

## Badania przemysłowe przekładni organu urabiającego kombajnu chodnikowego

mgr inż. Radomir Miczyński  
inż. Karol Gałąka  
Bumech S. A. Dział badań i rozwoju

### Streszczenie:

W artykule zaprezentowano metodę oraz wyniki badań nowego typu przekładni organu urabiającego kombajnu górniczego podnoszącego wydajność i bezpieczeństwo w czasie eksploatacji w podziemiach zakładu górniczego. Przygotowanie koncepcji przekładni wymagało wykonania wspomaganą komputerowo analizy wytrzymałościowej metodą elementów skończonych, której prezentację wyników przedstawiono w niniejszym artykule. Wnioski z badań umożliwiły akceptację budowy prototypu przekładni. Na podstawie doświadczeń z eksploatacji prototypu stwierdzono wzrost użyteczności przekładni poprzez podniesienie wydajności i bezpieczeństwa pracy przekładni organu urabiającego w kombajnie chodnikowym.

Słowa kluczowe: badanie przekładni organu urabiającego, przekładnia organu urabiającego, kombajn górniczy, organ urabiający

Keywords: tests of cutter head's gear, cutter head's gear, roadheader

### Abstract:

The method and results of testing the new type of gear of roadheader's cutter head, which increases production output and safety during operation in mine underground are presented. Realization of the gear concept required computer aided strength analysis by the finite elements method, results of which are presented in the paper. Conclusions from the performed tests enabled acceptance of the gear prototype. Experience from operation of the gear prototype proved increase of production output and safety of the gear of roadheader's cutter head.

## 1. Cel projektu

Przeprowadzone badania przemysłowe nowego typu przekładni organu urabiającego kombajnu chodnikowego mają na celu podniesienie wydajności i bezpieczeństwa podczas eksploatacji w podziemiach zakładu górniczego. Badania przeprowadzono w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007-2013.

## 2. Wprowadzenie

Badania zrealizowano w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna gospodarka 2007-2013, dotowanego przez Unię Europejską. Firma Bumech w ramach projektu otrzymała dofinansowanie w wysokości 56% całego budżetu projektu. Część badawczo-koncepcyjna projektu była realizowana przez podwykonawcę - firmę EC Project Sp. z o. o z Krakowa.

Wymagania stawiane przez Spółki Węglowe producentom maszyn górniczych spowodowały konieczność wprowadzenia do oferty i użytku innowacyjnej przekładni organu urabiającego ze zraszaniem wewnętrznym dla kombajnu chodnikowego typu AM-50. Konsekwencją obostrzeń nakładanych przez przemysł wydobywczy i braku alternatywnej konstrukcji było pojawienie się niszy na rynku. Spółki sektora górniczego od kilkunastu lat wykorzystywały przekładnie w niezmienionej wersji o mocy 100 kW, o parametrach technicznych nie pozwalających na w pełni wydajną i efektywną eksploatację złóż. Kombajny AM-50 były wyposażone w reduktor 100/20 o mocy 100 kW i przełożeniu nominalnym 20, a warunki pracy niejednokrotnie przekraczały ich możliwości. Konieczna okazała się poprawa

parametrów celem dostosowania urządzenia do coraz trudniejszych warunków górniczo - geologicznych. Samo zwiększenie mocy przekładni do 160 kW umożliwiło urabianie skał o wytrzymałości na ściskanie między 60 a 100 MPa.

Przedstawiona sytuacja na rynku górniczym zainicjowała w firmie BUMECH powstanie idei skonstruowania przekładni opartej na najnowszych rozwiązaniach technicznych. Sam pomysł trafił na podatny grunt i wkrótce przerodził się w przedsięwzięcie o kilkumilionowym budżecie. Projekt realizowany był w latach 2012 – 2015 w ramach „Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka 2007 – 2013 Oś priorytetowa: Badania i rozwój nowoczesnych technologii 1.4 Wsparcie projektów celowych” współfinansowanego przez Unię Europejską. Realizowany projekt ostatecznie przybrał nazwę: „Opracowanie i wdrożenie innowacyjnej przekładni organu urabiającego do kombajnu chodnikowego”. Proponowana postać konstrukcyjna miała łączyć skokowy wzrost dwóch najważniejszych wielkości w górnictwie – wydajności i bezpieczeństwa.

### 3. Założenia – parametry mechaniczne

Na podstawie długoletnich doświadczeń eksploatacyjnych przy pracach drażeniowych w kopalniach węgla kamiennego oraz coraz wyższych wymagań górnictwa w zakresie wydajności i bezpieczeństwa pracy na wstępie prac projektowych zostały założone parametry mechaniczne przekładni:

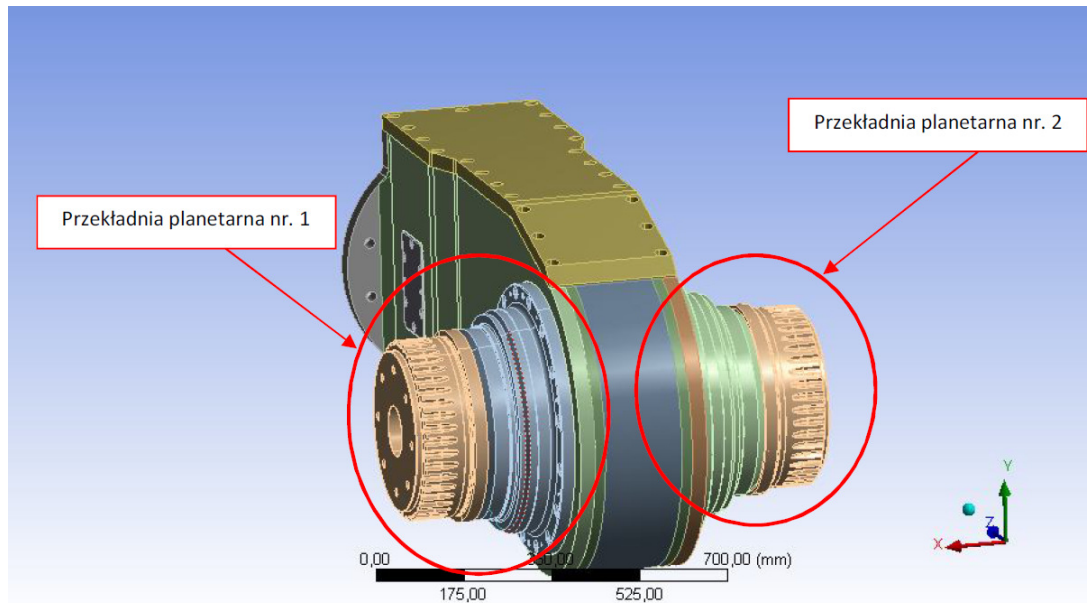
- Moc do 160 kW w celu przyspieszenia procesu drażenia chodnika. Zraszanie zanożowe oraz zraszanie z tzw. kurtyną powietrzno-wodną
- Wymuszenie smarowania przekładni w celu umożliwienia jej pracy w dowolnym położeniu organu bez żadnych ograniczeń czasowych
- Układ chłodzenia przekładni w celu umożliwienia jej pracy w dowolnym położeniu organu bez żadnych ograniczeń czasowych
- Nowy systemu mocowania wrębnika
- Przełożenie:  $i = 20$
- Obroty wału wyjściowego: 73,5 obr/min.

