

Tytuł projektu; Innowacyjne urządzenie do wykonywania testów wydajnościowych naftowych otworów wiertniczych.

R_2/1/2017 - raport z przeprowadzonych eksperymentalnych pomiarów rozkładu prędkości i struktur przepływu w obszarze wkładu koalescencyjnego

Spis treści

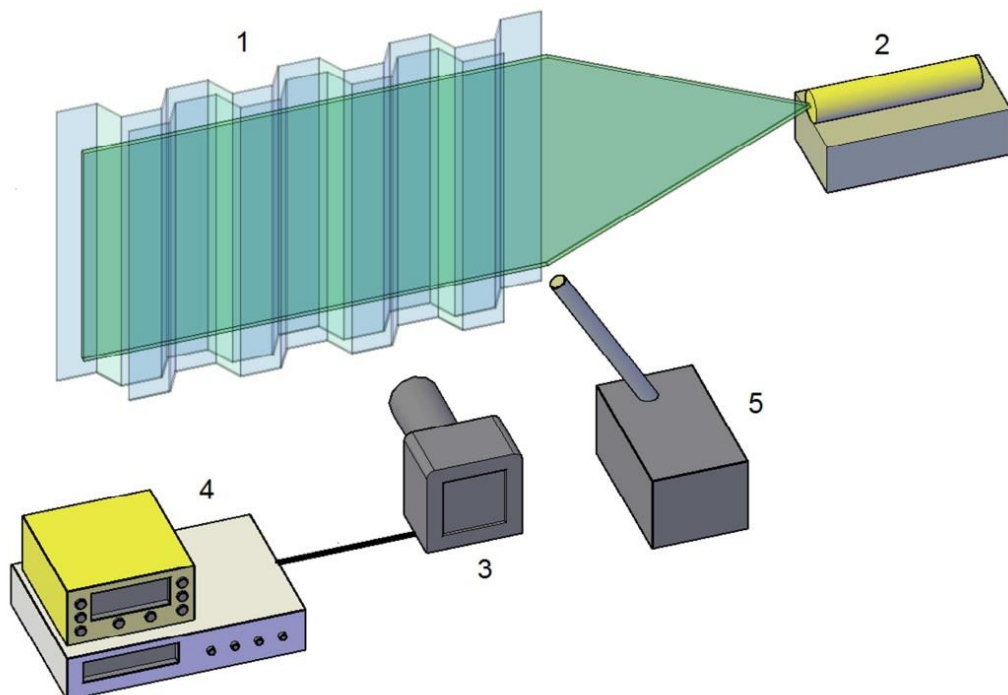
1. Wstęp	2
2. Cel badań	3
3. Wyniki badań.....	5
4. Podsumowanie	13

1. Wstęp

Wkład koalescencyjny jest wykorzystywany do separacji kropeł z gazu i stanowi jeden z elementów separatora np. trójfazowego. Zbudowany jest z cienkich blach, które są ukształtowane w odpowiednim kształcie i przypominają w przekroju blachę trapezową. Kąt zagięcia, długości elementów prostych oraz wzajemna odległość między nimi jest dobrana w takisposób aby otrzymać pożądany efekt separacji kropeł cieczy z gazu. Celem niniejszych badań jest pomiar stopnia separacji jakim cechuje się zaproponowana geometria. Niniejsza geometria została opracowana na podstawie wyników obliczeń numerycznych jakie zostały wykonane w ramach projektu.

