

POLITECHNIKA RZESZOWSKA
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Zakład Oczyszczania i Ochrony Wód

POLITECHNIKA RZESZOWSKA
WYDZIAŁ BUDOWNICTWA I INŻYNIERII ŚRODOWISKA
ZAKŁAD OCZYSZCZANIA I OCHRONY WÓD
35-959 Rzeszów, ul. Powstańców Warszawy 6
tel. (0-17) 85 498 31

**Analiza technologiczna wody podziemnej ze studni w
Lubeni**

Zespół realizujący: dr inż. Jadwiga Kaleta *J. Kaleta*
dr inż. Alicja Puszkarewicz *A. Puszkarewicz*
mgr inż. Stefania Szczupak *S. Szczupak*

Rzeszów, listopad 2004

1. DANE FORMALNE

1.1. Podstawa wykonania ekspertyzy

Ekspertyzę wykonano na podstawie zlecenia Urzędu Gminy w Lubeni z dnia 25.11. 2004 r.

1.2. Cel ekspertyzy

Celem opracowania była analiza technologiczna wody podziemnej ze studni w Lubeni, pod kątem jej uzdatnienia do spożycia przez ludzi, w oparciu o wykonane badania technologiczne przeprowadzone w skali laboratoryjnej.

2. CHARAKTERYSTYKA ZASTOSOWANYCH DO BADAŃ WÓD

Badania przeprowadzono na wodzie surowej pobranej bezpośrednio ze studni. Wodę do badań pobrano po dwudniowym próbnym pompowaniu w dniu 25.11.2004r. i niezwłocznie przewieziono do laboratorium Zakładu Oczyszczania i Ochrony Wód, gdzie wykonano podstawowe oznaczenia fizyczno - chemiczne zgodnie z obowiązującymi w Polsce normami. Uzyskane wyniki zestawiono i porównano z obowiązującymi normami (tab.1.) określonymi w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 19 listopada 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. Nr 203, poz. 1718).

Tabela 1. Skład fizyczno-chemiczny badanej wody

Wskaźnik	Jednostka	Wartość dopuszczalna	Woda surowa
Odczyn pH	-	6,5 – 9,5	7,03
Zapach	-	Akceptowalny	Siarkowodorowy
Twardość ogólna	mval/dm ³	1,2 – 10	7,2
Zasadowość	mval/dm ³	-	6,2
Żelazo og.	mgFe/dm ³	0,2	8,6
Mangan	MgMn/dm ³	0,05	1,98
Barwa	mgPt/dm ³	15	85
Mętność	MgSiO ₂ /dm ³	1	89
Amoniak	mg NH ₄ ⁺ /dm ³	1,5	2,7

Woda ujmowana ze studni głębinowej S-4 posiadała ponadnormatywną barwę, mętność, zawartość żelaza, manganu i azotu amonowego. Ponadto charakteryzowała się specyficznym zapachem siarkowodorowym.

3. BADANIA TECHNOLOGICZNE

Badania technologiczne prowadzono w dziewięciu seriach. Z uwagi na bardzo duże ilości żelaza w pierwszym etapie zastosowano filtrację na złożu z piasku kwarcowego i Hydrolitu (I^o filtracji). Drugi stopień filtracji realizowano z zastosowaniem mas chemicznie aktywnych, głównie do usunięcia związków manganu.

Każdorazowo wodę surową wstępnie napowietrzano, w celu utlenienia związków żelaza, manganu, podwyższenia odczynu pH oraz usunięcia dwutlenku węgla i siarkowodoru.

3.1. Charakterystyka zastosowanych materiałów filtracyjnych

a) *Piasek kwarcowy* – typowy materiał filtracyjny, chemicznie obojętny. Filtr o średnicy 35 mm, posiadał następujące uwarstwienie:

- warstwa żwirowa podtrzymująca o granulacji 5-30 mm – 0,2 m,
- warstwa właściwa utworzona z piasku o granulacji 0,5-1,5 mm – 0,7 m.

b) *Hydrolit – Mn* to materiał filtracyjny używany do odmanganiania wody. Okrągłe ziarna o chropowatej powierzchni mają lekko alkaliczną część wewnętrzną pokrytą warstwą uwodnionego tlenku manganu. Wodę kierowaną na złożę należy wstępnie napowietrzać w ilości 20 l powietrza na m³ wody aby osiągnąć w niej zawartość tlenu w ilości min. 6,0 mg O₂/l. Złożę Hydrolit wymaga okresu wpracowania. Zaleca się płukanie złoża powietrzno-wodne z zachowaniem ekspansji min. 20%.

