NENTECH S.C.
Karol Szambelańczyk Łukasz Weber
ul. Powstańców Wlkp. 24
62-300 Września
biuro@nentech.pl

Zleceniodawca	**Legnickie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji S.A.**
Obiekt /Zadanie	**Koncepcja budowy punktów pomiarowych monitoringu sieci wodociągowej dla wydzielonych sektorów miasta Legnica**
Stadium	**KONCEPCJA**
Legnica, sierpień 2016	

NENTECH S.C.
Karol Szambelańczyk Łukasz Weber
ul. Powstańców Wlkp. 24
62-300 Września
biuro@nentech.pl

STRONA AUTORSKA		
ZAKRES OPRACOWANIA	Tytuł, Nazwisko i imię, nr uprawnienia, data i podpis	
	OPRACOWANIE	**PROJEKTANT**
BRANŻA TECHNOLOGICZNA	inż. Grzegorz Murawski	inż. Ryszard Szambelańczyk 373/PW/90
	Data, podpis	Data, podpis inż. Ryszard Szambelańczyk upr. bud. do kierowania, nadzorowania oraz projektowania w zakresie instalacji i sieci sanitarnych nr. upr. 373/PW/90
	mgr inż. Katarzyna Chrobak	mgr inż. Karol Szambelańczyk
	Data, podpis Katarzyna Chrobak	Data, podpis
		dr inż. Łukasz Weber
		Data, podpis

LEGNICA, sierpień 2016

Koncepcja budowy punktów pomiarowych monitoringu sieci wodociągowej dla wydzielonych sektorów miasta Legnica





Nadzór merytoryczny i formalny:
Marek Dziopa
Dyrektor ds. Eksploatacyjno-Technicznych LPWiK S.A.

Opracowanie:
Grzegorz Murawski
Katarzyna Chrobak
Zakład Eksploatacji Sieci Wod-Kan
Dział Dokumentacji Technicznej
LPWiK S.A.

Sprawdził:
NENTECH S.C.

Legnica, sierpień 2016

Spis treści

1. Przedmiot opracowania 4
2. Podstawa opracowania 4
3. Cel opracowania 4
4. Zakres opracowania 5
5. Charakterystyka systemu wodociągowego miasta Legnica 5
6. Istniejące systemy informatyczne związane z infrastrukturą wodociągową 6
6.1. System GIS 6
6.2. System bilingowy 7
6.3. System monitoringu obiektów i urządzeń wodociągowych 7
6.3.1. Obiekty ZPW 7
6.3.2. Hydrofornie osiedlowe 8
7. Projektowane punkty pomiaru przepływu 8
7.1. Rozmieszczenie punktów pomiaru przepływu 8
7.2. Bilanse stref opomiarowania przepływu 13
7.2.1. Bilanse stref głównych 13
7.2.2. Bilanse stref dodatkowych 13
7.3. Bilanse ogólne zasilania miasta i gmin w wodę 14
7.4. Sposób zasilania 15
7.5. Zabudowa układów pomiarowych 15
7.6. Wymagania względem przepływomierzy elektromagnetycznych 16
7.6.1. Wymagania ogólne 16
7.6.2. Wymagania względem czujników przepływomierzy 17
7.6.3. Wymagania względem przetworników przepływomierzy 17
7.7. Dobór średnicy hydraulicznej czujników przepływomierzy 18
8. Projektowane punkty pomiaru ciśnienia 18
8.1. Rozmieszczenie punktów pomiaru ciśnienia 18
8.2. Sposób zasilania 21
8.3. Sposób zabudowy 21
8.4. Wymagania względem przetworników ciśnienia 21
8.5. Pomiary wysokościowe miejsc montażu 22
9. Rejestracja i przekaz danych z punktów pomiarowych 22
9.1. Sposób zasilania 24
9.2. Sposób zabudowy 25
9.3. Wymagania względem modułów telemetrycznych 28

9.4. Rejestracja i przekaz danych z istniejących układów pomiarowych 29
9.4.1. Obiekty ZPW 29
9.4.2. Hydrofornie osiedlowe 30
9.4.3. Studnie wodomierzowe 31
10. System zarządzania siecią wodociągową 32
10.1. Wymagania względem warstwy urządzeń fizycznych 32
10.2. Funkcjonalność systemu zarządzania (sekcje danych) 39
10.3. Poziomy dostępu 46
10.4. Wymagania względem oprogramowania 47
10.5. Częstotliwość gromadzenia i wizualizacji danych 48
10.6. Projekt funkcjonalny systemu zarządzania siecią wodociągową 49
10.7. Wymagania niefunkcjonalne 54
11. Model numeryczny sieci wodociągowej 55
11.1. Oprogramowanie symulacyjne 55
11.2. Wymagania sprzętowe 57
11.3. Graf sieci wodociągowej 57
11.4. Przypisanie wartości bazowych rozbiorów węzłowych 59
11.5. Grupy odbiorców i charakterystyki rozbiorów wody 60
11.6. Proces rekoncyliacji modelu numerycznego 61
11.6.1. Uwarunkowania ogólne i czynności przygotowawcze 62
11.6.2. Rekoncyliacja wstępna i sprawdzenie doboru średnic czujników przepływomierzy 64
11.6.3. Rekoncyliacja docelowa 65
11.6.4. Dalszy przebieg procesu rekoncyliacji i utrzymania modelu 66
11.6.5. Dostawa urządzeń pomiarowych 67
11.7. Literatura i źródła 71
12. Etapowanie inwestycji 72
13. Podsumowanie i zalecenia końcowe 74

1. Przedmiot opracowania

Przedmiot opracowania stanowią założenia do budowy systemu zarządzania siecią wodociągową dla potrzeb Legnickiego Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji S.A. z siedzibą przy ul. Nowodworskiej 1 w Legnicy, zwanego w opracowaniu „LPWiK S.A.", „Inwestorem" oraz „Przedsiębiorstwem".

Niniejsze opracowanie stanowi aktualizację opracowania firmy Nentech s.c. z 2013 roku pn. „Koncepcja budowy punktów pomiarowych monitoringu sieci wodociągowej dla wydzielonych sektorów miasta Legnica". Aktualizacja opracowania podyktowana została koniecznością uwzględnienia zmian zaistniałych po roku 2013 – w szczególności inwestycji drogowych realizowanych na terenie miasta Legnica oraz zrealizowanych, realizowanych i planowanych inwestycji własnych LPWiK S.A.

2. Podstawa opracowania

Podstawę opracowania stanowi umowa z dnia 28.04.2016 r. zawarta pomiędzy LPWiK S.A. a firmą Nentech s.c. oraz:

- Ustawa o zbiorowym zaopatrzeniu w wodę i zbiorowym odprowadzaniu ścieków z dnia 7 czerwca 2001, Dz.U. 2015 poz. 139,
- Regulamin dostarczania i odprowadzania ścieków na terenie Gminy Legnica (Uchwała nr XLII/449/06 Rady Miejskiej Legnicy z dnia 30 stycznia 2006 r.),
- Ustawa Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994, Dz.U. 2016 poz. 290,
- dane pochodzące z systemu informacji przestrzennej (GIS), systemu bilingowego oraz istniejących systemów teleinformatycznych LPWiK S.A.,
- wytyczne i zalecenia Międzynarodowego Stowarzyszenia Wodnego IWA (International Water Association),
- dokumentacje urządzeń pomiarowych i telemetrycznych,
- dokumentacje oprogramowania SCADA,
- literatura z zakresu modelowania, wymieniona w pkt. 11.7.,
- wnioski z odbytych spotkań technicznych z producentami oprogramowania, urządzeń pomiarowych, telemetrycznych oraz wykonawcami systemów monitoringu,
- wizje lokalne w przedsiębiorstwach wodociągowych posiadających wdrożone systemy monitoringu sieci wodociągowej.

3. Cel opracowania

Celem niniejszego opracowania jest opis cech systemu zarządzania siecią wodociągową, którego wdrożenie umożliwi przede wszystkim podniesienie jakości i niezawodności świadczonych usług w zakresie dostawy wody dla odbiorców.

System zarządzania siecią wodociągową będzie w szczególności umożliwiał:

- bieżącą kontrolę parametrów pracy sieci wodociągowej,
- szybsze identyfikowanie awarii na sieci wodociągowej,
- ogólną redukcję strat wody w sieci wodociągowej,
- usprawnienie procesu decyzyjno-organizacyjnego Przedsiębiorstwa,
- prognozowanie rozbiorów wody,
- opracowywanie koncepcji i programów zasilania miasta w wodę,
- przeprowadzanie złożonych analiz, wymagających porównywania wielu danych wejściowych,
- przeprowadzanie analiz bezpieczeństwa systemu dystrybucji wody,
- optymalizację parametrów zasilania miasta oraz gmin ościennych w wodę,
- racjonalne i ekonomiczne planowanie budowy i modernizacji sieci, obiektów i urządzeń wodociągowych,
- efektywne planowanie i prowadzenie prac eksploatacyjnych,
- planowanie płukań kierunkowych,
- kontrolę parametrów jakościowych wody oraz optymalizację pracy sieci wodociągowej w tym zakresie,
- analizowanie uwarunkowań dostawy wody do celów ppoż.,
- wspieranie procesów decyzyjnych związanych z określaniem warunków technicznych dla odbiorców oraz uzgadnianiem dokumentacji projektowych.

4. Zakres opracowania

Zakres opracowania obejmuje:

- charakterystykę istniejącej infrastruktury wodociągowej oraz informatycznej, która służy do jej zarządzania,
- koncepcję rozmieszczenia punktów pomiarowych na sieci wodociągowej,
- opis sposobu rejestracji, transmisji, gromadzenia, przetwarzania, wizualizacji i archiwizacji danych pomiarowych,
- opis wymagań związanych z wdrożeniem modelu numerycznego sieci wodociągowej,
- etapowanie wdrożenia systemu zarządzania siecią wodociągową.

5. Charakterystyka systemu wodociągowego miasta Legnica

Na system wodociągowy miasta Legnica składają się układ magistralno-rozdzielczy o łącznej długości ok. 250 km, przyłącza wodociągowe o łącznej długości ok. 70 km (stan na rok 2016) oraz obiekty i urządzania wodociągowe.

Do charakterystycznych elementów składowych systemu wodociągowego miasta Legnica należy zaliczyć:

- ujęcie wód infiltracyjnych w dzielnicy Przybków, zasilane wodami powierzchniowymi z rzeki Kaczawy, które wraz z układem technologicznym pozwala na pozyskiwanie wody o bardzo wysokiej jakości,
- zmodernizowany w latach 2014/2015 Zakład Produkcji Wody (ZPW), zlokalizowany wraz ze zbiornikami wody czystej przy siedzibie przedsiębiorstwa LPWiK S.A. na Przybkowie,
- układ dwóch głównych magistral DN1000/800 mm, które w latach 80. miały zasilać obszar Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (w tym miasta Lubin i Polkowice),
- układ dwóch poniemieckich zbiorników sieciowych terenowych górnych, o łącznej pojemności ok. 12 000 m^3, zlokalizowanych przy ul. Złotoryjskiej,
- budynek zasuw i pompowni III. stopnia na jednej z magistral DN1000/800 mm zasilającej zbiorniki terenowe, zlokalizowany w ich sąsiedztwie przy ul. Złotoryjskiej.

Ogół przemian gospodarczo-ustrojowych z lat 90. oraz brak konieczności zasilania innych miast usankcjonował dostosowanie możliwości produkcyjnych do bieżących potrzeb miasta Legnica i zasilanych gmin ościennych. Obecne możliwości produkcyjne zmodernizowanego Zakładu Produkcji Wody wynoszą 40 000 m^3/d, zaś aktualna dobowa produkcja wody nie przekracza 20 000 m^3/d.

Korzystne warunki topograficzne oraz obecność zbiorników terenowych górnych sprawiają, że na terenie miasta funkcjonuje zasadniczo jedna, główna strefa zasilania, o wyjściowym parametrze rzędnej linii ciśnień zawierającym się w zakresie ok. 160 – 162 m n.p.m.

Konieczność zmiany (podniesienia) parametru zasilającego zachodzi w przypadku wyżej położonego obszaru przy ul. Złotoryjskiej (w tym dla potrzeb Huty Miedzi Legnica), w części miejsc, gdzie odbywa się przesył wody do gmin ościennych oraz w przypadku lokalnych hydroforni osiedlowych, których obecność podyktowana jest większą ilością kondygnacji obsługiwanej zabudowy.

System wodociągowy miasta Legnica zaopatruje w wodę następujące gminy sąsiadujące: Krotoszyce, Kunice, Legnickie Pole oraz Miłkowice.

6. Istniejące systemy informatyczne związane z infrastrukturą wodociągową

6.1. System GIS

Całość wyżej omówionego systemu wodociągowego została odwzorowana w funkcjonującym w LPWiK S.A. systemie informacji przestrzennej opartym na oprogramowaniu ArcGIS firmy ESRI oraz rozszerzeniach firmy Megabit (Mb_GISUtility).

Procesem wektoryzacji z przypisaniem odpowiednich danych objęte zostały m.in.: magistrale i sieci rozdzielcze, przyłącza wraz z wodomierzami, uzbrojenie (hydranty, zdroje, zasuwy, przepustnice, klapy zwrotne, odwodnienia, odpowietrzenia i inne), studnie, komory oraz obiekty (budynki pompowni, hydroforni i inne).

6.2. System bilingowy

Funkcjonujący w LPWiK S.A. system bilingowy oparty jest o oprogramowanie „System Obsługi Sprzedaży" Przedsiębiorstwa Usług Informatycznych „Pertus" sc. W ramach systemu funkcjonuje podział odbiorców na typy oraz grupy. Za pośrednictwem systemu możliwy jest export danych o punktach adresowych i zużyciu wody m.in. do oprogramowania Microsoft Excel.

6.3. System monitoringu obiektów i urządzeń wodociągowych

Aktualny zakres funkcjonującego monitoringu w LPWiK S.A. przedstawia się następująco:

6.3.1. Obiekty ZPW

Obiekt Zakładu Produkcji Wody przy ul. Nowodworskiej 1:
- monitoring parametrów technologicznych związanych z procesami uzdatniania wody,
- monitoring poziomów napełnień zbiorników wody czystej,
- monitoring parametrów pracy pomp,
- monitoring parametrów przepływu i ciśnienia na wyjściu dwóch głównych magistral DN1000 mm, dla pompowni III. stopnia, tłoczącej wodę w kierunku gminy Legnickie Pole oraz na rurociągu prowadzącym wodę w kierunku gminy Krotoszyce.

Budynek zasuw i pompowni III. stopnia przy ul. Złotoryjskiej:
- monitoring parametrów przepływu i ciśnienia oraz stanów eksploatacyjnych dwóch zestawów pompowych tłoczących wodę w kierunku Huty Miedzi oraz gminy Miłkowice,
- monitoring zawartości wolnego chloru.

Obiekt zbiorników terenowych przy ul. Złotoryjskiej:
- monitoring poziomu napełnienia zbiorników.

Pomiary na ww. obiektach (w zakresie parametrów przepływu i ciśnienia) realizowane są przy pomocy następujących urządzeń:
- przepływomierze elektromagnetyczne kołnierzowe w wersji kompaktowej,
- wodomierze z nakładkami impulsowymi i przetwornikami częstotliwości,
- przetworniki ciśnienia,
- urządzenia ultradźwiękowe i hydrostatyczne do pomiaru poziomu napełnienia zbiorników wody czystej.

Rejestracja i przekaz danych pomiarowych odbywa się drogą przewodową w oparciu o moduły telemetryczne Siemens Simatic. Wizualizacja danych bieżących i archiwalnych realizowana jest za pośrednictwem systemu WinCC SCADA firmy Siemens.

6.3.2. Hydrofornie osiedlowe

Aktualnie monitoringiem parametrów pracy zestawów hydroforowych objętych jest 5 hydroforni osiedlowych: „Heweliusza", „Beskidzka", „Mazowiecka", „Łowicka", „Norwida". W trakcie wdrażania jest monitoring na 6. hydroforni – „Bieszczadzka".

Rejestracja i przekaz danych realizowane są poprzez urządzenia telemetryczne firmy Inventia, wyposażone w modem GSM/GPRS. Wizualizacja danych bieżących i archiwalnych realizowana jest w ramach usługi hostingowej firmy AS-TECH (dostęp poprzez przeglądarkę WWW).

7. Projektowane punkty pomiaru przepływu

Przewiduje się łącznie 30 punktów pomiaru przepływu, z czego w 19 miejscach należy zrealizować nowe układy pomiarowe z przepływomierzami elektromagnetycznymi kołnierzowymi (czujniki kołnierzowe wraz z oddzielnymi przetwornikami), zaś w 11 punktach należy przewidzieć wykorzystanie istniejących przepływomierzy elektromagnetycznych kołnierzowych oraz wodomierzy.

Szczegółowe wymagania dotyczące punktów pomiarów opartych o istniejące przepływomierze i wodomierze zostały określone w punkcie 9.4. – „Rejestracja i przekaz danych z istniejących układów pomiarowych".

7.1. Rozmieszczenie punktów pomiaru przepływu

Rozmieszczenie nowych punktów pomiaru przepływu jak i ujęcie pomiarów istniejących zostało poprzedzone analizą układu magistralno-rozdzielczego sieci wodociągowej z uwzględnieniem takich aspektów jak realizowane i planowane inwestycje własne LPWiK S.A., planowane i realizowane inwestycje drogowe na terenie miasta, kwestie dostępności terenowej, możliwości aktualnego i przyszłego zasilania urządzeń pomiarowych z sieci i instalacji energetycznych.

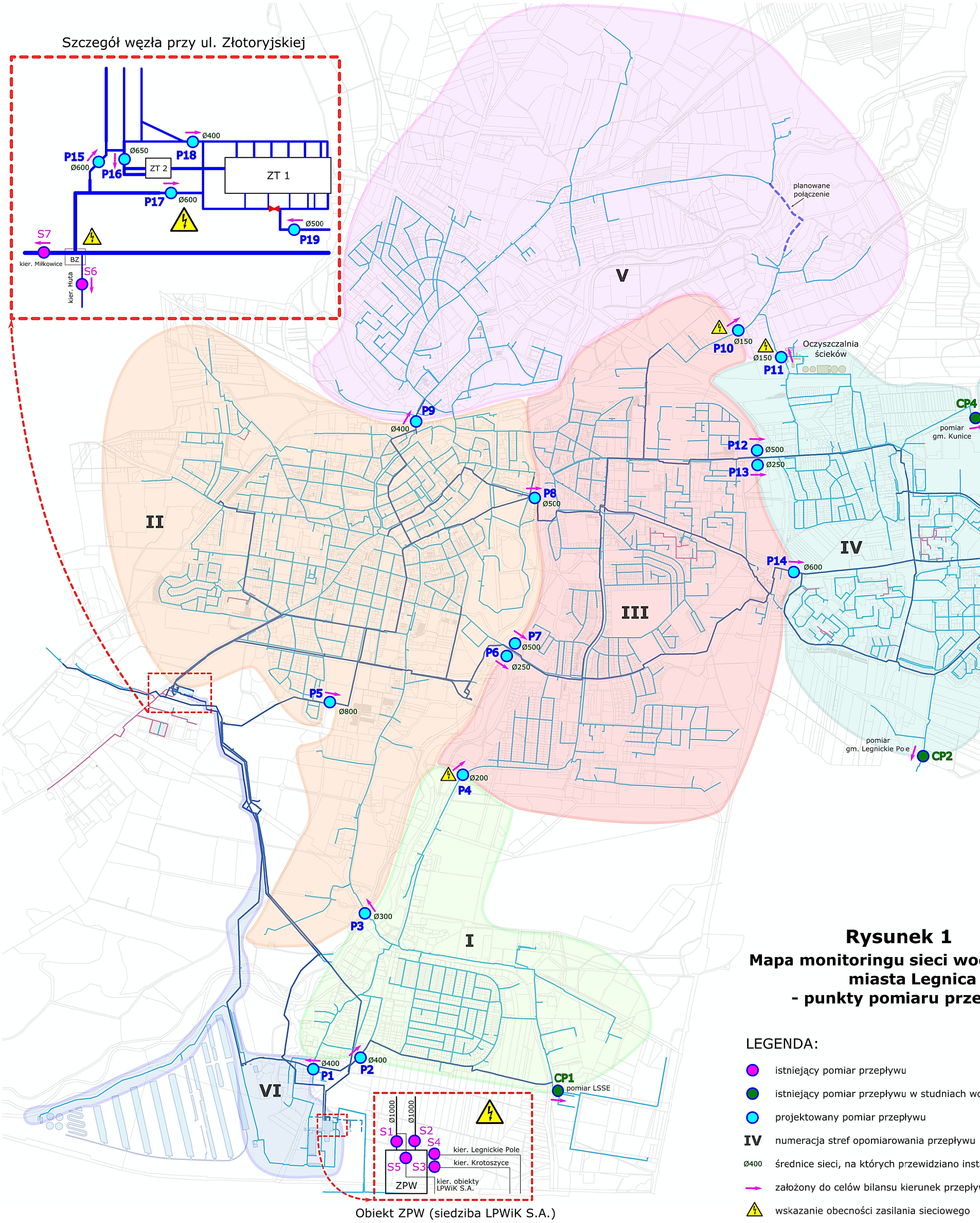
W efekcie przeprowadzonych prac koncepcyjnych zostało wyodrębnionych 6 głównych stref opomiarowania oraz strefy dodatkowe, które służyć będą m.in. do kontroli szczelności głównego układu tranzytowo-magistralnego oraz kontroli i optymalizacji pracy zbiorników terenowych przy ul. Złotoryjskiej.

W toku przeprowadzonych analiz ekonomiczno-hydraulicznych wyznaczono miejsca na sieci wodociągowej, na których należy dokonać zmiany stanu ruchowego:

- zamknięcie zasuwy na wodociągu DN150 mm w ul. Brama Głogowska, na odcinku pomiędzy ulicami Dworcowa i Głogowska,
- przełączenie układu w rejonie ul. Filtrowej, wiążące się z zamknięciem zasuwy na wodociągu DN160 mm w ul. Wielogórskiej, na odcinku pomiędzy ulicami Filtrowa i Rumiankowa, oraz otworzenie zasuwy na wodociągu DN160 mm w ul. Sadowniczej, w miejscu połączenia z magistralą DN400 mm.

Ponadto zachodzi brak konieczności odtwarzania odcinka wodociągu DN110 mm w ul. Kartuskiej, który uległ awarii (przejście pod rzeką Kaczawą).

Rozmieszczenie istniejących i projektowanych punktów pomiarów przepływu, podział sieci wodociągowej na strefy opomiarowania oraz przyjęte do celów bilansu kierunki przepływu w miejscach montażu przedstawia Rysunek 1. Opis miejsc montażu projektowanych urządzeń pomiarowych przedstawia Tabela 1.



Obiekt ZPW (siedziba LPWiK S.A.)

LPWiK S.A. LEGNICA

opracowanie:
Grzegorz Murawski
Katarzyna Chrobak

Rysunek 1

Mapa monitoringu sieci wodociągowej miasta Legnica - punkty pomiaru przepływu

LEGENDA:

- istniejący pomiar przepływu
- istniejący pomiar przepływu w studniach wodomierzowych
- projektowany pomiar przepływu
- IV — numeracja stref opomiarowania przepływu
- Ø400 — średnice sieci, na których przewidziano instalację przepływomierzy
- założony do celów bilansu kierunek przepływu
- wskazanie obecności zasilania sieciowego

Tabela 1. Opis miejsc montażu nowych punktów pomiaru przepływu

Nr punktu	Ulica / rejon ulicy	Materiał istniejącego rurociągu	Średnica istniejącego rurociągu [mm]	Max. średnica przepływo-mierza [mm]	Zasilanie punktu pomiarowego	Szafka / słupek telemetryczny dla przetwornika i modułu telemetrycznego
P1	Wielogórska	żeliwo/stal	400	150	bateryjne/akumulatorowe	tak
P2	Nowodworska	PVC	400	150	bateryjne/akumulatorowe	tak
P3	Jaworzyńska	żeliwo	300	150	bateryjne/akumulatorowe	tak
P4	Nowodworska	żeliwo	200	100	sieciowe (przepompownia ścieków)	tak
P5	Reja/Jasińskiego	żeliwo/stal	800	300	bateryjne/akumulatorowe	tak
P6	Bielańska	żeliwo	250	100	bateryjne/akumulatorowe	tak, wspólna z P7
P7	Bielańska	żeliwo	500	250	bateryjne/akumulatorowe	tak, wspólna z P6
P8	Żeglarska	żeliwo	500	250	bateryjne/akumulatorowe	tak
P9	Curie-Skłodowskiej	żeliwo	400	125	bateryjne/akumulatorowe	tak
P10	Pątnowska	żeliwo	150	80	sieciowe (przepompownia ścieków)	tak
P11	Spokojna	żeliwo	150	80	sieciowe (teren oczyszczalni ścieków)	(montaż w budynku ochrony)
P12	Wrocławska	żeliwo	500	200	bateryjne/akumulatorowe	tak, wspólna z P13
P13	Wrocławska	żeliwo	250	100	bateryjne/akumulatorowe	tak, wspólna z P12
P14	Piłsudskiego	stal	600	200	bateryjne/akumulatorowe	tak

P15	Złotoryjska	żeliwo	600	300	sieciowe (teren zbiorników górnych)	(montaż w budynku ochrony)
P16	Złotoryjska	żeliwo	650	300		
P17	Złotoryjska	żeliwo	600	300		
P18	Złotoryjska	żeliwo	400	150		
P19	Złotoryjska	żeliwo	500	150		

7.2. Bilanse stref opomiarowania przepływu

Ogólny wzór bilansu „chłonności” każdej ze stref można zapisać wzorem:

$S_n = \sum Q_p$

gdzie:
S_n – bilans chłonności n-tej strefy opomiarowania
Q_p – przepływ wskazywany przez urządzenie zamontowane w danym punkcie pomiarowym *p*, który przyjmuje wartości ujemne, jeśli odbywa się w kierunku przeciwnym do oznaczenia kierunku montażu na przepływomierzu (powinien być zgodny z kierunkiem założonym)

7.2.1. Bilanse stref głównych

Strefa I
$S_I = Q_{P2} - Q_{P3} - Q_{P4} - Q_{CP1}$

Strefa II
$S_{II} = Q_{P15} - Q_{P16} - Q_{P18} + Q_{P5} + Q_{P3} - Q_{P6} - Q_{P7} - Q_{P8} - Q_{P9}$

Strefa III
$S_{III} = Q_{P4} + Q_{P6} + Q_{P7} + Q_{P8} - Q_{P10} - Q_{P12} - Q_{P13} - Q_{P14}$

Strefa IV
$S_{IV} = Q_{P12} + Q_{P13} + Q_{P14} - Q_{P11} - Q_{CP2} - Q_{CP3} - Q_{CP4}$

Strefa V
$S_V = Q_{P9} + Q_{P10} + Q_{P11}$

Strefa VI
$S_{VI} = Q_{P1} + Q_{S5} - Q_{P19}$

7.2.2. Bilanse stref dodatkowych

Strefa VII – dwie główne magistrale DN1000/800
$S_{VII} = Q_{S1} + Q_{S2} - Q_{S5} - Q_{P1} - Q_{P2} - Q_{P5} - Q_{S6} - Q_{S7} - Q_{P15} - Q_{P17}$

Należy również przewidzieć możliwość zamknięcia spinek łączących obie magistrale w rejonie ul. Żytniej oraz w rejonie ul. Zwycięstwa, dzięki czemu możliwe będzie wydzielenie następujących podstref opomiarowania:

Strefa VIIa – magistrala DN1000/800 w kierunku zbiorników terenowych
$S_{VIIa} = Q_{S2} - Q_{P1} - Q_{P2} - Q_{S6} - Q_{S7} - Q_{P15} - Q_{P17}$

Strefa VIIb – magistrala DN1000/800 w kierunku ul. Grabskiego
$S_{VIIb} = Q_{S1} – Q_{S5} – Q_{P5}$

Strefa VIII – bilans zbiorników terenowych
$S_{VIII} = Q_{P16} + Q_{P17} + Q_{P18} + Q_{P19}$

7.3. Bilanse ogólne zasilania miasta i gmin w wodę

W analogiczny sposób jak w pkt. 7.2. należy uwzględnić ogólny bilans wody wtłaczanej do sieci magistralno-rozdzielczej, który ma następującą postać:

$B = Q_{ZPW} – S_{VIII}$

gdzie:

$Q_{ZPW} = Q_{S1} + Q_{S2}$

Bilans ogólny powinien być również przedstawiany w postaciach umożliwiających odróżnienie przepływów do gmin ościennych oraz obszarów specjalnych (LSSE, Huta Miedzi) od pozostałej części miasta:

1) $B_G = B – Q_G$

gdzie:
Q_G – łączny przepływ do gmin ościennych
$Q_G = Q_{GLP} + Q_{GK} + Q_{GKR} + Q_{GM}$

Q_{GLP} – łączny przepływ do gminy Legnickie Pole
$Q_{GLP} = Q_{S4} + Q_{CP2}$
Q_{GK} – łączny przepływ do gminy Kunice
$Q_{GK} = Q_{CP3} + Q_{CP4}$
Q_{GKR} – przepływ do gminy Krotoszyce
$Q_{GKR} = Q_{S3}$
Q_{GM} – przepływ do gminy Miłkowice
$Q_{GM} = Q_{S7}$

2) $B_S = B – Q_S$

gdzie:
Q_S – łączny przepływ do obszarów specjalnych
$Q_S = Q_{S6} + Q_{CP1}$

oraz:
3) $B_M = B – Q_G – Q_S$

7.4. Sposób zasilania

Zasilanie układów pomiarowych P1-P19 przewiduje się zarówno jako bateryjne /akumulatorowe, jak i z istniejących instalacji energetycznych. Opis sposobu zasilania przedstawia Tabela 1. Obecność zasilania energetycznego oznaczono na Rysunku 1.

