptive discreet values increase maneuverability and allow more degrees of data regularity (irregularity). Evaluation like: A - regular data, B - questionable and C - irregular data, while providing greater flexibility postpones a decision on the validation result. The third type of assessment, continuous assessment (for example, from 0 to 100) provides the greatest freedom, but the interpretation of significant results becomes difficult (for example, how can we interpret a validation score of 47?).



Slika 3: Šema sistema za validaciju podataka [5,6]
Figure 3: Schematic review of data validation [5,6]

U skladu sa gore opisanim kriterijumima, sistem za validaciju podataka je sas-tavljen iz niza procedura (metoda) koje se mogu podeliti u tri grupe: 1) metode za pre-procesiranje i obradu podataka, 2) metode za validaciju podataka i 3) metode za interpretaciju rezultata validacije podataka, slika 3. Metode za preprocesiranje i obradu podataka imaju funkciju da promene podatak tako što će prilagoditi formu u kojoj se podatak nalazi metodama za validaciju (na primer uskladiti vremensku skalu, konvertovati podataka u pogledu jedinica mere, itd.) ili izmeniti podatak da bi se poboljšala efikasnost metoda za validaciju (na primer filtriranjem, agregacijom, itd.).

methods for pre-processing and data processing is to change the data into the form in which data is used in validation methods (for example to adjust time scale, convert the data in suitable unit, etc.) or to modify the data in order to improve the efficiency of the validation method (such as filtering, aggregation, etc.).

Validation methods represent procedures (functions), which aim is to assess how the characteristics of measured data fit into the overall picture of the measured process. They can be divided into methods for detecting hard errors (for example, zero, peaks, straight lines, etc.), methods based on additional technical and expert information about measured process (so-called meta-data) and methods that are based on relations between data.

In accordance with the above-described criteria, the data validation system consists of a series of procedures (methods) that can be divided into three groups: 1) methods for pre-processing and data processing, 2) methods for data validation, and 3) methods for the interpretation of data validation results, Figure 3.



Metode za validaciju predstavljaju procedure (funkcije), koje imaju za cilj da se oceni koliko se karakteristika merenog podatka uklapa u opštu sliku merenog procesa. One se mogu podeliti na metode za otkrivanje grubih grešaka (na primer nule, pikovi, ravne linije, itd.), metode koje se zasnivaju na dodatnim tehničkim i ekspertskim informacijama o mernom procesu (tzv. meta-podacima) i metode koje su bazirane na relacijama između podataka.

Svaka od metoda za validaciju, koja je uključena u proces, daje ocenu kvaliteta podatka (uglavnom proveravajući jednu karakteristiku podatka), dok se tumačenje ocena validacije sprovodi metodama za interpretaciju rezultata validacije [9]. Ove metode imaju cilj da odluče o validnosti pojedinog podatka i procene njegovu adekvatnost da predstavlja mernu veličinu u osmatranom procesu.

Na prikazani način je omogućena fleksibilna struktura koja se može prilagoditi svakoj vremenskoj seriji i ostalih uslova (vremenski, itd.). Isto tako se struktura može menjati u zavisnosti od novih raspoloživih podataka (na primer nove merene vremenske serije), ili se mogu uvoditi nove vremenske serije i na osnovu iskustva pretpostaviti strukture sistema za validaciju koje bi im najviše odgovarale.

5 PRIMERI

Da bi se problematika učinila pitkijom i razumljivijom navode se tri primera koji se odnose na hidrotehničke probleme različitih oblasti. Iako ovakav sistem nije osmišljen za potrebe laboratorijskih merenja, kontrolisani uslovi i ponovljivost koje karakterišu ovakav način merenja se mogu upotrebiti za proveru ideje i rada sistema. Obzirom da se sistem za validaciju podataka oslanja na matematičke relacije koje se mogu primeniti u procesu provere karakteristika podataka, navedeni primeri oslikavaju tu mogućnost u svetlu neodređenosti koju matematički modeli osmatranih procesa nose. Veličina neodređenosti modela direktno utiče na *čvrstinu relacija* koje se mogu primeniti i ponekad iako je moguće, u laboratorijskim uslovima, ostvariti kontrolisane uslove merenja, nije moguće obezbediti adekvatan matematički opis merenog procesa (*All models are wrong, some are useful*, George Box, 1979). Sa druge strane, kod merenja sprovedenih na terenu, gde se meri više veličina istovremeno, nudi se mogućnost da se različite merene veličine upoteđu i na taj način proveravaju (validuju).

Prvi primer predstavlja laboratorijsku simulaciju hidrauličkog udara koja se osmatra merenjem protoka, pritiska i otvorenosti zatvarača. Drugi primer se odnosi na hidrološki ciklus na nekom slivu koji se osmatra uz pomoć niza merenih veličina kao što su nivoi, protoci, temperatura, vlažnost vazduha, itd. Treći primer je primer merenja parametara rada kanalizacionog sistema (nivoa, brzina i parametara kvaliteta).

Each of the validation method, that is involved in the process, provides assessment of the data quality (usually by checking one data characteristic), while the interpretation of the validation assessment is conducted by methods for the interpretation of the validation results [9]. These methods aim to decide on the validity of individual data and assess its adequacy to represent the variable in the observed process.

The presented method enables flexible structure that can be adapted to each time series and other conditions (weather, etc.). Also, the structure can be changed depending on new available data (for example, the new measured time series), or can introduce a new time series and on the basis of experience to assume the system validation structure that will best fit.

5 EXAMPLES

Three examples related to the problems of hydro-environmental data are given in the following text. Although this system is not designed for laboratory measurements, controlled conditions and repeatability that characterize this type of measurement can be used to test ideas and system operation. Since the data validation system relies on mathematical relations that can be applied in the process of checking the characteristics of data, listed examples reflect this possibility in light of the uncertainty of observed mathematical models. The size of the model uncertainty directly affects the *strength of relations* that can be applied and sometimes even if it is possible, in laboratory conditions, to achieve controlled measurement conditions it is not possible to provide an adequate mathematical description of the measured process (*All models are wrong, some are useful*, George Box, 1979). On the other hand, the field measurements, where multiple variables are measured in the same time, offer the possibility of comparison and verification (validation) of different variables.