Złożę filtracyjne składało się z następujących warstw:

- warstwa żwirowa podtrzymująca o granulacji 5-30 mm – 0,2 m,
- warstwa właściwa Hydrolit o granulacji 1-3 mm - 0,8 m.

c) *Masa MZ-10* - rozprowadzana przez firmę Purolite, jest manganowym zeolitem, środkiem utleniającym i filtrującym, otrzymanym w wyniku przetwarzania glaukonitu, produktu naturalnego. Skład chemiczny MZ-10 tworzą takie związki jak: SiO₂, Al₂O₃-podstawowy skład szkieletu zeolitu, oraz K₂O, MgO, Fe₂O₃.

Masa posiada własności katalityczne, które umożliwiają maksymalne wykorzystanie zastosowanego czynnika utleniającego, takiego jak nadmanganian potasu, co w rezultacie zwiększa szybkość i całkowitą zdolność reakcji utleniania, posiada również zdolność do wymiany elektronów, które

mogą być dostarczane przez dodanie utleniacza. Kształt i małe rozmiary granulek łącznie z ich chropowatością i trwałością pozwalają uzyskać dobrą efektywność filtracji i sorpcji.

Masa MZ-10 utlenia sole manganu w wodzie do wyższych nierozpuszczalnych tlenków, a w tym samym czasie wyższe tlenki będące składnikami powłoki manganowego zeolitu ulegają redukcji do niższych nierozpuszczalnych tlenków. Gdy wyczerpie się pojemność utleniania, złożo regeneruje się nadmanganianem potasu KMnO_4 .

Masę MZ-10 stosuje się według dwóch podstawowych technik tj. dawkowania ciągłego nadmanganianu potasu do wody lub okresowej regeneracji zużytego złoża roztworem KMnO_4 . Wybór metody zależy zazwyczaj od ilości żelaza i manganu występujących w wodzie lub wielkości stacji. Masę MZ-10 można stosować również do usuwania z wód siarkowodoru. Zalecany podczas filtracji zakres odczynu wody mieści się między 6,5 a 8,5 pH.

Filtr o średnicy 35 mm składał się z następujących warstw:

- warstwy żwirowej podtrzymującej – 0,2 m,
- warstwy właściwej – masy MZ-10 o granulacji od 0,25-1,0 mm – 0,7 m,
- warstwy nawierzchniowej z antracytu – 0,30 m.

d) *Masa Defeman* to wysokosprawny, katalityczny materiał filtracyjny, głównie naturalna ruda manganowa, zawierająca około 60-90% dwutlenku manganu MnO_2 . Zalecane jest wstępne napowietrzanie wody oraz jej odczyn pH od 7,0 do 9,0.

Złożo filtracyjne składało się z następujących warstw:

- warstwa żwirowa podtrzymująca o granulacji 5-30 mm – 0,2 m,
- warstwa właściwa (Defemen) o granulacji 1-3 mm - 0,8 m.

e) *Złożo MTM* przeznaczone jest do usuwania z wody żelaza, manganu, siarkowodoru. Wymaga regeneracji za pomocą roztworu nadmanganianu potasu KMnO_4 . Regeneracja może być prowadzona okresowo lub w sposób ciągły.

Zalecana dawka nadmanganianu potasu przy regeneracji okresowej wynosi ok. 3 g KMnO_4 /l złoża.

Opóźnienie lub brak regeneracji może spowodować trwałe uszkodzenie złoża.

Właściwości fizyczne:

- kolor - ciemny brąz,
- współczynnik jednorodności - 1,9,
- gęstość nasypowa - 430 g/l,
- wielkość czynna - 0,6-0,7 mm.

Złożo filtracyjne składało się z następujących warstw:

- warstwa żwirowa podtrzymująca o granulacji 5-30 mm – 0,2 m,
- warstwa właściwa MTM o granulacji 0,3-1,0 mm - 0,8 m.