W przypadku gdy przetwornik przepływomierza nie będzie fabrycznie wyposażony w podtrzymanie pracy urządzenia na czas wymiany baterii/akumulatora, należy zapewnić obecność równoległego, zasilającego złącza kablowego dla baterii/akumulatora rezerwowego.

W przypadku przepływomierzy przeznaczonych do zasilania sieciowego należy przewidzieć zasilacze UPS 230 V podtrzymujące ich pracę przez co najmniej 48 godzin w wypadku zaniku zasilania podstawowego (odpowiednią zdolność mają potwierdzić stosowne testy na etapie wdrożenia). W celu ułatwienia prowadzenia czynności serwisowych, rodzaj i typ zasilaczy UPS powinien uwzględniać istniejącą tego typu infrastrukturę w Przedsiębiorstwie.

7.5. Zabudowa układów pomiarowych

Sposób zabudowy czujników przepływomierzy na istniejących rurociągach przewiduje się jako doziemny i/lub w studniach inspekcyjnych.

Montaż przepływomierzy oraz układów zasilających powinien być przeprowadzony zgodnie z zaleceniami producenta, a prace instalacyjne powinny być prowadzone pod nadzorem jego przedstawiciela. Wykonawca zobowiązany jest uzyskać od producenta przepływomierzy pisemne potwierdzenie poprawności wykonania każdego z układów pomiarowych.

W szczególności należy zapewnić (nawet jeśli wytyczne producenta nie zawierają takowych zaleceń):

- prawidłowe uziemienie urządzeń i wyrównanie potencjałów elektrycznych dla czujnika oraz przepływającego medium; wszystkie przepływomierze powinny być dostarczone z kompletem pierścieni uziemiających, a w przypadku zabudowy doziemnej wszystkie niezaizolowane elementy należy pokryć specjalną masą ochronną,
- centryczny montaż czujnika, pierścieni uziemiających i uszczelek, przy czym średnica pierścieni i uszczelek nie może być mniejsza od średnicy wewnętrznej czujnika przepływomierza,
- obsypkę żwirową oraz oznakowanie ostrzegawcze lokalizacji czujnika (w przypadku zabudowy doziemnej),
- układ powiadamiania o zalaniu (w przypadku zabudowy w studni),
- stosowny sposób prowadzenia i podłączania wiązki kablowej, tak aby nie dochodziło do jej uszkodzenia podczas demontażu i ponownego montażu czujnika przepływomierza,
- prowadzenie przewodów w pobliżu obudowy połączeń kablowych w kształcie litery „U”,
- dobór najkrótszej możliwej długości przewodów zasilająco-sygnałowych, zwłaszcza w przypadku urządzeń dedykowanych do zasilania bateryjnego,

– taśmy ostrzegawcze dla przewodów zasilająco-sygnałowych.

Za i przed przepływomierzem należy przewidzieć odcinki proste o długościach 5xDN (DN – średnica nominalna przepływomierza) (chyba, że producent zaleci wartości większe).

Zasuwy odcinające powinny być przeznaczone do zabudowy krótkiej, cechować się niskim współczynnikiem oporów miejscowych przy pełnym otwarciu ($\zeta \leq 0{,}08$), zaś maksymalna dopuszczalna prędkość przepływu, deklarowana przez producenta zasuwy, powinna wynosić nie mniej niż 4,5 m/s.

Uszkodzenie powłoki malarskiej/ochronnej czujnika przepływomierza będzie dyskwalifikować możliwość jego montażu.

Kierunki montażu czujników przepływomierzy powinny być zgodne z założonymi kierunkami przepływu (Rysunek 1).

Przetworniki przepływomierzy powinny być instalowane razem z modułami telemetrycznymi w szafkach / słupkach telemetrycznych, omówionych w dalszej części opracowania.

7.6. Wymagania względem przepływomierzy elektromagnetycznych

Poniżej przedstawiono zbiór podstawowych wymagań stawianych przepływomierzom elektromagnetycznym kołnierzowym.

7.6.1. Wymagania ogólne

– wersja rozdzielna, w której czujnik i przetwornik przepływomierza występują osobno (połączenie wiązką kablową zasilająco-sygnałową),
– w przypadku zasilania z instalacji 230 V – przepływomierze dedykowane do zasilania sieciowego w wykonaniu na przyłącze 230 V,
– w przypadku zasilania bateryjnego / akumulatorowego – energooszczędne przepływomierze dedykowane do zasilania bateryjnego; przepływomierz powinien być dostarczony i zainstalowany wraz z dedykowanym zestawem baterii producenta o pojemności minimum 50 Ah (dedykowana bateria może zasilać wyłącznie przepływomierz), umożliwiającym pracę przepływomierza przez co najmniej 2 lata dla wskazanych w dalszej części opracowania uwarunkowań; w każdym momencie powinna istnieć możliwość podłączenia źródła zasilania 12 lub 24 V (obecność stosownego złącza do podłączenia np. dedykowanego zasilacza lub akumulatora),
– jeden producent obu rodzajów przepływomierzy elektromagnetycznych kołnierzowych,
– pomiar na cieczy o przewodności począwszy od przynajmniej 25 µS/cm (przepływomierze zasilane sieciowo wraz z funkcją detekcji pustego rurociągu, która również jest wymagana) oraz od przynajmniej 50 µS/cm (przepływomierze zasilane bateryjnie/akumulatorowo),

- długość przewodów łączących czujnik z przetwornikiem: minimum 20 m dla wersji zasilanej bateryjnie/akumulatorowo i minimum 150 m dla wersji zasilanej sieciowo,
- pomiar dwukierunkowy przepływu wody,
- częstotliwość próbkowania (wzbudzenia) na poziomie przynajmniej 3 Hz – przepływomierze dedykowane do zasilania sieciowego o średnicy nominalnej czujnika do DN300 mm oraz przynajmniej 1 Hz (ustawialna na stałe) – przepływomierze dedykowane do zasilania bateryjnego/akumulatorowego o średnicy nominalnej czujnika do DN300 mm (niezależnie od wartości częstotliwości wzbudzenia przyjmowanej za optymalną przy zasilaniu bateryjnym/akumulatorowym),
- dokładność pomiarowa przynajmniej ± 0,5% wartości wskazywanej, potwierdzona protokołem co najmniej dwupunktowej kalibracji na mokro,
- certyfikat zgodności z normą OIML R49 (do wglądu),
- praca w temperaturze otoczenia w zakresie przynajmniej -20 ÷ 50 ºC.

7.6.2. Wymagania względem czujników przepływomierzy

- wykonanie spawane, kołnierzowe w klasie ciśnieniowej co najmniej PN10, bez elementów odkręcanych/odłączalnych (z wyjątkiem obudowy połączeń kablowych),
- czujnik wraz z obudową połączeń kablowych o stopniu ochrony minimum IP68 (przed i po wykonaniu połączeń),
- dedykowany do montażu w warunkach gruntowo-wodnych (posiadanie specjalnej powłoki malarsko-ochronnej),
- wykonanie czteroelektrodowe (w tym elektroda uziemiająca),
- atest PZH na kontakt z wodą pitną,
- praca przy temperaturze medium w zakresie przynajmniej 1 ÷ 25 ºC.

7.6.3. Wymagania względem przetworników przepływomierzy

- stopień ochrony minimum IP67,
- wyświetlacz wraz z przyciskiem/przyciskami funkcyjnymi,
- język menu: polski w przypadku przepływomierzy przeznaczonych do zasilania sieciowego; w przypadku przepływomierzy przeznaczonych do zasilania bateryjnego/akumulatorowego dopuszczalny j. angielski,
- wyposażony w funkcje autodiagnostyczne (przynajmniej stan baterii oraz obwodu cewek),
- przechowywanie rejestrowanych danych w pamięci nieulotnej,
- zabezpieczany hasłem,
- komunikacja z modułem telemetrycznym i konfiguracja poprzez port szeregowy RSxxx i protokół komunikacyjny MODBUS; Wykonawca zobowiązany jest zapewnić „przezroczysty”, zdalny dostęp do ustawień i danych przetwornika z poziomu systemu SCADA (UWAGA: dla przepływomierzy przeznaczonych do zasilania bateryjnego / akumulatorowego należy zapewnić alternatywne, równoległe podłączenie poprzez wyjścia impulsowe przepływu oraz ogólnego alarmu; pomiar ciągły powinien być

realizowany drogą impulsową zaś przynajmniej co 2 godziny powinna następować komunikacja po interfejsie RSxxx, korygująca ewentualne braki/niezgodności i dostarczająca informacji o stanie baterii oraz istotnych statusach urządzenia (inwestor powinien mieć możliwość samodzielnej zmiany interwału komunikacji poprzez RSxxx, włącznie z rezygnacją z przesyłu impulsowego w przypadku pojawienia się możliwości stacjonarnego zasilania – należy zapewnić odpowiednie przeszkolenie służb Inwestora).

7.7. Dobór średnicy hydraulicznej czujników przepływomierzy

Wstępny dobór nominalnej, hydraulicznej średnicy przepływomierzy elektromagnetycznych przedstawia Tabela 1. Dobór oparto na danych pochodzących z istniejącego systemu monitoringu ZPW, Systemu Obsługi Sprzedaży oraz na wiedzy o charakterze i wielkości zasilanych obszarów. Przedstawione średnice hydrauliczne należy traktować jako maksymalne. Dobór docelowej średnicy, wiążący się z ewentualną decyzją Inwestora o jej zmniejszeniu, powinien być przeprowadzony w oparciu o wstępnie zweryfikowany model numeryczny oraz ultradźwiękowe, bezinwazyjne pomiary przepływu, zgodnie z procedurą opisaną w pkt. 11.6.2.

8. Projektowane punkty pomiaru ciśnienia

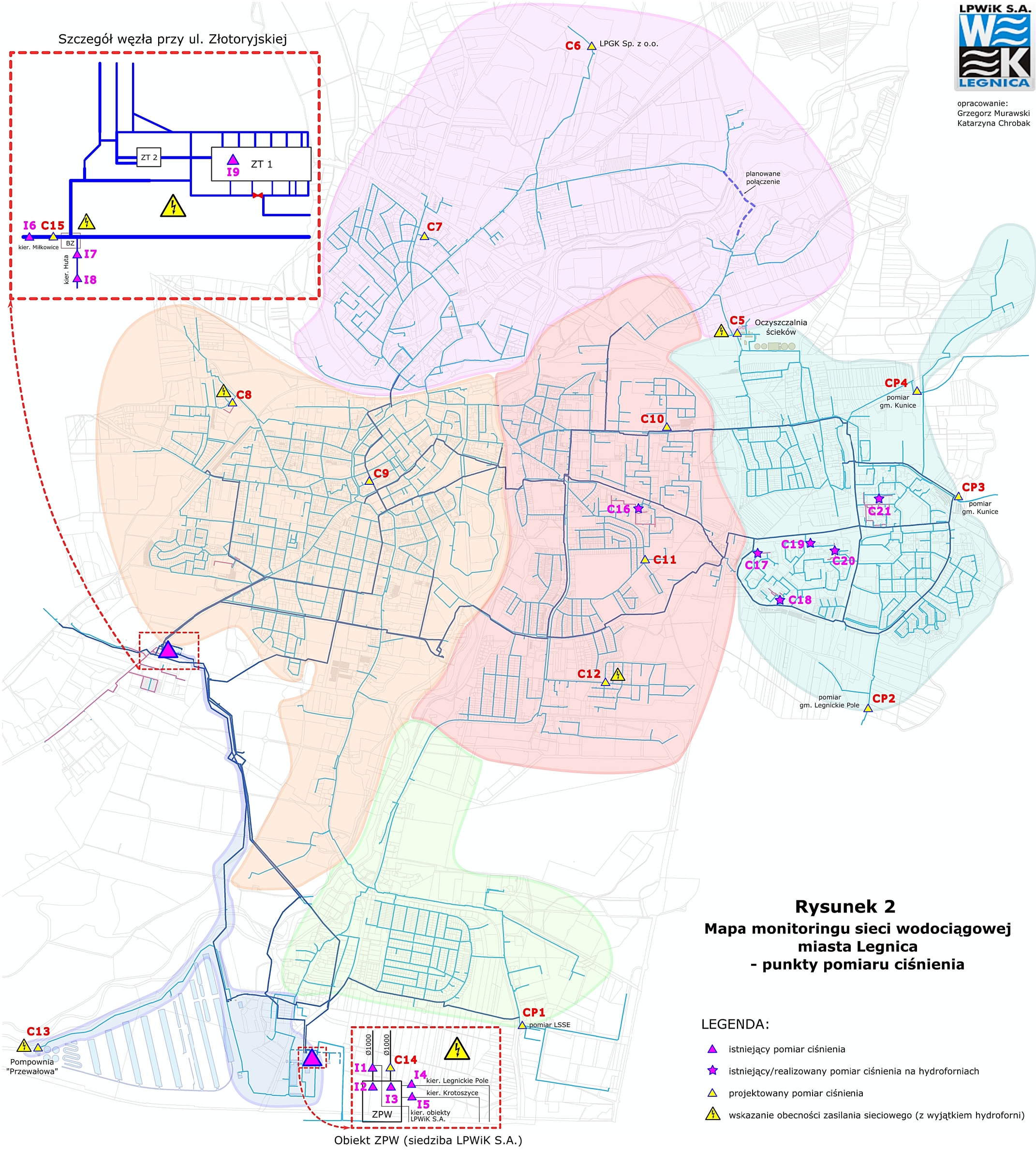
Przewiduje się łącznie 30 punktów pomiaru ciśnienia, z czego w 15 miejscach należy zrealizować nowe układy pomiarowe, zaś w 15 punktach należy przewidzieć wykorzystanie istniejących urządzeń.

Szczegółowe wymagania dotyczące punktów pomiarów opartych o istniejące urządzenia do pomiaru ciśnienia zostały określone w punkcie 9.4. – „Rejestracja i przekaz danych z istniejących układów pomiarowych”.

8.1. Rozmieszczenie punktów pomiaru ciśnienia

Rozmieszczenie nowych punktów pomiaru ciśnienia poprzedzone zostało m.in. analizą topografii miasta Legnicy, układu sieci wodociągowej, wysokości obsługiwanej zabudowy i typów odbiorców, lokalizacji i możliwości montażu urządzeń w istniejących obiektach, możliwości aktualnego i przyszłego zasilania urządzeń pomiarowych z sieci i instalacji energetycznych.

Rozmieszczenie istniejących i projektowanych punktów pomiaru ciśnienia przedstawia Rysunek 2. Opis miejsc montażu projektowanych urządzeń pomiarowych przedstawia Tabela 2.



LPWiK S.A. LEGNICA

opracowanie:
Grzegorz Murawski
Katarzyna Chrobak

Rysunek 2

Mapa monitoringu sieci wodociągowej miasta Legnica - punkty pomiaru ciśnienia

LEGENDA:

- istniejący pomiar ciśnienia
- istniejący/realizowany pomiar ciśnienia na hydroforniach
- projektowany pomiar ciśnienia
- wskazanie obecności zasilania sieciowego (z wyjątkiem hydroforni)

Tabela 2. Opis miejsc montażu nowych punktów pomiaru ciśnienia

Nr punktu	Ulica / rejon ulicy / lokalizacja	Warunki montażu przetwornika ciśnienia	Zasilanie punktu pomiarowego	Szafka / słupek telemetryczny dla modułu telemetrycznego
CP1	Jaworzyńska	odejścia procesowe 1/2" od rurociągów w istniejących studniach/komorach wodociągowych i wodomierzowych	bateryjne/akumulatorowe	tak
CP2	Fieldorfa		bateryjne/akumulatorowe	brak (montaż w istniejącej studni)
CP3	Iwaszkiewicza		bateryjne/akumulatorowe	tak
CP4	Wrocławska		bateryjne/akumulatorowe	tak
C5	Spokojna		sieciowe (teren oczyszczalni ścieków)	(montaż w budynku ochrony)
C6	teren LPGK Sp. z o.o.		bateryjne/akumulatorowe	tak
C7	Toruńska		bateryjne/akumulatorowe	tak
C8	Rolnicza	odejście procesowe 1/2" w budynku hydroforni	sieciowe (teren hydroforni "Rolnicza")	(montaż w budynku hydroforni)
C9	Gwarna	odejścia procesowe 1/2" od rurociągów w istniejących studniach/komorach wodociągowych i wodomierzowych	bateryjne/akumulatorowe	tak
C10	Wrocławska		bateryjne/akumulatorowe	tak
C11	Radosna		bateryjne/akumulatorowe	tak
C12	Gumińskiego		sieciowe (przepompownia ścieków)	tak
C13	teren pompowni "Przewałowa"	odejście procesowe 1/2" w budynku pompowni	sieciowe (teren pompowni)	(montaż w budynku pompowni)
C14	Nowodworska	odejście procesowe 1/2" w głównym obiekcie ZPW	sieciowe (teren pompowni)	(montaż w budynku pompowni)
C15	Złotoryjska	odejście procesowe 1/2" w budynku zasuw	sieciowe (teren pompowni)	(montaż w budynku pompowni)

8.2. Sposób zasilania

Nowe przetworniki ciśnienia mogą być zasilane z układów zasilających moduły telemetryczne, omówionych w dalszej części opracowania (pkt. 9), lub układów odrębnych.

Opis sposobu zasilania przedstawia Tabela 2. Obecność zasilania energetycznego oznaczono na Rysunku 2.

Wymagania w zakresie czasu pracy przetworników przy zasilaniu bateryjnym / akumulatorowym, czasu podtrzymania przetworników zasilanych sieciowo oraz właściwości urządzeń zasilających przedstawiono w pkt. 9.1.

8.3. Sposób zabudowy

Opis miejsc montażu przedstawia Tabela 2. We wszystkich 15-tu miejscach montażu zlokalizowane są odejścia procesowe 1/2” wraz z odpowietrzeniem, umożliwiające instalację takich urządzeń jak manometry.

Należy zapewnić stosowny sposób prowadzenia i podłączania wiązki kablowej, tak aby nie dochodziło do jej uszkodzenia podczas demontażu i ponownego montażu przetwornika ciśnienia. Nad wiązką powinna być ułożona taśma ostrzegawcza (dotyczy prowadzenia pod powierzchnią terenu).

8.4. Wymagania względem przetworników ciśnienia

Poniżej przedstawiono zbiór podstawowych wymagań stawianych przetwornikom ciśnienia:

- jeden producent wszystkich przetworników,
- praca przy napięciu zasilania 12 i 24 V DC,
- przeznaczenie do pomiaru ciśnienia względnego,
- podstawowa dokładność pomiarowa przynajmniej ± 0,10%, potwierdzona protokołem kalibracji,
- zakres pomiarowy max. 10 bar (dobór docelowego zakresu powinien uwzględniać rzeczywiste, maksymalne ciśnienie robocze w danym miejscu montażu),
- przeciążalność – co najmniej 2-krotność zakresu pomiarowego,
- rozdzielczość – przynajmniej 1 mbar,
- czas przetwarzania – przynajmniej 20 ms,
- stabilność długoterminowa: max. 0,1% / rok,
- zakres kompensacji temperaturowej przynajmniej -10 ÷ 50 ºC,
- stopień ochrony wraz z przewodami: minimum IP68 dla przetworników montowanych w studniach/komorach oraz minimum IP65 dla pozostałych miejsc montażu,
- atest PZH na kontakt z wodą pitną,
- praca przy temperaturze medium w zakresie przynajmniej 1 ÷ 25 ºC,
- praca w temperaturze otoczenia w zakresie przynajmniej -20 ÷ 50 ºC,

- komunikacja z modułem telemetrycznym i konfiguracja poprzez port szeregowy RSxxx i protokół komunikacyjny MODBUS; Wykonawca zobowiązany jest zapewnić „przezroczysty”, zdalny dostęp do ustawień i danych przetwornika z poziomu systemu SCADA (UWAGA: dla przetworników przeznaczonych do zasilania bateryjnego / akumulatorowego należy zapewnić alternatywne, równoległe podłączenie poprzez wyjścia analogowe; pomiar ciągły powinien być realizowany drogą analogową zaś przynajmniej co 2 godziny powinna następować komunikacja po interfejsie RSxxx, korygująca ewentualne braki/niezgodności i dostarczająca informacji o stanie baterii oraz istotnych statusach urządzenia (inwestor powinien mieć możliwość samodzielnej zmiany interwału komunikacji poprzez RSxxx, włącznie z rezygnacją z przesyłu analogowego w przypadku pojawienia się możliwości stacjonarnego zasilania – należy zapewnić odpowiednie przeszkolenie służb Inwestora).
- producent zapewnia bezpłatny program konfiguracyjny do przetwornika.

8.5. Pomiary wysokościowe miejsc montażu

Dla wszystkich przetworników ciśnienia, zarówno istniejących jak i nowych, należy określić wysokość montażu w m n.p.m., z dokładnością do 0,01 m. Pomiary mogą być wykonane wyłącznie przez uprawnionego geodetę. Wartości pomiarowe powinny być naniesione na szkice sytuacyjne (przekroje miejsc montażowych) ze wskazaniem miejsc odniesienia pomiarów i przekazane Inwestorowi w postaci odrębnego opracowania.

9. Rejestracja i przekaz danych z punktów pomiarowych

Rejestracja i przesył danych z punktów pomiarowych do projektowanego systemu SCADA, omówionego w pkt. 10, powinien być realizowany za pomocą dedykowanych do tego celu urządzeń rejestrująco-transmitujących (tzw. moduły telemetryczne), łączących funkcjonalność rejestratora danych z nadajnikiem GSM/GPRS i współpracujących z przetwornikami przepływomierzy oraz ciśnienia. Dobór urządzeń powinien uwzględniać istniejącą w Przedsiębiorstwie infrastrukturę telemetryczną o tym samym sposobie transmisji.

Komunikacja modułów telemetrycznych z nowym systemem SCADA powinna odbywać się w ramach prywatnego APN LPWiK S.A. (Inwestor dostarczy karty SIM w sieci Orange).

Bez względu na powyższe, Wykonawca zobowiązany jest do pozyskania wiarygodnych informacji o sile sygnału GSM/GPRS, przeprowadzenia stosownych badań w poszczególnych punktach pomiarowych dla wszystkich operatorów (przy użyciu specjalistycznych, dedykowanych do tego celu urządzeń) oraz przekazania map zasięgu. W przypadku niedostatecznej jakości i siły sygnału Wykonawca zobowiązany jest do zastosowania dodatkowych rozwiązań technicznych, umożliwiających osiągnięcie wymaganych parametrów transmisji.

Wykonawca zobowiązany jest zagwarantować ciągłość i jakość przekazywanych danych w obu kierunkach (nie dotyczy przypadków potwierdzonych awarii infrastruktury telekomunikacyjnej danego operatora), a więc również w celach zdalnego łączenia się z modułami telemetrycznymi i ich konfiguracji. Antena do komunikacji GSM/GPRS powinna być instalowana co najmniej 60 cm nad powierzchnią terenu.