The first example presents a laboratory simulation of the hydraulic shock that is being observed by measuring of flow, pressure and shutter opening. The second example relates to the hydrological cycle of a certain basin that is being observed with a series of measured variables, such as levels, flows, temperature, humidity, etc. The third example is an example of measurement of the sewerage system (the level, speed and quality parameters).

5.1 Example 1 - Laboratory installation for hydraulic shock pressure measuring

Hydraulic shock is a phenomenon that occurs with rapid change of boundary conditions in the under pressure systems, when a wave of high pressure travels along the pipeline. After reflection from a certain discontinuity, wave is rejected and transforms into

5.1 Primer 1 – Laboratorijska instalacija za merenje pritiska kod izazvanog hidrauličkog udara

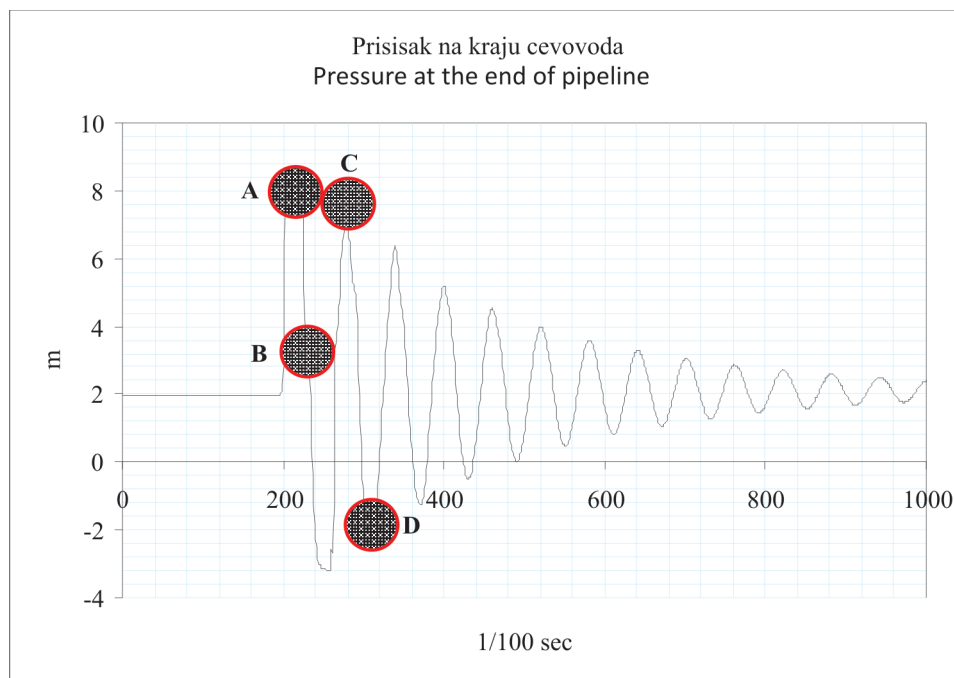
Hidraulički udar je pojava koja se javlja pri nagloj promeni graničnog uslova u sistemi-ma pod pritiskom, kada nastaje talas visokog pritiska koji putuje duž cevovoda. Nakon refleksije od nekog diskontinuiteta talas se odbija i prelazi u talas negativnog pritiska. Talasi pozitivnog i negativnog pritiska se smenjuju sve dok sile otpora ne ublaže poja-vu hidrauličkog udara.

Merenje hidrauličkog udara predstavlja složen zadatak (čak iako se merenje obavlja u laboratoriji) koji mora biti u skladu sa nekoliko kriterijuma: 1) merni uređaji moraju biti dovoljno precizni kako u opsegu redovnog operativnog rada cevovoda, tako i za ekstremne vrednosti pritiska i protoka, 2) vreme odziva mernih uređaja mora biti u skladu sa promenama merenih vrednosti, 3) mehaničke karakteristike mernih uređaja mogu značajno da utiču na rezultat merenja (na primer vibracije membrane senzora pritiska usled impulsa pritiska), 4) brze promene hidrauličkih parametara (pritiska i protoka), kao i promene graničnih uslova zahtevaju kratko vreme uzorkovanja koje ponekad mora biti reda veličine i nekoliko stotina herca i 5) potrebno je obezbediti dobro zaptivanje svih delova cevovoda jer usled pojave negativnog talasa pritiska gasovita faza, koja biva uvučena u cevovod, može da priguši pritiske koje je potrebno registrovati (gustina vazduha je oko 1000 puta manja od gustine vode), itd.

a wave of negative pressure. Waves of positive and negative pressure are changing until the resistance force does not reduce the appearance of hydraulic shock.

Measurement of hydraulic shock is a difficult task (even though the measurement is performed in the laboratory), which must be in accordance with several criteria: 1) measuring devices must be sufficiently precise, not only in the full range of operating pipelines, but also for extreme values of pressure and flow, 2) response time of measuring devices must be in accordance with changes in measured variables, 3) mechanical properties of measuring devices can significantly affect the result of measurement (for example, vibrations of the membrane pressure sensor due to the pulse pressure), 4) rapid changes in hydraulic parameters (pressure and flow) and changes in boundary conditions require short sampling time, which sometimes must be in order of several hundred hertz and 5) it is necessary to ensure good sealing of all parts of the pipeline, because due to appearance of negative pressure wave, gaseous phase, which was drawn into the pipeline, can absorb monitored pressures (air density is about 1000 times smaller than the water density), etc.

In the observed example, the measurement was done at the end of the pipeline (directly in front of the shutter) which begins with a tank, and ends with flap (installation is described in paper [8]). Pressure is measured with DRUCK probe, which was previously calibrated in the installation for the pressure probes calibration, with sampling rate of 100 Hz. After the data acquisition (time series is shown in Figure 4) anomalies in the data in the first two periods of pressure oscillation were found. After the first two periods, the visual process confirmed data regularity (correspond to the characteristics of hydraulic shock appearance).