3.2. Napowietrzanie + filtracja przez złoże piaskowe (I⁰ filtracji) + filtracja przez złoże MTM – I seria

Na tym etapie badań wodę surową, wstępnie napowietrzoną filtrowano przez obydwa złoże z prędkością 8 m/h. Złoże MTM było uaktywniane w sposób ciągły KMnO₄ (dawka 4 mg/dm³).

Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli nr 2.

Tabela 2. Wyniki uzyskane w I serii badań

Oznaczenie	Wskaźnik	Wartość normatywna	Woda surowa	Filtracja przez złoże piaskowe v = 8 m/h	Filtracja przez złoże MTM v = 8 m/h
Odczyn pH	-	6,5 – 9,5	7,03	7,06	7,48
Zapach	-	Akceptowalny	Siarkowodorowy	Akceptowalny	
Twardość	mval/dm ³	1,2 – 10	7,2	7,2	6,2
Zasadowość m	mval/dm ³	-	6,2	6,3	5,3
Żelazo	mgFe/dm ³	0,2	8,6	1,8	0,04
Mangan	mgMn/dm ³	0,05	1,98	1,90	0,2
Barwa	mgPt/dm ³	15	85	36	3
Mętność	mgSiO ₂ /dm ³	1	89	16	1
Amoniak	mgNH ₄ ⁺ /dm ³	1,5	2,7	1,8	1,2

Analizując ten etap badań można stwierdzić, że po drugim stopniu filtracji woda nie spełniała dopuszczalnych warunków ze względu na podwyższoną zawartość manganu.

3.3. Napowietrzanie + filtracja przez złoże piaskowe (I⁰ filtracji) + filtracja przez złoże Defeman – II seria

W tej serii badań wodę surową, wstępnie napowietrzoną filtrowano przez obydwa złoże z prędkością 8 m/h.

Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli nr 3.

Tabela 3. Wyniki uzyskane w II serii badań

Oznaczenie	Wskaźnik	Wartość normatywna	Woda surowa	Filtracja przez złożo piaskowe v = 8 m/h	Filtracja przez złożo Defeman v = 8 m/h
Odczyn pH	-	6,5 – 9,5	7,03	7,06	7,45
Zapach	-	Akceptowalny	Siarkowodorowy	Akceptowalny	
Twardość	mval/dm ³	1,2 – 10	7,2	7,2	7,08
Zasadowość m	mval/dm ³	-	6,2	6,3	5,8
Żelazo	mgFe/dm ³	0,2	8,6	1,8	0,3
Mangan	mgMn/dm ³	0,05	1,98	1,90	0,09
Barwa	mgPt/dm ³	15	85	36	7
Mętność	mgSiO ₂ /dm ³	1	89	16	3
Amoniak	mgNH ₄ ⁺ /dm ³	1,5	2,7	1,8	1,34

Jakość uzyskanej wody nie odpowiadała warunkom normatywnym (przekroczenia: żelazo, mangan, mętność).

3.4. Dawkowanie do wody surowej KMnO₄ + napowietrzanie + filtracja przez złożo piaskowe (I⁰ filtracji) + filtracja przez złożo MTM (II⁰ filtracji) – III seria

Do zbiornika wstępnie napowietrzonej wody surowej wprowadzano KMnO₄ w dawce 4 mg/dm³ zachowując czas przetrzymania około 0,5 h. Następnie wodę filtrowano przez obydwa złoża z prędkością 8 m/h.

Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli nr 4.

Tabela 4. Wyniki uzyskane w III serii badań

Oznaczenie	Wskaźnik	Wartość normatywna	Woda surowa	Filtracja przez złożo piaskowe v = 8 m/h	Filtracja przez złożo MTM v = 8 m/h
Odczyn pH	-	6,5 – 9,5	7,03	7,1	7,35
Zapach	-	Akceptowalny	Siarkowodorowy	Akceptowalny	
Twardość	mval/dm ³	1,2 – 10	7,2	7,24	6,2
Zasadowość m	mval/dm ³	-	6,2	6,2	5,4
Żelazo	mgFe/dm ³	0,2	8,6	0,8	0,01
Mangan	mgMn/dm ³	0,05	1,98	1,3	0,2
Barwa	mgPt/dm ³	15	85	10	4
Mętność	mgSiO ₂ /dm ³	1	89	5	0
Amoniak	mgNH ₄ ⁺ /dm ³	1,5	2,7	0,83	0,5

Jakość uzyskanej wody nie odpowiadała warunkom normatywnym z uwagi na zwiększoną zawartość manganu.

