

Analiza wytrzymałościowa belki opryskiwacza z wykorzystaniem systemów CAD/CAE

Strength analysis of a boom sprayer with the use of CAD/CAE systems

WALDEMAR DUDDA*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.7.80>

Prezentowane są wyniki analizy wytrzymałościowej belki nośnej opryskiwacza firmy Pilmet. Po utworzeniu numerycznego modelu belki przeprowadzono analizę statyczną. Wyznaczono naprężenia i przemieszczenia metodą elementów skończonych dla różnych wariantów położenia składanej belki.

SŁOWA KLUCZOWE: belka opryskiwacza, naprężenia, przemieszczenia

Presented are the results of strength analysis of the Pilmet boom sprayer. After creating the numerical model of the boom, a static analysis was carried out. Stresses and displacements were determined using the finite element method for different variants of the folding boom position.

KEYWORDS: boom sprayer, stress, displacements

Jednym z głównych zespołów opryskiwaczy jest belka nośna (polowa). Służy ona do mocowania oprzyrządowania do rozpylania cieczy, w którego skład wchodzi m.in. przewody, króćce i głowice z rozpylaczami.

Rozpiętość belek może dochodzić do 50 m. Tak szerokie belki są narażone na duże wahaniami, a tym samym na znaczne obciążenia dynamiczne, wywołane ruchem po nierównomiernie ukształtowanej powierzchni terenu. Już

nieznaczne wahaniami środkowej części belki powodują duże przyspieszenia jej krańców, co z jednej strony może prowadzić do tego, że część roślin nie zostanie pokryta cieczą [1], a z drugiej – może wywoływać pękanie połączeń spawanych i profili.

Zatem, aby ograniczyć wahaniami belki, stosuje się różnorodne układy stabilizacji [2, 3]. Wymaga się, aby konstrukcja belki w takich warunkach pracy cechowała się w miarę dużą sztywnością i jednocześnie jak najmniejszą masą.

Celem opisanych w artykule prac jest analiza wytrzymałościowa belki polowej opryskiwacza firmy Pilmet.

Przedmiot badań

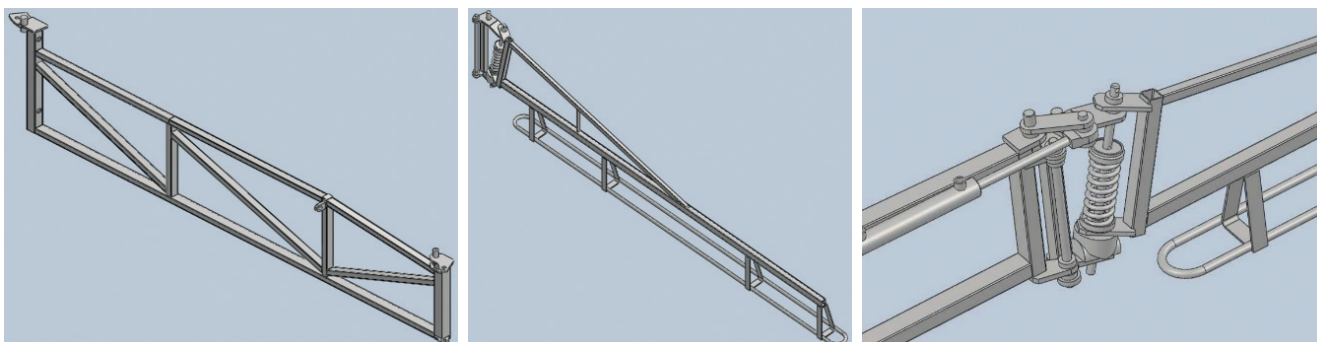
Przedmiotem analizy jest belka polowa opryskiwacza zawieszanego (rys. 1) firmy Pilmet.

Belka jest zbudowana z ośmiu segmentów połączonych ze sobą przegubowo za pomocą sworzni. Segmenty są składane i rozkładane elektrohydraulicznie z użyciem siłowników. Szerokość robocza zespołu belki wynosi 18 m. Poszczególne segmenty są wykonane z rur o profilu prostokątnym i kwadratowym. Cała konstrukcja belki jest zamontowana na trapezowym układzie zawieszania.