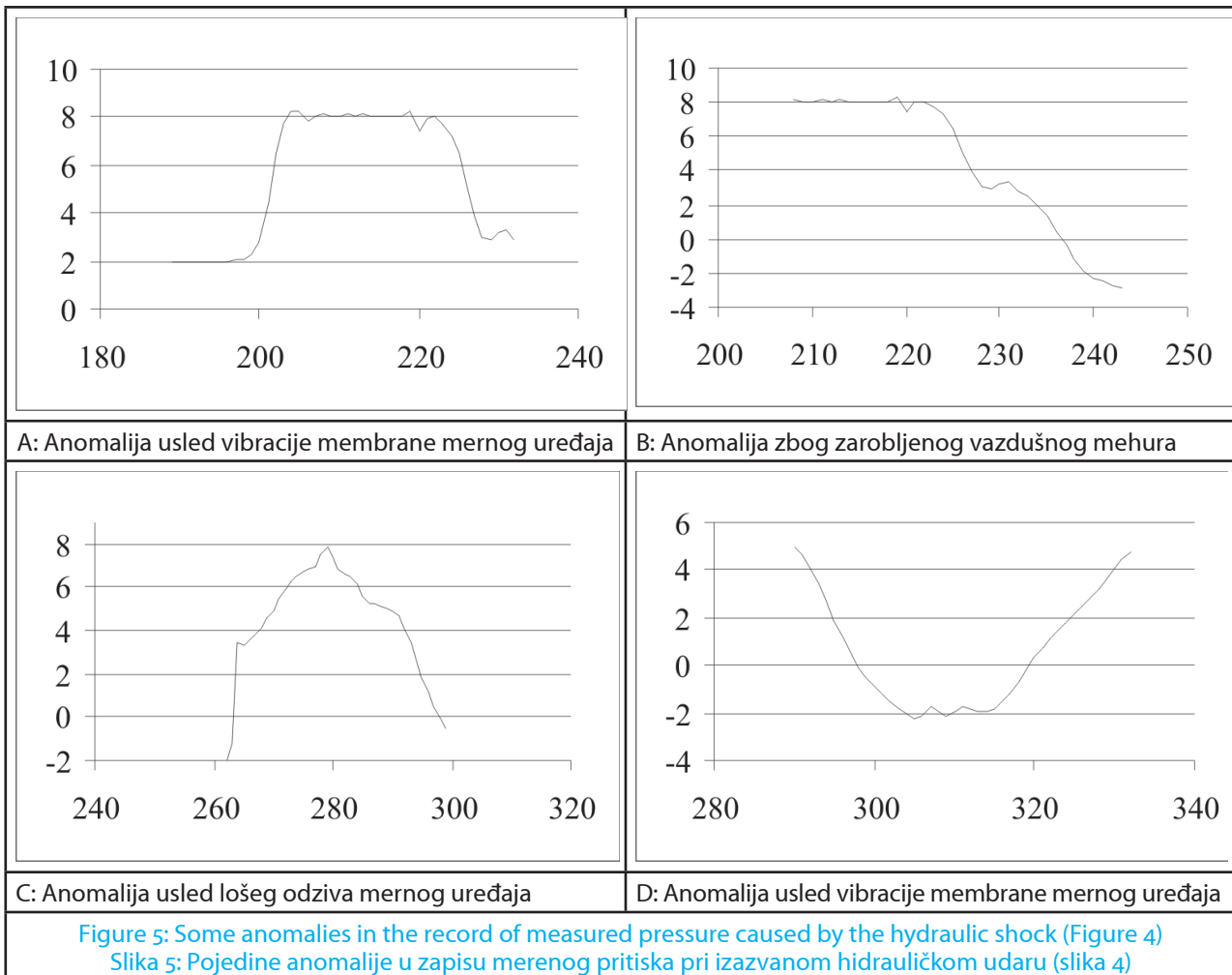
Slika 4: Pritisak na kraju cevovoda pri izazvanom hidrauličkom udaru

Figure 4: Pressure at the end of the pipeline caused by the hydraulic shock

After the data acquisition (time series is shown in Figure 4) anomalies in the data in the first two periods of pressure oscillation were found. After the first two periods, the visual process confirmed data regularity (correspond to the characteristics of hydraulic shock appearance).

Anomalies were detected in larger scale shown in Figure 5. The anomaly **A** occurred with first maximum and its cause is supposed to be the vibration of DRUCK probe membrane. Anomaly **B** occurred during the transition from positive to negative pressure and probably is caused by trapped air in the area of connection of pressure measuring probe. The anomaly **C**, as it is suspected, occurred due to poor response of the measuring device, while the anomaly **D** is assumed to be created due to the vibrations of the probe mem-

probably is caused by trapped air in the area of connection of pressure measuring probe. The anomaly **C**, as it is suspected, occurred due to poor response of the measuring device, while the anomaly **D** is assumed to be created due to the vibrations of the probe mem-



U prikazanom primeru, merenje je obavljeno na kraju cevovoda (neposredno ispred zatvarača) koji počinje rezervoarom, a završava se zatvaračem (instalacija je opisana u radu [8]). Pritisak se meri DRUCK sondom, koja je prethodno kalibrisana na instalaciji za kalibraciju sonde za pritisak, brzinom uzorkovanja od 100 Hz. Nakon akvizicije podataka (vremenska serija je prikazana na slici 4) uočene su anomalije u podacima u prve dve periode oscilovanja pritiska. Nakon prve dve periode, vizuelnim postupkom je potvrđeno da su podaci regularni (odgovaraju karakteristikama pojave hidrauličkog udara).