3.5. Dawkowanie do wody surowej KMnO_4 + napowietrzanie + filtracja przez złożo piaskowe (I^0 filtracji) + filtracja przez złożo Defeman (II^0 filtracji) – IV seria

Do zbiornika wstępnie napowietrzanej wody surowej wprowadzano KMnO_4 w dawce 4 mg/dm^3 zachowując czas przetrzymania około 0,5 h. Następnie wodę filtrowano przez obydwa złoża z prędkością 8 m/h.

Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli nr 5.

Tabela 5. Wyniki uzyskane w IV serii badań

Oznaczenie	Wskaźnik	Wartość normatywna	Woda surowa	Filtracja przez złożo piaskowe $v = 8 \text{ m/h}$	Filtracja przez złożo Defeman $v = 8 \text{ m/h}$
Odczyn pH	-	6,5 – 9,5	7,03	7,1	7,44
Zapach	-	Akceptowalny	Siarkowodorowy	Akceptowalny	
Twardość	mval/dm^3	1,2 – 10	7,2	7,24	7,1
Zasadowość m	mval/dm^3	-	6,2	6,2	5,9
Żelazo	mgFe/dm^3	0,2	8,6	0,8	0,9
Mangan	mgMn/dm^3	0,05	1,98	1,3	1,2
Barwa	mgPt/dm^3	15	85	10	17
Mętność	$\text{mgSiO}_2/\text{dm}^3$	1	89	5	8
Amoniak	$\text{mgNH}_4^+/\text{dm}^3$	1,5	2,7	0,83	0,71

Woda uzdatniona w tej serii badań nie spełniała dopuszczalnych norm ze względu na zawartość żelaza, manganu oraz posiadała zwiększoną barwę i mętność.

3.6. Napowietrzanie + filtracja przez złożo piaskowe (I^0 filtracji) + filtracja przez złożo MZ-10 – V seria

W tej serii badań wodę surową, wstępnie napowietrzoną filtrowano przez obydwa złoża z prędkością 6 m/h. Złożo MZ-10 (wstępnie przygotowane wg zaleceń producenta) pracowało w technice ciągłej (pkt. 3.1) z dawką $\text{KMnO}_4 = 3 \text{ mg/dm}^3$.

Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli nr 6.

Tabela 6. Wyniki uzyskane w V serii badań

Oznaczenie	Wskaźnik	Wartość normatywna	Woda surowa	Filtracja przez złożo piaskowe $v = 6 \text{ m/h}$	Filtracja przez złożo MZ-10 $v = 6 \text{ m/h}$
Odczyn pH	-	6,5 – 9,5	7,03	7,1	7,0
Zapach	-	Akceptowalny	Siarkowodorowy	Akceptowalny	
Twardość	mval/dm ³	1,2 – 10	7,2	7,2	5,44
Zasadowość m	mval/dm ³	-	6,2	6,2	4,8
Żelazo	mgFe/dm ³	0,2	8,6	0,5	0,00
Mangan	mgMn/dm ³	0,05	1,98	1,44	0,01
Barwa	mgPt/dm ³	15	85	6	0
Mętność	mgSiO ₂ /dm ³	1	89	15	0
Amoniak	mgNH ₄ ⁺ /dm ³	1,5	2,7	1,66	0,77

Uzdatniona w tej technologii woda odpowiadała wymogom wody do spożycia przez ludzi.

3.7. Napowietrzanie + filtracja przez złożo piaskowe uaktywniane KMnO₄ (I⁰ filtracji) + filtracja przez złożo MZ-10 – VI seria

W tej serii badań wodę surową, wstępnie napowietrzoną filtrowano przez obydwie złoża z prędkością 6 m/h. Przed złożem piaskowym wprowadzano KMnO₄ w dawce 3 mg/dm³. Masę MZ-10 uaktywniano jak w punkcie 3.6. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli nr 7.