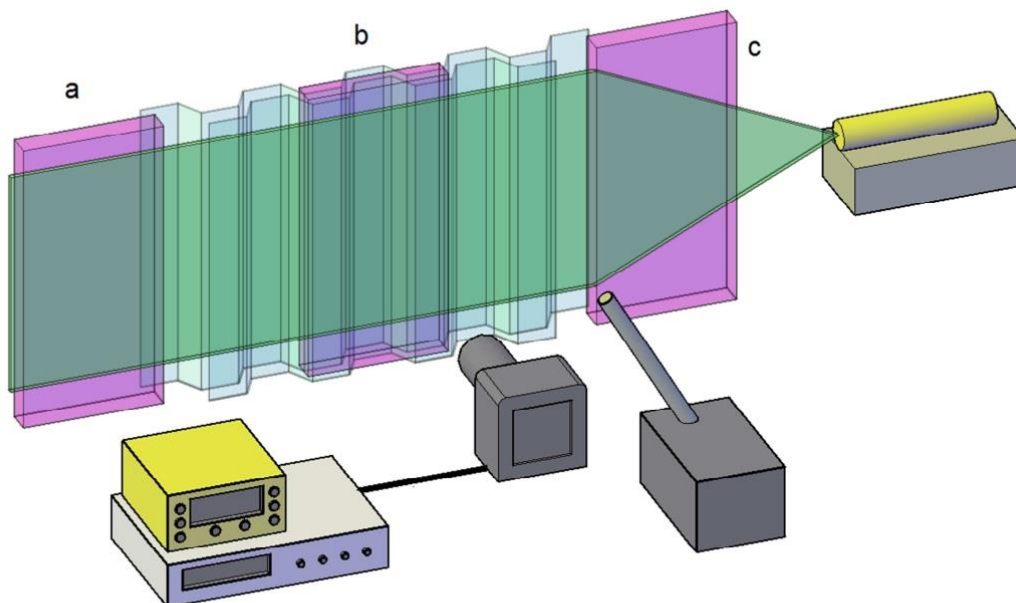
2. Cel badań

Badania zostały przeprowadzone dla układu dwóch blach, które zostały zastąpione przezroczystym poliwęglanem o takim samym kształcie. Pomiary polegały na wykonaniu metodą optyczną PIV (wykorzystano elementy systemu Partical Image Velocimetry) serii zdjęć dla przepływu powietrza zamglonego posiewem przed układem wkładu koalescencyjnego oraz za nim, dzięki czemu można było wykonać analizę porównawczą stopienia skuteczności odpylania. Schemat stanowiska został zaprezentowany na rys. 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego: 1 - wkład koalescencyjny z poliwęglanu, 2 - laser, 3 - kamera systemu PIV, 4 - system PIV, 5 - system generacji kropel z nadmuchem

System pomiarowy składał się z wkładu koalescencyjnego 1, z źródła światła którym w tym przypadku była wiązka lasera 2. Trajektorie cząstek oświetlonych przez laser były rejestrowane przez szybką kamerę 3, do akwizycji danych oraz obróbką otrzymanych fotografii wykorzystywany był system PIV 4. Do badań użyto zamgławiacza 5, który stanowił źródło kropel do separacji przez wkład koalescencyjny, który został wyposażony w dyszę ze sprężonym powietrzem w celu nadania odpowiedniej prędkości generowanemu posiewowi. Badania PIV oparte są na pomiarze optycznym trajektorii przemieszczania się podświetlonych przez wiązkę lasera cząsteczek, w tym przypadku kropel oleju. Kamera rejestruje dwie klatki w krótkim czasie, które są następnie analizowane przez specjalistyczne oprogramowanie, na podstawie którego można ustalić wektor prędkości, kierunku i zwrotu cząsteczki, oraz ich ilość w danej chwili. Pomiarzy zostały wg schematu przedstawionego na rys.2 czyli przed wkładem koalescencyjnym, następnie za nim. Dodatkowo wykonano również pomiar przepływu wewnątrz wkładu, ale mają one charakter poglądowy.

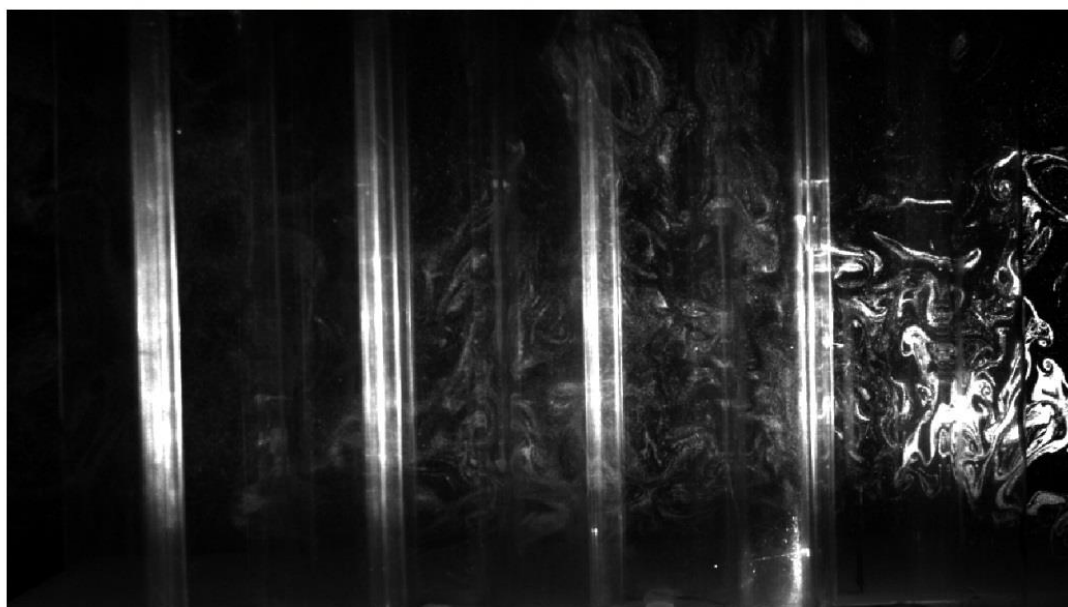


Rys. 2. Obszary pomiaru: a – na końcu separatora, b – w środku separatora, c – na wejściu do separatora

Wyniki analizy w poszczególnych płaszczyznach zostały opisane w następnym rozdziale. Wykonano również analizę statystyczną pokrycia oświetlonymi cząstkami uzyskanymi z płaszczyzny cięcia nożem laserowym powierzchni w wybranych miejscach (a, b, c). Zestawienie takie umożliwia ocenę stopnia separacji dla danego wkładu koalescencyjnego.