W przypadku problemów z wysyłaniem danych jak i ich odbieraniem przez system SCADA w zaprogramowanych interwałach czasowych, dane pomiarowe powinny przechowywane w pamięci modułów telemetrycznych i przesyłane w postaci zbiorczego pakietu do systemu SCADA po ustąpieniu problemów w komunikacji.

Zarejestrowane w postaci cyfrowej wyniki pomiarów we wszystkich punktach pomiarowych mogą być przekazywane do systemu SCADA wyłącznie w tej postaci, tj. z wykluczeniem pośrednich dróg analogowych (np. prądowych, napięciowych). Oznacza to potrzebę stosowania cyfrowych protokołów komunikacyjnych np. MODBUS (wykorzystanie portów RSxxx, ewentualnie Ethernet), przy czym należy uwzględnić wymagania określone w pkt. 7.6.3. i 8.4.

Rejestracja wyników pomiarów dla każdego z urządzeń pomiarowych powinna odbywać się w definiowalnych interwałach (od 1 sekundy do 1 godziny, przy przynajmniej 10 wartościach pośrednich) oraz zdarzeniowo, tj. po przekroczeniu definiowalnych progów wskazań pomiarowych lub wystąpieniu alarmu.

Przekaz danych do oprogramowania SCADA powinien odbywać się porcjami w określonych interwałach (od 15 sekund do 24 godzin, przy przynajmniej 12 wartościach pośrednich) oraz zdarzeniowo jw. Interwały te powinny być różne od interwałów związanych z rejestracją wyników pomiarów.

Należy zapewnić Inwestorowi możliwość zmiany ww. interwałów dla rejestracji pomiarów oraz przekazu danych bezpośrednio z poziomu oprogramowania SCADA.

Rejestracja wyników pomiarów w oprogramowaniu SCADA musi być zgodna z czasem ich rejestracji przez urządzenia zainstalowane bezpośrednio w punktach pomiarowych (co do 1 sekundy).

Próbkowanie pomiarowe przepływomierzy zasilanych bateryjnie powinno być ustawione wstępnie na przynajmniej 1/15 Hz.

Czynności konfiguracyjne i diagnostyczne prowadzone bezpośrednio na przetwornikach urządzeń pomiarowych oraz modułach telemetrycznych nie mogą powodować przerywania procesu rejestracji i przesyłania danych (powinny mieć one najwyższy priorytet).

Ponadto należy uwzględnić wymagania zawarte w pkt. 10.5.

9.1. Sposób zasilania

Sposób zasilania modułów telemetrycznych jest analogiczny jak dla urządzeń pomiarowych (zasilanie sieciowe i bateryjne/akumulatorowe), z którymi będą one współpracowały (Tabele 1 i 2 oraz Rysunki 1 i 2).

W przypadku zasilania bateryjnego/akumulatorowego, praca każdego modułu telemetrycznego i przetwornika ciśnienia powinna być zagwarantowana przez przynajmniej 2 lata bez konieczności wymiany baterii / podmiany akumulatora, dla mniej energochłonnego wariantu komunikacji przetwornik-moduł telemetryczny (pkt. 7.6.3. i 8.4.) i przy uwzględnieniu wymagań dot. gromadzenia i wizualizacji danych zawartych w pkt. 10.5.

Dobór zestawu baterii / akumulatora musi uwzględniać szereg czynników przyśpieszających jego rozładowanie, w szczególności pracę przy nieoptymalnym zakresie temperatur i zasięgu sieci GSM/GPRS. Odpowiednią zdolność Wykonawca zobowiązany będzie potwierdzić na podstawie co najmniej 6-tygodniowego przebiegu rozładowania baterii/akumulatora, którego uwidocznienie jest jednym z wymogów w zakresie funkcjonalności systemu SCADA (pkt. 10.2.) oraz dotyczy każdego przypadku zastosowania baterii / akumulatorów, niezależnie od rodzaju zasilanych urządzeń.

W przypadku zastosowania zasilania akumulatorowego, akumulatory (żelowe/AGM 12V, dedykowane do pracy cyklicznej i posiadające przynajmniej 24 miesięczną producenta) należy dostarczyć wraz z prostownikami oraz akumulatorami zapasowymi. Wszystkie zastosowane akumulatory powinny być tego samego rodzaju, typu i pojemności (ten sam model; to samo tyczy się również prostowników). Akumulatory zapasowe należy dostarczyć w ilości 1/4 akumulatorów zainstalowanych w punktach pomiarowych, zaś ilość prostowników powinna wynosić 1/3 ilości akumulatorów zapasowych (wyniki przeliczeń należy zaokrąglić do najbliższej liczby całkowitej).

W przypadku zastosowania układu bateryjnego dla modułów telemetrycznych, należy stosować wyłącznie dedykowane przez ich producenta baterie litowe o pojemności przynajmniej 35 Ah.

Ponadto należy zapewnić obecność równoległego, zasilającego złącza kablowego dla baterii/akumulatora rezerwowego, jeśli zastosowany układ nie będzie posiadał stosownego systemu podtrzymania pracy urządzenia na czas wymiany baterii/akumulatora.

Dla akumulatorów należy przewidzieć obudowy (wraz z uchwytami do przenoszenia), w których umiejscowione będą właściwe złącza kablowe (schowek na zwinięte przewody). Dla złączy należy przewidzieć stosowne gniazda wtykowe.

W przypadku modułów telemetrycznych i przetworników ciśnienia przeznaczonych do zasilania sieciowego (także modułów telemetrycznych wymienionych w pkt. 9.4.) należy przewidzieć zasilacze buforowe podtrzymujące ich pracę przez co najmniej 48 godzin w

wypadku zaniku zasilania podstawowego (odpowiednią zdolność mają potwierdzić stosowne testy na etapie wdrożenia).

9.2. Sposób zabudowy

Moduły telemetryczne wraz z przetwornikami przepływomierzy i urządzeniami zasilającymi powinny być instalowane w odpowiednich do tego celu szafkach/słupkach telemetrycznych, możliwie najbliżej punktów pomiarowych, z uwzględnieniem lokalizacji istniejących węzłów sieci energetycznej oraz warunków dojazdu i obsługi.

Szafki/słupki telemetryczne powinny spełniać następujące wymagania:

- wymiary wewnętrzne dostosowane do ilości, rozmiarów oraz masy instalowanych urządzeń, uwzględniające łatwość obsługi w ramach czynności kontrolno-serwisowych,
- zabezpieczone przed dostępem osób niepowołanych (wbudowany zamek),
- wyposażone w sygnalizację otwarcia (przekaz alarmu do systemu SCADA),
- zabezpieczone przed działaniem czynników środowiskowych,
- oznakowanie zgodne z wytycznymi Inwestora.

Inwestor dokona wyboru rodzaju zabudowy urządzeń telemetrycznych na etapie opracowania dokumentacji przetargowej oraz określi wymagania dodatkowe.

UWAGA: Moduł telemetryczny dla obsługi punktu pomiarowego CP2 należy zainstalować w istniejącej studni wodomierzowej, wyposażając ją w sygnalizację zalania oraz otwarcia pokrywy.

Warunki montażowe przedstawiają Tabele 1 i 2. Urządzenia zlokalizowane wewnątrz budynków powinny być również instalowane w szafkach.

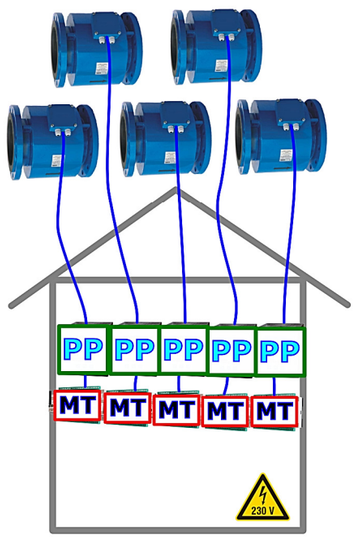
Ogół warunków instalacyjnych w zakresie dotyczącym nowych urządzeń pomiarowych przedstawia Rysunek 3 (UWAGA: zaprezentowane ilości modułów telemetrycznych stanowią propozycję i nie uwzględniają dodatkowych modułów wynikających z pkt. 9.4. – ustalenie docelowej, wymaganej ilości, jest obowiązkiem Wykonawcy).

Rysunek 3 - Schemat montażowy nowych punktów pomiarowych

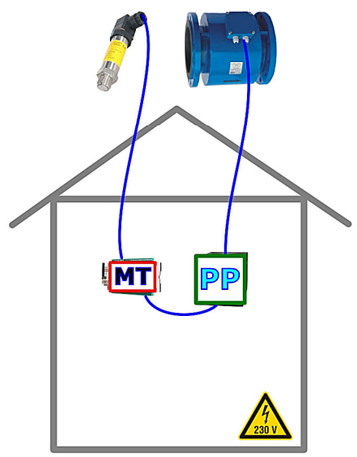
(Uwaga: zaprezentowane ilości modułów telemetrycznych stanowią propozycję)

LPWiK S.A. WK LEGNICA

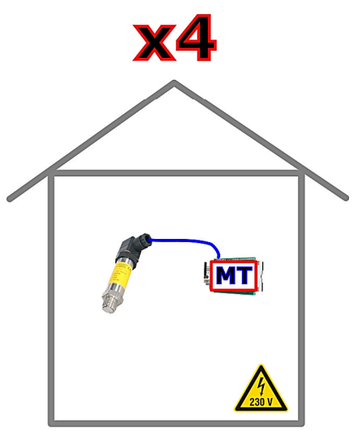
opracowanie:
Grzegorz Murawski



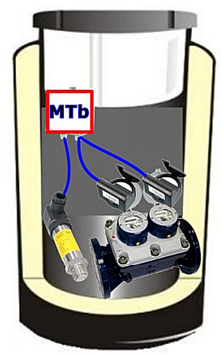
P15 - P19
Budynek ochrony
przy zbiornikach terenowych



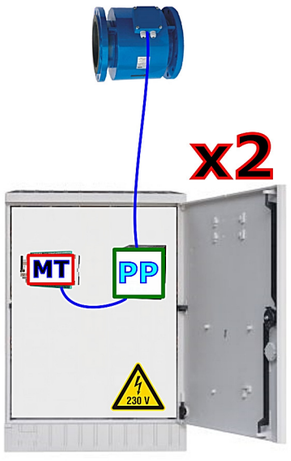
P11, C5
Budynek ochrony
przy Oczyszczalni ścieków



C8 - hydrofornia "Rolnicza"
C13 - pompownia "Przewałowa"
C14 - główny obiekt ZPW
C15 - budynek zasuw



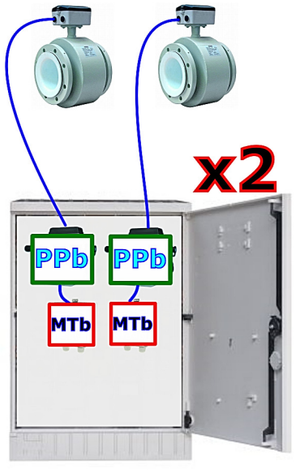
CP2
Gm. Legnickie Pole



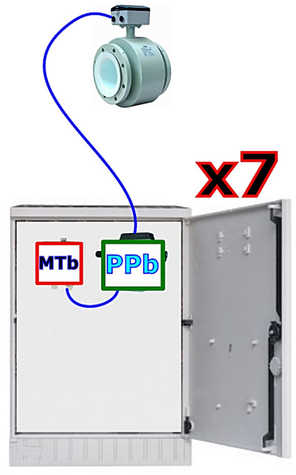
P4 - Nowodworska
P10 - Pątnowska



C12
Gumińskiego



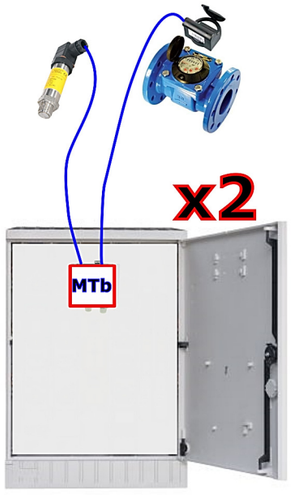
P6, P7 - Bielańska
P12, P13 - Wrocławska



P1 - Wielogórska,
P2 - Nowodworska,
P3 - Jaworzyńska,
P5 - Reja/Jasińskiego,
P8 - Żeglarska,
P9 - Skłodowskiej,
P14 - Piłsudskiego



CP4
Gm. Kunice



CP1 - LSSE
CP3 - Gm. Kunice



C6 - LPGK
C7 - Toruńska
C9 - Gwarna
C10 - Wrocławska
C11 - Radosna

Legenda



czujnik przepływomierza w wersji 230V



przetwornik przepływomierza w wersji 230V



czujnik przepływomierza energooszczędnego (bateryjnego)



przetwornik przepływomierza energooszczędnego (bateryjnego)



istniejący wodomierz sprzężony z nakładkami impulsowymi



istniejący wodomierz z nakładką impulsową



przetwornik ciśnienia z komunikacją cyfrową



zaawansowany moduł telemetryczny z wyświetlaczem



energooszczędny moduł telemetryczny (bateryjny)

9.3. Wymagania względem modułów telemetrycznych

- jeden producent modułów telemetrycznych w dwóch wersjach – dedykowanej do zasilania sieciowego (zasilacze buforowe 12 i 24V) oraz energooszczędnej, dedykowanej do zasilania bateryjnego (producent urządzenia dostarcza dedykowane baterie),
- wbudowany czterozakresowy modem GSM 850/900/1800/1900 Mhz wraz z homologacją,
- wysyłanie powiadomień SMS i transmisja pakietowa GPRS,
- stopień ochrony IP minimum 40 dla wersji sieciowej i minimum 67 dla wersji bateryjnej (UWAGA: dla punktu pomiarowego CP2 należy przyjąć IP68 lub zastosować dedykowane masy uszczelniające dla podzespołów elektronicznych),
- jednoczesna obsługa co najmniej 2 kart SIM różnych operatorów sieci (lub technologia MIM) wraz z funkcją automatycznego nawiązywania/wznawiania połączenia (dotyczy wersji sieciowej),
- możliwość odkręcania i przedłużania anteny GSM,
- wbudowany wyświetlacz co najmniej 4-liniowy wraz z przyciskami funkcyjnymi (dotyczy wersji sieciowej; funkcjonalność ta może być również zrealizowana w oparciu o zewnętrzny, dotykowy panel sterujący – komunikacja poprzez interfejs RSxxx; dla wersji bateryjnych należy przewidzieć zintegrowane wyświetlacze z przyciskami funkcyjnymi lub dostarczyć i skonfigurować 3 sztuki przenośnych, dotykowych paneli sterujących),
- obsługa, konfiguracja i programowanie w języku polskim (producent zapewnia stosowne, dedykowane oprogramowanie komputerowe),
- możliwość zdalnej konfiguracji, diagnostyki i programowania,
- funkcje autodiagnostyczne,
- zapis danych w pamięci nieulotnej z rozdzielczością przynajmniej 1 sekundy,
- synchronizacja z zewnętrznym serwerem czasu,
- praca w temperaturze otoczenia w zakresie przynajmniej -20 ÷ 50 ºC,
- wbudowany czujnik temperatury (dopuszczalna współpraca z zewnętrznym czujnikiem temperatury),
- dostęp do ustawień zabezpieczany hasłem,
- przynajmniej dwa porty szeregowe RSxxx (dotyczy wersji sieciowej),
- protokół MODBUS do komunikacji z przetwornikami urządzeń pomiarowych,
- wejścia impulsowe.

Ponadto należy:

1. Zaprogramować wyświetlacze/panele modułów telemetrycznych na wyświetlanie (w domyślnych, głównych widokach) m.in. podstawowych wartości mierzonych parametrów przepływu i ciśnienia, dla okresów pomiarowych wskazanych przez Inwestora. Wykonawca powinien przestrzegać wszelkich uwag i zaleceń w zakresie programowych funkcji modułu telemetrycznego.
2. Dostarczyć sprzęt serwisowy (laptop, kable interfejsowe) wraz z dedykowanym oprogramowaniem do administrowania modułami telemetrycznymi, panelami, przetwornikami przepływomierzy oraz przetwornikami ciśnienia. Laptop powinien być

wyposażony w procesor klasy Intel i5 lub równoważny, ekran o przekątnej minimum 15 cali, przynajmniej 8 GB pamięci RAM oraz najnowszy system operacyjny. Laptop powinien pochodzić od tego samego producenta, co sprzęt komputerowy, dla którego określono wymagania w pkt. 10.1. Laptop należy skonfigurować do współpracy z każdym ww. rodzajem urządzeń.

3. Zainstalować na wskazanych przez Inwestora stanowiskach komputerowych oprogramowanie umożliwiające pełny, zdalny dostęp do modułów telemetrycznych.
4. Dostarczyć rezerwowe moduły telemetryczne, po jednym z każdego rodzaju.

Ww. punkty 1 – 4 mają również zastosowanie w przypadku urządzeń wynikających z pkt. 9.4.

UWAGA: W punkcie C14 przesył danych należy zrealizować drogą przewodową, (analogicznie jak dla istniejących miejsc pomiarowych na terenie głównego obiektu ZPW – pkt. 9.4.1.).

9.4. Rejestracja i przekaz danych z istniejących układów pomiarowych

W odniesieniu do wszystkich istniejących układów pomiarowych należy zagwarantować przynajmniej równoważne parametry rejestracji i transmisji danych w stosunku do parametrów aktualnych. Ponadto należy mieć na uwadze konieczność ich dostosowania do wymogów określonych dla całości nowego systemu (pkt. 10, w tym 10.5.).

9.4.1. Obiekty ZPW

Z uwagi na kwestie dotyczące ochrony strategicznych danych technologicznych związanych z produkcją wody nie przewiduje się budowania nowych pomostów informatycznych pomiędzy istniejącą bazą danych, powiązaną z funkcjonującym systemem SCADA ZPW (Siemens WinCC), a nowoprojektowanym systemem SCADA, którego formuła będzie otwarta dla większej ilości pracowników Przedsiębiorstwa.

Przekaz danych z wybranych, istniejących układów pomiarowych należy zrealizować na zasadzie rozbudowy warstwy fizycznej urządzeń (dodatkowe moduły telemetryczne, pochodzące od tego samego producenta, co urządzenia zdefiniowane w pkt. 9.3., wyposażone w zintegrowane wyświetlacze z przyciskami funkcyjnymi lub zewnętrzne panele dotykowe), które będą komunikowały się z nowym systemem SCADA. Należy przy tym uwzględnić, że istniejące dane pomiarowe rejestrowane są przez moduły Siemens Simatic.

<u>Obiekt Zakładu Produkcji Wody przy ul. Nowodworskiej 1</u>

Rejestracją i przekazem danych należy objąć następujące pomiary:

- 5 punktów pomiaru ciśnienia opartych o przetworniki ciśnienia (pomiar na głównych magistralach oraz w miejscach sprzedaży wody do gmin Legnickie Pole i Krotoszyce),
- 5 punktów pomiaru przepływu opartych o przepływomierze elektromagnetyczne kołnierzowe w wersji kompaktowej,

- 4 punkty pomiaru poziomów napełnień zbiorników wody czystej oparte o przetworniki ultradźwiękowe i hydrostatyczne,
- punkty kontroli parametrów pracy 3 głównych pomp:
  - stany eksploatacyjne,
  - zużycia prądu,
  - pobór mocy,
  - ciśnienia na tłoczeniu,
  - stopień otwarcia zasuw na tłoczeniu,
- stany załączenia / awarii 3 pomp w sekcji pompowni III. stopnia.

Z uwagi na fakt, że ww. miejsca pomiarowe mieszczą się na terenie siedziby Przedsiębiorstwa, przekaz danych należy zrealizować drogą kablową (światłowód).

Budynek zasuw i pompowni III. stopnia przy ul. Złotoryjskiej

Rejestracją i przekazem danych należy objąć następujące parametry:
- 3 punkty pomiaru ciśnienia oparte o przetworniki ciśnienia,
- 2 punkty pomiaru przepływu oparte o wodomierze wraz nakładkami impulsowymi i przetwornikami częstotliwości,
- stany eksploatacyjne pomp.

Obiekt zbiorników terenowych przy ul. Złotoryjskiej

Rejestracją i przekazem danych należy objąć pomiar ultradźwiękowy poziomu napełnienia głównego zbiornika.

9.4.2. Hydrofornie osiedlowe

W ramach nowoprojektowanego systemu zarządzania siecią wodociągowej powinny być uwzględnione wszystkie obiekty i urządzenia wodociągowe z nią związane. W związku z powyższym należy zrealizować przekierowanie transmisji danych z hydroforni osiedlowych, wymienionych w pkt. 6.3.2., opartej o moduły telemetryczne firmy Inventia, wyposażone w nadajniki GSM/GPRS.

Przekaz danych z hydroforni osiedlowych obejmuje:
- wartości ciśnień po stronach ssawnych i tłocznych zestawów hydroforowych,
- stan zasilania w energię elektryczną,
- alarm zalania,
- alarm otwarcia drzwi,
- alarm awarii,
- stany pracy poszczególnych pomp.

9.4.3. Studnie wodomierzowe

W punktach opomiarowania przepływu i ciśnienia CP1, CP2, CP3 i CP4 funkcjonują zestawy wodomierzowe opomiarowujące LSSE (CP1), gminę Legnickie Pole (CP2 – wodomierz sprzężony) oraz gminę Kunice (CP3, CP4 – wodomierz sprzężony). Wodomierze zlokalizowane są w studniach wodomierzowych i wyposażone są w nakładki impulsowe do zdalnych, mobilnych odczytów (łącznie 6 nakładek).

Ww. punkty pomiarowe należy doposażyć w moduły telemetryczne (wymagania jak w pkt. 9.3), uwzględniając przy tym możliwość wykorzystania istniejących nakładek. W przypadku uzasadnionych przeciwwskazań natury technicznej należy zastosować nowe urządzenia, przystosowane do komunikacji z omówionymi modułami telemetrycznymi.

Podstawowe wymagania stawiane nakładkom wodomierzy:
- stopień ochrony minimum IP68,
- detekcja kierunku przepływu,
- programowalność (m.in. waga impulsu),
- autodiagnostyka,
- żywotność baterii minimum 10 lat,
- możliwość zasilania zewnętrznego,
- praca w temperaturze otoczenia w zakresie przynajmniej -10 ÷ 50 ºC,
- obojętność na zewnętrzne pole magnetyczne,
- dostarczane wraz z oprogramowaniem konfiguracyjnym.

Dobór urządzeń należy przeprowadzić w pełnym uzgodnieniu z właściwymi służbami LPWiK S.A. i stosować się do ich poleceń.

10. System zarządzania siecią wodociągową

Przez planowany do wdrożenia w LPWiK S.A. system zarządzania siecią wodociągową należy rozumieć system SCADA sprzężony z systemem obliczeń symulacyjnych.
Przez system SCADA należy rozumieć system gromadzenia, przetwarzania, wizualizacji i archiwizacji danych pomiarowych i statusowych, oparty o dostępne na rynku oprogramowanie klasy SCADA, przystosowane do wymagań i indywidualnych potrzeb LPWiK S.A., wraz z warstwą urządzeń fizycznych niezbędnych do jego poprawnego funkcjonowania.

Wdrożenie systemu zarządzania siecią wodociągową, z uwzględnieniem wszystkich założeń projektowych zawartych w niniejszym opracowaniu, jest obowiązkiem Wykonawcy.

10.1. Wymagania względem warstwy urządzeń fizycznych

Funkcje gromadzenia, przetwarzania, wizualizacji i archiwizacji danych pomiarowych powinny być realizowane za pośrednictwem urządzeń zlokalizowanych na terenie siedziby Przedsiębiorstwa przy ul. Nowodworskiej 1 w Legnicy. W związku z powyższym Wykonawca zobowiązany jest do dostarczenia i zainstalowania niezbędnego sprzętu komputerowego wraz z oprogramowaniem oraz wszelkich niezbędnych urządzeń pośredniczących w komunikacji między punktami pomiarowymi a oprogramowaniem SCADA.

Wykonawca zobowiązany jest do dostawy i zainstalowania niezbędnego sprzętu i oprzyrządowania do komunikacji sieci VPN z wewnętrzną siecią intranet Inwestora, przy uwzględnieniu konieczności zachowania poufności i bezpieczeństwa danych w oparciu o stosowne techniki szyfrowania i zabezpieczeń (co najmniej IPsec, GRE). Przesył danych w sieci wewnętrznej powinien odbywać się w standardzie 1 GBit/s.

Podstawowym wymaganiem w zakresie sprzętu komputerowego jest zapewnienie funkcjonalności tzw. „gorącej rezerwy”, czyli pełnej, fizycznej redundancji gromadzonych, przetwarzanych, wizualizowanych i archiwizowanych danych, z funkcją automatycznego i natychmiastowego przełączania w przypadku problemów z korzystaniem z podstawowej bazy danych lub aplikacji SCADA. Przełączenie na serwer zapasowy powinno następować najpóźniej po 30 sekundach. Ponadto prowadzone prace administracyjne z poziomu stacji roboczych osób zarządzających systemem nie mogą powodować wstrzymania działania głównego systemu/aplikacji.

Preferowana jest także obecność odrębnego serwera OPC, natomiast dopuszcza się zastosowanie innych rozwiązań pod warunkiem zapewnienia całej opisanej funkcjonalności, w szczególności zdalnego dostępu do modułów telemetrycznych oraz zapewnienia płynnej wymiany danych z serwerem obliczeń symulacyjnych.

Należy zagwarantować automatyczną aktualizację i synchronizację czasu pomiędzy oprogramowaniem SCADA a wszystkimi urządzeniami umożliwiającymi gromadzenie danych, w szczególności biorącymi udział w procesie rejestracji i transmisji danych. Synchronizacja powinna odbywać się w odniesieniu do czasu wzorcowego UTC w definiowalnych przez użytkownika okresach oraz zdarzeniowo, po przekroczeniu dopuszczalnej różnicy (w sekundach) pomiędzy poszczególnymi urządzeniami. Domyślnie całość systemu zarządzania (w tym serwer symulacji) powinna być zsynchronizowana do przynajmniej ± 1 sekundy.