Detektovane anomalije su u krupnijoj razmeri prikazane na slici 5. Anomalija **A** dogodila se pri prvom maksimumu i sumnja se da je njen uzrok vibriranje membrane DRUCK sonde za merenje pritiska. Anomalija **B** dogodila se u toku prelaska sa pozitivnog u negativan pritisak i najverovatnije je uzrokovana zarobljenim vazduhom na mestu priključka sonde za merenje pritiska. Za anomaliju **C** se sumnja da je nastala usled lošeg odziva mernog uređaja, dok se za anomaliju **D** pretpostavlja da je nastala usled vibracija membrane sonde (isto kao i anomalija **A**).

Sistem za validaciju podataka, dizajniran za navedenu vremensku seriju, bi morao da uključi sve aspekte koji utiču na merenje i koji određuju karakteristike podataka koji su prikupljeni. To su tehnički aspekti,

brane (as well as anomaly **A**).

System for data validation, designed for the specified time series, would have to include all aspects that affect the measurement and determine the characteristics of collected data. These are the technical aspects, which predict membrane vibration and inadequate response of the measuring device, expert opinion, which assumes the existence of air bubbles in the system and the possibility that some of them stuck in the measuring device and relational characteristics that describe the typical form of time series of pressure in the hydraulic shock phenomena (mathematical model of hydraulic shock).

5.2 Example 2 - Hydrological cycle

Observation of the hydrologic cycle is the process of measuring of all sizes that affect the water cycle in nature. In addition to hydrological variables (flows and levels in the water currents and underground aquifers), for prediction and analysis of water cycle in nature it is often necessary to measure meteorological variables. Some of them are: 1) precipitation, 2) humidity, 3) speed and wind direction, 4) solarization, 5) air temperature, 6) atmospheric pressure, 7) cloudiness, 8) thickness of snow cover, 9) evaporation,

koji predviđaju vibracije membrane i neadekvatan odziv mernog uređaja, ekspertske mišljenje koje pretpostavlja postojanje vazdušnih mehurova u sistemu i mogućnost da se neki od njih zaglavi u mernom uređaju kao i relacije karakteristike koje opisuju karakteristični oblik vremenske serije pritiska kod pojave hidrauličkog udara (matematički model hidrauličkog udara).

5.2 Primer 2 – Hidrološki ciklus

Osmatranje hidrološkog ciklusa je proces merenja svih veličina koje utiču na kretanje vode u prirodi. Pored hidroloških veličina (protoci i nivoi u vodotocima i podzemnim akviferima), za potrebe predviđanja i analizu kretanja vode u prirodi neretko je potrebno meriti i meteorološke veličine. Neke od njih su: 1) padavine, 2) vlažnost vazduha, 3) brzina i pravac vetra, 4) osunčanost, 5) temperatura vazduha, 6) atmosferski pritisak, 7) oblačnost, 8) debljina snežnog pokrivača, 9) evaporacija, itd. Složenost problema osmatranja hidrološkog ciklusa i potreba za predviđanjima (eng. *forecasting*) ukazuju i na potrebu za istorijskim podacima.

Osnovni kriterijum istorijskih podataka, pored činjenice da moraju biti regularni (bez grešaka i anomalija), je njihova uporedivost. Za razliku od laboratorijskih merenja koja se obavljaju u kontrolisanim (ukoliko je moguće i ponovljivim) uslovima, okruženje u kojima se obavljaju terenska merenja (u koja spadaju hidrološka merenja) se neprestano menja. Zbog toga, validacija podataka mora biti usmerena ne samo na trenutno stanje mernog okruženja i osmatranog fenomena, već se mora obratiti pažnja i na izmenjene uslove merenja na koje se ponekad ne može uticati. Iako se zaključuje da, iako je podatak o izmerenoj veličini regularan, on se ne može upoređivati sa istorijskim podacima koji su mereni na istoj lokaciji koja je izmenjena. Zbog toga je neophodno da se uz svaki podatak vodi evidencija o načinu kako je on nastao i koje su okolnosti vladale u toku njegovog nastanka. Podatak o podatku (obavezni pratilac svakog mernog podataka) se naziva meta-podatak. Izbor meta-podataka zavisi od brojnih faktora i obično je za formiranje strukture meta-podataka potrebno ekspertske mišljenje.

Hidrološke veličine se mogu meriti različitim metodama i na mernim lokacijama izabranim po različitim kriterijumima. Problemi kod merenja mogu biti mnogobrojni. Od neadekvatne merne lokacije (merenje brzine vetra u predelu sa bujnom vegetacijom koja u određeno doba godine menja pravac i brzinu strujanja vetra) do kvarova na instrumentima i sistemima za prenos podataka. Obzirom da su hidrološke stanice pozicionirane uglavnom na nepristupačnim mestima, bez ljudske posade, a prenos podataka se obavlja automatski, postoji opasnost da se, ukoliko nije predviđena validacija podataka i postojanje meta-podataka, zauvek izgubi informacija, ne samo da