### 4. Opis prowadzonych badań

W ramach części badawczej opracowano koncepcję konstrukcji innowacyjnej przekładni w postaci przestrzennego modelu geometrycznego (rys. 1). Model koncepcyjny 3D miał posłużyć później do przygotowania dokumentacji technicznej do budowy prototypów komponentów przekładni organu urabiającego. Po opracowaniu modelu koncepcyjnej przekładni poddano go analizie wytrzymałościowej z zastosowaniem metody elementów skończonych.

Analiza wytrzymałościowa została przeprowadzona przez firmę EC Project Sp. z o.o. z Krakowa, która uczestniczyła w realizacji projektu w wyniku rozstrzygnięcia postępowania mającego na celu wybór podwykonawcy części badawczej przedsięwzięcia. W ramach postępowania oceniono doświadczenie, certyfikaty oraz zaplecze techniczne do realizacji przewidzianych w ramach projektu zadań. Prezentowane w niniejszym artykule badania umożliwiały weryfikację wartości naprężeń w konstrukcji przekładni dla zadanych

obciążeń oraz sprawdzenie możliwości zablokowania części planetarnej przekładni, będącej elementem przeniesienia napędu.



Rys.1. Model CAD [5]

## 5. Opis prowadzonych analiz

Wszystkie analizy wykonano na modelach 3D (rys. 1). Na podstawie otrzymanego rozkładu i wartości naprężeń w konstrukcji, które były efektem zadanych obciążeń na organy urabiające, zidentyfikowano przypadki występowania maksymalnych wartości sił skupionych na organach urabiających. W celu uproszczenia obliczeń wytrzymałościowych i redukcji zbędnych elementów usunięto wszystkie śruby i łożyska zastosowane w przekładni. Części te zastąpiono przez odpowiednie więzy geometryczne [1, 2, 4].

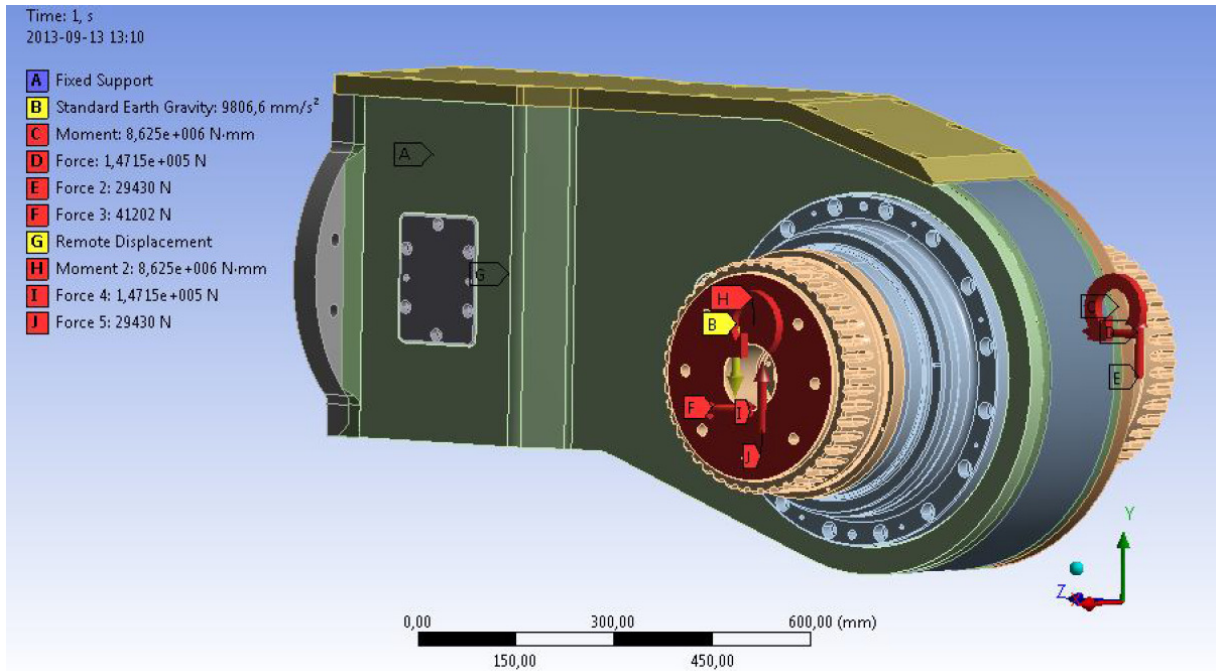
## 6. Warunki brzegowe, obciążenia i materiał

Jako materiał zastosowano stal konstrukcyjną 18H2N2 i S355 o następujących właściwościach:

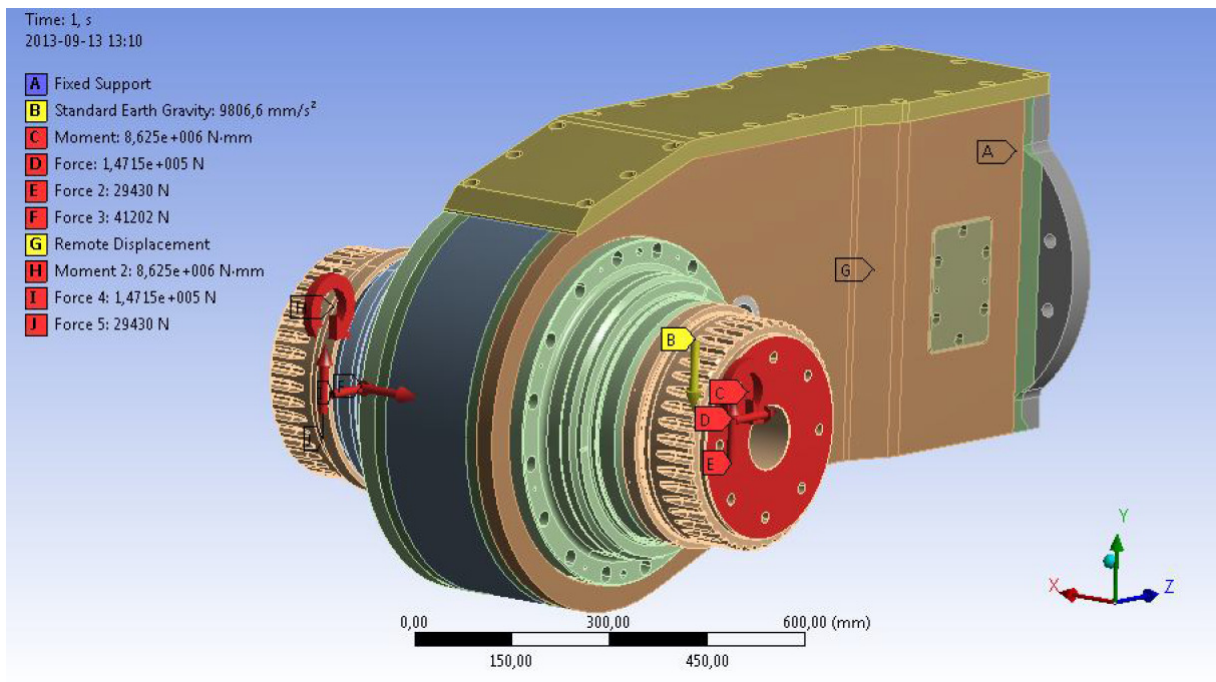
- gęstość : 7850 kg/m<sup>3</sup>
- moduł Younga: 205 GPa
- liczba Poisson'a: 0,3