Całość urządzeń i sprzętu komputerowego pośredniczącego w komunikacji między punktami pomiarowymi a oprogramowaniem SCADA powinna posiadać zasilanie rezerwowe w przypadku zaniku zasilania podstawowego z sieci energetycznej – podtrzymanie poprzez zasilacze UPS przez przynajmniej 25 minut. Z przyczyn związanych z serwisowaniem urządzeń, wybór urządzeń UPS powinien uwzględniać istniejącą tego rodzaju infrastrukturę u Inwestora (aktualnie użytkowane są zasilacze awaryjne APC). UPS-y powinny być wyposażone w wyświetlacze wraz z przyciskami funkcyjnymi.

Dostęp do systemu zarządzania będzie zasadniczo realizowany na dwóch poziomach – za pośrednictwem panelu dyspozytorskiego oraz stacji roboczych z zainstalowanymi aplikacjami klienckimi. Wykonawca zainstaluje oprogramowanie klienckie na wskazanych stacjach roboczych. Dostęp za pomocą przeglądarki internetowej również powinien być możliwy, lecz będzie wykorzystywany w ograniczonym zakresie (maksymalnie 5 jednoczesnych sesji).

Schemat ideowy systemu zarządzania siecią wodociągową przedstawia Rysunek 4 (przedstawiona ilość nowych modułów telemetrycznych jest orientacyjna, zgodnie z uwagą w pkt. 9.2.).

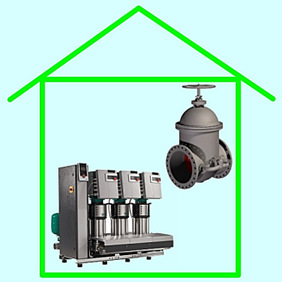
Rysunek 4 - Schemat ideowy systemu zarządzania

LPWiK S.A. LEGNICA

opracowanie:
Grzegorz Murawski

GPRS

Budynek zasuw i pompowni III. stopnia



należy doposażyć w urządzenia do transmisji GPRS

x12 MT

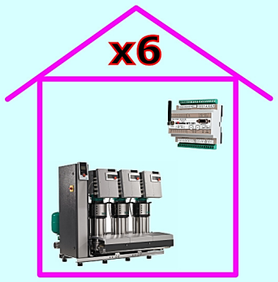
x20 MTb

NEW!

monitoring sieci wodociągowej

Hydrofornie

x6



posiadają urządzenia do transmisji GPRS

APN i VPN LPWiK S.A.

router z szyfrowaniem

połączenie VPN

Serwer OPC (opcja)

redundantne serwery SCADA

Serwer SCADA I

Serwer SCADA II

Serwer obliczeń symulacyjnych



Stacja dyspozytorska z układem 6 ekranów

i n t r a n e t

i n t r a n e t



Główny obiekt ZPW

należy doposażyć w urządzenia do transmisji przewodowej

Serwer bazy danych I

Serwer bazy danych II

układ pełnej "gorącej rezerwy" z izolacją środowisk aplikacyjnych od bazodanowych (opcja)

Dwie istniejące stacje robocze, które należy wyposażyć w oprogramowanie do obliczeń numerycznych

Uwaga: wybór opcji konstrukcji systemu musi uwzględniać wszystkie wymagania zawarte w Koncepcji;
przedstawiona ilość modułów telemetrycznych jest orientacyjna



Istniejące stacje robocze, które należy wyposażyć w oprogramowanie klienckie SCADA

Przez panel dyspozytorski należy rozumieć układ 6 dedykowanych do łączenia monitorów (3 monitory w poziomie, 2 w pionie) o przekątnej ekranu 48-52 cali (proporcje 16:9 lub 16:10) oraz max. szerokości widzialnej ramy ekranu wynoszącej 9 mm, wraz z niezbędnym sprzętem komputerowym, który będzie zlokalizowany w pomieszczeniu dyspozytorni LPWiK S.A.

Dla panelu dyspozytorskiego należy zapewnić możliwość wyświetlania dowolnie wybranej sekcji danych z dowolnego poziomu zarządzania, o których mowa w pkt. 10.2., w następujących układach:

a) 1 sekcja na 1 ekran (możliwość jednoczesnego wyświetlania 6 odrębnych sekcji),
b) 1 sekcja na 2 ekrany w pionie z jednoczesnym wyświetlaniem 4 innych sekcji na pozostałych 4 ekranach,
c) 2 sekcje, każda na 2 ekranach w pionie, z jednoczesnym wyświetlaniem 2 odrębnych sekcji na pozostałych 2 ekranach,
d) jednoczesne wyświetlania 3 odrębnych sekcji w układzie 2x3 (1 sekcja na 2 ekrany w pionie),
e) 1 sekcja na 4 ekrany z jednoczesnym wyświetlaniem dwóch odrębnych lub jednej sekcji na pozostałych dwóch ekranach,
f) 1 sekcja na 6 ekranów.

W każdym z ww. przypadków dana sekcja powinna być wyświetlana z wykorzystaniem całej przypisanej przestrzeni ekranu/ekranów. Dany widok/układ nie może być na stałe przypisany danemu ekranowi/ekranom – należy przewidzieć pełną dowolność konfiguracji.

Przykład wyświetlania jednego z układów przedstawiono poniżej – jeden z możliwych wariantów przypadku c):



Stację roboczą dyspozytora należy wyposażyć w oprogramowanie narzędziowe (o ile funkcjonalność ta nie będzie dostępna w samym oprogramowaniu SCADA) umożliwiające intuicyjny i pełny wybór sekcji do wyświetlania na danym monitorze/monitorach w jedynie dwóch krokach:

1. wskazanie monitora/monitorów do wyświetlania danej sekcji,
2. wskazanie sekcji do wyświetlania w danym układzie.

Ponadto należy umożliwić wyświetlanie (także w sposób intuicyjny, bez konieczności przechodzenia przez kilka etapów konfiguracji wyświetlania w systemie operacyjnym):

- aktualnego widoku z monitora dyspozytorskiej stacji roboczej na jednym, kilku lub wszystkich wybranych ekranach (zakres wyświetlanego obrazu na stacji roboczej powinien być zgodny z zakresem wyświetlanym na panelu),
- widoku przeglądarki internetowej na jednym, kilku lub wszystkich wybranych ekranach, niezależnie od widoku na monitorze dyspozytorskiej stacji roboczej.

Wykonawca zobowiązany jest dostosować wielkość i format wszelkich wyświetlanych danych (grafik, wykresów, tabel itp.), w szczególności czcionek, do panujących w pomieszczeniu dyspozytorni warunków oświetleniowych oraz warunków wynikających z odległości ekranów od miejsca pracy dyspozytorów. Wykonawca zobowiązany jest do uzyskania pełnej akceptacji właściwych służb Inwestora w tym zakresie. Ponadto należy przewidzieć funkcję wygaszania i wyłączania monitorów po definiowalnym przez użytkownika okresie nieaktywności.

Możliwość jednoczesnego wyświetlania dowolnie wybranych sekcji powinna również istnieć w przypadku stacji roboczych wyposażonych w więcej niż 1 monitor (1 sekcja na 1 monitor).

<u>Pozostałe wymagania stawiane monitorom:</u>

- rodzaj ekranu: płaski,
- wyświetlacz LCD/LED,
- rozdzielczość: 4K Ultra HD,
- jasność: przynajmniej 450 cd/m^2,
- kąt widzenia (pion, poziom): przynajmniej 178°,
- współczynnik kontrastu: przynajmniej 4 000:1,
- wejścia dodatkowe: przynajmniej USB, HDMI, Ethernet,
- wbudowane głośniki,
- powłoka antyrefleksyjna (należy zagwarantować użyteczną widzialność obrazu dla każdych warunków oświetleniowych panujących w pomieszczeniu dyspozytorni),
- długość pracy bez spoczynku: 24 h / 7 dni w tygodniu,
- czas reakcji: przynajmniej 10 ms.

Sterowanie wyświetlaniem obrazu na monitorach należy oprzeć na dedykowanych do tego celu specjalistycznych układach graficznych, wyposażonych w wymaganą liczbę wyjść video (np. AMD Eyefinity, nVidia NVS lub równoważny). Parametry układu graficznego muszą umożliwiać wyświetlanie wyraźnego, ostrego, pozbawionego efektu pikselizacji obrazu oraz płynne wykonywanie operacji zbliżania/oddalania widoku sieci (także w trybie jednoczesnej pracy na 6 ekranach). Ponadto Wykonawca zobowiązany jest do realizacji najbardziej optymalnego sposobu i miejsca instalacji układu graficznego (serwer, odrębna stacja robocza)

i dostarczenia wymaganego sprzętu. W przypadku zastosowania dedykowanej stacji roboczej wymaga się, aby pochodziła od producenta nw. serwerów.

Wymaganie stawiane serwerom:

- jeden producent serwerów wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem,
- wersja RACK 2U,
- procesor/procesory dedykowane do zastosowań serwerowych; każdy posiadający przynajmniej 10 rdzeni fizycznych i 20 MB pamięci podręcznej oraz obsługujący magistralę pamięci o taktowaniu przynajmniej 2133 Mhz (całość systemu serwerowego powinna pracować z przynajmniej takim taktowaniem),
- dla konfiguracji 1-procesorowej: procesor przynajmniej klasy Intel Xeon E5-2695 v4 lub równoważny wydajnościowo,
- dla konfiguracji 2-procesorowej: identyczne procesory przynajmniej klasy Intel Xeon E5-2650 v3 lub równoważne wydajnościowo,
- przynajmniej 32 GB pamięci DDR4 2400 Mhz RDIMM, przy zachowaniu co najmniej 4 wolnych slotów,
- macierz z dysków Hot Plug 2,5” SFF (cache przynajmniej 2 GB), pracujących z interfejsem SAS 12G z prędkością 10k obr./min. lub szybszą (zastosowanie odpowiedniego pod względem bezpieczeństwa danych i szybkości systemu rodzaju macierzy jest obowiązkiem Wykonawcy),
- magazyn danych systemu zarządzania powinien być zdolny pomieścić dane z co najmniej 10 lat pracy zaprojektowanego systemu, przy czym minimalna pojemność musi wynosić przynajmniej 3,0 TB (efektywnie, tj. bez uwzględnienia dodatkowej, fizycznej pojemności wynikającej z zastosowania macierzy, np. typu RAID 1);
- w obudowie RACK powinna pozostać rezerwa na przynajmniej połowę możliwych do zainstalowania dysków,
- dwa zasilacze Hot Plug,
- napęd DVD-RW,
- co najmniej 3 lata gwarancji w miejscu instalacji.

Serwery obsługujące system zarządzania należy traktować jako odrębne maszyny fizyczne.

Szafa serwerowa:

Wszystkie nowe serwery (także serwer dla systemu modelowania) powinny być umieszczone w jednej szafie serwerowej, wentylowanej, z zamkiem i należycie wyposażonej, o wysokości co najmniej 42U. Wykonawca zobowiązany jest dobrać odpowiednią szafę serwerową, dostosowaną do wymiarów istniejących szaf serwerowych Inwestora jak i wymiarów pomieszczenia, w którym się znajdują (pomieszczenie w głównym budynku biurowym LPWiK S.A. przy ul. Nowodworskiej 1). W szafie należy pozostawić rezerwę instalacyjną o wysokości przynajmniej 10U.

W szafie powinny się również znajdować zasilacze UPS oraz konsola KVM z możliwością obsługi co najmniej 12 serwerów, wyposażona w klawiaturę, urządzenie wskazujące, porty USB oraz ekran o rozdzielczości przynajmniej 1920x1080.

W celu prawidłowego zasilenia nowej szafy serwerowej Wykonawca zobowiązany jest do przeprowadzenia rozbudowy istniejącej rozdzielni/szafki elektrycznej w pomieszczeniu serwerowni wraz z ułożeniem nowej linii zasilającej.

Backup danych:
Kopie zapasowe danych systemu zarządzania powinny być realizowane przy użyciu technologii macierzy NAS oraz urządzeń do zapisu na dyskach optycznych. Oba rodzaje urządzeń powinny być zlokalizowane w innych od serwerowni pomieszczeniach, wskazanych przez Inwestora. Częstotliwość automatycznego wykonywania backupów powinna być dostosowana do aktualnej polityki informatycznej Inwestora.

Do wykonywania archiwizacji danych gromadzonych na serwerach należy zastosować urządzenia pamięci masowej NAS 4 kpl. oraz dyski twarde 16 szt. o parametrach opisanych w poniższej tabeli. Wymienione urządzenie (np. klasy Netgear lub równoważne) powinno w cyklu automatycznym wykonywać kopie bezpieczeństwa plików archiwum dla całego systemu zarządzania oraz na żądanie administratora. Należy uwzględnić dostawę niezbędnych licencji oraz wykonanie zmian programowych. Do ww. procedury archiwizacji należy dostarczyć instrukcję dla administratora.

L.p.	Nazwa	Parametry
1	Urządzenie NAS:	- procesor - Intel Atom 2.1GHz Dual Core, - pamięć - 2GB, - ilość kieszeni dyskowych 3,5” – 4 szt., - wspierane rodzaje dysków - SATA/SSD 2.5”/3.5” Hot Swappable, - maksymalna pojemność urządzenia – 24TB, - poziomy RAID - 0, 1, 5, 6, 10, X-RAID2, - porty sieciowe Gigabit LAN – 2 szt., - obsługa agregacji linków LACP (IEEE 802.3ad), - integracja z Domeną Microsoft Active Directory (autentykacja, uprawnienia), - obsługa protokołów CIFS/SMB, - obsługiwane systemy plików i protokoły transferu: - External File System: EXT3, EXT4, NTFS, FAT32, HFS+ - Linux/Unix (NFS v4) - Storage Array Network (iSCSI) - wsparcie dla zasilaczy awaryjnych UPS (komunikacja), - możliwość automatycznej synchronizacji danych między urządzeniami NAS, - MTBF (godziny) – co najmniej 55 000, - gwarancja - 60 m-cy.

2	Dysk twardy do NAS:	- pojemność dysku – 6TB, - format obudowy - 3.5", - interfejs – SATA 6Gb/s, - szybkość przesyłania danych (maks.): - z buforu do hosta - 6 Gb/s, - między hostem a dyskiem (transfer ciągły) – co najmniej 227 MB/s, - pamięć podręczna (MB) – 128, - klasa wydajności - klasa 7200 obr./min, - MTBF (godziny) w systemach NAS z 8-16 dyskami – co najmniej 1 000 000, - dysk dedykowany do systemów NAS pracujących w trybie ciągłym 24x7, - gwarancja producenta - 60 m-cy.

Dla całości ww. sprzętu komputerowego/serwerowego należy zapewnić serwis w systemie Next Business Day (naprawa następnego dnia roboczego).

Sprzęt komputerowy należy wyposażyć w niezbędne oprogramowanie komputerowe, w tym dedykowane, serwerowe systemy operacyjne.

10.2. Funkcjonalność systemu zarządzania (sekcje danych)

W ramach systemu zarządzania powinny zostać wyodrębnione następujące sekcje główne:

1. Sekcja danych pochodzących z punktów pomiarów przepływu.
2. Sekcja danych pochodzących z punktów pomiaru ciśnienia.
3. Sekcja danych pochodzących z modelu numerycznego sieci wodociągowej.
4. Sekcja porównawcza wartości mierzonych z symulowanymi.
5. Sekcja danych zawierająca bilanse stref opomiarowania przepływu, opisane w pkt. 7.2.
6. Sekcja informacji o obiektach wyłączonych.
7. Sekcja danych zawierająca główny obiekt ZPW.
8. Sekcja danych zawierająca obiekty zbiorników terenowych.
9. Sekcja danych zawierająca obiekt budynku zasuw i pompowni III. stopnia.
10. Sekcja danych zawierająca hydrofornie osiedlowe.
11. Sekcja informacji o płukaniach sieci oraz zużyciu wody na inne cele.
12. Sekcja statystyczna wraz z bilansami ogólnymi, opisanymi w pkt. 7.3.
13. Sekcja eksploatacyjno-decyzyjna.
14. Sekcja podsumowująca – panel ogólny statusów sekcji (tzw. „dashboard”).

Struktura systemu zarządzania powinna uwzględniać możliwość jego przyszłej rozbudowy o sekcje dotyczące zarządzania systemami innymi niż wodociągowy. W związku z powyższym dostęp do ww. sekcji związanych z zarządzaniem sieci wodociągowej powinien być poprzedzony koniecznością wybrania poziomu nadrzędnego pn. „Zarządzanie systemem wodociągowym”, tak aby w przyszłości możliwe było dodanie nowych poziomów pn. „Zarządzanie systemem x”.

W celu potwierdzenia możliwości przyszłej rozbudowy oprogramowania Wykonawca wykona dwa dodatkowe przyciski funkcyjne („Zarządzanie systemem x”, Zarządzanie systemem „y”) i w każdym z poziomów zawrze po dwie przykładowe sekcje z przykładowymi danymi, z czego jedna będzie zawierać przykładowe, wektorowe i skalowalne odwzorowanie sieci, o którym mowa poniżej.

Definiując strukturę systemu zarządzania w oparciu o poziomy nadrzędne należy zapewnić możliwość zestawiania i porównywania danych z sekcji przypisanych do różnych poziomów zarządzania. Przykładem takiej funkcjonalności będzie możliwość porównania na jednym wykresie danych o globalnej ilości wody wtłaczanej do systemu wodociągowego z danymi o łącznym napływie ścieków na oczyszczalnię ścieków. Wykonawca wykaże taką funkcjonalność przy użyciu ww. danych przykładowych.

System zarządzania powinien umożliwiać zestawianie i porównywanie ze sobą dużej ilości danych historycznych w postaci tabelarycznej jak i na wykresach (minimum 20 porównywanych pozycji). Powinna również istnieć możliwość porównywania danych (przynajmniej na wykresach) dotyczących tego samego parametru, lecz dla różnych okresów czasu (np. porównywanie wydajności SUW w analogicznych okresach roku kalendarzowego). Historia zmienności danego parametru (postać wykresu i tabeli) powinna być dostępna zarówno dla wartości mierzonych/symulowanych, jak i wartości przeliczeniowych (np. bilansowych), bez ograniczeń. Ponadto oprogramowanie powinno umożliwiać wyświetlanie danych minimalnych, maksymalnych i uśrednionych dla wybieralnych przez użytkownika interwałów (co najmniej: 5 s, 10 s, 15 s, 30 s, 45 s, 1 min, 2 min, 3 min, 5 min, 10 min, 15 min, 30 min, 45 min, 1 h, 2 h, 3 h, 6 h, 12 h, 1 doba, 7 dni, 1 m-c, 3 m-ce, 6 m-cy, 1 rok) niezależnie od przewidzianych nastaw transmisji z punktów pomiarowych / importu danych symulacyjnych.

Dane przypisane do sekcji 1-3 powinny być wyświetlane na wektorowym odwzorowaniu grafu modelu numerycznego całej sieci wodociągowej, skalowalnym (przybliżanie / oddalanie widoku) w pełnym zakresie. Wykonawca zobowiązany jest do opracowania skryptu/narzędzia informatycznego, umożliwiającego automatyczną lub półautomatyczną transformację grafu modelu do schematu sieci SCADA, przekazania go Inwestorowi oraz przeszkolenia z zakresu jego obsługi w kontekście bieżącej aktualizacji.

Ponadto dla danych z sekcji 1 i 2 należy przewidzieć zestawienie tabelaryczne.

Dane właściwe dla sekcji 2 (pomiary ciśnienia) powinny być również przeliczane w odniesieniu do poziomu montażu przetworników ciśnienia i przedstawiane w postaci rz.l.c., tj. w m n.p.m. – należy zapewnić możliwość wyboru wyświetlanych wartości i jednostek, włącznie z możliwością jednoczesnego wyświetlania danych w obu jednostkach.

Wektoryzacja powinna obejmować wszystkie elementy grafu modelu. Odwzorowanie poszczególnych elementów (np. zasuw, pomp) powinno odpowiadać wyglądowi tych

elementów w oprogramowaniu do modelowania sieci wodociągowej, chyba że Inwestor wyda inne zalecenia na etapie opracowania projektu funkcjonalnego systemu zarządzania.
Odwzorowywane odcinki powinny posiadać grubości proporcjonalne do średnic przewodów. Układ magistralny (średnice od DN300 mm) powinien być dodatkowo odróżniony od przewodów rozdzielczych innym odcieniem barwy niebieskiej. Ponadto powinna istnieć możliwość zmiany statusu otwarcia każdego z odcinków wraz z adekwatnym odwzorowaniem kolorystycznym dla stanu braku przepływu.

Odwzorowanie wektorowe powinno być zrealizowane w taki sposób, aby możliwe było wiązanie ze sobą informacji o zmianie statusu danego odcinka (stan otwarcia / zamknięcia) z odpowiadającym mu odcinkiem w oprogramowaniu do modelowania – zmiana statusu odcinka w systemie zarządzania powinna być automatycznie uwzględniania w oprogramowaniu symulacyjnym przy wykorzystaniu zaimplementowanych w nim funkcji (zagadnienie zostało szerzej omówione w pkt. 11.1.). UWAGA: Przedmiotową funkcjonalność należy zrealizować dla 10 wskazanych przez Inwestora odcinków i zapewnić mu możliwość rozbudowy przedmiotowych połączeń w nieograniczonym zakresie.

Dane z sekcji 1-3 powinny być wyświetlane w adekwatnych lokalizacjach wektorowego odwzorowania sieci wodociągowej. Wyświetlanie danych powinno podlegać innym regułom skalowania niż podkładu wektorowego, tak aby na każdym stopniu jego powiększenia nie zachodziło wzajemne nakładanie się danych oraz była zachowana ich czytelność.
Dla głównego widoku danych z sekcji 3 (dane z modelu numerycznego), tj. przy stanie maksymalnego oddalenia widoku, gdy widoczny jest cały zakres sieci wodociągowej, powinna istnieć możliwość zdefiniowania liczby i lokalizacji wyświetlanych elementów (nie tylko na etapie wdrożenia systemu, ale również jako funkcjonalność dostępna dla Inwestora w każdym momencie jego użytkowania – mechanizm aktualizacji). Wymóg ten jest podyktowany dużą ilością danych wynikających z budowy modelu numerycznego sieci wodociągowej. Skalowanie wyświetlania danych na pozostałych poziomach powiększania widoku powinno odbywać się w sposób automatyczny.

Dla sekcji 1-3 powinna istnieć możliwość dowolnego zestawiania danych w ramach jednego wektorowego podkładu sieci wodociągowej. Przykładowo powinna istnieć możliwość zestawienia danych z pomiarów ciśnienia (sekcja 1) z danymi pomiaru przepływów (sekcja 2). W związku z powyższym należy przewidzieć 4 dodatkowe warianty wyświetlania widoków, z których jeden będzie obejmować dane z wszystkich sekcji 1-3. Funkcjonalność ta powinna zostać zrealizowana w oparciu o możliwość dołączania/ukrywania warstw danych.

Dla danych pochodzących z modelu numerycznego (w połączeniu z innymi sekcjami oraz bez) należy uwzględnić możliwość wyboru wyświetlanych typów danych. Należy zrealizować wizualizację (także przetwarzanie, archiwizację itp.) następujących, podstawowych typów danych:

W zakresie odcinków:

- przepływ,

- prędkość przepływu.

W zakresie węzłów:
- rz.l.c.,
- ciśnienie,
- rozbiór obliczeniowy,
- wiek wody,
- ślad źródła wody,
- symulowana wartość parametru jakościowego.

W zakresie rezerwuarów:
- napływ na rezerwuar,
- odpływ z rezerwuaru.

W zakresie zbiorników:
- rz.l.c.,
- napełnienie,
- napływ na zbiornik,
- odpływ ze zbiornika,
- wiek wody,
- ślad źródła wody,
- symulowana wartość parametru jakościowego.

W zakresie pomp:
- stan pompy (zał./wył.),
- wydatek,
- wysokość podnoszenia,
- prędkość obrotowa,
- ciśnienie po stronie ssawnej,
- ciśnienie po stronie tłocznej.

W zakresie zaworów:
- nastawa charakterystyczna dla danego typu zaworu,
- stan zaworu (otw./zamk.),
- przepływ,
- ciśnienie przed zaworem,
- ciśnienie za zaworem.

Wyświetlanie powyższych danych oraz odpowiadających im elementów grafu należy przewidzieć w różnorodnej kolorystyce, zależnej od definiowalnych zakresów prezentowanych wartości (przynajmniej 7 zakresów).

UWAGA: z uwagi na znaczny narzut danych z systemu modelowania Wykonawca zobowiązany jest do przeanalizowania możliwości zastosowania odrębnych reguł archiwizacji i kompresji danych (w stosunku do danych z rzeczywistych punktów pomiarowych), z zastrzeżeniem poprawności funkcjonowania pozostałych sekcji (np. sekcji statystycznej), w której przedmiotowe dane będą wykorzystywane (np. przeliczane).

Ponadto w widokach sekcji 1-3 należy przewidzieć pola danych, za pośrednictwem których będzie wskazywana różnica pomiędzy wartościami ciśnienia/rz.l.c./napełnień i przepływu, pochodzącymi z terenowych punktów pomiarowych, a odpowiadającymi im lokalizacyjnie wartościami symulowanymi.

W oparciu o opisaną do tej pory funkcjonalność systemu zarządzania należy zauważyć, że możliwości wizualizacyjne oprogramowania SCADA powinny odpowiadać możliwościom współczesnych systemów klasy GIS w zakresie:

- tworzenia i edycji rysunków wektorowych,
- skalowalności widoku,
- możliwości definiowania i zmieniania parametrów warstw rysunkowych oraz pól danych, włącznie z ich włączaniem/ukrywaniem.

Z przeprowadzonego rozpoznania dostępnego na rynku oprogramowania, jak i odbytych spotkań z przedstawicielami producentów wynika, że wymagania te spełnia co najmniej kilka dostępnych na rynku komercyjnych produktów (TelWin SCADA – TEL-STER Sp. z o.o., Asix .evo – ASKOM Sp. z o.o., OpenEye SCADA - WASKO S.A., Movicon – AB-MICRO Sp. z o.o.). Ponadto produkty z rodziny SCADA wyposażane są aktualnie w funkcjonalność polegającą na możliwości wyświetlania danych i warstw rysunkowych na podkładzie ogólnodostępnych serwisów mapowych: maps.google.com oraz openstreetmap.org. W związku z powyższym wymaga się, aby dostarczony system SCADA umożliwiał wyświetlanie danych z sekcji 1-3, wraz z wektorowym odwzorowaniem sieci wodociągowej, na ogólnodostępnych i na bieżąco aktualizowanych (on-line) podkładach mapowych pochodzących z jednego z ww. serwisów.
Ponadto administratorom systemu zarządzania należy zapewnić możliwość dołączania, pozycjonowania i aktualizacji dodatkowych podkładów graficznych w postaci rastrowej jak i wektorowej, pochodzących z innego oprogramowania, w tym z systemu ESRI ArcGIS.