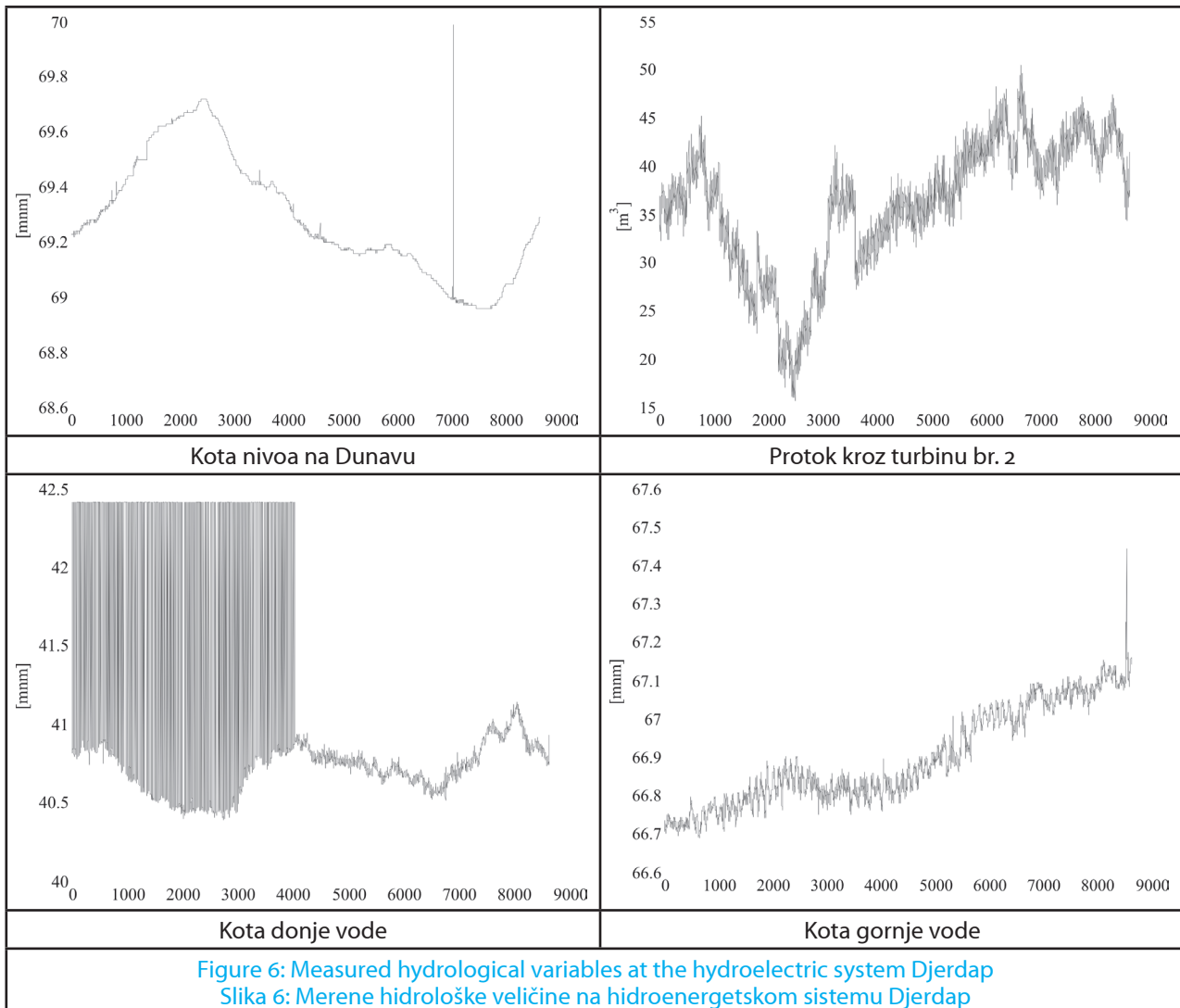
etc. The complexity of the problem of the hydrologic cycle monitoring and the need for forecasting indicate the need for historical data.

The basic criterion of historical data, despite the fact that they must be regular (no errors and anomalies), is their comparability. Unlike the laboratory measurements which are performed in controlled (if possible and repeatable) conditions, the environment in which field measurements (hydrological measurements) are performed is constantly changing. Therefore, data validation must be focused not only on the current state of the measuring environment and observed phenomenon, but also attention must be on changed measurement conditions which sometimes can not be affected. It is easy to conclude that, although the data on measured variable is regular, it can not be compared with historical data that have been measured in the same location which is changed. It is therefore necessary to keep records, with each data, about how it was created and what circumstances were present during its occurrence. The data about data (required follower of every measured data) is called meta-data. The choice of meta-data depends on many factors and usually an expert opinion is required for the formation of the meta-data structure.

Hydrological variables can be measured by different methods and on measuring locations selected by different criteria. Problems of measurement can be numerous; from inadequate measurement locations (measurement of wind speed in the area with lush vegetation, which at certain times of the year changes the direction and wind velocity) to the failures of instruments and systems for data transfer. Since the hydrological stations are positioned mainly in inaccessible places, without human crew, and data transfer is done automatically, there is a danger that, without data validation and existence of meta-data, information could be lost forever; not just whether it is a regular data, but also information about the circumstances in which it occurred. Therefore it may lead to reduction of the reliability of historical data bases, or even to application of irregular or incomparable data in the process of analysis and predictions.

Figure 6 shows the number of variables collected for the management of hydroelectric system Djerdap. In addition to the level and flow measurement, electrical variables such as force (active and reactive) and produced energy, were also measured.

Figure 9 shows the time series of variables collected in the interval of 10 seconds and stored in the historical database. Anomalies in diagrams, noticeable even to the naked eye, are representatives of rough errors in the measurements. Measured data with hard and other errors, without validation, remain stored in the database and represent unusable data arrays without pre-processing by the user. The process of data validation would provide assistance in the form of assessments of data quality and significantly simplify



li je podatak regularan, već i informacija o okolnostima u kojima je on nastao. Zbog toga se može desiti da se umanjuje pouzdanost baze istorijskih podataka ili čak da se u procesu analizi-ranja i predviđanja koriste podaci koji nisu regularni ili uporedivi.

Na slici 6 je prikazan niz veličina koje se prikupljaju za potrebe upravljanja hidroenergetskog sistema Djerdap. Pored nivoa i protoka merene su i električne veličine kao što su snaga (aktivna i reaktivna) i proizvedena energija.

Na slici 9 su prikazane vremenske serije veličina prikupljane u intervalu od 10 sekundi i skaldštene u istorijskoj bazi podataka. Anomalije, uočljive čak i golim okom na prikazanim dijagramima predstavnici su grubih grešaka u merenjima. Mereni podaci sa grubim i ostalim greškama, bez validacije, ostaju pohranjeni u bazi podataka i predstavljaju neupotrebljive nizove podataka bez prethodne mukotrpne obrade od strane korisnika. Proces validacije podataka pružio bi pomoć u vidu ocene kvaliteta podataka i značajno pojednostavio njihovo korišćenje.

Validacija podataka za osmatranje jednog složenog

their use.