3. Wyniki badań

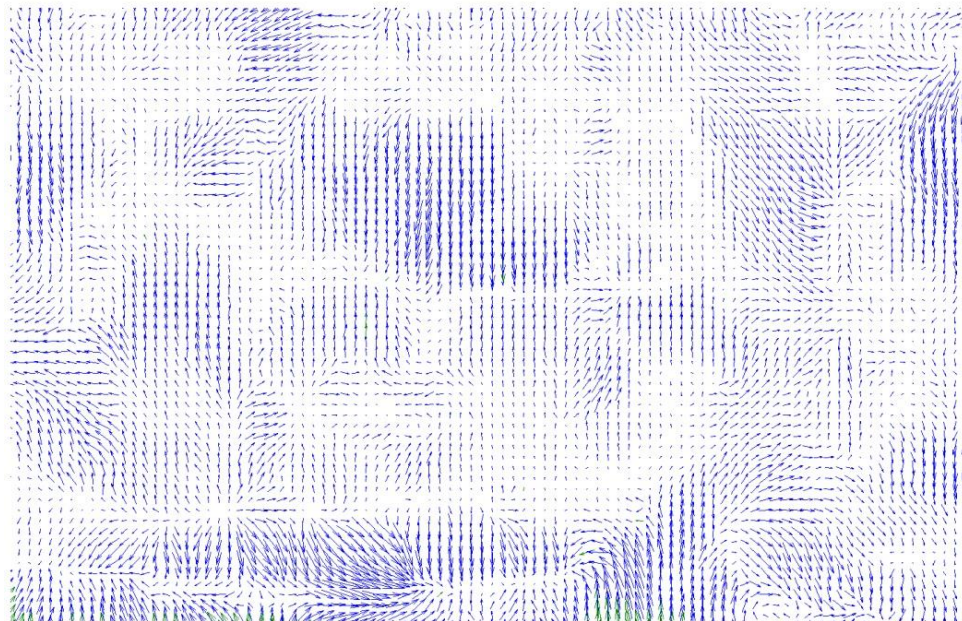
W celu zobrazowania wyników badań, oraz przedstawienia graficznego w jaki sposób wygląda separacja kropeł we wkładzie koalescencyjnym wykonano metodą PIV kilka zdjęć rozkładu cząsteczek wewnątrz wkładu. Obrazy zostały przedstawione na rys. 3.



Rys. 3. Wizualizacja przepływu kropeł przez wkład koalescencyjny

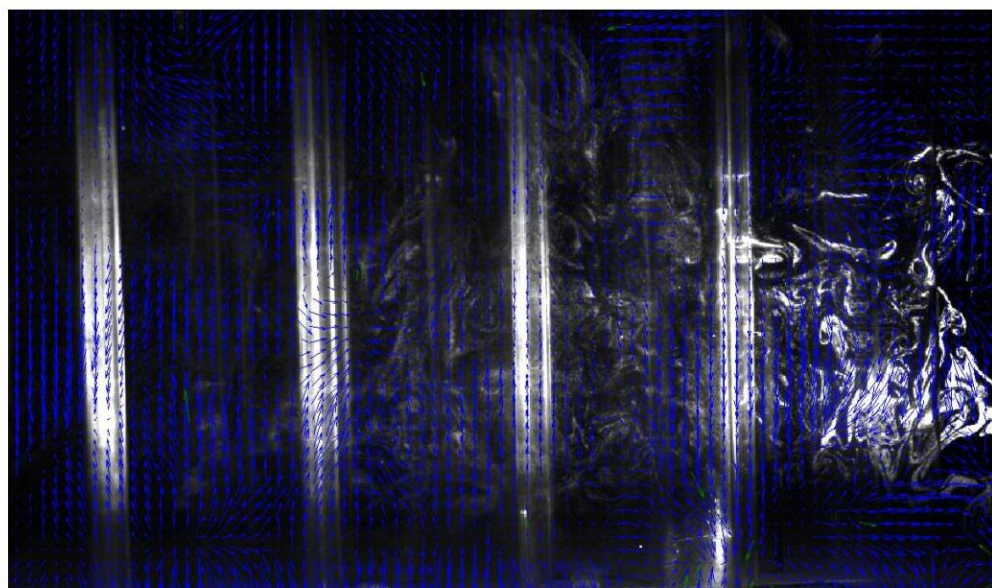
Dodatkowo wykonano analizę uzyskanego obrazu pod kątem ukształtowania wektorów prędkości w obszarze wkładu koalescencyjnego. Pomiar ten również ma charakter poglądowy, ale umożliwia ocenę ułożenia i trajektorię zastosowanego posiewu. Analiza została przedstawiona na rys. 4. Dodatkowo w odniesieniu do otrzymanych wyników symulacji numerycznych otrzymane wyniki pomiarów mogą być wykorzystane do walidacji

modelu numerycznego oraz przyjętych założeń.