W oparciu o ww. funkcjonalność należy dołączyć warstwę z obrazem w formacie obsługującym przezroczystość, zawierającym obrysy i wypełnienia stref opomiarowania przepływu w postaci przedstawionej na Rysunku 1, warstwy GIS odzwierciedlające układ sieci wodociągowej oraz posiadaną przez Inwestora ortofotomapę.

Sekcja 4, tj. sekcja porównawcza wartości mierzonych z symulowanymi, powinna mieć postać 2 odrębnych tabel zawierających zestawienie wszystkich porównywanych wartości przepływów i ciśnienia/rz.l.c./napełnień. Dla danych tych należy przewidzieć wykresy porównawcze oraz konfigurowalne progi alarmowe wraz z nastawami zwłoki czasowej dla wywołania alarmów, które to funkcjonalności dostępne będą na poziomach podrzędnych do

tabeli (wybór pozycji z tabeli powinien wywoływać nowy widok z danymi dotyczącymi danej pozycji). Należy również przedstawić globalne podsumowanie wskazujące na minimalną, średnią i maksymalną różnicę dla porównywanych wartości, wraz z odniesieniem do stosownych pozycji w tabeli.

Konstrukcja sekcji powinna umożliwiać jej prostą rozbudowę przez Inwestora o przyszłe pozycje porównawcze, także dotyczące innych rodzajów porównywanych parametrów.

Sekcja 5, tj. sekcja danych zawierająca bilanse stref opomiarowania przepływu – postać tabelaryczna z danymi charakterystycznymi dla stref opomiarowania, z wykresami oraz konfigurowalnymi progami alarmowymi i zwłoką czasową, wywoływanymi w nowym widoku. Prezentacja danych powinna uwzględniać wszelkie aspekty analizy tzw. minimalnych nocnych przepływów (MNP), w tym potrzeby jej wykorzystania do celów obliczania wskaźników rekomendowanych przez stowarzyszenie IWA (patrz także sekcja 12). Dla każdej ze stref winien być obliczany i wyświetlany Infrastrukturalny Wskaźnik Wycieków ILI zgodnie z metodyką IWA. Ponadto analiza MNP powinna być prezentowana w powiązaniu z danymi bilansowymi zużycia wody oraz charakterystykami rozbioru dużych odbiorców. Sekcja ta powinna być również prezentowana na wzór sekcji 1-3, tj. na wektorowym odwzorowaniu sieci, na którym Wykonawca wykona wektorowe obrysy stref opomiarowania oraz powiąże je w sposób interaktywny z odpowiednimi polami danych (m.in. danymi bilansowymi, ILI i graficzną prezentacją trendów zmian).

Sekcja 6, tj. sekcja informująca o obiektach wyłączonych, zawierać będzie zestawienie tabelaryczne informujące o wszelkich wyłączonych/zamkniętych obiektach składających się na wektorowe odwzorowanie sieci wodociągowej. W szczególności będą tu zawarte automatycznie generowane informacje o dacie i godzinie wyłączenia oraz użytkowniku wprowadzającym zmiany. Ponadto dla każdego zdarzenia należy zapewnić pole notatek, gdzie opisywane będą jego przyczyny oraz okoliczności. Wprowadzanym uwagom powinny być w sposób automatyczny nadawane rejestry daty, godziny i nazwy użytkownika wprowadzającego. Raz zapisana notatka nie może być ponownie edytowana lub usunięta (możliwość edycji powinna być ograniczona np. do końca bieżącego dnia). Całe zdarzenie z chwilą ponownego aktywowania obiektu powinno tracić status aktywności i stawać się pozycją archiwalną.

W sekcjach od 7 – 9, tj. sekcjach obejmujących obiekt ZPW, zbiorniki terenowe oraz budynek zasuw i pompowni III. stopnia, ujęte będą szczegółowe schematy technologiczne wraz z odpowiadającymi im danymi.

Sekcja 10 zawierać będzie dane dot. hydroforni osiedlowych w postaci zestawienia tabelarycznego, którego poszczególne pozycje będą prowadziły do szczegółowych schematów technologicznych wraz z odpowiadającymi im danymi.

W sekcji 11 gromadzone będą w formie rejestru dane i informacje m.in. w aspekcie:

- płukań sieci wodociągowej,

- badań wydajności hydrantów,
- działalności straży pożarnej,
- pozostałych potrzeb technologicznych.

Wykonawca uwzględni wszystkie wskazane przez Inwestora źródła danych. Ponadto należy przewidzieć możliwość wprowadzania notatek na zasadach wymienionych w opisie sekcji 6.

Sekcja 12 to sekcja statystyczna wraz z bilansami ogólnymi. Powinna zawierać odpowiednio przedstawione i zilustrowane graficznie dane wynikające z bilansów ogólnych, opisanych w pkt. 7.3., parametrów pracy głównych obiektów (SUW, zbiorniki terenowe) oraz statystykę danych opartą o wyniki obliczeń numerycznych, przedstawiającą wartości minimalne, średnie (w tym ważone) i maksymalne (ewentualnie inne wskazane przez Inwestora), z podziałem na pory dnia i możliwością wyboru okresu analizy w zakresie przynajmniej:

- prędkości przepływu,
- rz.l.c.,
- ciśnienia,
- wieku wody,
- wartości symulowanego parametru jakościowego.

Ponadto w sekcji tej powinny być odzwierciedlane i przetwarzane dane wejściowe do modelu numerycznego sieci wodociągowej w zakresie rozbiorów wody przez poszczególne grupy odbiorców wody, opisane w kolejnym rozdziale. Dane dot. przynależności odbiorców do danej grupy, z uwzględnieniem odbiorców zdefiniowanych indywidualnie, oraz ich przypisania do wydzielonych stref opomiarowania i zasilania, powinny być pozyskiwane na zasadzie ich automatycznego eksportu z oprogramowania symulacyjnego.

Podstawową formą prezentacji dla gromadzonych w tej sekcji danych, obok zestawienia tabelarycznego, powinny być wykresy kołowe i słupkowe ze wskazaniem udziałów procentowych poszczególnych grup odbiorców w globalnym zużyciu wody oraz w rozbiciu na poszczególne strefy opomiarowania/zasilania. Kolejnym aspektem analizy bilansowej jest zestawianie ze sobą ww. danych z danymi wynikającymi z bilansów opisanych w pkt. 7.2. i 7.3., oraz danymi wynikającymi z sekcji nr 11, co w rezultacie umożliwi generowanie informacji o wielkości wycieków wody w systemie wodociągowym w skali całego miasta, jak i w rozbiciu na poszczególne strefy opomiarowania.

Funkcjonalność korzystania z niniejszej sekcji powinna zostać oparta o metody „drill-down", tj. metody tzw. drążenia danych związanych z wykresami (funkcjonalność taka powinna być zastosowana również w pozostałych sekcjach, jeśli Inwestor zgłosi taką potrzebę na etapie opracowania projektu funkcjonalnego).

Ponadto należy pamiętać o wyróżnieniu strefy zasilania Huta wraz z przynależnymi odbiorcami w analogiczny sposób jak dla stref opomiarowania.

Za pośrednictwem przedmiotowej sekcji powinny być prezentowane dane pochodzące z narzędzia WB-EasyCalc (dostępne na stronie liemberger.cc) – opracowanego zgodnie z zalecaną metodyką IWA (International Water Association) – w zakresie danych finansowych (Financial Data), poszczególnych bilansów wodnych (Water Balance) i wskaźników eksploatacyjnych (PIs), w szczególności ILI (Infrastrukturalny Wskaźnik Wycieków).

Analogicznie sekcja powinna ta być również źródłem właściwego zestawienia danych wejściowych dla narzędzia WB-EasyCalc (generowanie odpowiedniego eksportu danych).
Wykonawca uwzględni także potrzebę umieszczenia przeliczeń i analiz dla wszelkich innych wskazanych przez Inwestora wskaźników (maksymalnie 5).
Istotnym wymaganiem względem sekcji 12 jest zapewnienie zautomatyzowanej formy jej aktualizacji (półautomatycznej w przypadku narzędzia WB-EasyCalc) i możliwości nieograniczonego przeglądania archiwalnych danych statystycznych / bilansowych / wskaźnikowych dla wybieralnych przez użytkownika okresów (bez ograniczeń w tym zakresie).

W sekcji 13 prezentowane będą dane, informacje i kalkulacje służące podejmowaniu decyzji o przeprowadzeniu określonych czynności eksploatacyjnych związanych z funkcjonowaniem systemu zarządzania. Przykładem takiej funkcjonalności jest informowanie o dacie ostatniego wzorcowania/kalibracji przetworników ciśnienia oraz przepływomierzy. W szczególności w sekcji tej powinno znaleźć szczegółowe zestawienie oraz jego podsumowanie w zakresie gospodarki bateryjno-akumulatorowej. Zbierane z tego zakresu dane powinny być oparte o algorytmy śledzące procesy rozładowywania baterii/akumulatorów i umożliwiające wyprzedzającą reakcję.

Sekcja 14 to sekcja stanowiąca zbiorczy panel głównych statusów poszczególnych sekcji, tzw. „dashboard". W przypadku, gdy np. dla jednego lub większej liczby elementów w danej sekcji nastąpi przekroczenie ustawionych progów alarmowych, wówczas powinna mieć miejsce wizualizacja zmiany ogólnego statusu danej sekcji w widoku panelu zbiorczego. Wybranie elementu odpowiadającego danej sekcji powinno przekierowywać użytkownika do widoku tej sekcji.

10.3. Poziomy dostępu

Przewiduje się 6 podstawowych poziomów dostępu do systemu zarządzania:

1. Dyspozytorzy – uprawnienia dostępu do sekcji i danych w przydzielonym zakresie.
2. Użytkownicy zwykli – uprawnienia dostępu do sekcji i danych w przydzielonym zakresie.
3. Użytkownicy I. stopnia – uprawnienia dostępu do wszystkich sekcji i danych.
4. Użytkownicy II. stopnia – uprawnienia I. stopnia powiększone o możliwość wprowadzania i edytowania danych w miejscach do tego przeznaczonych.
5. Użytkownicy III. stopnia – uprawnienia II. stopnia powiększone o możliwość zmiany nastaw zdalnie sterowanych urządzeń.
6. Administratorzy systemu – pełne prawa do edycji i modyfikacji systemu zarządzania.

Na etapie wdrażania przedmiotowego systemu zarządzania siecią wodociągową nie przewiduje zastosowania zdalnego sterowania urządzeniami, jednak projektując system zarządzania należy uwzględnić pojawienie się takich okoliczności w przyszłości.

10.4. Wymagania względem oprogramowania

Poza spełnieniem wymagań wynikających z opisu funkcjonalności systemu zarządzania, dostarczane oprogramowanie SCADA powinno posiadać następujące cechy główne:

- obecność na rynku oprogramowania od co najmniej 5 lat,
- licencja niewygasająca, wielostanowiskowa: jednoczesna komunikacja nieograniczonej ilości stacji roboczych poprzez aplikację kliencką (nieprzeglądarkową) z głównym serwerem danych; w przypadku braku dostępności licencji nieograniczonej w tym zakresie u danego producenta oprogramowania należy przyjąć przynajmniej 25 stanowisk klienckich łączących się jednocześnie z serwerem oraz uwzględnić potrzebę instalacji i konfiguracji na każdym z nich,
- oprogramowanie w języku polskim wyposażone w narzędzia do rozbudowy systemu przez użytkownika w pełnym, nieograniczonym przez licencję zakresie,
- możliwość dodatkowego dostępu do danych poprzez przeglądarkę WWW,
- możliwość udostępniania wybranych sekcji danych zewnętrznym podmiotom przez Internet (Wykonawca zobowiązany jest do potwierdzenia takiej funkcjonalności na etapie wdrożenia dla wskazanej przez Inwestora stacji roboczej podłączonej do Internetu),
- export wszelkich danych (w tym tabel i wykresów) do co najmniej następujących formatów: pdf, txt, csv lub innych obsługiwanych przez MS Excel oraz do przynajmniej jednego formatu pliku graficznego,
- wydruki analizowanych danych oraz aktywnych widoków ekranowych,
- dostęp do danych historycznych w czasie rzeczywistym,
- wyświetlanie daty w powszechnym układzie (nieamerykańskim),
- praca w środowisku operacyjnym Microsoft Windows – kompatybilność z wersjami systemu począwszy od przynajmniej Windows 7 (względem daty wydania),
- wersja 64-bit (jeśli dostępna u producenta).

Należy zapewnić aktualizację oprogramowania przez okres co najmniej równy ogólnemu okresowi gwarancyjnemu na wykonanie całości systemu zarządzania siecią wodociągową (pkt. 13. – Podsumowanie i zalecenia końcowe).

Wykonawca powinien przewidzieć zdalny dostęp do oprogramowania w celu szybkiego świadczenia usług gwarancyjnych.

Należy zapewnić możliwość udostępniania wszystkich danych z systemu zarządzania dla innych systemów informatycznych, zarówno istniejących jak i mogących pojawić się w przyszłości. Powinna istnieć także możliwość dynamicznego eksportu i importu danych (pomosty informatyczne działające w czasie rzeczywistym lub w oparciu o ustalone interwały czasowe) do i z wspomnianych systemów, w szczególności GIS i baz danych z obsługą zapytań SQL. Ponadto dostęp do danych nie powinien być w jakikolwiek sposób ograniczony przez Wykonawcę, producentów oprogramowania lub podmioty trzecie. Wykonawca zobowiązany jest do wykazania powyższych funkcjonalności na etapie wdrożenia w oparciu o przykładowe zestawy danych (import/export do systemu ESRI ArcGIS).

Na polskim rynku powinny funkcjonować co najmniej dwa przedsiębiorstwa, odrębne od producenta oprogramowania SCADA, specjalizujące się we wdrażaniu i modyfikowaniu przedmiotowego oprogramowania, tj. konkretnego produktu, który będzie wdrażany u Inwestora. Wykonawca zobowiązany jest udokumentować istnienie takich podmiotów wraz z przeprowadzonymi przez nie pracami – przynajmniej jedno wdrożenie/modyfikacja przedmiotowego produktu w przeciągu ostatnich 3 lat w przedsiębiorstwie technicznym (branża wod.-kan., ciepłownicza, gazownicza lub elektryczna).

10.5. Częstotliwość gromadzenia i wizualizacji danych

Poniżej przedstawiono wstępne nastawy gromadzenia i wizualizacji danych z punktów pomiarowych oraz danych symulacyjnych, co oznacza również potrzebę ich przetwarzania i archiwizacji w adekwatnych interwałach. Inwestor powinien mieć możliwość dostosowywania tych nastaw w zależności od potrzeb eksploatacyjnych i potrzeb związanych z funkcjonowaniem modelu numerycznego. Wykonawca zobowiązany jest zapewnić odpowiednie przeszkolenie służb Inwestora w tym zakresie. Wizualizacja winna obejmować wszelkie związane z punktami pomiarowymi informacje (stan baterii, statusy urządzeń pomiarowych itp.).

1. Wszystkie urządzenia zasilane sieciowo: interwał 1-minutowy.
2. Punkty pomiaru ciśnienia zasilane bateryjnie/akumulatorowo: interwał 5-minutowy.
3. Punkty pomiaru przepływu zasilane bateryjnie: interwał 2-godzinny.
4. Obustronna wymiana danych z oprogramowaniem symulacyjnym: interwał 10-minutowy (patrz pkt. 11.1.)

Ponadto należy zagwarantować aktualizację bilansów i innych przeliczeń adekwatnie do ww. interwałów.

Gromadzone dane powinny być zapisywane w pełnej zgodności z czasem ich rejestracji w punkcie pomiarowym (patrz pkt. 9), przy czym opóźnienie zapisu do bazy danych systemu zarządzania nie powinno być dłuższe niż czas transmisji danych w sieci GSM/GPRS. W normalnych, bezawaryjnych warunkach pracy sieci GSM/GPRS opóźnienie to nie powinno przekraczać 10 sekund.

Opóźnienie zapisu danych symulacyjnych nie powinno być większe niż 5 sekund od czasu potrzebnego na przeprowadzenie obliczeń.

Wszelkie dane powinny być zapisywane w bazie SCADA z dokładnością do 1 sekundy.

Dane pomiarowe i statusowe, oraz bazujące na nich przeliczenia, powinny być zapisywane w bazie danych SCADA z rozdzielczością przynajmniej 1-minutową, niezależnie od przyjętych interwałów dla ich gromadzenia (sam system SCADA powinien posiadać zdolność do gromadzenia danych z rozdzielczością przynajmniej 1-sekundową). Oznacza to również konieczność adekwatnego dostosowania nastaw rejestracji w punktach pomiarowych.

Wykonawca zobowiązany jest także wykazać na podstawie stosownego testu, że całość systemu zarządzania posiada zdolność do płynnej, niezakłóconej aktualizacji danych pomiarowych/statusowych/bilansowych przynajmniej raz na 30 sekund (celem potwierdzenia wydajności i jakości wykonania systemu).

Ponadto podstawowym wymaganiem w aspekcie pozyskiwania danych z fizycznych punktów pomiarowych jest zapewnienie możliwości ich pobierania także w trybie na żądanie o dowolnej porze (funkcja powinna być realizowana z poziomu oprogramowania SCADA). Funkcja ta ma umożliwiać (np. w stanach awaryjnych) dodatkowe, zdalne wzbudzenie modułu telemetrycznego ponad przyjętą częstotliwość gromadzenia danych, oraz natychmiastowy (tj. jedynie z opóźnieniem działania sieci GSM/GPRS) przekaz danych do systemu SCADA.
Funkcja na żądanie powinna również uwzględniać możliwość poboru danych z wszystkich przepływomierzy w ramach danej strefy opomiarowania za pomocą pojedynczego wywołania (użycia pojedynczego „przycisku" dla danej strefy) jak i jednoczesnego poboru danych dla wszystkich stref i punktów pomiaru ciśnienia.

10.6. Projekt funkcjonalny systemu zarządzania siecią wodociągową

W oparciu o całość przedstawionych w niniejszym opracowaniu wymagań należy opracować i przedłożyć Inwestorowi do uzgodnienia projekt funkcjonalny (wykonawczy) systemu zarządzania siecią wodociągową, na który składa się system SCADA oraz aspekt połączenia z oprogramowaniem symulacyjnym, a następnie wdrożyć system zgodnie z jego postanowieniami.

Projekt funkcjonalny winien uzyskać pozytywną akceptację Inwestora w każdym poruszanym aspekcie. Wykonawca zobowiązany jest w szczególności do uwzględnienia wszelkich uwag Inwestora w zakresie:

- wyglądu i stylu głównego interfejsu,
- wyglądu i funkcjonalności poszczególnych widoków i okien dialogowych, w tym uwag w zakresie szaty graficznej, animacji pracy obiektów i kolorystyki wyświetlanych danych (w zależności od ich rodzaju oraz przyjmowanych wartości),
- potrzeby zastosowania dodatkowych pól danych, widoków, formuł obliczeniowych, przeliczeń wartości, statystyk, trendów, wykresów, grafik, rubryk w zestawieniach, raportów, notatek, alarmów (w tym dźwiękowych), potwierdzeń operatorskich, progów alarmowych (wraz z przypisanymi im rangami zależnymi od wartości przekroczeń), stosownych zmian w kolorystyce elementów oraz innych form prezentacji danych, koniecznych do odzwierciedlenia niezbędnych parametrów pracy rzeczywistych urządzeń oraz zapewnienia należytej funkcjonalności projektowanych sekcji, dostosowanych do indywidualnych potrzeb Inwestora,
- metod i ścieżek dojścia do danych widoków i danych,
- reguł funkcjonowania widoków i ich elementów,
- potrzeby redukcji domyślnie wyświetlanych ilości danych, informacji i komunikatów,

- okresów dla aktualizacji danych w poszczególnych sekcjach.

Przedkładany do uzgodnienia przez Wykonawcę projekt powinien w sposób czytelny ilustrować i opisywać wszystkie ww. aspekty dla wszystkich przewidzianych sekcji i widoków, tj. m.in. zawierać szczegółowe prototypy widoków/ekranów synoptycznych (niezależnie od ich wielkości/rangi i przynajmniej po jednym dla każdego rodzaju, tj. np. dla widoku z zabudową przepływomierza,). Projekt winien uwzględniać wszelkie uwarunkowania określone w całym dziale 10., w szczególności w niniejszym podpunkcie (10.6.).

Ponadto projekt winien zawierać przynajmniej:
- schemat ideowy połączeń i przepływu danych od punktów pomiarowych/systemu symulacji do systemu SCADA,
- opis rozwiązania akwizycji danych, w tym opis interwałów pomiarowych, rejestracji i przesyłu danych wraz ze wskazaniem metodyki ich zmiany/konfiguracji,
- rozmieszczenie i sposoby podłączeń wszystkich urządzeń (m.in. modułów telemetrycznych, serwerów itp.),
- opis i spis urządzeń,
- opis istotnych aspektów funkcjonowania systemu, np. w stanach awaryjnych (np. mechanizm redundancji, mechanizm przechowywania danych w przypadku awarii np. sieci GSM/GPRS, itp.),
- katalogi danych pomiarowych i statusowych (zmiennych),
- opis i spis oprogramowania i licencji,
- opis i spis algorytmów i przeliczeń,
- opisy i spisy schematów synoptycznych, raportów, tabel, wykresów itp.,
- reguły kolorów i animacji,
- reguły obsługi elementów,
- reguły alarmów i statusów,
- poziomy dostępu użytkowników,
- reguły powiadomień e-mail i SMS,
- opis poruszania się po oprogramowaniu,
- opis obsługi warstw danych i podkładów mapowych,
- opis sterowania panelem dyspozytorskim,
- uwarunkowania dwustronnej wymiany danych z modelem numerycznym,
- opis dróg rozbudowy systemu zarządzania.

Wykonawca zobowiązany jest do odbycia serii spotkań roboczych w siedzibie LPWiK S.A. w ilości niezbędnej do uzgodnienia wszystkich aspektów projektu funkcjonalnego.

Za generalną zasadę projektowania widoków poszczególnych sekcji należy przyjąć oszczędność wyświetlania danych: w głównych widokach powinny być widoczne dane najbardziej podstawowe, np. przepływ w przód, w tył i netto oraz wykres przepływu w widoku danego punktu pomiarowego, natomiast wyświetlanie bardziej szczegółowych danych

o punkcie pomiarowym (takich jak np. parametry przesyłu, szczegółowe statusy urządzenia) powinno być realizowane po wybraniu adekwatnej zakładki w danym głównym widoku. Ilości zakładek i sposób rozdzielenia danych Wykonawca dostosuje do indywidualnych wymagań Inwestora.

Ogólny sposób poruszania się po oprogramowaniu SCADA, w szczególności w widokach z podkładem mapowym oraz odwzorowaniu sieci, powinien być intuicyjny, nie wymagać używania klawiatury i odbywać się w sposób analogiczny do programów typu CAD/GIS, tj. m.in.: zbliżanie/oddalanie widoków powinno być realizowane za pomocą kółka myszy komputerowej, przesuwanie widoku – przy użyciu wciśniętego kółka myszy, lewy klawisz myszy – wybór obiektu, prawy klawisz – wywołanie menu kontekstowego dla danego pola danych. Ponadto analogicznie jak w programach typu CAD/GIS należy przewidzieć przypinane okno legendy z możliwymi do wyświetlenia/ukrycia warstwami.

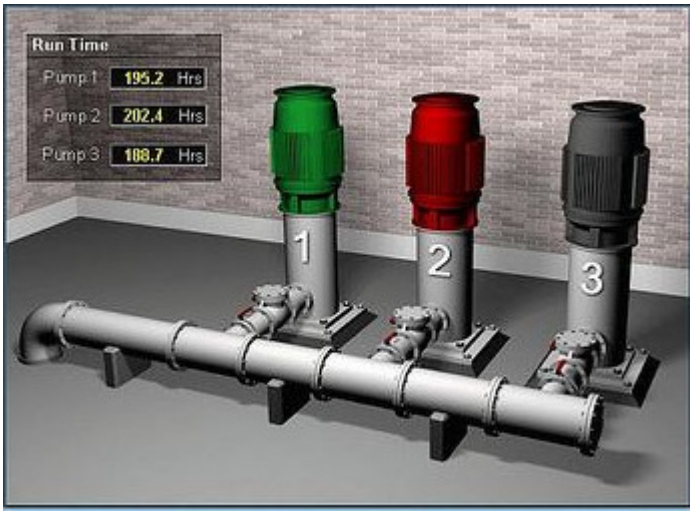
Na życzenie Inwestora Wykonawca zobowiązany będzie (przed ostatecznym uzgodnieniem projektu funkcjonalnego) do zaprezentowania funkcjonowania i wyglądu danego aspektu dowolnej projektowanej sekcji, na przykładzie stworzonego prototypu danej funkcjonalności w rzeczywistym i docelowym oprogramowaniu SCADA.

Wykonawca zobowiązany jest do uwzględnienia i wprowadzenia wszelkich sugestii Inwestora co do funkcjonalności systemu zarządzania także na etapie po opracowaniu projektu funkcjonalnego systemu zarządzania, tj. na etapie wdrożeniowym, jeśli będą one uzasadnione koniecznością pozyskania określonych informacji (wraz z określoną formą ich prezentacji) dla sprawowania należytej kontroli nad danymi pomiarowymi i bilansowymi. Ponadto nieujęcie określonych zapisów w projekcie funkcjonalnym nie zwolni Wykonawcy od obowiązku zrealizowania całej opisanej w niniejszym opracowaniu funkcjonalności.

W projekcie należy przewidzieć indywidualne, szczegółowe widoki z danymi dla każdego z punktów/obiektów pomiarowych (w tym hydroforni osiedlowych), dostępne z poziomu wektorowego odwzorowania (mapy) sieci wodociągowej oraz zestawień tabelarycznych. W widokach tych, oraz w widokach sekcji 7-9, należy przewidzieć możliwość dołączania i wyświetlania minimum 10 zdjęć/obrazów w ramach przewidzianego to tego celu pola/okna (administrator systemu powinien mieć możliwość dokonywania zmian w zbiorach zdjęć/obrazów). W widokach należy umieścić przyciski realizujące funkcję „wskaż obiekt na mapie” (funkcjonalność taka powinna być również dostępna dla dowolnych pozycji zestawień tabelarycznych i nietabelarycznych danych we wszystkich sekcjach).