Tabela 7. Wyniki uzyskane w VI serii badań

Oznaczenie	Wskaźnik	Wartość normatywna	Woda surowa	Filtracja przez złożo piaskowe, dawka KMnO ₄ =3 mg/dm ³ $v = 6 \text{ m/h}$	Filtracja przez złożo MZ-10 dawka KMnO ₄ =3 mg/dm ³ $v = 6 \text{ m/h}$
Odczyn pH	-	6,5 – 9,5	7,03	7,2	7,0
Zapach	-	Akceptowalny	Siarkowodorowy	Akceptowalny	
Twardość	mval/dm ³	1,2 – 10	7,2	7,0	5,5
Zasadowość m	mval/dm ³	-	6,2	6,1	4,7
Żelazo	mgFe/dm ³	0,2	8,6	0,2	0,00
Mangan	mgMn/dm ³	0,05	1,98	1,3	0,01
Barwa	mgPt/dm ³	15	85	5	0
Mętność	mgSiO ₂ /dm ³	1	89	10	0
Amoniak	mgNH ₄ ⁺ /dm ³	1,5	2,7	1,1	0,77

Uzdatniona w tej technologii woda, podobnie jak w serii V odpowiadała wymagom wody do spożycia przez ludzi.

3.8. Napowietrzanie + filtracja przez złożo piaskowe uaktywniane KMnO_4 (I^0 filtracji) + filtracja przez złożo MTM – VII seria

W tej serii badań wodę surową, wstępnie napowietrzoną filtrowano przez obydwa złoża z prędkością 6 m/h. Przed złożem piaskowym wprowadzano KMnO_4 w dawce 3 mg/dm³. Masę MTM uaktywniano w sposób ciągły dawką $\text{KMnO}_4=3$ mg/dm³.

Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli nr 8.

Tabela 8. Wyniki uzyskane w VII serii badań

Oznaczenie	Wskaźnik	Wartość normatywna	Woda surowa	Filtracja przez złożo piaskowe, dawka $\text{KMnO}_4=3$ mg/dm ³ V = 6 m/h	Filtracja przez złożo MTM dawka $\text{KMnO}_4=3$ mg/dm ³ v = 6 m/h
Odczyn pH	-	6,5 – 9,5	7,03	7,2	7,4
Zapach	-	Akceptowalny	Siarkowodorowy	Akceptowalny	
Twardość	mval/dm ³	1,2 – 10	7,2	7,0	6,3
Zasadowość m	mval/dm ³	-	6,2	6,1	5,4
Żelazo	mgFe/dm ³	0,2	8,6	0,2	0
Mangan	mgMn/dm ³	0,05	1,98	1,3	0,1
Barwa	mgPt/dm ³	15	85	5	3
Mętność	mgSiO ₂ /dm ³	1	89	10	1
Amoniak	mgNH ₄ ⁺ /dm ³	1,5	2,7	1,1	0,85

W uzdatnionej wodzie zanotowano przekroczenia dopuszczalnej wartości związków manganu.

3.9. Napowietrzanie + filtracja przez złożo Hydrolit uaktywniane KMnO_4 (I^0 filtracji) + filtracja przez złożo MTM – VIII seria

W tej serii badań wodą surową, wstępnie napowietrzoną filtrowano przez obydwa złoża z prędkością 6 m/h. Przed złożem Hydrolitowym wprowadzano KMnO_4 w dawce 3 mg/dm³. Masę MTM uaktywniano jak w serii VII w sposób ciągły dawką $\text{KMnO}_4=3$ mg/dm³.

Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli nr 9.