Rodzaj materiału	Granica plastyczności $R_e$ [MPa]	Wytrzymałość na rozciąganie $R_m$ [MPa]
18H2N2	830	1450
S355	345	630

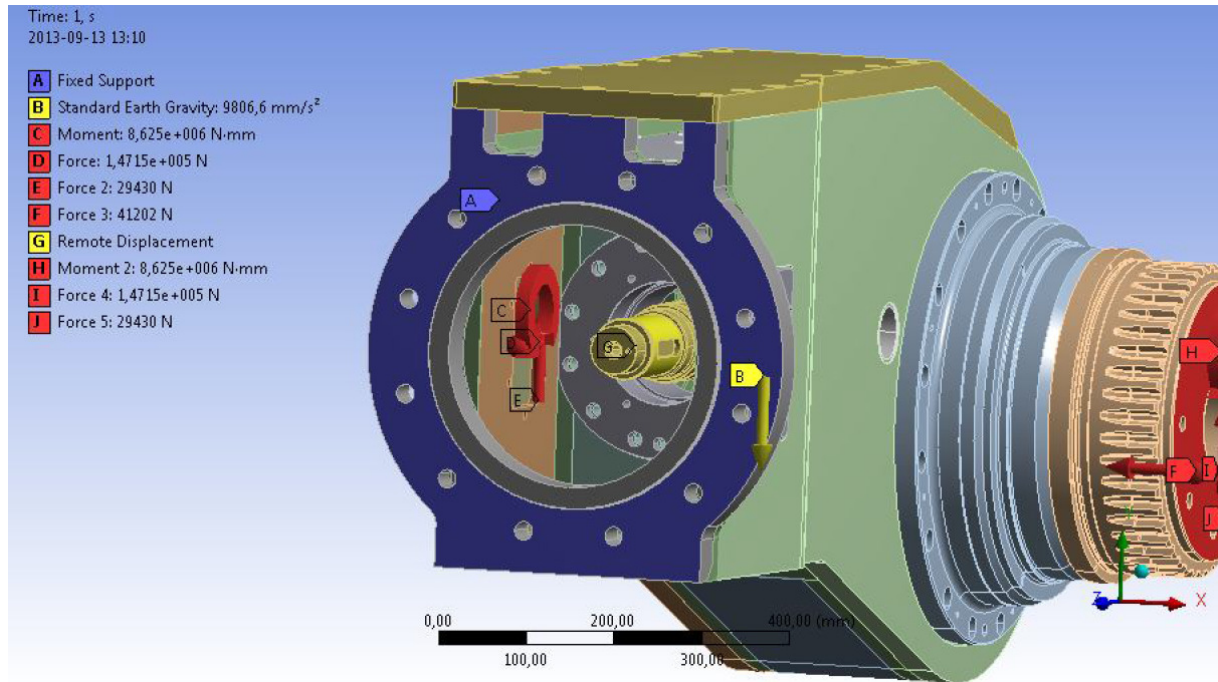
Analizowany stan naprężeń obejmuje obciążenie organów urabiających połową obciążenia maksymalnego przypadającą na każdy organ urabiający. Wybrany przypadek obciążenia występuje przez większość typowej pracy kombajnu [1, 2]. Płaszczyzna oznaczona symbolem A (rys. nr 4) została sztywno utwierdzona, natomiast powierzchnia na wale oznaczona symbolem G (rys. nr 2 i 3) została pozbawiona tylko możliwości obrotu wokół osi OZ globalnego układu współrzędnych. Warunki brzegowe (utwierdzenia i obciążenia) przedstawiono na poniższych rysunkach (rys. nr 2, 3 i 4).



Rys. 2. Widok izometryczny 1 modelu obliczeniowego przekładni [5]



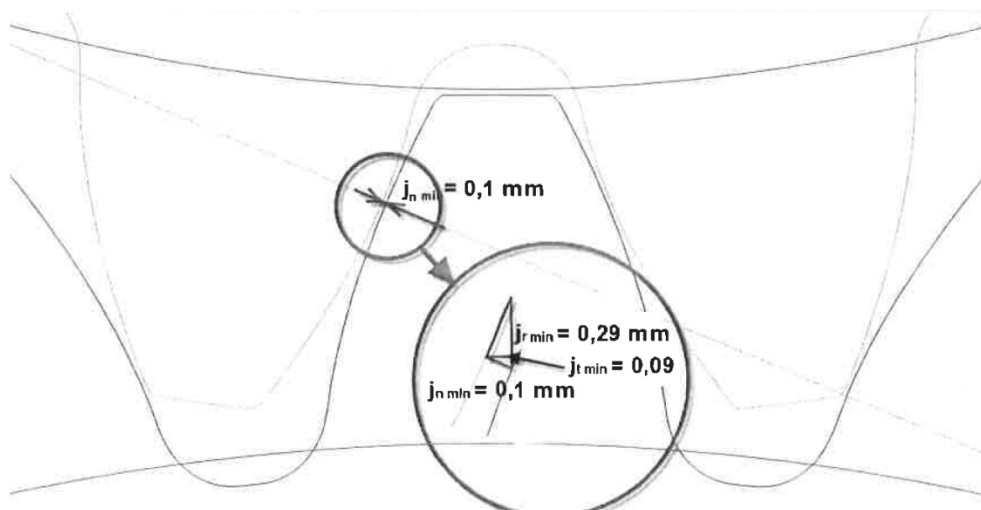
Rys. 3. Widok izometryczny 2 modelu obliczeniowego przekładni [5]