W widokach szczegółowych należy zapewnić wektorowe odwzorowanie elementów sieci i instalacji wodociągowych wraz z automatycznie zmienianym wyglądem odcinków w reakcji na przepływ (wypełnienie wodą) lub jego brak. Odwzorowaniu powinna podlegać również armatura.

Przedmiotowe widoki powinny być zaprojektowane z wykorzystaniem elementów statycznej grafiki 3D, której przykład zamieszczono poniżej, przy czym należy mieć na uwadze przejrzystość i czytelność wyświetlanych odwzorowań oraz danych.



źródło na zasadzie *fair use*: star-controls.com

We wszystkich przewidzianych widokach sekcji oraz widokach szczegółowych należy zapewnić możliwość umieszczania – w dowolnie wybranym miejscu – notatek wraz z graficznymi symbolami. Symbole notatek powinny być automatycznie przeskalowywane w zależności od powiększenia widoku danej sekcji.

W projektowaniu należy uwzględnić możliwość przyszłej zmiany zasilania punktów pomiarowych z bateryjnego/akumulatorowego na sieciowe i związaną z tym zmianą interwałów rejestracji i przekazu danych. Należy przy tym wykazać, że funkcjonalność dla pozycji/widoków odpowiadających punktom zasilania bateryjnego nie różni od funkcjonalności dla pozycji odpowiadających punktom zasilania sieciowego, dla których częstotliwość przekazu danych została określona w pkt. 10.5.

W widokach oprogramowania może być widoczne wyłącznie logo firmowe LPWiK S.A.
Wszelkie zestawienia tabelaryczne powinny posiadać możliwość sortowania względem wszystkich kolumn.

Wykonawca zobowiązany jest uwzględnić występowanie w szczegółowych widokach obiektów/punktów pomiarowych pól statusów urządzeń zainstalowanych w punktach pomiarowych, w szczególności przetworników przepływomierzy i przetworników ciśnienia. Należy przewidzieć przynajmniej 20 pól statusowych dla każdego z urządzeń, dla których dane – w przypadku ww. przetworników – będą pozyskiwane dzięki zestawieniu „przezroczystego" połączenia, tj. po interfejsie RSxxx, modułu telemetrycznego z danym przetwornikiem (wymogi zgodnie z pkt. 7.6.3., 8.4. i 9.3.). Zdalny odczyt lub modyfikacja parametrów przetworników i modułów telemetrycznych nie powinny powodować przerwania przesyłanych danych. Statusy modułów telemetrycznych będą obejmować m.in. poziom sygnału GSM/GPRS, stan baterii, temperatura, otwarcie szafki/włazu, różnicę czasu RTC itp.

Wykonawca zobowiązany jest tak zaprojektować system i w odpowiedni sposób przeszkolić służby Inwestora, aby mogły one dostosowywać ilość przesyłanych danych w sieci GSM/GPRS do własnych potrzeb wynikających np. z zawartej z operatorem umowy.

Należy zapewnić możliwość wyświetlania danych pomiarowych ciśnienia z dokładnością do 0,01 m H_2O (i analogicznego rzędu dokładności w przypadku pozostałych jednostek), zaś dla pomiarów przepływu z dokładnością 0,1 l/s. Ponadto dla punktów pomiaru przepływu należy przewidzieć wyświetlanie prędkości przepływu z dokładnością 0,01 m/s.

Z uwagi na dostępność wyników obliczeń symulacyjnych również w zakresie parametrów jakościowych, należy zaprojektować i stworzyć odrębną sekcję danych pn. „Sekcja danych pochodzących z punktów pomiaru jakości" w oparciu o analogiczne wymagania zdefiniowane dla sekcji 1 – 4, z uwzględnieniem potrzeby prezentacji dodatkowych pól danych w sekcjach 12 – 14 (pkt. 10.2.). Należy zapewnić możliwość wyświetlania danych pomiarowych z istniejących urządzeń pomiarowych zlokalizowanych na głównym obiekcie ZPW (parametry temperatury, pH oraz zawartości wolnego chloru dla dwóch rurociągów tłocznych) oraz urządzenia do pomiaru wolnego chloru w zbiornikach terenowych przy ul. Złotoryjskiej (wymienione parametry przekazywane są za pośrednictwem modułów Siemens Simatic do systemu WinCC SCADA – pozyskanie tych danych dla nowoprojektowanego systemu powinno być zgodne z analogicznymi wymogami określonymi w pkt. 9.4.) Sekcja ta powinna być przygotowana na możliwość rozbudowy systemu monitoringu o urządzenia do pomiaru jakości zlokalizowane na sieci wodociągowej.

Wykonawca zobowiązany jest również przewidzieć możliwość zgłoszenia przez Inwestora – najpóźniej na etapie opracowania projektu funkcjonalnego – potrzeby zaprojektowania i realizacji jednej dodatkowej sekcji danych (sekcja rezerwowa).

System musi umożliwiać definiowanie użytkowników i przesyłanie do nich określonych powiadomień poprzez e-mail oraz SMS, wynikających np. z przekroczenia ustalonych progów danych pomiarowych/bilansowych. Wykonawca zapewni taką funkcjonalność dla wskazanych przez Inwestora aspektów i zapewni możliwość jej rozbudowy.

Nie dopuszcza się takiego projektowania i realizacji systemu zarządzania, który zakładałby potrzebę wykorzystywania przez jego użytkowników dróg pośrednich dla uzyskania wymaganego efektu w systemie – np. eksport danych do innego oprogramowania celem obróbki i ponowny import do oprogramowania SCADA. Cała funkcjonalność oprogramowania ma być realizowana w sposób automatyczny, przy wykorzystaniu wewnętrznych algorytmów i procedur oprogramowania SCADA i ewentualnych, w pełni zautomatyzowanych pomostów informatycznych między istniejącymi systemami, chyba że w odniesieniu do danej funkcji wyraźnie zaznaczono inaczej.

Funkcjonalność każdej z sekcji danych musi uwzględniać możliwość aktualizacji/zmiany danych źródłowych/wejściowych, w szczególności zmiany i aktualizacje struktury grafu sieci

wodociągowej, odzwierciedlającej model numeryczny. Wykonawca zobowiązany jest wykazać istnienie stosownych możliwości na etapie wdrożenia.

Ponadto Wykonawca zobowiązany jest do przekazania pełnej dokumentacji powykonawczej systemu zarządzania. W szczególności Wykonawca zobowiązany jest do czytelnego i trwałego oznaczania wszystkich realizowanych elektrycznych i informatycznych podłączeń kablowych w oparciu o metodę słownikową. W ramach dokumentacji powykonawczej Wykonawca przekaże Inwestorowi słownik użytych skrótów i oznaczeń wraz ze szczegółowymi schematami podłączeń.

Dla analogicznych warunków montażowych urządzeń (wszystkich, niezależnie od ich rodzaju) należy zapewnić ten sam sposób ich rozmieszczania, zasilania oraz wykonania połączeń. Przykładowo: sposób zamontowania, zasilenia i podłączeń modułu telemetrycznego w jednej szafce musi być wykonany w sposób powtarzalny dla pozostałych punktów pomiarowych, cechujących się analogicznymi warunkami montażowymi (dla podanego przykładu stanowią je: zabudowa w szafce, brak zasilania sieciowego).

10.7. Wymagania niefunkcjonalne

Całość oprogramowania składającego się na projektowany system zarządzania siecią wodociągową powinno cechować płynne i stabilne działanie zarówno na poziomie panelu dyspozytorskiego jak i stacji klienckich.

Przez płynne i stabilne działanie należy rozumieć:

- brak dostrzegalnych i dających się zmierzyć czasowo zacięć i przestoi (czas reakcji przekraczający 2 sekundy) związanych z ogólnym funkcjonowaniem oprogramowania, zwłaszcza w kontekście poruszania się po wektorowym odwzorowaniu sieci wodociągowej na tle podkładów, wywoływaniu okien z danymi w poszczególnych sekcjach oraz wywoływaniu funkcji analitycznych związanych z danymi (nie dotyczy przypadku pobierania danych na wykresach dla długich okresów, tj. przekraczających 1 kwartał),
- brak zawieszania się aplikacji, tj. unieruchamiania aplikacji powodującej konieczność jej ponownego uruchomienia (restartu), częściej niż 1 raz/kwartał,
- brak nierównomierności w pracy całości oprogramowania, tj. naprzemiennego występowania momentów cechujących się bardzo szybkimi (rzędu ułamków sekundy) i długimi czasami reakcji (max. 2 sekundy) przy wykonywaniu tych samych operacji w takich samych warunkach techniczno-informatycznych (np. przy wielokrotnym wywołaniu tej samej operacji, która po pierwszym użyciu została zbuforowana w pamięci operacyjnej serwera/stacji roboczej).

W powyższym kontekście Wykonawca zobowiązany jest uwzględnić właściwą konfigurację systemów operacyjnych oraz dobór i konfigurację oprogramowania dodatkowego, np. programów antywirusowych i zapór sieciowych.

11. Model numeryczny sieci wodociągowej

Przez model numeryczny sieci wodociągowej należy rozumieć funkcjonalne powiązanie w przestrzeni informatycznej zbioru danych, opisujących parametry i warunki pracy rzeczywistej sieci wodociągowej, oraz inżynieryjnych formuł obliczeniowych, zawartych w specjalistycznym oprogramowaniu symulacyjnym, służących do odwzorowywania zjawisk hydraulicznych i jakościowych zachodzących w rzeczywistej sieci.

Na utworzenie modelu numerycznego sieci wodociągowej składa się:
- pozyskanie właściwego oprogramowania symulacyjnego,
- utworzenie właściwego zbioru danych,
- przeprowadzenie właściwego procesu rekoncyliacji, zwanego historycznie kalibracją modelu.

11.1. Oprogramowanie symulacyjne

W kontekście opisanej w poprzednim rozdziale funkcjonalności systemu zarządzania należy podkreślić, że jednym z głównych wymagań stawianym oprogramowaniu symulacyjnemu jest obecność wbudowanego narzędzia, lub współpraca z dedykowanym przez producenta przedmiotowego oprogramowania modułem, umożliwiającym dwukierunkową komunikację z systemami SCADA w krótkich interwałach czasowych (poniżej 1 godziny). Kierunek przepływu danych od systemu SCADA do oprogramowania symulacyjnego oznacza przede wszystkim quasi-dynamiczne generowanie warunków brzegowych/początkowych do przeprowadzania symulacji (ang. „real time modeling”, „live modeling”) oraz możliwość wspomagania procesu rekoncyliacji modelu przy wykorzystaniu stosownych narzędzi, w które przedmiotowe oprogramowanie również powinno być wyposażone. Przepływ danych w kierunku odwrotnym oznacza dopełnianie zbioru danych pochodzących z rzeczywistych punktów pomiarowych oraz możliwość ich analitycznego porównywania.

Przykładami modułów/narzędzi służących wymianie danych z systemami SCADA wśród dostępnego na rynku oprogramowania są:
- „SCADAConnect” – narzędzie zawarte w oprogramowaniu WaterGEMS firmy Bentley [1],
- moduły “SCADAMaster” oraz “IWLive” firmy Innovyze, współpracujące z oprogramowaniem InfoWater i InfoWorks WS [2][3],
- “Water distribution online software” współpracujące z oprogramowaniem MIKE URBAN firmy MIKE Powered by DHI [4].

W zależności od wyboru konkretnego pakietu oprogramowania symulacyjnego należy mieć na uwadze ewentualną konieczność utworzenia dodatkowych pomostów/łączy informatycznych, tak aby zostały spełnione wszystkie opisane w niniejszej koncepcji wymagania. Wykonawca systemu zarządzania siecią wodociągową zobowiązany jest do

dokładnego zapoznania się z funkcjonalnościami pakietów przedmiotowego oprogramowania w zakresie komunikacji z systemami SCADA.

Wymiana danych pomiędzy oprogramowaniem symulacyjnym a oprogramowaniem SCADA powinna odbywać się w krokach 10-minutowych. W szczególności należy zapewnić właściwą filtrację (wygładzanie) danych rzeczywistych w równoważnych krokach czasowych. Ponadto należy przeprowadzić stosowne testy, które potwierdzą możliwość płynnej i niezakłóconej wymiany danych w krokach 1-minutowych (użytkownik winien posiadać możliwość zmiany przedmiotowych interwałów w przedziale od 15 sekund do 1 godziny przy przynajmniej 10 wartościach pośrednich).

Oprogramowanie, oprócz pracy w trybie on-line, powinno umożliwiać również przeprowadzanie symulacji przy użyciu zestawu danych historycznych, pochodzących z systemu SCADA, dla wybieralnego przez użytkownika okresu czasu.

Pozostałe, główne wymagania stawiane oprogramowaniu symulacyjnemu, są następujące:
- silnik obliczeniowy programu EPANET w wersji 2.00.12, rozbudowany o dodatkowe funkcjonalności (względem oryginalnego produktu US EPA),
- symulacje sekwencyjne (ang. EPS – extended period simulations),
- modelowanie warunków rozbiorów wody w zależności od zmian ciśnienia (ang. pressure-dependent demand),
- symulacje zmian parametrów jakościowych,
- symulacje stanów nieustalonych,
- możliwość tworzenia reguł sterowania urządzeniami,
- możliwość jednoczesnej pracy z kilkoma scenariuszami symulacyjnymi w ramach tej samej instancji aplikacji,
- moduł automatycznego, jednoczesnego testowania przepływów przeciwpożarowych w wielu lokacjach,
- funkcje importu/exportu danych z/do systemów GIS, w tym ESRI ArcGIS (obsługiwanie rozszerzeń co najmniej .shp),
- moduł generowania grafu modelu na podstawie danych GIS wraz mechanizmami upraszczającymi i optymalizującymi jego budowę oraz możliwością przyrostowej (różnicowej) aktualizacji,
- moduł automatycznego przypisywania rozbiorów węzłowych w oparciu o rozmieszczenie przestrzenne wodomierzy na warstwie GIS oraz ich powiązanie z systemem bilingowym,
- funkcje wspomagające planowanie rehabilitacji sieci (m.in. pola przeznaczone do wprowadzania danych o historii uszkadzalności rurociągów),
- mechanizmy grupowej edycji przynależności obiektów do wydzielonych stref oraz grupowego przypisywania charakterystyk rozbiorów,
- określanie kosztów energetycznych pracy pomp,
- godzinowe, tygodniowe i miesięczne charakterystyki rozbiorów wody,
- praca w środowisku operacyjnym Microsoft Windows – kompatybilność z wersjami systemu począwszy od przynajmniej Windows 7 (względem daty wydania);

- wersja 64-bit,
- obecność na rynku oprogramowania od co najmniej 5 lat,
- możliwość wykupienia u producenta oprogramowania usługi wsparcia technicznego (co najmniej w postaci on-line) w zakresie licencji, instalacji i ewentualnych błędów w oprogramowaniu,
- język interfejsu programu: polski lub angielski (w przypadku j. polskiego – możliwość pracy z interfejsem w j. angielskim),
- obsługa układu jednostek SI,
- możliwość uruchamiania i pracy w trybie niezależnym (ang. stand-alone) od innych platform (w tym platform GIS-owych, typu ESRI ArcGIS),
- oprogramowanie zaprojektowane i programistycznie zoptymalizowane specjalnie do celów modelowania sieci wodociągowej (bez funkcjonalności dotyczących sieci kanalizacyjnych),
- dostępność aktualizacji przez cały cykl życia produktu,
- 2 licencje stacjonarne dla stacji roboczych oraz 1 licencja stacjonarna serwerowa przewidziana do pracy w trybie on-line 24/7,
- licencje niewygasające.

11.2. Wymagania sprzętowe

Oprogramowanie symulacyjne należy zainstalować i skonfigurować na dwóch istniejących stacjach roboczych LPWiK S.A., pracujących pod kontrolą systemów operacyjnych Windows 7 64-bit, oraz na serwerze, który należy dostarczyć wraz z niezbędnym wyposażeniem dodatkowym. Wymagania dla serwera zostały określone w pkt. 10.1. Serwer przewidziany jest do pracy całodobowej.

Należy zapewnić możliwość łączenia się ww. stacji roboczych z oprogramowaniem symulacyjnym pracującym na serwerze w celach jego konfiguracji i aktualizacji bazowego scenariusza obliczeń. Dla oprogramowania symulacyjnego pracującego na stacjach roboczych należy zapewnić poprawność funkcjonowania analogicznego zestawu połączeń SCADA-model numeryczny (warunki brzegowe/początkowe) co w przypadku oprogramowania pracującego na serwerze.

Pozyskiwane w sposób quasi-dynamiczny warunki brzegowe dla serwera symulacji stanowić będą przede wszystkim główne parametry zasilania na obiekcie ZPW (szczegółowe warunki dodatkowe zostaną określone przez Inwestora na etapie wdrożenia).

11.3. Graf sieci wodociągowej

Ze względu na obecność w LPWiK S.A. kadry posiadającej wieloletnie i praktyczne doświadczenie z zakresu budowy, utrzymania i analitycznego wykorzystania modeli numerycznych w warunkach, w jakich funkcjonują duże przedsiębiorstwa wodociągowe, topologia modelu wraz z opisem parametrycznym zostanie odwzorowana własnymi siłami

LPWiK S.A. i przekazana Wykonawcy systemu zarządzania. Budowie grafu towarzyszyć będzie szczegółowa weryfikacja danych GIS i posiadanej dokumentacji.

Topologia systemu wraz z niezbędnymi parametrami zostanie utworzona w programie EPANET 2.00.12 w układzie współrzędnych geograficznych odpowiadającym warstwie sieci wodociągowej obecnej w systemie ESRI ArcGIS. Wykonawca otrzyma zbiór danych w postaci pliku z rozszerzeniem .INP. Łączna ilość odcinków modelu nie przekroczy wartości 4 500 (licencja oprogramowania powinna umożliwiać pracę z przynajmniej 5 000 odcinków). Względem jednego z podziałów modeli numerycznych na: szkieletowe, podstawowe i szczegółowe [5], tworzony graf należy odnosić do modelu hybrydowego, łączącego cechy modeli podstawowych i szczegółowych, lecz z przewagą cech modelu podstawowego. Odgałęzienia od sieci magistralno-rozdzielczej (przyłącza), właściwe modelom szczegółowym, zostaną odwzorowane w niezbędnym zakresie wynikającym z praktyki eksploatacyjnej przedsiębiorstwa i doświadczeń związanych z przeprowadzaniem analiz hydraulicznych. Wysoki stopień uszczegółowienia odwzorowania układu magistralno-rozdzielczego będzie umożliwiał przeprowadzanie symulacji zarówno w zakresie parametrów hydraulicznych jak i jakościowych. Zastosowane techniki optymalizacyjne w zakresie budowy grafu umożliwią redukcję czasu potrzebnego na przeprowadzanie skomplikowanych symulacji, o małych krokach czasowych, jednoczesną pracę z wieloma scenariuszami oraz efektywną wymianę danych z oprogramowaniem SCADA.

W trakcie budowy grafu, jak i w procesie budowy kompletnego modelu, zostaną uwzględnione dziesięciolecia źródłowej wiedzy i doświadczenia przekazanego w kluczowych opracowaniach z zakresu modelowania sieci wodociągowej [6][7], wraz z uwzględnieniem polemik takich jak [8].

Aktualizacja grafu – do czasu pełnego przystosowania posiadanego systemu GIS do wymogów sankcjonujących poprawność zastosowania funkcji automatycznego generowania grafu, dostępnej w wielu nowoczesnych pakietach oprogramowania – przeprowadzana będzie w oparciu o bieżące kwerendy zmian z systemu ESRI ArcGIS oraz ich każdorazową weryfikację. Przedstawiony sposób utrzymania modelu numerycznego sieci wodociągowej w tym aspekcie podyktowany jest świadomością odpowiedzialności wynikającej z przeprowadzania analiz hydraulicznych i podejmowania na ich podstawie wiążących decyzji. Ponadto należy pamiętać, że wraz z wykorzystywaniem funkcjonalności oprogramowania umożliwiających automatyczne (całościowe i przyrostowe) generowanie grafu nadal niezbędna będzie weryfikacja i akceptacja zaistniałych w systemie GIS zmian przez administratorów systemu modelowania [6][7][9].

Nazewnictwo (identyfikatory) węzłów, odcinków i pozostałych obiektów będzie uwzględniać m.in. przynależność do stref opomiarowania i zasilania. W oprogramowaniu symulacyjnym należy przeprowadzić proces grupowego przypisania obiektów do wydzielonych stref opomiarowania i zasilania przy użyciu wewnętrznych algorytmów oprogramowania. Należy zapewnić prawidłowy import wszystkich danych/etykiet nadanych w oprogramowaniu

EPANET 2 (pola „Description” i „Tag”) z ich przypisaniem do odpowiednich pól w oprogramowaniu docelowym.

Na wszelkie zmiany w parametrach grafu jak i całego modelu numerycznego Wykonawca zobowiązany jest uzyskać zgodę właściwych służb Inwestora oraz stosować się do ich poleceń. Pliki bazodanowe modelu mogą być edytowane/użytkowane wyłącznie na terenie siedziby Przedsiębiorstwa, na zaakceptowanych przez Inwestora stacjach roboczych. Nie dopuszcza się ich przenoszenia za pośrednictwem jakichkolwiek nośników i systemów informatycznych poza siedzibę Inwestora.

11.4. Przypisanie wartości bazowych rozbiorów węzłowych

W procesie definiowania bazowych rozbiorów węzłowych należy wykorzystać przewidziane do tego celu obiekty w oprogramowaniu symulacyjnym, odzwierciedlające rzeczywiste wodomierze. Obiekt wodomierza w oprogramowaniu symulacyjnym powinien być powiązany z odpowiadającą mu pozycją w systemie bilingowym LPWiK S.A., a następnie z właściwym węzłem modelu. W oprogramowaniu symulacyjnym powinna być również dostępna funkcja pozwalająca ukryć warstwę obiektów wodomierzy. Identyfikator obiektu wodomierza w oprogramowaniu symulacyjnym powinien zawierać dane adresowe odbiorcy (ulica_nr).

Bazowe rozbiory węzłowe powinny zostać w sposób zautomatyzowany wyliczone za okres ostatnich 12. miesięcy, tj. okres w przybliżeniu równy 365 dniom, z uwzględnieniem różnych okresów rozliczeniowych (jednomiesięczne, dwumiesięczne) oraz pozycji ryczałtowych.

Kolejny, istotnym aspektem przedmiotowego zagadnienia jest właściwa interpretacja przestrzennego usytuowania wodomierzy wraz z przyłączami względem węzłów modelu. W tym celu należy wykorzystać narzędzia dostępne w nowoczesnych pakietach oprogramowania symulacyjnego, pozwalającego na zautomatyzowanie przedmiotowych czynności (np. „LoadBuilder” w produkcie Bentley WaterGEMS, „Demand Allocator” dla produktu Innovyze InfoWater).

Skorzystanie z powyższych narzędzi należy poprzedzić informatyczną analizą zgodności danych o punktach adresowych między systemem GIS a systemem bilingowym oraz przeprowadzeniem niezbędnych korekt w eksportowanej bazie danych rozbiorów węzłowych. Zweryfikowana baza danych powinna być następnie zaimportowana przy użyciu odpowiednich funkcji obecnych w oprogramowaniu symulacyjnym.

W następnym kroku szczegółową weryfikacją i wprowadzeniem stosownych korekt powinny zostać objęte efekty zastosowania wspomnianych narzędzi i funkcji informatycznych, automatyzujących proces przypisywania obiektów wodomierzy do węzłów modelu. Należy pamiętać, że podobnie jak ma to miejsce w przypadku funkcji automatycznie generujących graf modelu, zastosowane techniki informatyczne – w zależności od ich rodzaju – cechują się istotnym poziomem nieufności [10].

Późniejsza aktualizacja bazy danych rozbiorów węzłowych odbywać się będzie w sposób półautomatyczny po przeprowadzeniu rozbudowy funkcjonalności systemu bilingowego wraz z systemem GIS, która została uprzednio zaplanowana przez Inwestora w ramach odrębnego przedsięwzięcia.

Poziom strat wody należy skonfrontować z wynikami analizy MNP.

11.5. Grupy odbiorców i charakterystyki rozbiorów wody

Każdemu z obiektów wodomierzy w oprogramowaniu symulacyjnym powinna być przypisana właściwa, godzinowa i dniowa (okres tygodnia) charakterystyka rozbiorów, odpowiadająca danej grupie odbiorców.
W systemie bilingowym Inwestora funkcjonuje podział na kilka typów oraz kilkanaście grup odbiorców. Wykonawca zobowiązany jest do ujednolicenia tego podziału w ramach eksportowanej bazy danych rozbiorów bazowych i wyodrębnienie następujących grup głównych:

- mieszkalnictwo jednorodzinne,
- mieszkalnictwo wielorodzinne,
- działalność gospodarcza.

Z grupy działalności gospodarczej (działalność wytwórcza, budowlana, handlowa, usługowa) należy wydzielić odbiorców charakteryzujących się dużymi i specyficznymi potrzebami wodnymi (szpitale, uczelnie, duże obiekty handlowe itp.), przewidując zastosowanie indywidualnych charakterystyk rozbioru opisywanych numerem porządkowym, funkcją obiektu i nazwą własną odbiorcy. Indywidualne charakterystyki rozbioru wody znajdą również zastosowanie do opisu innych rodzajów poborów wody, takich jak zużycie wody do celów podlewania zieleni.

Poprzez przeprowadzenie badań, polegających na rejestracji przepływów na przyłączach, należy opracować stosowne charakterystyki rozbiorów dla ww. głównych grup odbiorców. Badania należy przeprowadzić dla minimum 5 reprezentatywnych obiektów z danej grupy i na tej podstawie określić charakterystykę wypadkową. Ponadto należy opracować indywidualne charakterystyki rozbioru wody dla minimum 20 największych odbiorców w grupie działalności gospodarczej (z wyjątkiem obiektów, które będą bezpośrednio ujęte w systemie monitoringu).

Wykonawca zobowiązany jest również wykorzystać charakterystyki rozbiorów zarejestrowane przez właściwe służby LPWiK S.A.