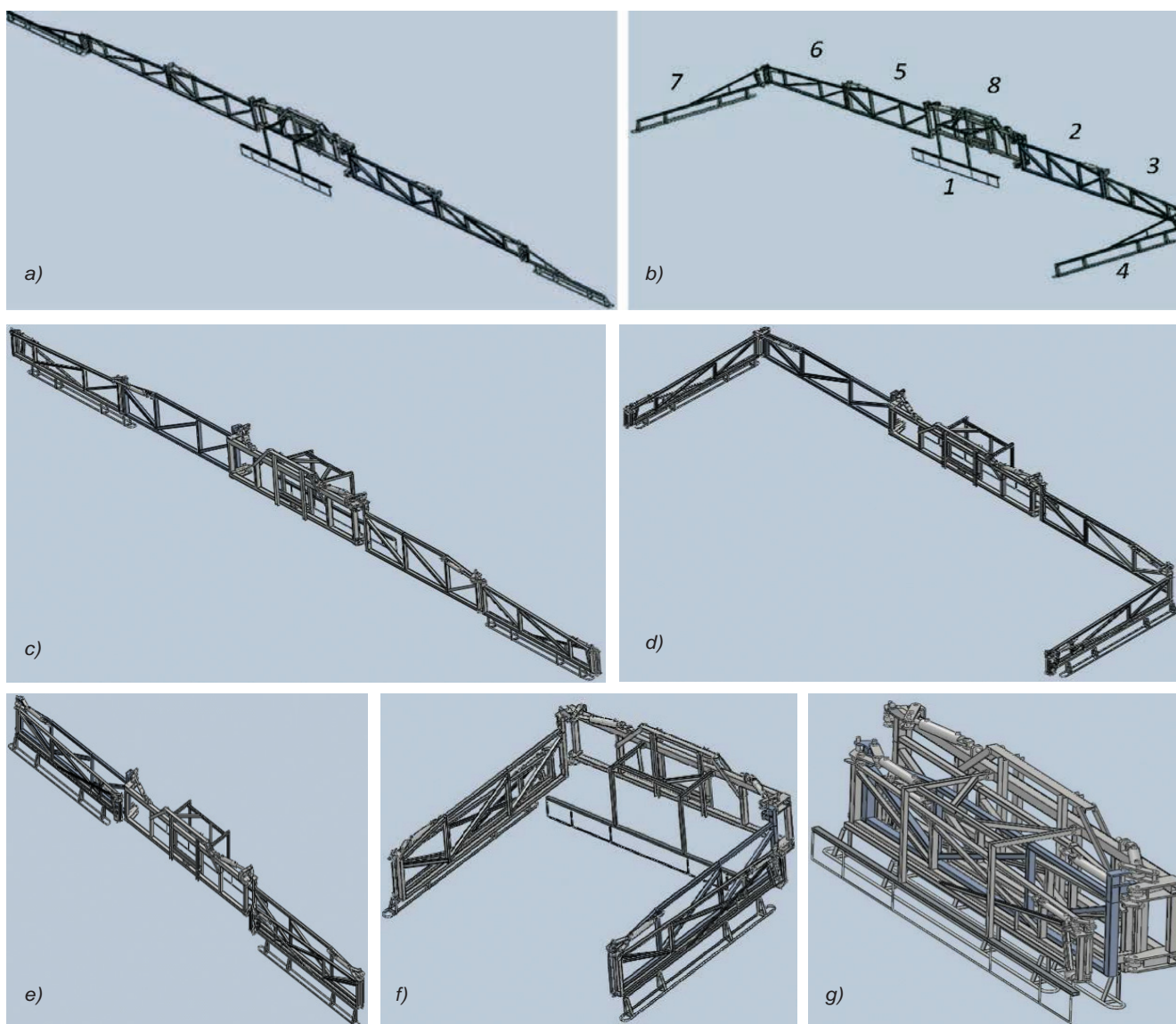


Rys. 1. Opryskiwacz z belką polową

Rys. 2. Przykłady zamodelowanych segmentów belki i ich łączenia



* Dr inż. Waldemar Dudda (dudda@uwm.edu.pl) – Wydział Nauk Technicznych, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie



Rys. 3. Warianty rozłożenia/złożenia segmentów belki (numery segmentów – b)

Model numeryczny belki został utworzony w programie SolidWorks. Niezbędne wymiary ustalono na podstawie pomiarów rzeczywistej konstrukcji oraz instrukcji obsługi. Przykłady zamodelowanych segmentów belki i sposoby łączenia przedstawiono na rys. 2, natomiast całej konstrukcji belki – na rys. 3.