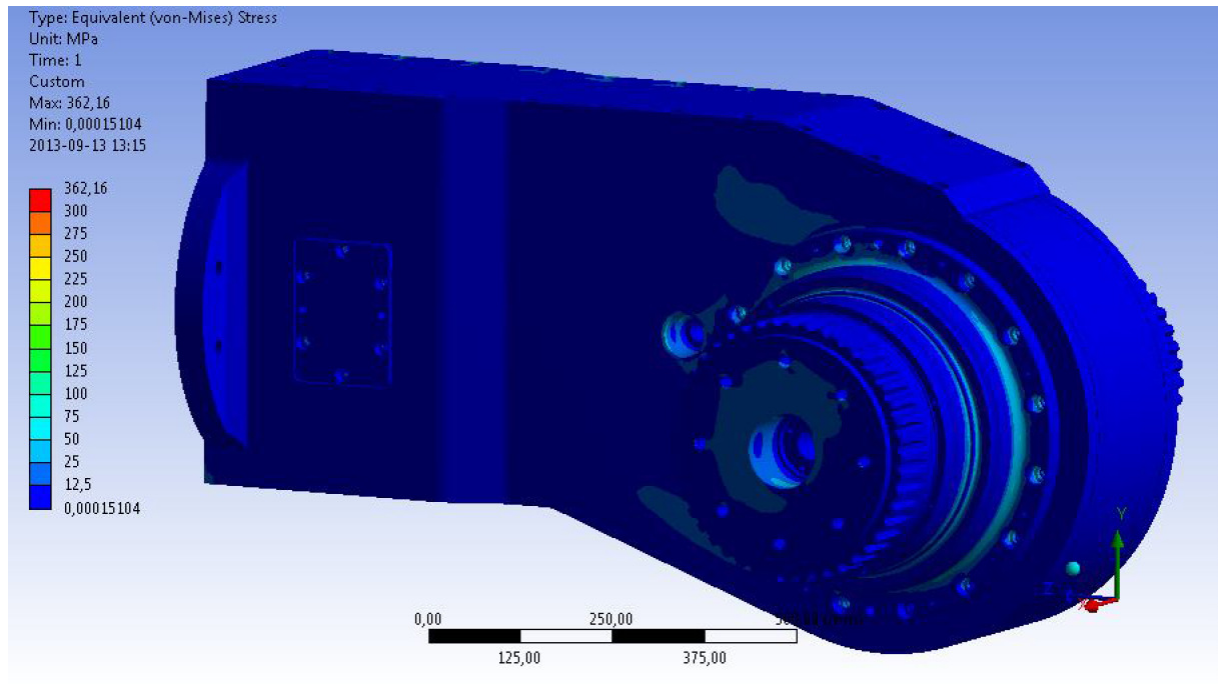
Rys. 4. Widok modelu obliczeniowego przekładni od strony wysięgnika kombajnu chodnikowego [5]

## 7. Wyniki

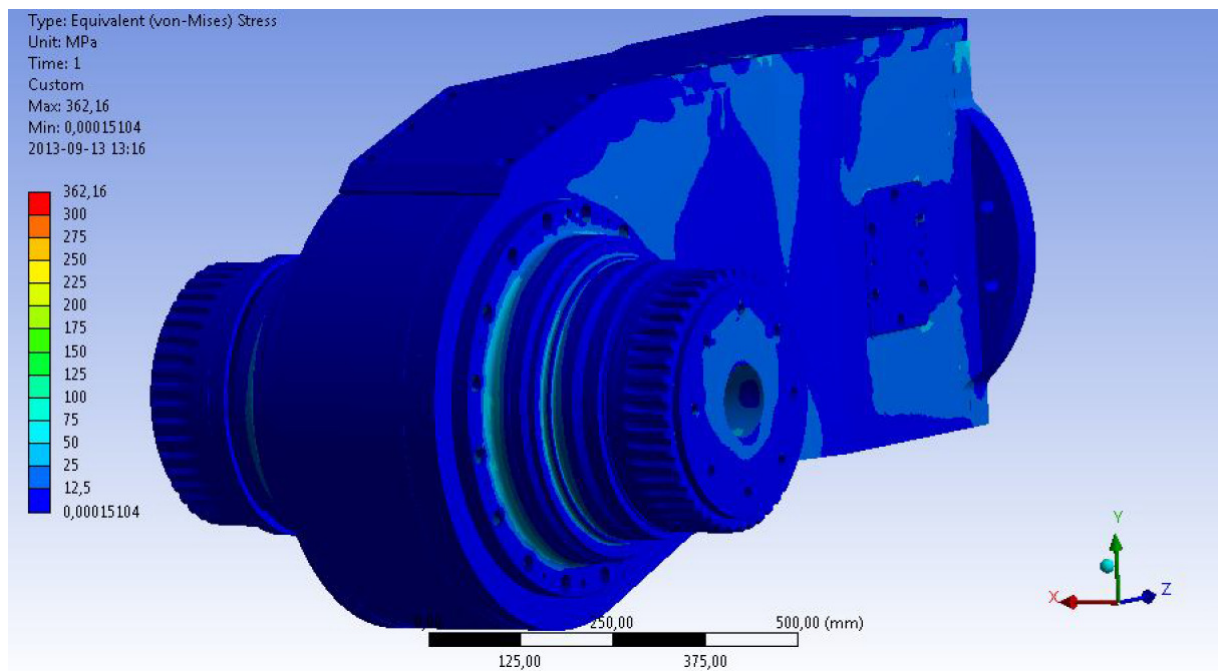
Wyniki przedstawiono w postaci map naprężeń zredukowanych według hipotezy Hubera-Misesa-Hencky'ego [3] (rys. nr 6, 7, 8, 9). Dla elementów przeniesienia napędu dodatkowo utworzone zostały rozkłady współczynnika bezpieczeństwa SF (Safety Factor) (rys. nr 10, 11). Zamieszczono również globalne przemieszczenia modelu obliczeniowego przekładni (rys. nr 5, 12, 13, 14, 15, 16, 17 i 18).