11.6. Proces rekoncyliacji modelu numerycznego

Przez historyczne pojęcie kalibracji modelu sieci wodociągowej w aspekcie parametrów hydraulicznych należy rozumieć „dwuetapowy proces, na który składa się:

- porównanie symulowanych wartości ciśnień i przepływów z zaobserwowanymi wartościami ciśnień i przepływów dla znanych warunków eksploatacyjnych (np. stanów pracy pomp, poziomów wody w zbiornikach, nastaw reduktorów ciśnienia),
- dostosowanie danych wejściowych dla modelu w celu zwiększenia stopnia zgodności między wartościami zaobserwowanymi a symulowanymi.”[11]

Mimo iż pojęcie „kalibracja” silnie zapisało w nomenklaturze modelarskiej, nie brakuje niepozbawionych racji opinii wskazujących na potrzebę posługiwania się pojęciem wiarygodniej oddającym istotę zagadnienia [6]. „Pojęcie rekoncyliacji jest bardziej preferowane od kalibracji z kilku przyczyn:

- Dostosowywanie wartości takich jak chropowatość czy rozbiór wody wobec braku bezpośrednich pomiarów lub obliczeń empirycznych nie jest kalibracją, gdyż nie jest to spójne z powszechną definicją tego słowa.
- Kiedy wyniki z modelu nie odpowiadają stanom rzeczywistej sieci, częstym jest to, że to nie model wymaga wprowadzenia korekt. Rekoncyliacja z definicji uwzględnia ten fakt.
- Kalibracja implikuje, że model pozostanie dokładnym tak długo, jak długo pozostanie w stanie nienaruszonym. Tymczasem użytkowanie i aktualizowanie modelu ma fundamentalne znaczenie dla podnoszenia i utrzymania stopnia jego dokładności.”[12]

Rekoncyliację modelu numerycznego sieci wodociągowej należy zatem rozumieć jako ogół czynności zmierzających do uzyskania zakładanego poziomu zbieżności pomiędzy wynikami rzeczywistych pomiarów a wynikami symulacji w odpowiadających sobie lokacjach sieci wodociągowej i modelu numerycznego.

Ustalenie pożądanego poziomu zgodności wyników wymaga uwzględnienia:

- oczekiwanego przez Inwestora obszaru zastosowań modelu,
- specyfiki systemu wodociągowego Inwestora,
- ogólnych wytycznych opartych na dziesięcioleciach doświadczeń, zawartych w opracowaniach [6] i [7].

Należy przy tym podkreślić, że często przywoływane, także w literaturze polskiej, wytyczne komitetu ECAC AWWA (AWWA – Stowarzyszenie Amerykańskich Przedsiębiorstw Wodociągowych) [13] nigdy nie zostały zaakceptowane jako standard, ani nie zostały zatwierdzone przez przedmiotowy komitet z uwagi na ich „kontrowersyjną naturę” [6]. Z tego też względu aktualne wytyczne zawarte przez AWWA w opracowaniu [6] nie przywołują treści wytycznych [13].

Wymogi odnośnie zgodności wyników zostały określone w kolejnych podrozdziałach (11.6.2. i 11.6.3.). Wykonawca zobowiązany jest do ich przestrzegania oraz stosowania się do wszystkich poleceń Inwestora w zakresie prowadzonego procesu rekoncyliacji modelu

numerycznego. W szczególności Wykonawca zastosuje się do wskazanych przez Inwestora kroków czasowych rejestracji danych, kroków czasowych symulacji EPS oraz potrzeby zwiększenia częstotliwości próbkowania bateryjnych urządzeń pomiarowych na czas prowadzonej kampanii pomiarowej.

Szczegółowy plan rekoncyliacji (dla każdego z jej etapów) wraz ze wzorem protokołów badawczych zostanie przedłożony Wykonawcy przez Inwestora na etapie prowadzenia czynności przygotowawczych. Wykonawca zobowiązany jest do przestrzegania wszystkich zapisów przedmiotowego planu.

11.6.1. Uwarunkowania ogólne i czynności przygotowawcze

1. Wykonawca zobowiązany jest do opracowania i uzgodnienia z Inwestorem planu przeglądu stanu otwarcia/zamknięcia zasuw na sieci wodociągowej, a następnie jego realizacji w ścisłej współpracy z przedstawicielami właściwych służb Inwestora. W ramach planu powinny zostać przygotowane wzory protokołów kontrolnych, w których odnotowywane będą wszelkie uwagi dot. stanu zasuw w odniesieniu do ich numeracji zawartej w GIS.
2. Wraz z ukończeniem zadania polegającego na obciążeniu rozbiorami modelu numerycznego (pkt. 11.4. i 11.5.) Wykonawca zobowiązany jest do przekazania plików utworzonych baz danych modelu administratorom systemu symulacji LPWiK S.A. oraz zainstalowania i skonfigurowania oprogramowania symulacyjnego na dwóch wskazanych przez Inwestora stacjach roboczych. Na tym etapie Inwestor dokona weryfikacji wykonanych prac informatycznych jak i dokona wstępnej analizy modelu w oparciu o metodę stanów ustalonych, w tym przy wykorzystaniu danych z monitoringu ZPW. Od tego momentu wszelkie zmiany w modelu będą mogły zachodzić wyłącznie z poziomu ww. stacji roboczych, w obecności i przy akceptacji administratorów systemu symulacji.
3. Wykonawca zobowiązany jest dysponować na czas prowadzenia pomiarów przynajmniej 45 mobilnymi urządzeniami do pomiaru ciśnienia na hydrantach oraz przynajmniej 5 bezinwazyjnymi urządzeniami do ultradźwiękowego pomiaru przepływu w rurociągach.
4. Każde mobilne urządzenie pomiarowe należy poddać porównawczemu testowi na stanowisku badawczym wskazanym przez i w obecności służb Inwestora, najwcześniej na 3 dni przed planowanym terminem jego montażu.
5. W przypadku mobilnych urządzeń do pomiaru ciśnienia stanowisko badawcze będzie stanowić miejsce montażu nowego przetwornika ciśnienia o dokładności podstawowej 0,1% (punkt C14) wraz z rejestratorem. Do dyspozycji Wykonawcy będzie dodatkowe odejście procesowe 1/2", do którego we własnym zakresie zamontuje niezbędne do podłączenia urządzenia mobilnego kształtki. Urządzenie mobilne do pomiaru ciśnienia zostanie dopuszczone do montażu w punkcie pomiarowym jeśli różnica wskazań – przy precyzyjnym (do 1 cm) uwzględnieniu różnicy poziomów montażu – nie przekroczy dla okresu 5 minut (rejestracja pomiaru przynajmniej co sekundę) wartości 0,5 m H_2O.
6. W przypadku mobilnych urządzeń do bezinwazyjnego, ultradźwiękowego pomiaru przepływu, stanowisko badawcze stanowić będzie jeden z głównych rurociągów tłocznych na obiekcie ZPW, na którym zainstalowany został w 2015 r. nowy

przepływomierz elektromagnetyczny o dokładności podstawowej ± 0,5%, zasilany z sieci 230 V i próbkujący z wysoką częstotliwością. Urządzenie mobilne do ultradźwiękowego pomiaru przepływu zostanie dopuszczone do montażu w punkcie pomiarowym jeśli różnica wskazań nie przekroczy 5 % dla okresu 15 minut (rejestracja pomiaru minimum co 1 minutę).

7. Dla ww. pomiarów kontrolnych należy zapewnić zgodność i synchronizację interwałów pomiarowych.
8. Próbkowanie pomiarowe oraz rozdzielczość pomiarowa mobilnych urządzeń do pomiaru ciśnienia i przepływu – odpowiednio minimum 5 Hz i 1 mbar oraz 1 Hz i 0,1 l/s.
9. Należy zagwarantować ciągłość pracy urządzeń mobilnych podczas wskazanych okresów kampanii pomiarowej.
10. Podobnie jak dla stacjonarnych punktów pomiaru ciśnienia, tak i dla mobilnych punktów pomiaru ciśnienia należy – na podstawie pomiarów geodezyjnych – określić wysokość czujników pomiarowych w m n.p.m. z dokładnością 0,01 m.
11. Uzyskane wartości pomiarowe w zakresie pomiarów ciśnienia powinny być przekształcane na wartości rzędnej linii ciśnień (rz.l.c.) i w takiej postaci wykorzystywane do analiz porównawczych.
12. Wszystkie użyte w procesie pomiarowym urządzenia powinny zostać oznakowane i ponumerowane. Oznakowanie wraz z numeracją musi pozostać niezmienne od momentu przetestowania urządzeń do zakończenia wszystkich przypisanych Wykonawcy czynności. Numer urządzenia pomiarowego musi być zawsze wskazywany przy zarejestrowanych przez niego danych pomiarowych.
13. Pomiary należy realizować jako jednoczesne i ciągłe w ramach wskazanych w kolejnych podrozdziałach etapów, z zapewnieniem synchronizacji czasu (co do 1 sek.) wszystkich urządzeń pomiarowych (Wykonawca zobowiązany jest zapewnić ciągłość zasilania urządzeń).
14. Montaż urządzeń może odbywać się wyłącznie w obecności przedstawicieli Inwestora. W szczególności będzie podlegać kontroli prawidłowość odpowietrzenia mobilnych rejestratorów ciśnienia.
15. Wykonawca zobowiązany jest do przeprowadzenia dodatkowych pomiarów za pomocą mobilnych urządzeń do pomiaru przepływu, opartych o bezinwazyjną metodę ultradźwiękową, w przypadku trudności ze zlokalizowaniem przyczyn ewentualnych niezgodności między wartościami symulowanymi a obserwowanymi, wykraczającymi poza ustalone progi zgodności. Należy przy tym uwzględnić, że czynności te mogą się wiązać z koniecznością wykonania odkrywek rurociągów.
16. Na polecenie Inwestora Wykonawca może zostać zobligowany do powtórzenia pomiarów ciśnienia i przepływu w lokalizacjach, dla których analiza porównawcza wykaże niezgodności przekraczające ustalone przez Inwestora progi dokładności.
17. Dla wszelkich pomiarów wykonywanych za pomocą mobilnych urządzeń pomiarów wymagane jest stosowanie się do wszystkich zaleceń ich producentów w kontekście spełnienia warunków niezbędnych dla wykonania poprawnych pomiarów. Wykonawca zobowiązany jest do przedłożenia Inwestorowi dokumentacji urządzeń.
18. W procesie rekoncyliacji należy zapewnić wymaganą zgodność również w zakresie wartości pomiarowych i parametrów pozyskiwanych za pomocą istniejących urządzeń

pomiarowych, w szczególności ultradźwiękowych i hydrostatycznych urządzeń do pomiaru poziomu napełnienia zbiorników.

19. Dla wszystkich wycinanych odcinków rurociągów, przed ich usunięciem, powinna zostać sporządzona dokumentacja fotograficzna i opisowo-pomiarowa. Dokumentacja powinna zawierać m.in. informacje o roku budowy, średnicy nominalnej i średnic pomierzonych (wewnętrznej i zewnętrznej), materiale, obecności wykładzin wewnętrznych, ewentualnych uszkodzeniach, przybliżonej średniej i maksymalnej wysokości nierówności wewnętrznych przed i po usunięciu chropowatości przejściowej (nietrwałej), opis struktury i właściwości osadów, rodzaju i struktury gruntu w otoczeniu rurociągów. Ponadto na polecenie Inwestora mogą zostać pobrane próbki do analizy w laboratorium LPWiK S.A.
20. Narzędzia automatyzujące proces rekoncyliacji modelu, zawarte w oprogramowaniu symulacyjnym, nie mogą być stosowane bezkrytycznie. Zabronione jest „maskowanie" ewentualnych dużych niezgodności (np. poprzez współczynnik chropowatości zastępczej) bez przeprowadzenia uprzedniej analizy, a w razie konieczności – powtórzenia lub/i przeprowadzenia dodatkowych pomiarów.
21. W procesie rekoncyliacji należy zapewnić właściwą filtrację (wygładzanie) danych rzeczywistych w równoważnych symulacji krokach czasowych.
22. Wykonawca zobowiązany jest do przekazania pełnej dokumentacji z przebiegu procesu rekoncyliacji, zawierającej wszystkie związane z nim informacje, w szczególności protokoły badawcze, pomiary wysokościowe i dokumentację fotograficzną warunków pomiaru. Wykonawca zobowiązany jest do m.in. opracowania tabel i wykresów, w tym wykresów korelacyjnych (funkcjonalność ta powinna być dostępna w oprogramowaniu symulacyjnym), które powinny potwierdzać silną korelację pomiędzy uśrednionymi elementami zbioru zestawień wartości mierzonych i symulowanych.

11.6.2. Rekoncyliacja wstępna i sprawdzenie doboru średnic czujników przepływomierzy

Zgodnie z wymogiem zawartym w pkt. 7.7. należy dokonać sprawdzenia doboru średnic hydraulicznych czujników przepływomierzy przy pomocy wstępnie zweryfikowanego modelu numerycznego oraz dodatkowych pomiarów mobilnych.

<u>Warunki dla przeprowadzenia wstępnej weryfikacji modelu numerycznego:</u>

- zrealizowane wszystkie nowe punkty stacjonarnego pomiaru ciśnienia wraz z punktami pomiaru przepływu i ciśnienia CP1, CP2, CP3 i CP4,
- zainstalowane wszystkie urządzenia do mobilnego pomiaru ciśnienia (45 sztuk) w oparciu o wytyczne Inwestora,
- wykonane zabezpieczone wykopy na terenie zbiorników terenowych w miejscach planowanego montażu przepływomierzy P15, P16, P17, P18 i P19 oraz zamontowane na wszystkich 5-ciu rurociągach urządzenia do ultradźwiękowego pomiaru przepływu (Inwestor zapewni możliwość sieciowego zasilania urządzeń, zaś teren jest strzeżony całodobowo; sposób wykonania wykopów powinien uwzględniać następujące po pomiarach czynności montażowe przepływomierzy elektromagnetycznych).

Rodzaj symulacji:
Symulację należy przeprowadzić w trybie EPS dla okresu pełnego tygodnia, z uwzględnieniem znanych i podlegających rejestracji warunków brzegowych/początkowych, m.in. parametrów zasilających na głównym obiekcie ZPW.

Wymóg zgodności wartości mierzonych i symulowanych:
- rz.l.c.: ± 2,00 m n.p.m. w czasie szczytowych prędkości przepływu wody, ± 1,50 m n.p.m. poza szczytem,
- przepływ: ± 12,5 %,
- poziom wody w zbiornikach sieciowych przy ul. Złotoryjskiej: ± 0,30 m,
- współczynnik liniowej korelacji dla wartości uśrednionych ≥ 0,70.

Wstępna weryfikacja modelu numerycznego stanowić będzie punkt odniesienia dla sprawdzenia doboru czujników przepływomierzy, przy uwzględnieniu stopnia jej nieufności. Inwestor, posiadając wiedzę m.in. z zakresu realizowanych i planowanych inwestycji modernizacyjno-rozwojowych oraz wymagań ppoż., przeprowadzi stosowne, uwzględniające te aspekty analizy hydrauliczne, i podejmie stosowne do ich wyników decyzje.

Ostateczny dobór średnicy hydraulicznej czujnika przepływomierza elektromagnetycznego powinien uwzględniać prawo Faraday'a, w oparciu o które działa każdy tego rodzaju przepływomierz. Generowanie optymalnej siły elektromotorycznej na elektrodach pomiarowych jest podstawowym warunkiem dla zapewnienia prawidłowych pomiarów i ich przydatności, m.in. w analizach minimalnych nocnych przepływów.

11.6.3. Rekoncyliacja docelowa

Warunki dla przeprowadzenia docelowej weryfikacji modelu numerycznego
Docelowa weryfikacja powinna zostać przeprowadzona po zainstalowaniu i wdrożeniu wszystkich elementów systemu SCADA, w tym po zainstalowaniu wszystkich przepływomierzy elektromagnetycznych oraz przy wykorzystaniu wszystkich stacjonarnych punktów pomiaru ciśnienia i 45 sztuk mobilnych rejestratorów ciśnienia.

Rodzaj symulacji:
Symulację należy przeprowadzić w trybie EPS dla okresu pełnego tygodnia, z uwzględnieniem znanych i podlegających rejestracji warunków brzegowych i początkowych, m.in. parametrów zasilających na obiekcie ZPW, pozyskiwanych bezpośrednio z systemu SCADA.

Wymóg zgodności wartości mierzonych i symulowanych:
- rz.l.c.: ± 1,75 m n.p.m. w czasie szczytowych prędkości przepływu wody, ± 1,25 m n.p.m. poza szczytem,
- przepływ: ± 10 %,
- poziom wody w zbiornikach sieciowych przy ul. Złotoryjskiej: ± 0,20 m,

- pozostałe parametry technologiczne: zgodnie z wytycznymi Inwestora, które zostaną przedłożone w ramach planu rekoncyliacji,
- współczynnik liniowej korelacji dla wartości uśrednionych ≥ 0,80.

Uwarunkowania walidacji modelu wyznaczy Inwestor.

11.6.4. Dalszy przebieg procesu rekoncyliacji i utrzymania modelu

Rozszerzenie obszaru zastosowań modelu numerycznego jak i zwiększenia stopnia zaufania do uzyskiwanych za jego pomocą wyników symulacji wymaga kontynuacji prowadzenia prac weryfikacyjnych z zastosowaniem metod upustowych. Z uwagi na fakt, że jest to m.in. proces wymagający dokładnego zaplanowania i uwzględnienia wielu uwarunkowań, w sposób naturalny jego realizacja stanie się zadaniem własnym Inwestora w ramach prowadzonych czynności eksploatacyjnych i utrzymania wdrożonego modelu numerycznego.

Od Wykonawcy wymaga się, aby wyposażył Inwestora w urządzenia pomiarowe niezbędne do prowadzenia badań związanych z dalszym rozwojem i utrzymaniem modelu numerycznego, zgodnie z zamieszczoną w pkt. 11.6.5. specyfikacją.

Konieczność prowadzenia rekoncyliacji modelu w warunkach jednoczesnego stosowania metod upustowych wskazywana jest od bardzo dawna [14] i wcale nie utraciła na aktualności [15] (także [6][7]). Wynika to przede wszystkim z uwzględnienia podstawowych prawd teorii mechaniki płynów. Jednak jak zauważa Thomas Walski w jednym ze swoich artykułów pt. „Dane do kalibracji modelu: te dobre, te złe i te bezużyteczne", 2000 r. [16]:
„Niektórzy mogą dowodzić, że wiele z podniesionych tutaj kwestii jest zwykłą powtórką lekcji o dokładności i precyzji pomiarów, nauczanych na każdych zajęciach z fizyki w szkołach średnich. Pomimo iż krytyka ta może być prawdziwa, autor niniejszego artykułu był świadkiem wielu przypadków, kiedy to właśnie te podstawowe lekcje nie zostały właściwie wykorzystane w modelowaniu sieci."

Niestety nakreślony problem nie dotyczy tylko Stanów Zjednoczonych. Ponadto także aktualnie można spotkać się z opracowaniami zawierającymi tzw. „wytyczne kalibracji modelu", w których pomijany jest aspekt nie tylko badań z zastosowaniem wymuszonych, zwiększonych przepływów, ale nawet aspekt prowadzenia badań w porach charakteryzujących się zwiększonymi prędkościami przepływu wody. Tymczasem drzemiące w polskich systemach wodociągowych magistrale, jak i sieci rozdzielcze, nie są skore do odkrywania swych tajemnic, tj. niepożądanych anomalii, gdy pomiary realizowane są w okolicznościach prowadzących w prostej linii do uzyskania danych bezużytecznych.

Z uwagi na powyższe, do zadań własnych Inwestora na etapie powdrożeniowym należeć będzie m.in.:
- opracowanie generalnego planu płukań kierunkowych wraz z towarzyszącymi badaniami współczynnika chropowatości zastępczej oraz rekoncyliacją modelu w warunkach wymuszonych przepływów (należy uwzględnić konieczność wcześniejszego

powiadamiania odbiorców o możliwości wystąpienia przejściowych zmian jakościowych dostarczanej wody),
- prowadzenie rekoncyliacji modelu w skali mikro [17] oraz w czasie występowania nietypowych stanów eksploatacyjnych i awaryjnych, przy uwzględnieniu bardziej restrykcyjnych progów zgodności wartości mierzonych i symulowanych,
- opracowanie generalnego planu optymalizacji układu sieciowego w zakresie prędkości przepływu wody z jednoczesnym uwzględnieniem możliwości wydzielenia przyszłych stref opomiarowania przepływu,
- kontynuacja opracowywania charakterystyk rozbioru wody dla dużych i specyficznych odbiorców wody,
- opracowanie planu rozmieszczenia urządzeń do pomiarów jakościowych, z uwzględnieniem rozbudowy systemu zarządzania i rekoncyliacji modelu w tym aspekcie,
- zacieśnienie procedur związanych z kontrolą przebiegu otwierania i zamykania zasuw (oraz innych czynności eksploatacyjnych), przy wsparciu planowanych do wdrożenia mobilnych systemów informatycznych,
- regularne przeprowadzanie rekoncyliacji i walidacji modelu,
- okresowa weryfikacja działania i kalibracja urządzeń pomiarowych,
- okresowa weryfikacja działania elementów teleinformatycznych systemu zarządzania.

Należy podkreślić, że ostatecznym celem prowadzenia wszystkich ww. działań jest zwiększenie stopnia niezawodności i jakości świadczonych dla odbiorców wody usług.

Proces rekoncyliacji modelu numerycznego należy kontynuować nie dalej niż do momentu zrównoważenia się kosztu prowadzonych czynności z korzyściami płynącymi z jego użytkowania [6][7].

11.6.5. Dostawa urządzeń pomiarowych

Wykonawca zobowiązany jest do dostarczenia następujących urządzeń:
- zestaw do niwelacji,
- rejestrator przepływu wody na przyłączach,
- dwa mobilne urządzenia do precyzyjnego pomiaru wydatku z funkcją badania parametrów ppoż. hydrantów zewnętrznych,
- dwa mobilne precyzyjne rejestratory ciśnienia, przeznaczone do montażu na hydrantach zewnętrznych.

Wymagania stawiane nowym urządzeniom są następujące:

<u>Zestaw do niwelacji</u>
- komplet zawierający niwelator wraz z walizką przenośną, statyw, łatę 5 m oraz narzędzia rektyfikacyjne,
- powiększenie przynajmniej 24x,
- najkrótsza celowa przynajmniej 0,6 m,

- podział koła poziomego: grady lub stopnie i grady,
- kompensator magnetyczny o zakresie pracy przynajmniej ± 15’,
- dokładność ustawienia przynajmniej ± 0,5”,
- dokładność podwójnej niwelacji przynajmniej ± 2,0 mm,
- poziom szczelności przynajmniej IPX6 lub równoważny,
- instrukcja obsługi w j. polskim,
- gwarancja 5 lat (serwis gwarancyjny i pogwarancyjny),
- prosty odczyt,
- dodatkowe wyposażenie w postaci taśmy mierniczej 5 m.

Rejestrator przepływu na przyłączach

- czterokanałowy, wejścia analogowe i cyfrowe,
- możliwość współpracy ze wszystkimi rodzajami nakładek impulsowych wodomierzy,
- możliwość pomiaru ciśnienia (jako opcja),
- przesył danych do PC za pośrednictwem dedykowanego oprogramowania w j. polskim, kompatybilnym ze środowiskiem Microsoft Windows,
- opcjonalna możliwość przesyłu danych w sieci GSM/GPRS,
- wyświetlacz LCD z polskim menu,
- progi alarmowe: niskiego stanu baterii, braku zasięgu sieci GSM (jako opcja), przekroczenia wartości maksymalnych i minimalnych,
- wbudowana nieulotna pamięć wewnętrzna,
- stopień szczelności przynajmmniej IP68,
- zakres temperatury pracy przynajmniej 0 ÷ 50 ºC,
- bateria wymienna w miejscu pomiaru, żywotność przynajmniej 1/2 roku.

Mobilny przepływomierz

- skonstruowany zgodnie z załączonym schematem montażowym (Rysunek 5),
- przepływomierz dedykowany do zasilania sieciowego, spełniający wymagania określone w pkt. 7.6. (pochodzący od tego samego producenta), w wykonaniu kompaktowym,
- przetwornik ciśnienia spełniający wymagania określone w pkt. 8.4. (pochodzący od tego samego producenta),
- moduł telemetryczny (rejestrator) spełniający wymagania określone w pkt. 9.3. (pochodzący od tego samego producenta), dedykowany do zasilania sieciowego, połączony z przetwornikami po interfejsie RSxxx, przystosowany do częstej wymiany danych z komputerem / laptopem,
- wyświetlacz zaprogramowany na wyświetlanie bieżących wartości rejestrowanych parametrów (co 3 s) oraz napięcia zasilania,
- 2 x akumulator żelowy/AGM 12 V (połączenie szeregowe 24 V) przeznaczony do pracy cyklicznej i wystarczający na przynajmniej 12 godzin pracy zestawu (nie mniej niż 10 Ah), posiadający przynajmniej 24 miesiące gwarancji producenta, dostarczony wraz z ładowarką; w przypadku zastosowania przepływomierza w wersji 12 V należy przewidzieć jeden akumulator jw. o pojemności nie mniejszej niż 20 Ah,

- skonfigurowany i gotowy do pracy,
- dodatkowe wyposażenie w postaci stojaka hydrantowego DN80, uniwersalnego klucza hydrantowego oraz węża pożarniczego o długości 6 m (poza wężami 2 i 4 m przedstawionymi na schemacie; ten sam materiał),
- maksymalna waga bez węży pożarniczych, akumulatora/-ów, stojaka i pozostałych odłączalnych elementów: 40 kg.