Data validation for monitoring of certain complex technical system, such as hydropower system, must include a number of phenomena that sometimes do not have adequate mathematical formulation (e.g. the creation of depression funnel in the entrance building during the turbine starting). The cause is either a lack of input data for the numerical model (geometry of river flow, the coefficients of beneficial effects of generators, etc.), or insufficient knowledge about the phenomenon. Therefore, some additional tools such as "machine learning" techniques or artificial intelligence should be applied in the process of data validation.

5.3 Example 3 - Measurement of the sewerage system

Sewage system is a complex infrastructural set of objects that aim to collect and drainage the waste and rain water into the recipient (waste water treatment plants). Complex hydraulic and chemical processes that take place during the transport of water through

tehničkog sistema, kao što je hidroenergetski sistem, mora obuhvatiti brojne fenomene koji ponekad i nemaju adekvatno matematičku formulaciju (na primer stvaranje depresionog levka na ulaznoj građevini pri startu turbine). Uzrok tome je ili nedostatak ulaznih podataka za matematičke modele (geometrija rečnog korita, koeficijenti korisnih dejstava agregata, itd.) ili nedovoljno znanje o samom fenomenu. Zbog toga je u procesu validacije potrebno primeniti i neke dodatne alate kao što su "machine learning" tehnike ili veštačka inteligencija.

5.3 Primer 3 – Merenja na kanalizacionom sistemu

Kanalizacioni sistem predstavlja složen infrastrukturni skup objekata koji imaju za cilj da prikupе i sprovedu otpadne i kišne vode do recipijenta (postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda ili nekog vodotoka). Složene hidrauličke i hemijske procese koji se odvijaju u toku transporta vode kroz sistem cevi, kanala, sabirnih rezervoara i crpnih stanica je moguće osmatrati merenjem hidrauličkih i hemijskih parametara. Loši uslovi koji vladaju u kanalizacionom sistemu predstavljaju preteče okruženje kako za mernu opremu tako i za ostale komponente mernog sistema, pa se mogu očekivati anomalije u prikupljenim podacima.

Pokazatelji stanja u kanalizacionom sistemu mogu se podeliti na hidrauličke (nivo vode, brzina vode, protok) i hemijske parametre (pH, provodnost, redoks potencijal, itd.). Izbor metode merenja ovih parametara zavisi od mnogih faktora. Neki od njih su: 1) uslovi koji vladaju na mernom mestu, 2) mogućnost redovnog održavanja merne opreme, 3) zahtevana tačnost merenja i neodređenost metode, 4) itd. Na neke od metoda je moguće osloniti se i prilagoditi ih radu bez ljudske posade, kada merni uređaj bez stalnog ekspertskog nadzora šalje podatke o izmerenim parametrima. Pošto se mereno okruženje u lošim uslovima, kakav je kanalizacioni sistem, neprestano menja i loše utiče na mernu opremu, pouzdanost merenja vremenom opada. Zbog toga se popravka pouzdanosti merenja se mora sprovoditi redovnim održavanjem i kalibracijom mernih uređaja. Službe za održavanje mernih sistema u kanalizaciji ponekad broje i više deseti-na tehničkih lica, a održavanje se sprovodi po preporuci proizvođača opreme. Pošto se oprema ugrađuje na merna mesta koja svako za sebe ima određene specifičnosti, na osnovu rezultata validacije podataka je moguće sprovesti analizu i proceniti adekvatan period održavanja i kalibracije mernih uređaja, što bi čitav sistem učinilo pouzdanijim, a proces održavanja zasigurno i jeftinijim.

Obzirom da je za sveobuhvatno osmatranje kanalizacionog sistema potrebno merenje velikog broja hidrauličkih i hemijskih parametara (ponekad i više stotina), upoređivanjem raspoloživih izmerenih vrednosti se između ostalog može sprovesti njihova provera i validacija [7]. Dodatne mogućnosti u procesu valida-

a system of pipes, canals, catchment tanks and pumping stations is possible to observe by measuring the hydraulic and chemical parameters. Bad conditions in the sewerage system are threatening environment for both measuring equipment and the other components of the measuring system, and therefore anomalies in the collected data can be expected.

Indicators of the situation in the sewage system can be divided into hydraulic (water level, water speed, water flow) and chemical parameters (pH, conductivity, redox potential, etc.). Selecting of measurement methods of these parameters depend on many factors. Some of them are: 1) Conditions prevailing at the measuring location, 2) the possibility of regular maintenance of measuring equipment, 3) the required measurement accuracy and uncertainty of the method, 4) etc. Some of the methods can be adapted to work without a human crew, when the measuring device without constant expert supervision sends data on measured parameters. Since measuring environment in poor conditions, such as sewage system, is constantly changing and has bad influence on measuring equipment, the reliability of measurement decreases with time. Therefore, the repair of the reliability of measurement must be carried out by regular maintenance and calibration of measuring devices. Services for maintenance of measurement systems in sewage, sometimes count several tenths of technical staff, and maintenance is carried out as recommended by the manufacturers. Since the equipment is installed at the measuring location, with certain specific characteristics for each one, on the basis of data validation results it is possible to carry out the analysis and assess the appropriate period of maintenance and calibration of measuring device, which will make the whole system much more reliable, and certainly the maintenance process much more cheaper.

Considering that the comprehensive monitoring of sewage systems requires measurement of large number of hydraulic and chemical parameters (and sometimes hundreds), by comparing the available measured values, among other things, their verification and validation can be performed [7]. The application of hydraulic models and quality models based on physical principles (*first principle based models*) enables the additional possibilities in the process of validation. Physically based hydraulic models such as models of dynamic or kinematic waves (EpaSWMM [10]) are linking hydraulic parameters using the equations for conservation of mass and momentum. Also, the quality models (QUAL2E [11]), contain mathematical relations that represent the chemical processes that take place in the sewage water. Since mathematical models are only the conceptual view of modeled processes and phenomena, and largely depend on the amount of available information on which they are formed, it must be taken into account the uncertainty of the model and both input data and calibration parameters [4].



cije daje upotreba hidrauličkih modela i modela kvaliteta baziranih na fizičkim principima (eng. *first principle based models*). Fizički bazirani hidraulički modeli, poput modela dinamičkog ili kinematskog talasa (EpaSWMM [10]) pomoću jednačina održanja mase i količine kretanja povezuju hidrauličke parametre, odnosno merene veličine. Takođe, i modeli kvaliteta (QUAL2E [11]), u sebi sadrže matematičke relacije koje oponašaju hemijske procese koji se odvijaju u kanalizacionoj vodi. Obzirom da su matematički modeli samo konceptualni prikaz modeliranih procesa i fenomena, i u velikoj meri zavise od količine raspoloživih informacija na osnovu kojih su formirani, u obzir se mora uzeti i neodređenost kako samog modela tako i ulaznih podataka i kalibracionih parametara [4].