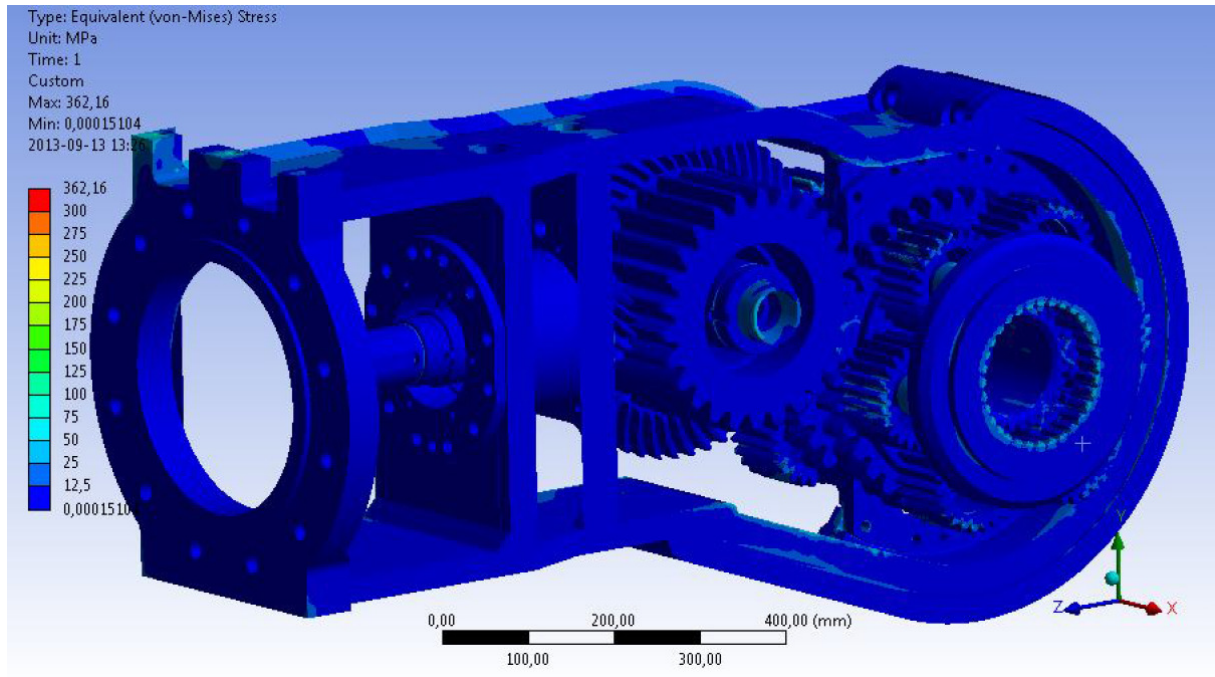
Rys. 5. Maksymalne deformacje kierunkowe dla elementów przekładni planetarnej [mm] [5]



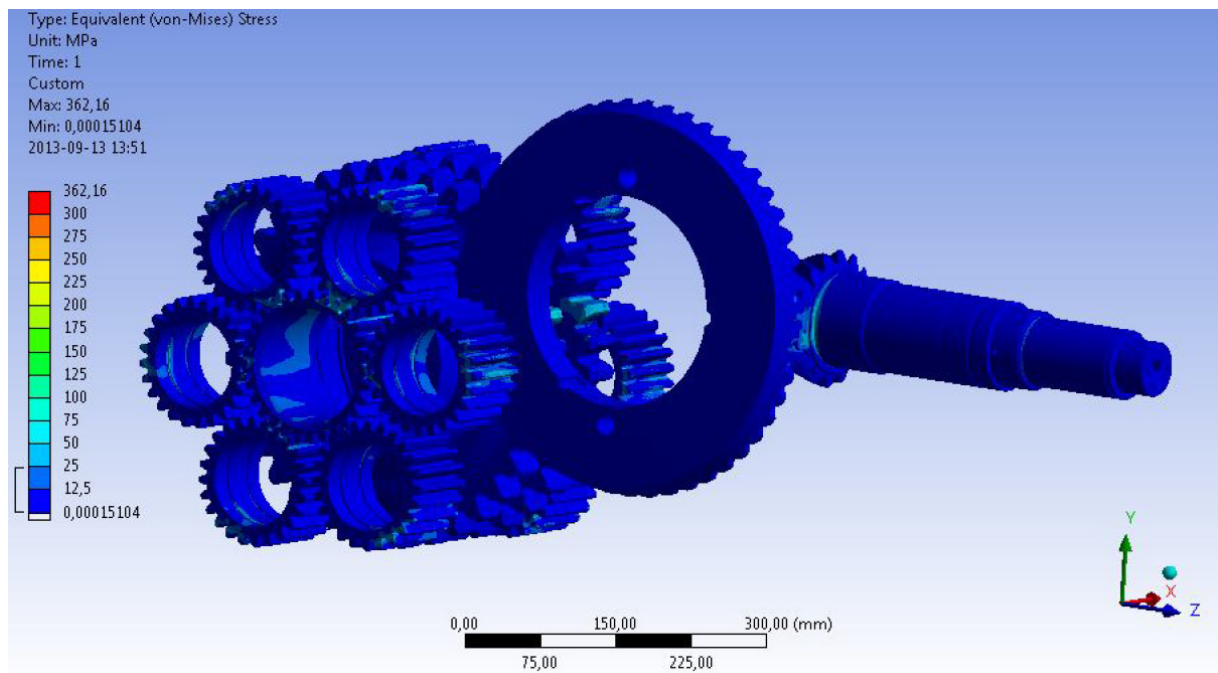
Rys. 6. Mapa naprężeń zredukowanych [MPa] [5]



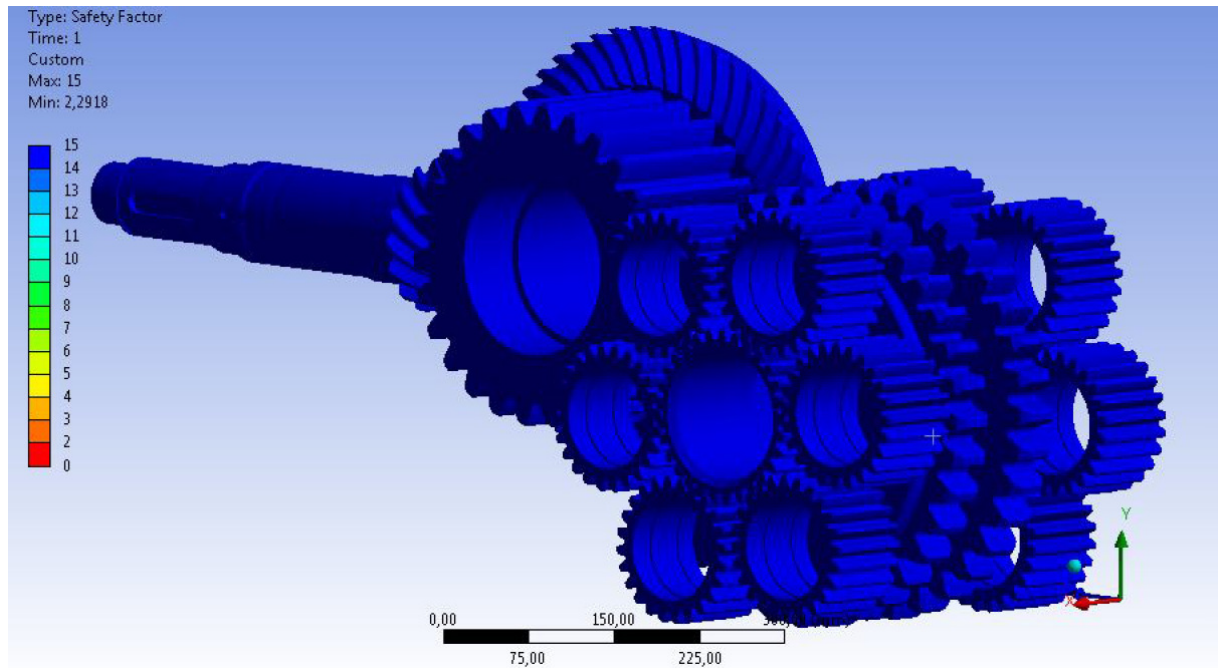
Rys. 7. Mapa naprężeń zredukowanych [MPa] [5]