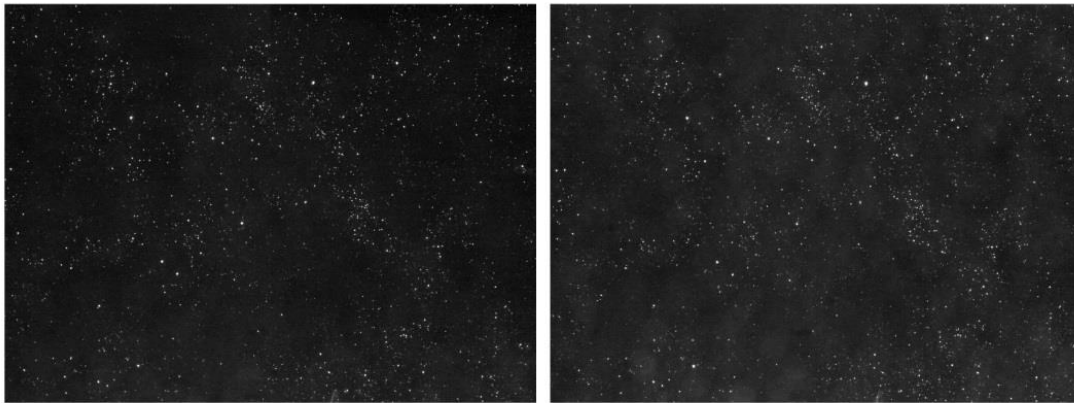
Rys. 4. Ukształtowanie wektorów prędkości w obszarze pomiaru wewnątrz wkładu koalescencyjnego

Wykonano również nałożenie uzyskanych wektorów na oryginalny uśredniony obraz uzyskany z wykonanego pomiaru, który został przedstawiony na rys. 5.



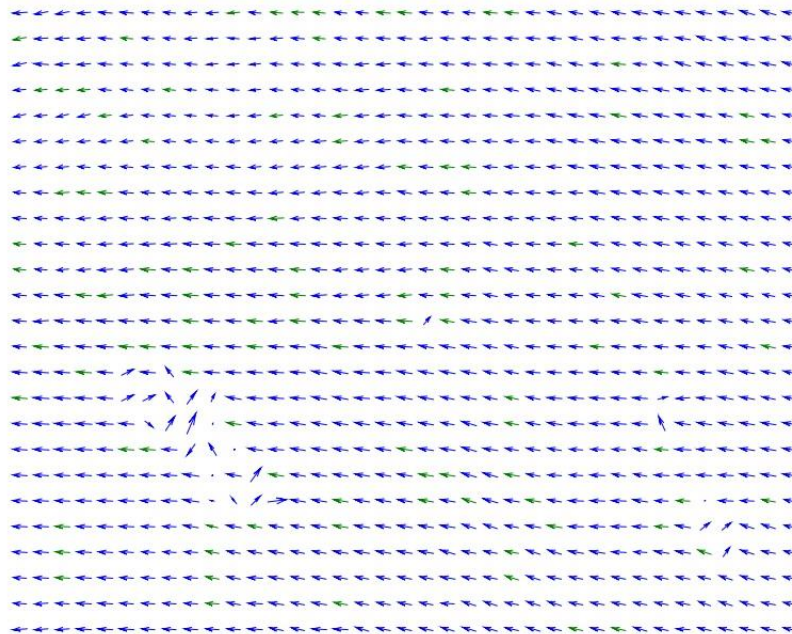
Rys. 5. Nałożenie uzyskanych wektorów na uśredniony obraz uzyskany z pomiarów

Przepływ gazu odbywa się od prawej do lewej strony. Zaobserwować można po prawej stronie mocne zagęszczenie posiewu, w środku jego zmniejszenie, natomiast na końcu jego praktyczny brak, czyli można stwierdzić że tego typu separator działa poprawnie. W celu zweryfikowania dokładnych danych przedstawiono na poniższym rys. 6 wyniki uzyskane na wlocie do wkładu.