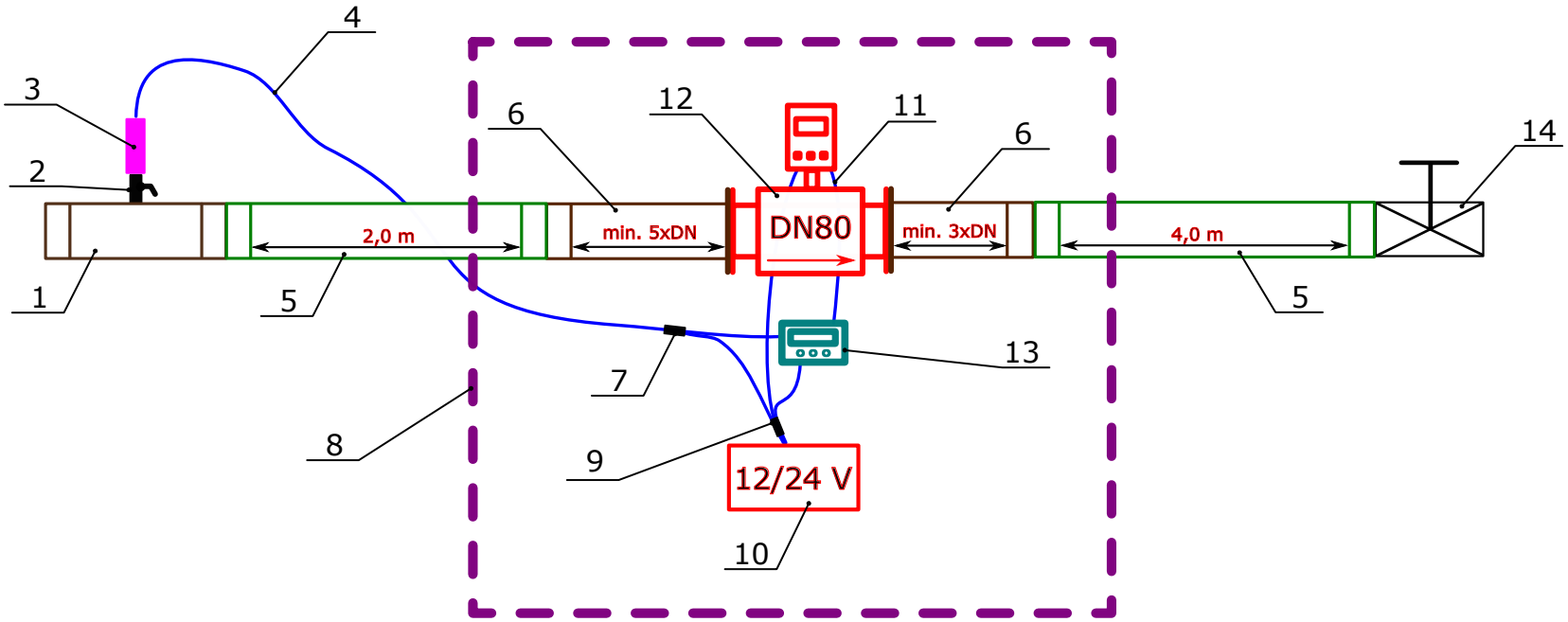
Mobilny rejestrator ciśnienia

- skonstruowany indywidualnie jako przenośny zestaw walizkowy,
- przetwornik ciśnienia spełniający te same wymagania co w przypadku ww. przepływomierza, zainstalowany na jednostronnie zaślepionej kształtce prostej (oznaczonej nr 1 na Rysunku 5) z króćcem i zaworem manometrycznym z odpowietrzeniem; prostka powinna być wyposażona w dodatkowy zawór spustowy w celu szybszego odpowietrzenia (w miejscu zaślepienia); maksymalna długość prostki: 150 mm,
- moduł telemetryczny (rejestrator) spełniający wymagania określone dla ww. przepływomierza, przymocowany stabilnie do wnętrza walizki w czasie wykonywania pomiarów,
- walizka solidna, wykonana z aluminium, z ochronnikami naroży,
- wolne przestrzenie walizki wypełnione specjalnym materiałem elastycznym/gąbczastym,
- wyświetlacz zaprogramowany na wyświetlanie bieżących wartości rejestrowanego parametru (co 3 s) oraz napięcia zasilania,
- akumulator żelowy/AGM 12 V przeznaczony do pracy cyklicznej i wystarczający na przynajmniej 12 godzin pracy zestawu (nie mniej niż 2 Ah), posiadający przynajmniej 24 miesiące gwarancji producenta, dostarczony wraz z ładowarką,
- skonfigurowany i gotowy do pracy,
- dodatkowe wyposażenie w postaci stojaka hydrantowego i uniwersalnego klucza hydrantowego,
- maksymalna waga zestawu walizkowego bez stojaka hydrantowego: 7 kg.

Ww. urządzenia mobilne powinny być skonstruowane w sposób estetyczny, solidny, z zabezpieczeniami przed przesuwaniem/wypadaniem elementów, także na czas transportu. Szczegóły konstrukcyjne oraz programowanie rejestratorów podlegają uzgodnieniu z Inwestorem i muszą uzyskać jego akceptację. W szczególności stosowne służby Inwestora muszą mieć możliwość łatwego generowania kompletnego raportu z przeprowadzonych pomiarów.

Rysunek 5
Schemat konstrukcyjny mobilnego urządzenia do precyzyjnego pomiaru wydatku z ciągłą rejestracją danych wraz z funkcją testowania parametrów ppoż. hydrantów zewnętrznych

opracowanie:
Grzegorz Murawski



LEGENDA

1. Kształtka prosta DN80 metalowa (malowane żeliwo lub stal nierdzewna) z łącznikami 75 mm oraz króćcem dla przetwornika ciśnienia

2. Kurek manometryczny z odpowietrznikiem

3. Przetwornik ciśnienia 12/24V DC o dokładności podstawowej przynajmniej 0,1% i zakresie pomiarowym do 10 bar, min. IP67

4. Wiązka zasilająco-sygnałowa przetwornika ciśnienia min. 5 m (przesył danych po interfejsie RSxxx)

5. Wąż pożarniczy 75 mm z wkładką poliuretanową, odporny na działanie czynników atmosferycznych, olejów, smarów i paliw

6. Kształtka prosta DN80 metalowa (malowane żeliwo lub stal nierdzewna), jednostronnie kołnierzowa

7. Szybkozłącze wiązki zasilająco-sygnałowej przetwornika ciśnienia

8. Stelaż z rurowych profili nierdzewnych o nośności przynajmniej 100 kg, do którego przymocowane będą w sposób solidny wszystkie urządzenia, przystosowany do ręcznego przenoszenia; całość konstrukcji musi cechować całkowita stabilność podczas wykonywania pomiarów; wymiary konstrukcji i rozmieszczenie urządzeń podlegają uzgodnieniu z Inwestorem i muszą uzyskać jego akceptację; wymiary muszą być dopasowane do przestrzeni bagażowej samochodu Peugeot Partner LPWiK S.A., przy założeniu jednoczesnego przewożenia dwóch tego typu urządzeń wraz z osprzętem

9. Szybkozłącze zasilania 12/24V

10. Układ dwóch akumulatorów AGM 12 V o pojemności min. 10 Ah (połączenie szeregowe 24V) lub jeden akumulator AGM 12V o pojemności min. 20 Ah (wybór uzależniony od wersji przepływomierza); należy przewidzieć możliwość częstego zestawiania akumulatora/-ów oraz zabezpieczenie wszystkich elementów połączeń elektrycznych przed kontaktem z wodą; akumulatory należy wyposażyć w uchwyty do przenoszenia

11. Wiązka cyfrowego interfejsu komunikacyjnego (przesył danych po interfejsie RSxxx)

12. Przepływomierz elektromagnetyczny 24V DC w wersji kompaktowej (przetwornik zintegrowany z czujnikiem), o dokładności podstawowej przynajmniej 0,5%, uziemiony zgodnie z wytycznymi producenta, min. IP67 (dopuszcza się zastosowanie przepływomierza w wersji 12V DC)

13. Rejestrator danych 12/24V DC z wyświetlaczem i przyciskami funkcyjnymi, zapisujący dane na przenośnej karcie pamięci (rejestrator powinien być umieszczony w szczelnej puszce elektrycznej, przystosowanej do częstego otwierania; w przypadku braku możliwości zapisu na karcie pamięci należy przewidzieć częsty demontaż modułu i podłączanie do komputera - zastosowanie odpowiednich szybkozłączy)

14. Zawór DN80 o konstrukcji wykluczającej możliwość nagłego i przypadkowego zamknięcia

11.7. Literatura i źródła

[1] Bentley WaterGEMS V8i User's Guide, 2016.

[2] Innovyze InfoWater User's Guide, 2016.

[3] Innovyze products overview: www.innovyze.com/products/ , sierpień 2016.

[4] DHI case story: Developing a real-time hydraulic model of Sokolov's water supply system: www.dhigroup.com/global/references/emea/overview/real-time-hydraulic-model-of-sokolovs-regional-water-supply-system , sierpień 2016.

[5] Kowalska B., Kowalski D., Musz A., Zasady tworzenia modelu numerycznego sieci wodociągowej na przykładzie systemu zaopatrzenia w wodę miasta Puławy, materiały konferencyjne z konferencji naukowo – technicznej pt. „Zintegrowane systemy zarządzania sieciami wodociągowymi i kanalizacyjnymi GIS, monitoring, modelowanie – realne korzyści", Puławy, 7 grudzień 2012.

[6] AWWA Manual 32, Computer Modeling of Water Distribution Systems, Third Edition, American Water Works Association, 2012.

[7] Haestad Methods, Walski T., Chase D., Savic D., Grayman W., Beckwith S., Koelle E., Advanced Water Distribution Modeling And Management, First Edition, Heastad Press, Waterbury, CT USA, 2003.

[8] Bahadur R., Johnson J., Janke R., Samuels W. , Impact of Model Skeletonization on Water Distribution Model Parameters as Related to Water Quality and Contaminant Consequence Assessment, 8th Annual Water Distribution Systems Analysis Symposium, Cincinnati, Ohio, USA, August 27-30, 2006.

[9] Adamowski W., Leśniewski M., Utrzymanie systemów modelowania sieci wodociągowych i kanalizacyjnych na podstawie doświadczeń warszawskich, INSTAL 2/2010.

[10] Baumberger L., Hart V., Darkwah S., Effect of GIS-Based Demand Allocation on Water Distribution System Modeling, Florida Water Resources Journal, grudzień 2007.

[11] Walski T., Technique for calibrating network models, ASCE Journal of Water Resources Planning and Management, 109 (4), 360-372, 1983.

[12] Hirrel T., How not to calibrate a hydraulic network model, Journal AWWA, volume 100, issue 8, sierpień 2008.

[13] AWWA Engineering Computer Application Committee, Calibration Guidelines for Water Distribution System Modeling, proceedings of AWWA 1999 ImTech Conference.

[14] Walski T., Case Study: Pipe Network Model Calibration Issues, ASCE Journal of Water Resources Planning and Management, 112:2, marzec 1986.

[15] Walski T., Hydrant flow tests and model calibration, materiały z webinarium AWWA: Hydrant Flow Testing: Purpose, Process and Experiences, 1 kwietnia 2015.

[16] Walski T., Model calibration data: the good, the bad and the useless, Journal AWWA, volume 92, issue 1, styczeń 2000.

[17] Ormsbee L., Lingireddy S., Calibration of Hydraulic Network Models, Journal AWWA, volume 89, issue 2, luty 1997.

12. Etapowanie inwestycji

Realizacja systemu zarządzania siecią wodociągową powinna odbywać się w następujących etapach. Realizacja zadań w ramach etapów powinna mieć charakter równoległy, o ile wynikają one z odrębnych aspektów przedsięwzięcia (np. zabudowa nowych punktów pomiaru ciśnienia i instalacja sprzętu komputerowego). Przejście do etapu następnego uwarunkowane jest ukończeniem wszystkich zadań wynikających z etapu poprzedniego, chyba że zaznaczono inaczej.

Etap I

- Zapoznanie się Wykonawcy z istniejącymi systemami informatycznymi i infrastrukturą telemetryczną LPWiK S.A.
- Opracowanie planu i przeprowadzenie kampanii sprawdzającej stany otwarcia zasuw
- Badania jakości sygnału GSM/GPRS w planowanych miejscach montażu urządzeń
- Opracowanie i uzgodnienie z Inwestorem projektu funkcjonalnego systemu zarządzania siecią wodociągową
- Opracowanie i uzgodnienie wszelkich dokumentacji wymaganych do uzyskania stosownych decyzji i zezwoleń na prowadzenie prac budowlanych
- Opracowanie bazy danych rozbiorów bazowych*
- Rejestracja i opracowanie charakterystyk rozbiorów*

Etap II

- Zabudowa nowych punktów pomiaru ciśnienia
- Zabudowa modułów telemetrycznych dla punktów pomiarów opartych o wodomierze
- Pomiary geodezyjne wysokości montażu stacjonarnych przetworników ciśnienia
- Przekazanie Wykonawcy przez Inwestora grafu modelu numerycznego
- Obciążenie grafu modelu numerycznego rozbiorami
- Montaż mobilnych urządzeń do ultradźwiękowego pomiaru przepływu
- Wstępna rekoncyliacja modelu i weryfikacja doboru czujników przepływomierzy
- Budowa nowych punktów pomiaru przepływu
- Dostawa i instalacja serwerów oraz pozostałego sprzętu komputerowego
- Dostawa i instalacja oprogramowania SCADA
- Dostawa i instalacja oprogramowania do modelowania sieci wodociągowej
- Budowa sekcji danych w systemie SCADA
- Realizacja transmisji danych z istniejących punktów pomiarowych
- Dostawa mobilnych urządzeń pomiarowych (pkt. 11.6.5.)

Etap III

- Docelowa rekoncyliacja modelu numerycznego
- Szczegółowe testy działania wszystkich elementów systemu, w tym aspektu dwustronnej wymiany danych z modelem numerycznym w trybie on-line, i czas na wprowadzanie ewentualnych poprawek (minimum 4 tygodnie)

- Opracowanie i przekazanie kompletu dokumentacji powykonawczych
- Przeszkolenie służb Inwestora z obsługi każdego aspektu wdrożonego systemu

* – Realizacja zadania może być kontynuowana w czasie trwania II. etapu, lecz powinno ono zostać ukończone przed zadaniem obciążenia grafu modelu numerycznego rozbiorami.

Realizacja zadania polegającego na wstępnej rekoncyliacji modelu i weryfikacji doboru przepływomierzy powinna zostać przeprowadzona w początkowej fazie II. etapu. Należy zauważyć, że na moment realizacji przedmiotowego zadania nie jest wymagane posiadanie transmisji danych z nowych punktów pomiarów ciśnienia i punktów opartych o wodomierze do systemu SCADA. Dane do rekoncyliacji należy pozyskać bezpośrednio z zainstalowanych modułów telemetrycznych, istniejącego systemu monitoringu obiektów i urządzeń wodociągowych ZPW oraz dodatkowych pomiarów mobilnych.

Z uwagi na fakt, że z budową nowych punktów pomiaru przepływu wiąże się ingerencja w czynny układ sieci wodociągowej, Wykonawca zobowiązany jest do każdorazowego uzgadniania z właściwymi służbami LPWiK S.A. kolejności wejścia na teren budowy. Kolejność ta uzależniona będzie m.in. od prowadzonych prac inwestycyjnych i eksploatacyjnych na terenie miasta w okresie realizacji przedsięwzięcia. Możliwość jednoczesnej realizacji dwóch lub większej liczby punktów pomiarowych wymagać będzie indywidualnego rozpatrzenia i akceptacji Inwestora.

13. Podsumowanie i zalecenia końcowe

1. Wykonawca systemu zarządzania siecią wodociągową zobowiązany jest do zrealizowania całej opisanej w niniejszym opracowaniu funkcjonalności, niezależnie od użytych w tekście zwrotów, sformułowań i figur stylistycznych. Jedyny wyjątek stanowią zadania w sposób wyraźny przypisane Inwestorowi.
2. Inwestor deklaruje, że dołożył wszelkich starań, aby opisać planowane przedsięwzięcie w sposób możliwe dokładny, zrozumiały i kompletny. Mimo to Wykonawca, z uwagi na przypisany mu wymóg posiadania doświadczenia we wdrażaniu podobnych systemów, zobowiązany jest do uwzględnienia wszelkich ewentualnych, nieprzewidzianych w niniejszym opracowaniu, aspektów, najpóźniej na etapie opracowania projektu funkcjonalnego systemu zarządzania siecią wodociągową.
3. Wykonawca zobowiązany jest do przestrzegania wszystkich poleceń Inwestora oraz stawiania się na spotkania robocze w jego siedzibie we wskazanych przez niego terminach. Przedstawiciele Wykonawcy, posiadający niezbędne kompetencje do wykonywania danego rodzaju zadania, zobowiązani są stawić się w siedzibie Inwestora w przeciągu kolejnych dwóch dni roboczych od momentu przekazania przez Inwestora stosownej prośby.
4. W przypadku pojawienia się jakichkolwiek wątpliwości i problemów w trakcie realizacji przedsięwzięcia, Wykonawca zobowiązany jest do bezzwłocznego przerwania wykonywania danego aspektu prac i konsultacji z Inwestorem.
5. Wykonawca zobowiązany jest także do dostarczenia i instalacji urządzeń oraz oprogramowania, co do których nie określono wymagań w niniejszym opracowaniu, lecz na których potrzebę zastosowania wskazuje opis cech funkcjonalnych poszczególnych elementów systemu. Dobór urządzeń przez Wykonawcę w takich przypadkach powinien uwzględniać potrzebę zachowania jednorodności stosowanych urządzeń i ułatwienia obsługi serwisowej. W pierwszej kolejności należy stosować urządzenia producentów, których wyroby zostały uprzednio przewidziane jako podstawowe elementy systemu, a dopiero w przypadku braku takowych w asortymencie danego producenta należy dostarczyć i zainstalować urządzenia innych wytwórców.
6. Przeprowadzany przez Wykonawcę dobór wszystkich nowych urządzeń powinien uwzględniać istniejącą w Przedsiębiorstwie infrastrukturę teleinformatyczną i potrzebę ułatwienia wykonywania czynności eksploatacyjno-serwisowych. Wszelkie zastosowane urządzenia, przeznaczone do pełnienia podobnej funkcji (ten sam rodzaj urządzeń) powinny pochodzić od jednego producenta.
7. Na całość wykonanych prac oraz zainstalowanych i dostarczonych urządzeń Wykonawca zobowiązany jest udzielić minimum **3-letniej gwarancji**.
8. Wszystkie dostarczane urządzenia powinny być nowe, pochodzić z oficjalnego kanału sprzedaży producenta na rynek polski oraz posiadać wymagane przepisami prawa deklaracje zgodności oraz właściwe danym typom urządzeń atesty, świadectwa wzorcowania i certyfikaty, które należy dostarczyć Inwestorowi w oryginale. Nie mogą być to produkty odnawiane, demonstracyjne lub powystawowe. Rok produkcji przynajmniej 2016.

9. Montaż każdego z urządzeń należy prowadzić w zgodności z zaleceniami jego producenta.
10. Wykonawca zobowiązany jest do przekazania Inwestorowi wszelkich akcesoriów towarzyszących dostarczanym i instalowanym urządzeniom/sprzętowi.
11. Wykonawca zobowiązany jest do dostarczenia kompletnych, napisanych w j. polskim, dokumentacji DTR wszystkich urządzeń oraz instrukcji obsługi wszystkich urządzeń i każdego oprogramowania.
12. Wykonawca zobowiązany jest do przekazania Inwestorowi wszelkich praw, licencji i haseł dostępu do urządzeń, oprogramowania oraz baz danych. Inwestor powinien mieć możliwość pełnej konfiguracji i dostępu do urządzeń, oprogramowania, kodów źródłowych i baz danych, bez potrzeby korzystania z usług Wykonawcy lub innych podmiotów. Wykonawca zobowiązany jest do przekazania Inwestorowi pełnej listy danych dostępowych i haseł.
13. Żadna z licencji na oprogramowanie nie może być przypisana w sposób trwały do jakiegokolwiek elementu stacji roboczej/serwera/laptopa – zmiana jakiegokolwiek podzespołu lub całości komputera nie może powodować konieczności ponownego zakupu licencji.
14. Wszelkie przewidziane oprogramowanie należy dostarczyć na oryginalnych nośnikach CD/DVD.
15. Wykonawca zobowiązany jest zapewnić skuteczne i wyczerpujące przeszkolenie służb Inwestora w zakresie obsługi każdego elementu wdrożonego systemu zarządzania – sprzętowego i informatycznego, w tym oprogramowania. Wszystkie szkolenia należy przeprowadzić w siedzibie Inwestora. W szczególności:
    a. Należy przeszkolić użytkowników systemu SCADA w zakresie jego obsługi oraz administratorów systemu pod kątem jego modyfikacji i rozbudowy w pełnym zakresie, tj. z uwzględnieniem wszystkich zaprojektowanych sekcji danych jak i możliwości dodania sekcji nowych. W szczególności przeszkoleniem należy objąć te z czynności, które wiążą się z przeprowadzaniem zmian interwałów, kroków czasowych i częstotliwości (np. próbkowania pomiarowego, rejestracji, transmisji danych). Ponadto należy przeprowadzić szkolenie w zakresie rozbudowy systemu SCADA na przykładzie możliwości pojawienia się nowego punktu pomiaru przepływu z uwzględnieniem zmian m.in. w sekcji bilansowej.
    b. Należy przeszkolić właściwe służby Inwestora w zakresie obsługi modułów telemetrycznych. Szkolenie powinno obejmować wykonywanie podstawowych czynności serwisowych, m.in. wymiana modułu na nowy, wymiana karty telemetrycznej, diagnozowanie uszkodzeń, zgrywanie i wgrywanie oprogramowania do modułu.
    c. Wykonawca zobowiązany jest przeprowadzić szkolenie właściwych służb Inwestora z zakresu diagnozowania i samodzielnego usuwania możliwych przyczyn usterek procesu rejestrowania, przesyłania i wizualizowania danych. Szkolenie należy przeprowadzić w oparciu o sztucznie wywołane (symulowane) stany niesprawności urządzeń.
16. Wykonawca zobowiązany jest uwzględnić informację, że rzeczywiste posadowienie rurociągów oraz ich materiał mogą cechować odstępstwa od danych wynikających z map

sytuacyjno-wysokościowych oraz posiadanych przez Inwestora dokumentacji powykonawczych, wliczając w to także brak takowych informacji w danym miejscu montażu przepływomierza.

17. Wykonawca zobowiązany jest do opracowania i uzgodnienia wszelkich dokumentacji wymaganych do uzyskania stosownych decyzji i zezwoleń na prowadzenie prac budowlanych (m.in. projekt tymczasowej organizacji ruchu, projekt odtworzenia nawierzchni).
18. Wykonawca zobowiązany jest do przywrócenia stanu wszystkich obiektów i urządzeń w związku z prowadzonymi pracami budowlano-instalacyjnymi.
19. Wykonawca zobowiązany jest do sporządzenia inwentaryzacji powykonawczej wykonanych prac budowlanych oraz jej przekazania właściwej jednostce geodezyjnej celem naniesienia na mapę zasadniczą.
20. Na okoliczność zakończenia prac związanych z budową punktów pomiaru przepływu Wykonawca zobowiązany jest do przeprowadzenia wszelkich niezbędnych czynności oraz przedłożenia stosownych dokumentów właściwej jednostce odpowiedzialnej za badanie jakości wody.
21. Dane z wszelkich prowadzonych przez Wykonawcę badań i pomiarów należy przekazać Inwestorowi w postaci opracowań papierowych i elektronicznych, uporządkowanych, czytelnych, z opisem każdego aspektu przeprowadzonych pomiarów i badań.
22. Wykonawca zobowiązany jest do wykonania wszelkich instalacji elektryczno-informatycznych, które są niezbędne do prawidłowego zasilania i funkcjonowania wszystkich urządzeń składających się na projektowany system zarządzania siecią wodociągową. Prowadzenie/układanie przedmiotowych instalacji powinno być realizowane w sposób estetyczny i w odpowiednich osłonach.
23. Wykonawca zobowiązany jest do instalacji wszelkich niezbędnych elementów elektrycznych zabezpieczających wszystkie instalowane urządzenia przez skutkami zwarć, przeciążeń i innych niekorzystnych zjawisk elektrycznych.
24. Wykonawca zobowiązany jest wykazać, że dla wszystkich punktów pomiarowych jak i składających się na nie urządzeń, przewidzianych do zasilania bateryjnego / akumulatorowego, będzie istniała możliwość bezproblemowego przystosowania do zasilania z sieci energetycznej 230V lub źródeł energii odnawialnej, tj. bez konieczności wymiany zainstalowanych w punktach urządzeń.
25. W przypadku wystąpienia zakłóceń elektromagnetycznych (lub innych niekorzystnych zjawisk) w miejscach instalacji urządzeń Wykonawca zobowiązany jest do zastosowania odpowiednich rozwiązań technicznych w celu zapewnienia poprawności ich funkcjonowania.
26. Wszelkie dostarczane ładowarki/prostowniki akumulatorowe powinny być dobrane do pojemności akumulatorów oraz wyposażone w sygnalizację ładowania, ochronę odwrotnej polaryzacji, przeładowania i iskrzenia.
27. Nad przewodami elektrycznymi lokalizowanymi w gruncie należy ułożyć taśmy ostrzegawcze.
28. Wykonawca zobowiązany jest do zapewnienia pełnego bezpieczeństwa wykonywanego systemu, w tym m.in. do dostarczenia, instalacji i konfiguracji odpowiedniego oprogramowania antywirusowego oraz firewalli na nowodostarczanym sprzęcie

komputerowym, z uwzględnieniem potrzeby ujednolicenia tego oprogramowania z oprogramowaniem funkcjonującym aktualnie u Inwestora. Wykonawca zobowiązany jest wykazać brak możliwości dostępu osób postronnych i nieposiadających odpowiednich uprawnień do przetwarzanych danych.

29. Dla wszystkich systemów informatycznych Inwestora należy zapewnić ich nieprzerwane działanie w całym okresie realizacji przedsięwzięcia.
30. Wykonawca zobowiązany jest przyjąć do wiadomości fakt, że wszelkie informacje dotyczące bilingowej bazy danych oraz szczegółowych rozwiązań technicznych i informatycznych, w tym modelu numerycznego sieci wodociągowej, objęte są tajemnicą Przedsiębiorstwa. Wykonawca zobowiązany jest do przestrzegania poufności danych.
31. Wszelkie prace i czynności montażowo-instalacyjno-wdrożeniowe powinny być wykonywane zgodnie z zasadami wiedzy technicznej i być pozbawione wad funkcjonalnych, tj. nie powinny budzić uzasadnionych zastrzeżeń Inwestora co do przydatności ich wykorzystania. Przykładem wady funkcjonalnej będzie np. zastosowanie formuł obliczeniowych/przeliczeniowych w oprogramowaniu SCADA nieuwzględniających wszystkich możliwych konfiguracji danych wejściowych i skutkujących błędami logicznymi dla pewnego rodzaju i zakresu danych wejściowych.