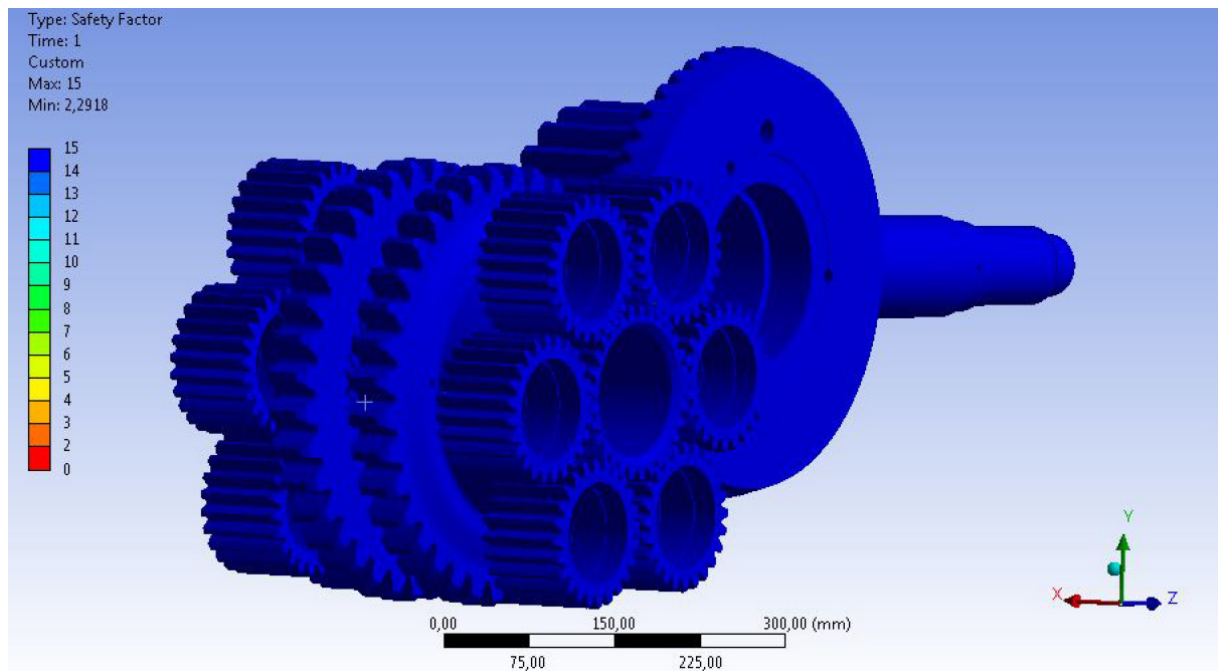
Rys. 8. Mapa naprężeń zredukowanych [MPa] [5]



Rys. 9. Mapa naprężeń zredukowanych [MPa] [5]

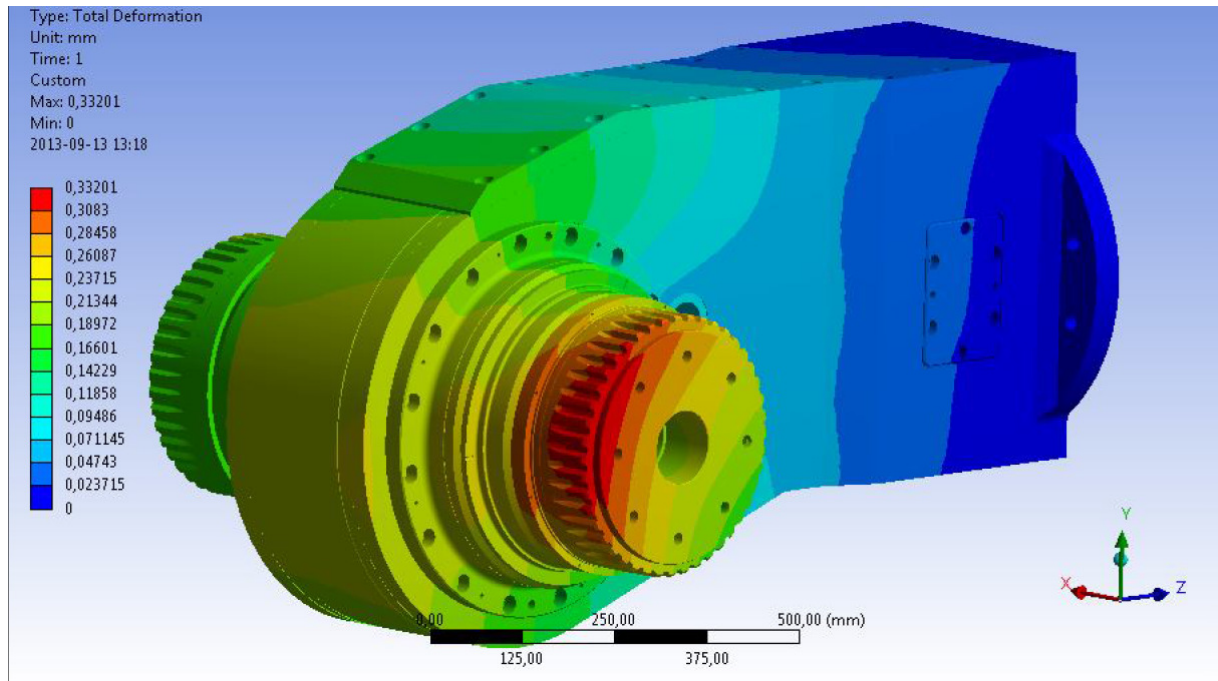


Rys. 10. Współczynnik bezpieczeństwa SF [5]