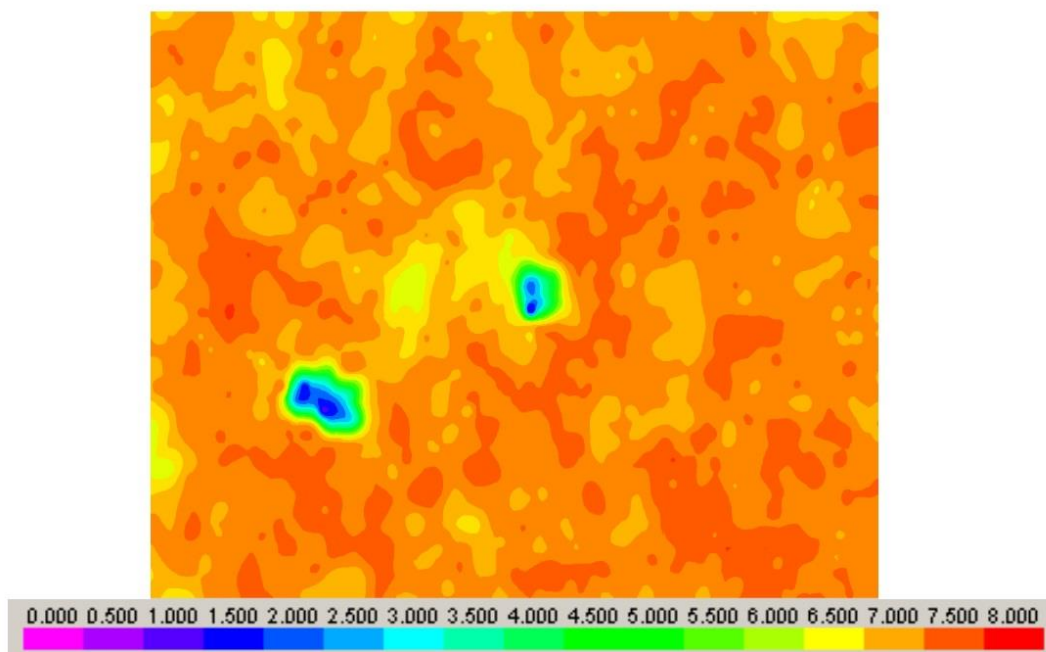


Rys. 6. Zdjęcia na wlocie do wkładu z systemu PIV: po lewej klatka A, po prawej klatka B

Powyższe zdjęcia przedstawiają jedną z podwójnych klatek wykonanych przez system PIV. Można zaobserwować na nich przesunięcie cząstek, na podstawie którego są wyliczane wymagane wartości. Dodatkowo na kolejnym rys. 7 i 8 przedstawiono kolejno kierunek wektorów przeanalizowanej klatki oraz mapę uzyskanych prędkości przepływu.



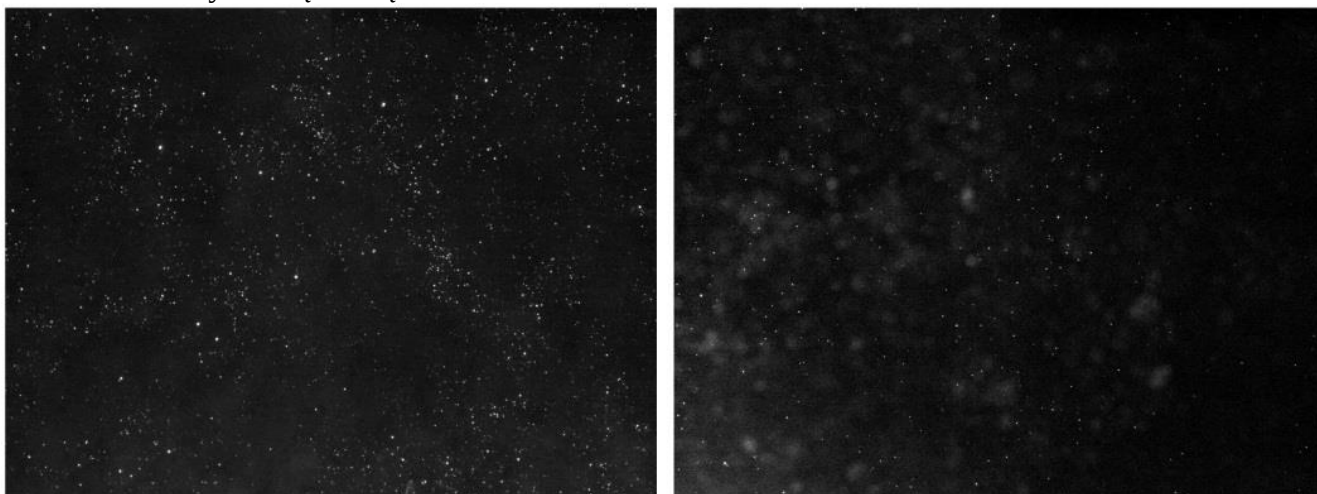
Rys. 7. Przykładowy rozkład wektorów prędkości na wlocie do wkładu