Warianty analizy wytrzymałościowej belki

Rozważano wpływ obciążenia ciężarem własnym konstrukcji na jej wytrzymałość i sztywność w zależności od wariantów ustawienia poszczególnych segmentów belki:

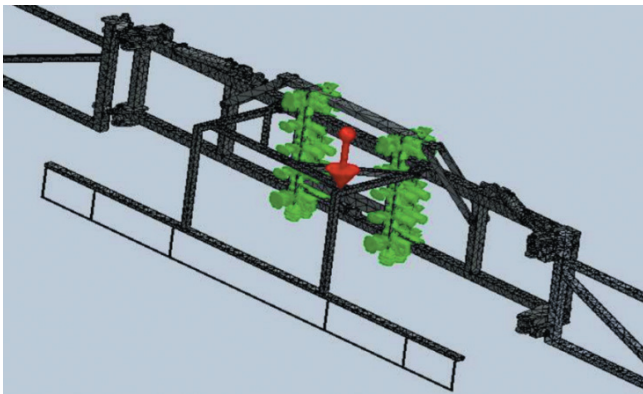
- A – belka całkowicie rozłożona w pozycji roboczej (rys. 3a),
- B – skrajne segmenty ustawione pod kątem 90° do płaszczyzny belki (rys. 3b),
- C – skrajne segmenty belki całkowicie złożone (rys. 3c),
- D – segmenty 4 i 7 złożone do segmentów 3 i 6, które są rozłożone pod kątem 90° do płaszczyzny roboczej belki (rys. 3d),
- E – segmenty 4 i 7 oraz 3 i 6 złożone do segmentów 2 i 5 (rys. 3e),
- F – segmenty 2 i 5 rozłożone pod kątem 90° ze złożonymi pozostałymi segmentami (rys. 3f),
- G – segmenty złożone do pozycji transportowej (rys. 3g).

Wyniki analizy wytrzymałościowej

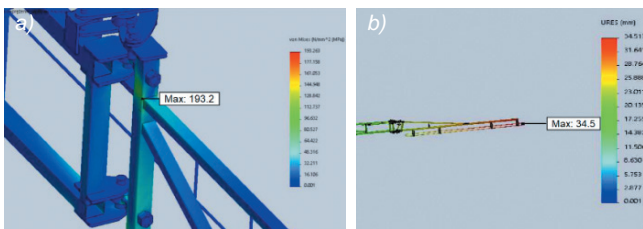
Wykonano analizę statyczną (MES) z użyciem narzędzi CAD/CAE (SolidWorks Simulation) dla każdego z siedmiu wariantów ustawienia segmentów konstrukcji belki (rys. 3a–g). We wszystkich przypadkach obciążeniem był ciężar własny. Zgodnie z instrukcją obsługi do modelu przypisano własności materiału odpowiadające stali konstrukcyjnej S235JR (dawne oznaczenie St3S). Elementy mocujące konstrukcji utwierdzono za pomocą wiązań typu nieruchoma geometria (rys. 4). Model dyskretyzowano trójwymiarową (bryłową) siatką opartą na krzywiznie; wykorzystano elementy czworościenne (typ elementu skończonego).

W poszczególnych wariantach wyznaczono naprężenia zredukowane według hipotezy Hubera-Misesa-Hencky'ego oraz przemieszczenia. Dla wariantu A maksymalne naprężenie wyniosło 193,2 MPa i zostało zlokalizowane w segmencie 2 (rys. 5a), natomiast maksymalne przemieszczenie wyniosło 34,5 mm i miało miejsce w skrajnym segmencie belki (rys. 5b).

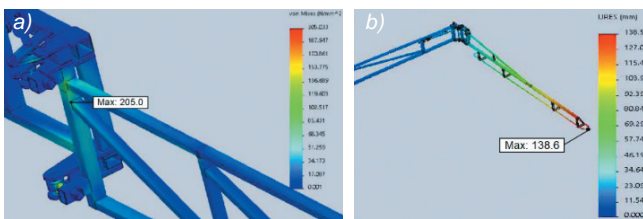
W wariacie B maksymalne naprężenie zredukowane wyniosło 205 MPa (rys. 6a) i miało miejsce w segmencie 2, natomiast maksymalne przemieszczenie wyniosło ok. 139 mm (rys. 6b) i wystąpiło w skrajnym segmencie belki.



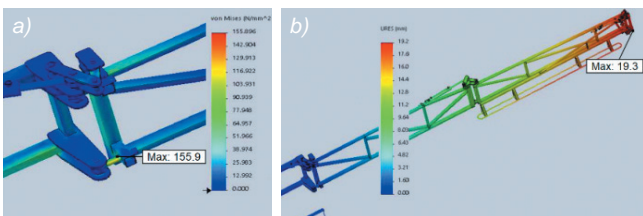
Rys. 4. Podparcie konstrukcji



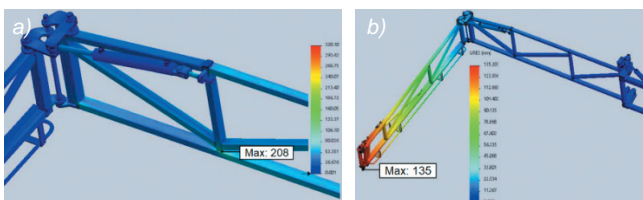
Rys. 5. Wariant A: a) naprężenia zredukowane, b) przemieszczenia