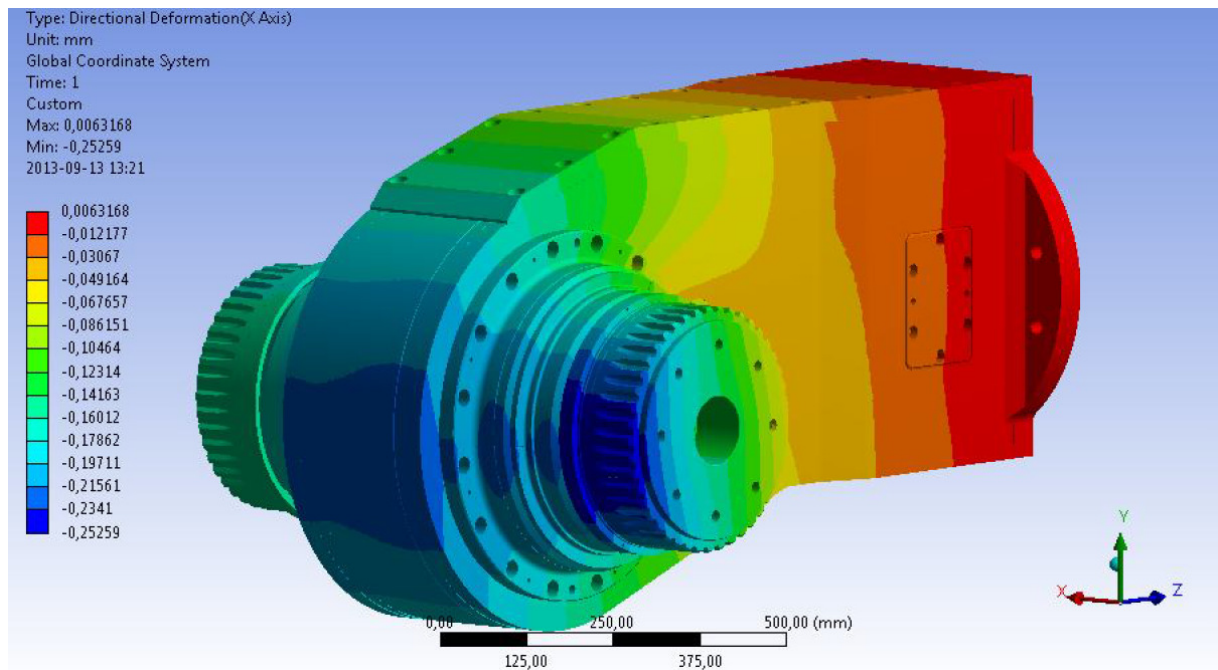


Rys. 11. Współczynnik bezpieczeństwa SF [5]

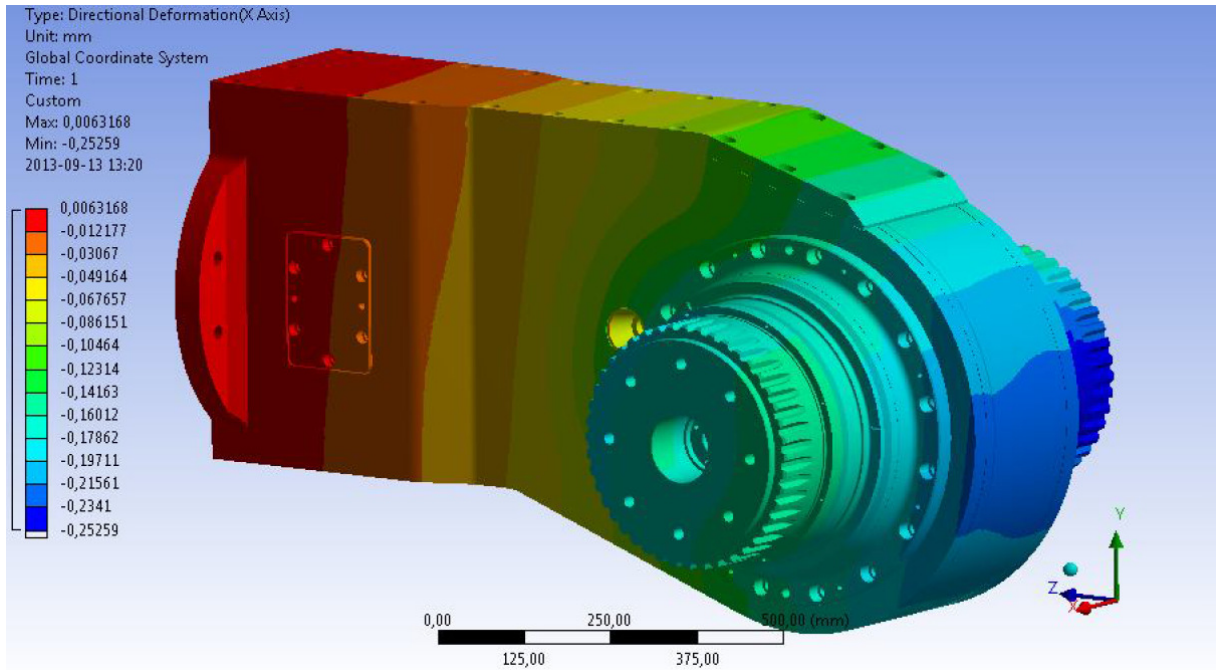




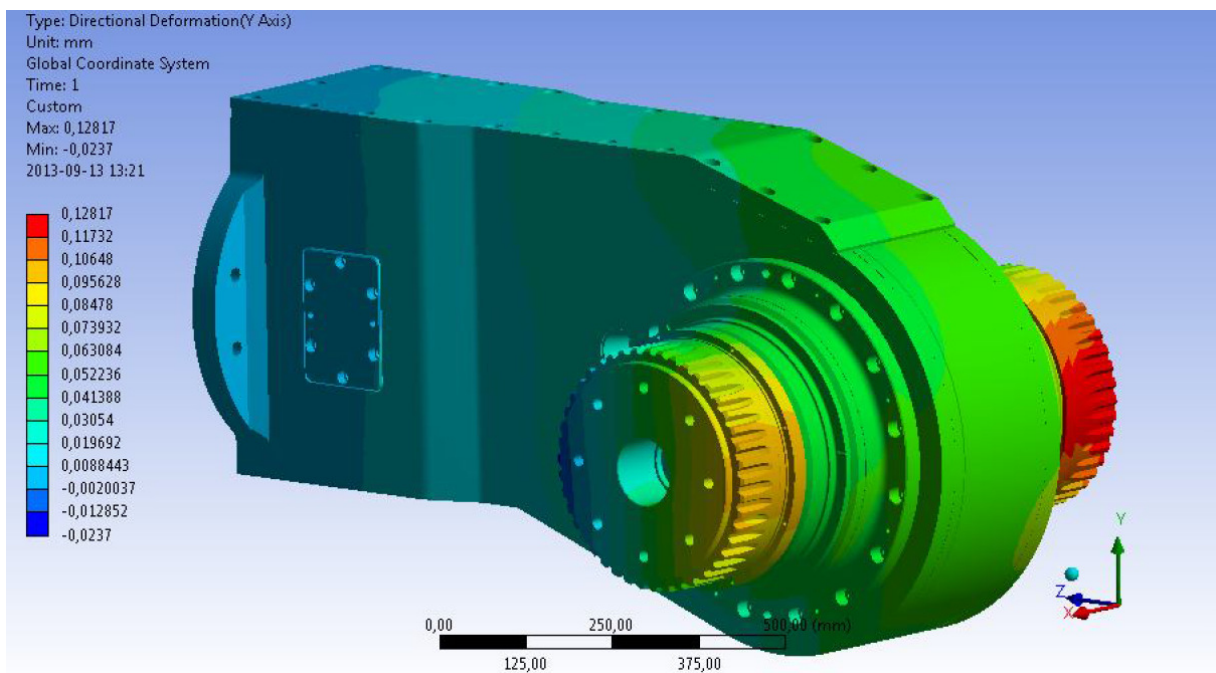
Rys. 12. Przeszczenie wypadkowe [mm] [5]