Rys. 8. Przykładowa mapa uśrednionych prędkości z pomiarów z wlotu do separatora

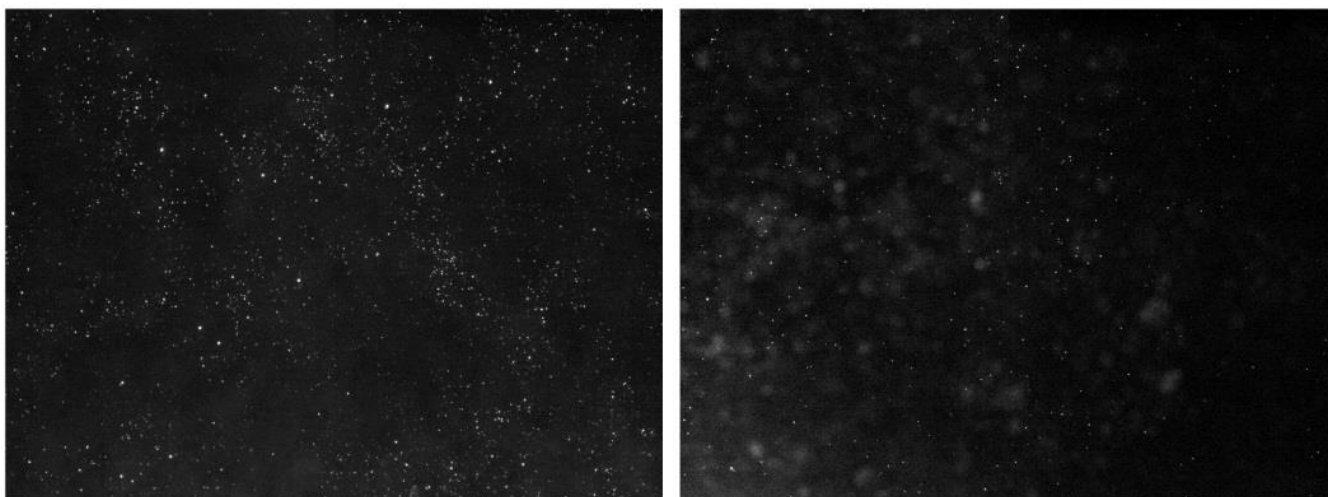
Na rys. 8 zaobserwować można spadki prędkości, które wynikają z turbulentnego charakteru przepływu gazu z posiewem, którego laminaryzacja jest stosunkowo trudna do osiągnięcia. Z drugiej strony warunki prowadzonych pomiarów bardziej odpowiadały warunkom rzeczywistym.

Kolejna seria wyników reprezentuje wylot z badanego wkładu koalescencyjnego. Na rys. 9 przedstawiono wybranką klatkę a i b.



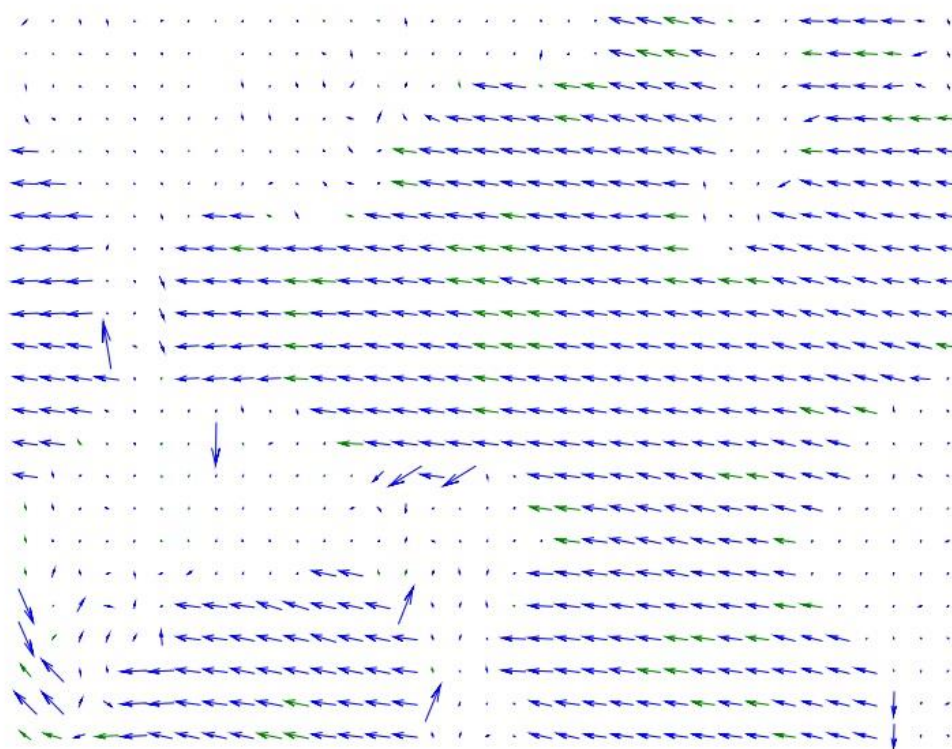
Rys. 10. Porównanie klatek A: po lewej na wlocie do separatora, po prawej na wylocie z separatora