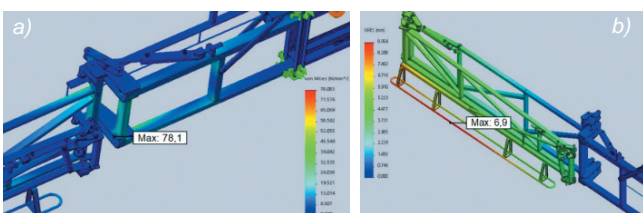
Rys. 6. Wariant B: a) naprężenia zredukowane, b) przemieszczenia



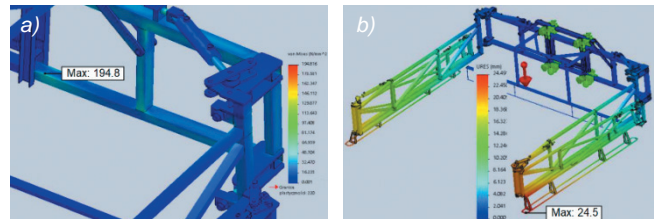
Rys. 7. Wariant C: a) naprężenia zredukowane, b) przemieszczenia



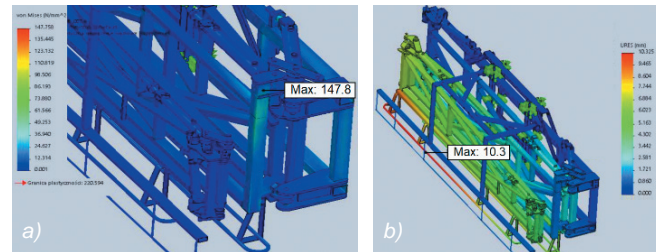
Rys. 8. Wariant D: a) naprężenia zredukowane, b) przemieszczenia



Rys. 9. Wariant E: a) naprężenia zredukowane, b) przemieszczenia



Rys. 10. Wariant F: a) naprężenia zredukowane, b) przemieszczenia



Rys. 11. Wariant G: a) naprężenia zredukowane, b) przemieszczenia

Maksymalne naprężenie w wariantcie C wyniosło 156 MPa i miało miejsce w segmencie 2 (rys. 7a), maksymalne przemieszczenie wyniosło 19,3 mm (rys. 7b) i wystąpiło w końcu tego segmentu.

W wariantcie D rozłożenia ramion maksymalne naprężenie wyniosło 208 MPa i wystąpiło w środkowej części segmentu 5 (rys. 8a), przemieszczenie wyniosło ok. 135 mm i wystąpiło na łączeniu segmentów 6 i 7 (rys. 8b).

W wariantcie E maksymalne naprężenie wyniosło 78 MPa i nastąpiło przy skrajnym słupku segmentu 1 (rys. 9a), maksymalne przemieszczenie wyniosło 9 mm i miało miejsce w środkowej części segmentu 7 (rys. 9b).

Maksymalne naprężenie w wariantcie F wyniosło 195 MPa i wystąpiło w segmencie centralnym (rys. 10a), natomiast przemieszczenie – ok. 24 mm – wystąpiło w skrajnej części segmentu 4 (rys. 10b).

Przy całkowicie złożonej belce (wariant G) maksymalne naprężenie wyniosło 148 MPa (rys. 11a), a maksymalne przemieszczenie wyniosło 10 mm i wystąpiło w centralnej części segmentu 4 (rys. 11b).

Podsumowanie

Analiza wyników wskazuje, że najniebezpieczniejszy jest wariant D, w którym wystąpiły największe naprężenia zredukowane, wynoszące 208 MPa (rys. 8a). Natomiast największe przemieszczenie, wynoszące 138,6 mm, wystąpiło w wariantcie B (rys. 6b). Jednak w wariantcie D (rys. 8b) maksymalne przemieszczenie było nieznacznie mniejsze niż w wariantcie B i wyniosło 135 mm. Oba te położenia charakteryzowały się prostym ułożeniem segmentów wobec płaszczyzny roboczej belki.

LITERATURA

1. Rogalski L., Kamiński E. „Bilansowanie rozchodu cieczy łączzonej nawozowo-pestycydowej w opryskiwaniu pszenicy”. *Ekologiczne aspekty mechanizacji produkcji roślinnej*. Warszawa: IBMER, 2001.
2. Lipiński A., Sobotka S., Lipiński S. „Przegląd systemów stabilizacji belek polowych opryskiwaczy”. *Inżynieria Rolnicza*. 8 (2011): s. 181–187.
3. Szulc T. „Test stabilizacji belek opryskiwaczy”. *Rolniczy Przegląd Techniczny*. 9 (2008): s. 30–33.