Tabela 9. Wyniki uzyskane w VIII serii badań

Oznaczenie	Wskaźnik	Wartość normatywna	Woda surowa	Filtracja przez złożo Hydrolitowe, dawka $\text{KMnO}_4=3 \text{ mg/dm}^3$ $v = 6 \text{ m/h}$	Filtracja przez złożo MTM dawka $\text{KMnO}_4=3 \text{ mg/dm}^3$ $v = 6 \text{ m/h}$
Odczyn pH	-	6,5 – 9,5	7,03	8,2	8,0
Zapach	-	Akceptowalny	Siarkowodorowy	Akceptowalny	
Twardość	mval/dm^3	1,2 – 10	7,2	7,4	6,6
Zasadowość m	mval/dm^3	-	6,2	6,0	5,6
Żelazo	mgFe/dm^3	0,2	8,6	1,4	0
Mangan	mgMn/dm^3	0,05	1,98	0,72	0,06
Barwa	mgPt/dm^3	15	85	20	1
Mętność	$\text{mgSiO}_2/\text{dm}^3$	1	89	10	1
Amoniak	$\text{mgNH}_4^+/\text{dm}^3$	1,5	2,7	0,8	0,6

W uzdatnionej wodzie zanotowano znikome przekroczenia dopuszczalnej wartości związków manganu.

3.10. Napowietrzanie + filtracja przez złożo piaskowe (I^0 filtracji) + alkalizacja + filtracja przez złożo MTM – IX seria

Wodę surową, wstępnie napowietrzoną filtrowano przez obydwie złoża z prędkością 6 m/h. Wodę po I^0 filtracji alkalizowano za pomocą wodorotlenku sodowego (NaOH) do odczynu $\text{pH}=8,7$ (dawka $\text{NaOH}=25 \text{ mg/dm}^3$). Masę MTM uaktywniano jak w sposób ciągły dawką $\text{KMnO}_4=3 \text{ mg/dm}^3$.

Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli nr 10.

Tabela 10. Wyniki uzyskane w IX serii badań

Oznaczenie	Wskaźnik	Wartość normatywna	Woda surowa	Filtracja przez złożę piaskowe, $v = 6 \text{ m/h}$	Filtracja przez złożę MTM dawka NaOH= 25 mg/dm ³ , dawka KMnO ₄ =3 mg/dm ³ $v = 6 \text{ m/h}$
Odczyn pH	-	6,5 – 9,5	7,03	7,1	8,1
Zapach	-	Akceptowalny	Siarkowodorowy	Akceptowalny	
Twardość	mval/dm ³	1,2 – 10	7,2	7,2	6,12
Zasadowość m	mval/dm ³	-	6,2	6,2	5,4
Żelazo	mgFe/dm ³	0,2	8,6	0,5	0,0
Mangan	mgMn/dm ³	0,05	1,98	1,44	0,01
Barwa	mgPt/dm ³	15	85	6	0
Mętność	mgSiO ₂ /dm ³	1	89	15	0
Amoniak	mgNH ₄ ⁺ /dm ³	1,5	2,7	1,66	0,6

Uzdatniona w tej technologii woda spełniała wymogi jakości wody do picia.

4. PODSUMOWANIE

Po dokładnym przeanalizowaniu wyników wszystkich serii badań okazało się, że najlepsze rezultaty (woda uzdatniona odpowiadała normom) otrzymano w seriach V, VI i IX. Seria V i VI dotyczyła filtracji dwustopniowej z zastosowaniem w pierwszym stopniu złoża z piasku kwarcowego, a w drugim stopniu masy katalitycznej MZ-10. Uaktywnianie piasku za pomocą KMnO₄ w serii VI nie wpłynęło wbrew oczekiwaniom na całkowite usunięcie związków manganu i znaczne obniżenie azotu amonowego.

Wprowadzenie alkalizacji do odczynu pH=8,7 przed filtracją II⁰ na masie MTM (seria IX) przyczyniło się do uzyskania wody o zadowalającej jakości.

Optymalny układ technologiczny projektowanej stacji uzdatniania wody powinien być następujący:

**wstępne napowietrzanie + filtracja przez złożę piaskowe z prędkością 6 m/h
+ filtracja przez masę katalityczną MZ-10 z prędkością filtracji 6 m/h
uaktywnianą w sposób ciągły KMnO₄**

Ustalona w badaniach laboratoryjnych dawka utleniacza KMnO_4 w ilości 3 mg/dm^3 powinna być skorygowana w warunkach technicznych i dokładnie ustalona w fazie rozruchu stacji (zależy bowiem od jakości wody po 1^{o} filtracji).

Przeprowadzona seria IX badań miała na celu zaoferowanie alternatywnego rozwiązania technologicznego na przypadku trudności związanych z zakupem masy MZ-10.