Zaobserwować można zmianę w ilości obserwowanych kropli oraz ich intensywności świecenia światłem odbitym, co wskazuje na wysoką skuteczność działania separatora. Dla lepszego zobrazowania przedstawiono porównanie klatek A przed wlotem do separatora i zaraz za nim na rys. 10.

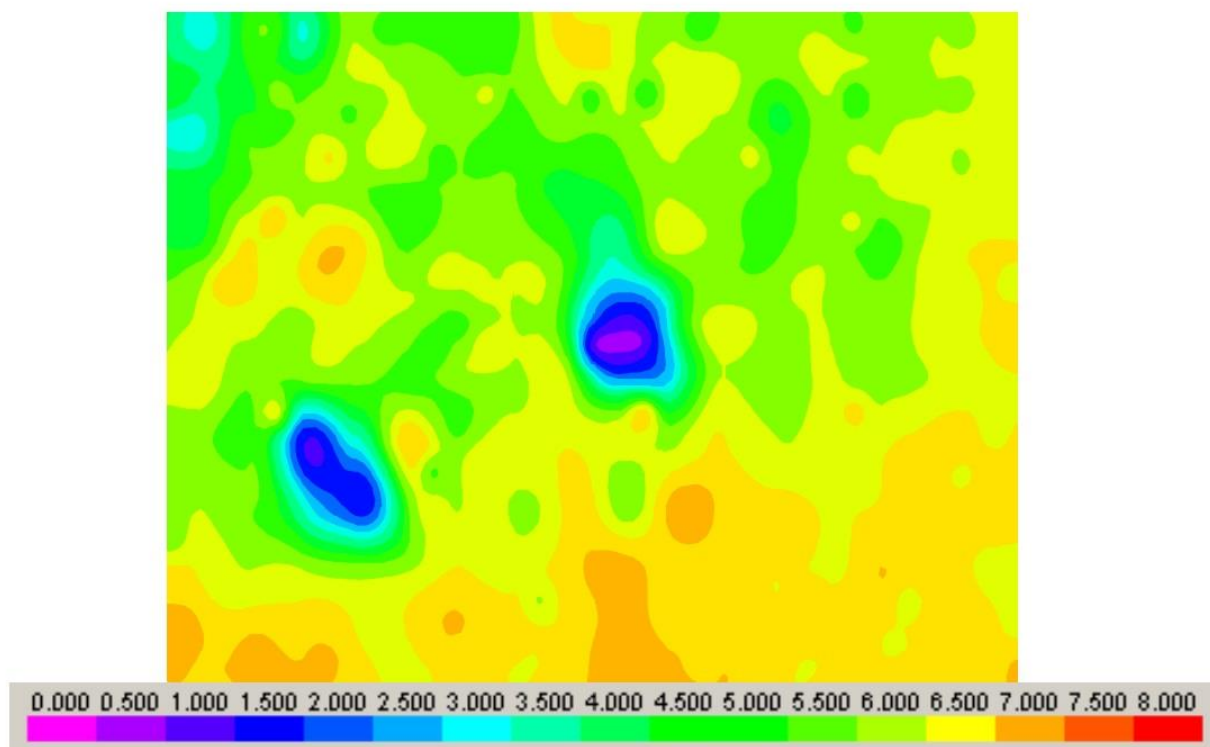


Rys. 10. Porównanie klatek A: po lewej na wlocie do separatora, po prawej na wylocie z separatora

Kolejne rysunki przedstawiają jak poprzednio wektory prędkości (rys. 11 oraz mapę prędkości (rys. 12).