Na slici 7 je prikazano merenje nivoa, brzine i provodnosti pomoću automatske merne stanice postavljene na jednom od izliva beogradske kanalizacije. Merenje nivoa i brzine se sprovodi ultrazvučnom metodom, dok se merenje provodnosti obavlja industrijskom mernom sondom koja je postavljena direktno u tok kanalizacione vode. Merenja se obavljaju i šalju u sabirnu bazu podataka u intervalima od po 5 minuta.

Neke od anomalija na slici 7 se mogu uočiti i vizuelnom inspekcijom podataka. Povremeno registrovanje nula vrednosti, anomalije u vidu pikova, povećan šum, itd. su stalni pratilac rezultata merenja. Uzrok navedenih anomalija može biti različit. Od povremenih grešaka u radu sistema, do ispada sistema zbog prestanka napajanja ili kvara mernog uređaja.

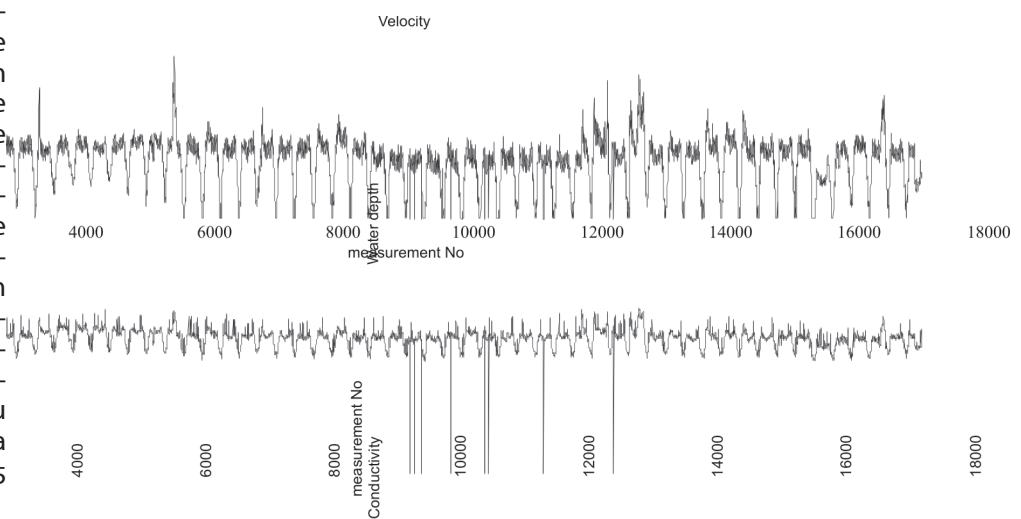
Validaciju podataka je potrebno sprovesti automatski ili poluautomatski jer se, zbog količine potaka koji pristižu, ne može očekivati da se validacija obavi ručno. Sistem za automatsku validaciju podataka se mora osmisliti i dizajnirati tako da daje maksimalno dobre rezultate bez uključivanja eksperta u proces podešavanja parametara metoda validacije. Na slici 7 su crvenim tačkama označene sumnjive vrednosti koje je pronašao sistem za automatsku validaciju. Performanse metoda za validaciju se mogu popraviti preprocesiranjem podataka [6] ili povremenom proverom i korekcijom parametara.

6 ZAKLJUČAK

Validacija podataka hidrotehničkih procesa predstav-

Figure 7 shows the level, speed and conductivity measuring using the automatic measuring unit placed in one of Belgrade sewerage discharges. Level and speed measuring is done using the ultrasound method, while the conductivity measurement is done with industrial measuring probe, placed directly into the flow of sewage water. Measurements are done and sent to the database at intervals of 5 minutes.

Some of the anomalies in Figure 7 can be observed by visual data inspection. Occasional registering of zero values, anomalies in the form of peaks, increased noise, etc., are constant companion of the measurement results. The cause of these anomalies can be different; from the occasional mistakes in the system operation, to system outage due to power termination or failure of measuring devices.



Slika 7: Rezultati validacije podataka sa beogradskog kanalizacionog sistema

Figure 7: Data validation results from the Belgrade sewerage system

Data validation is necessary to conduct automatically or semi-automatically because, due to the amount of collected data, it is not expected to be performed manually. The system for automatic data validation must be devised and designed to give maximum results without the inclusion of expert in the process of data validation adjustment. In Figure 7 dubious values, which were found by a system for automatic validation, are indicated by red dots. Performance of validation method can be repaired by data pre-processing [6], or by periodically check and correction of parameters.

6 CONCLUSION

Data validation of hydraulic and hydrologic processes is an important step in the process of collecting data for both single-use, and storage in the form of

lja važan korak u procesu prikupljanja podataka kako za jednokratnu upotrebu, tako i za čuvanje u obliku istorijskih baza podataka. Proces koji vodi od podataka do znanja zahteva adekvatan transfer od podataka u informaciju koji nije moguć ukoliko podatak nije regularan i ukoliko ne postoji povezanost u njegovu validnost. U ovom radu je prikazana neophodnost provere merenih podataka i jedan put kako se ona može sprovesti u različitim hidrotehničkim zadacima. Navedeni primeri, iako samo malobrojna grupa u beskonačnoj lepezi problema kojima se hidrotehnika bavi, odabrani su tako da ilustruju, potvrde i naglase predloženu šemu po kojoj se validacija podataka može sprovesti. Svaki od primera nosi neke specifičnosti koje se mogu preslikati i na neke srodne probleme.

historical databases. The process starting from data to knowledge requires an adequate transfer of data into information that is not possible if the information is not regular and if there is no confidence in its validity. This paper presents the necessity of checking measured data and a way how it can be implemented in various hydro-technical tasks. Mentioned examples, although only a small group in an endless variety of problems that hydraulics deals with, were chosen to illustrate, confirm and emphasize the proposed scheme of application of data validation processes. Each example carries some specifics that can be transferred to some related problems.