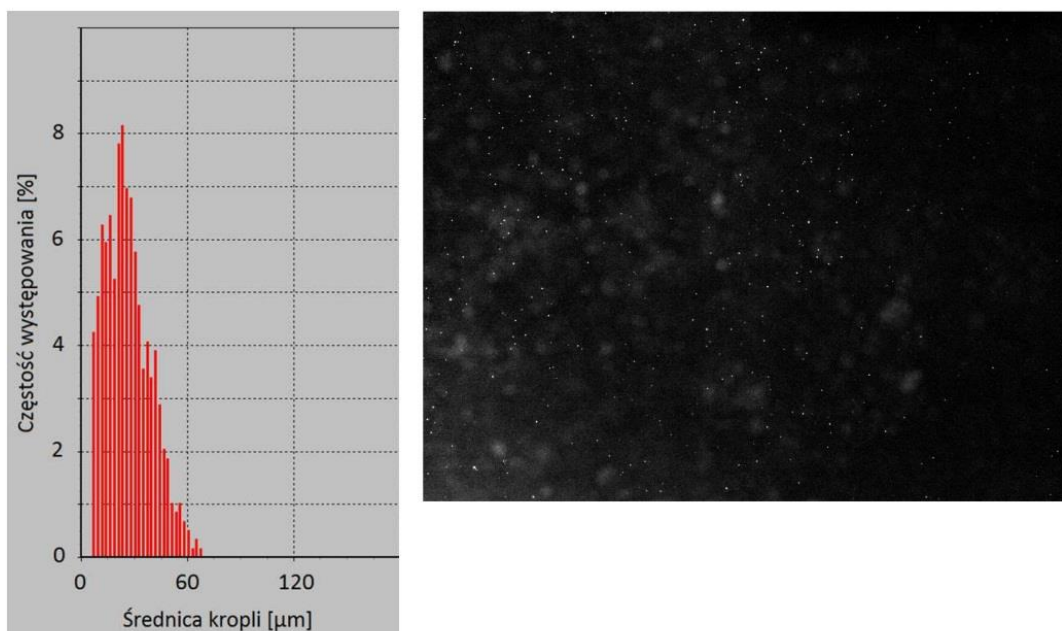


Rys. 11. Przykładowy rozkład wektorów prędkości na wylocie z separatora



Rys. 12. Przykładowa mapa uśrednionych pól prędkości z wylotu z separatora

Z wykonanych pomiarów wynika że prędkość wlotowa została zredukowana z około 7 m/s do około 4 m/s, co należy traktować jako wynik zgodny z oczekiwaniami. Elementem dodatkowym weryfikującym wykonane badania było użycie systemu opartego o PIV, było wykonanie pomiarów weryfikujących przy użyciu systemu AWK (Analizator Wielkości Kropel). Zasada jego działania jest oparta o laserowy czujnik, który umożliwia zliczenie kropel oraz rozpoznanie ich wielkości w czasie. System ten został zastosowany na końcu separatora w celu weryfikacji poprawności badań przy użyciu metod optycznych PIV. Przykładowe zestawienie obrazu z wynikiem z analizatora AWK przedstawia rys. 13. Wykonano również pomiar na wlocie do separatora w celu wykonania punktu odniesienia do dalszej analizy wielkości separowanych kropel.



Rys. 13. Porównanie wyników z AWK (z lewej) i PIV (z prawej)

W poniższej tab. 1 zebrano wyniki analizy wielkości kropeł uzyskanej z systemu AWK.

Tab. 1. Skuteczność separacji na poszczególnych odcinkach separatora

LP	maksymalna średnica generowanych kropeł	maksymalna średnica na wlocie do separatora	maksymalna średnica kropli na wylocie z separatora	maksymalna średnica kropli wg pomiarów AWK
jm.				
1	1600	289	114	75
2	1623	276	109	70
3	1591	295	121	80
4	1608	280	119	80

Zaobserwować można że skuteczność wkładu jest dosyć wysoka i ogranicza w znaczący sposób przepływ kropeł przez separator.

Wykonana została również analiza statystycznego stopnia oczyszczania, której metodyka została opisana w poprzednim rozdziale. Wyniki tej analizy zostały zaprezentowane w poniższej tab. 2.

Tab. 2. Analiza stopnia separacji wkładu koalescencyjnego

Wykonana analiza ma charakter poglądowy ponieważ wykonana jest tylko w jednej

LP	przekrój a	przekrój b	przekrój c
jm.	%	%	%
1	11	35	85
2	8	29	80
3	13	41	89

płaszczyźnie, którą jest źródło wiązki laserowej, która jest bardzo cienka. Pomiary były wykonywane przy użyciu systemu PIV 2D, więc nie ma możliwości uzyskania danych z całego przekroju. Dlatego ważne jest porównanie wyników oraz wykonanie statystyki kilku pomiarów w celu określenia średniej wartości. Warto też zaznaczyć fakt że pomiary należałoby wykonać w kilku płaszczyznach i uśrednić ich wartość. Mimo to uzyskane wyniki są miarodajne i satysfakcjonujące, ponieważ wkład koalescencyjny ma na celu oczyszczenie gazu z dużych kropeł, natomiast w rzeczywistości najmniejsze krople w separatorach trójfazowych są wyłapywane w kolejnym elemencie czyli demisterze, który składa się w głównej mierze z odpowiednio ukształtowanych sit i przegród. Niemniej uzyskane wyniki wskazują na wysoką skuteczność zaproponowanego rozwiązania.