LITERATURA/LITERATURE

1. Edited by Tim D. Fletcher and Ana Deletic, (2007), *Data Requirements For Integrated Urban Water Management*, ©, Taylor & Francis Group, London, UK
2. G. Hajdin, (1992), *Mehanika Fluida – Osnove*, Građevinski fakultet, Beograd
3. Prodanović D., (2008), *Mehanika Fluida*, Građevinski fakultet u Beogradu
4. Branislavljević N., (2008), *Propagacija neodređenosti kod zatvorenih hidrotehničkih modela*, Magistarska teza, Građevinski fakultet u Beogradu
5. Branislavljević N., Prodanović D., (2009), *Automatic, Semi-automatic and Manual Validation of Urban Drainage Data*, 8UDM - The 8th International Conference on Urban Drainage Modelling, pp. 360
6. Branislavljević N., Kapelan Z., Prodanović D., (2009), *Online time data series pre-processing for the improved performance of anomaly detection methods*, CCWI 2009 Conference Proceedings, pp. 99-103, ISBN 978-0-415-54851-9
7. Branislavljević N., Prodanović D., Jauković A., (2009), *Razvoj informatičkog alata za popravku kvaliteta merenih vremenskih serija u beogradskoj kanalizaciji*, Vodovodni i kanalizacioni sistemi – Deveta međunarodna konferencija, Jahorina, Pale, Republika Srpska, pp. 348-357
8. Pavlović D., Ivetić M., (2009), *Identification of leak characteristics in pipe systems by dynamic monitoring*, CCWI 2009 Conference Proceedings, pp. 83-89, ISBN 978-0-415-54851-9
9. Branislavljević N., Prodanović D. and Kapelan Z. (2009). *Bayesian-Based Detection of Measurement Anomalies in Environmental Data Series*, 8th International Conference on Hydroinformatics.
10. Rossman, L. A., (2007), *Storm Water Management Model User's Manual*, EPA/600/R-05/040, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, OH (June 2007)
11. Brown, L. C., T. O. Barnwell, (1987), *The enhanced stream water quality models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: documentation and user manual*. Env. Res. Laboratory. US EPA, EPA /600/3-87/007, Athens, GA. 189 pp.



bor-plastika
UREĐAJI ZA PROČIŠĆAVANJE OTPADNIH VODA
-BUDUĆNOST POSTOJI-

**PROIZVODNJA UREĐAJA OD
POLIPROPILENA I POLIETILENA**

- Separatori ulja, prema EN 858-2
- Separatori masti, prema EN 1825-1
- Biološki pročištači otpadnih voda, prema EN 12255
- SBR uređaji, prema EN 12255
- Mikrofiltracija, prema EN 12566-3



HRN EN ISO 9001:2002

HR-31309 Kneževi Vinogradi
Tel.: +385 31 730 881, Fax: +385 31 732 104
E-mail: bor-plastika@bor-plastika.hr
www.bor-plastika.hr



1997-2007
10
VAMANA USLUGE
10
Bor-plastika
Uređaji za pročišćavanje otpadnih voda
-budućnost postoji-



Prvi put sve na jednom mestu za industrijsko čišćenje, čišćenje kanalizacije i cevovoda

EUROZAK DOO - Beograd, Naselje Meljak, ul. M. Tita 160
tel/faks: +381 11 354 1064, tel: +381 11 834 0753,
mob.: +381 64 493 54 29, www.eurozak.com

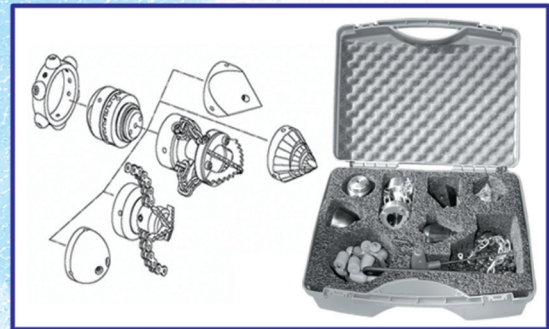
Eurozak LTD – zvanični predstnik za Bugarsku, države Ex-Yu sledećih proizvođača:



Gumeni čepovi za zaustavljanje vode i
drugih tečnosti u cevovima i kanalima

BRENDLE

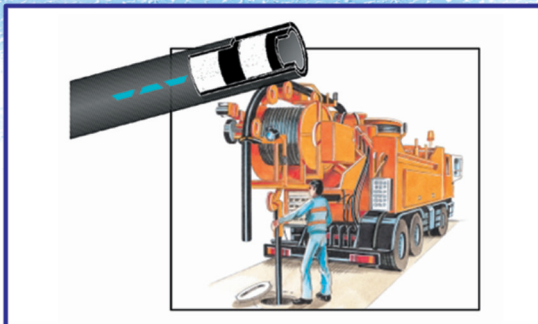
Dizne i rezervni delovi za čišćenje cevovoda i
kanala pod visokim pritiskom od 1 do 2500 bar



HUGO FRAUENHOF GMBH – HILDEN



Specijalna creva za čišćenje sa visokim
pritiskom 10-1500 bar i rezervni delovi.



KAISER

Kamioni za čišćenje kanalizacije i cevovoda
sa visokim pritiskom i reciklažom vode



Rioned

Puna Lepeza proizvoda za čišćenje malih
cevovoda i kanala, mini kamere, male
električne mobilne mašine sa sajlama