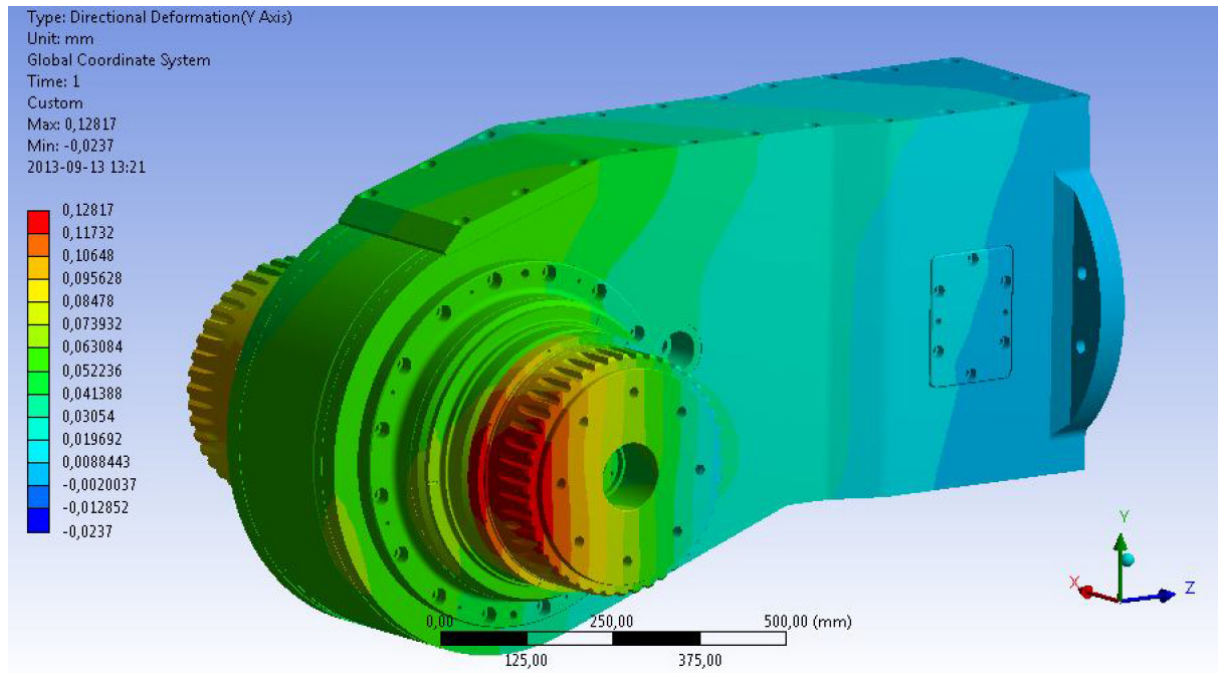
Rys. 13. Przeszczenie kierunkowe X [mm] [5]



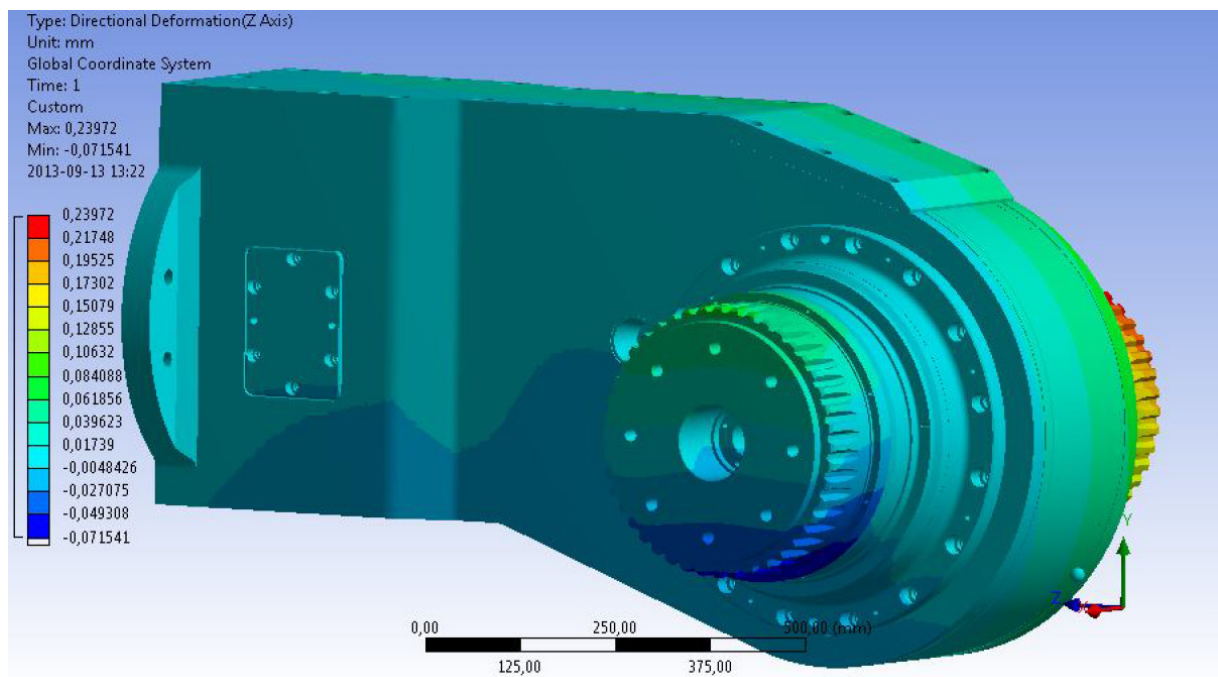
Rys. 14. Przeszczenie kierunkowe X [mm] [5]



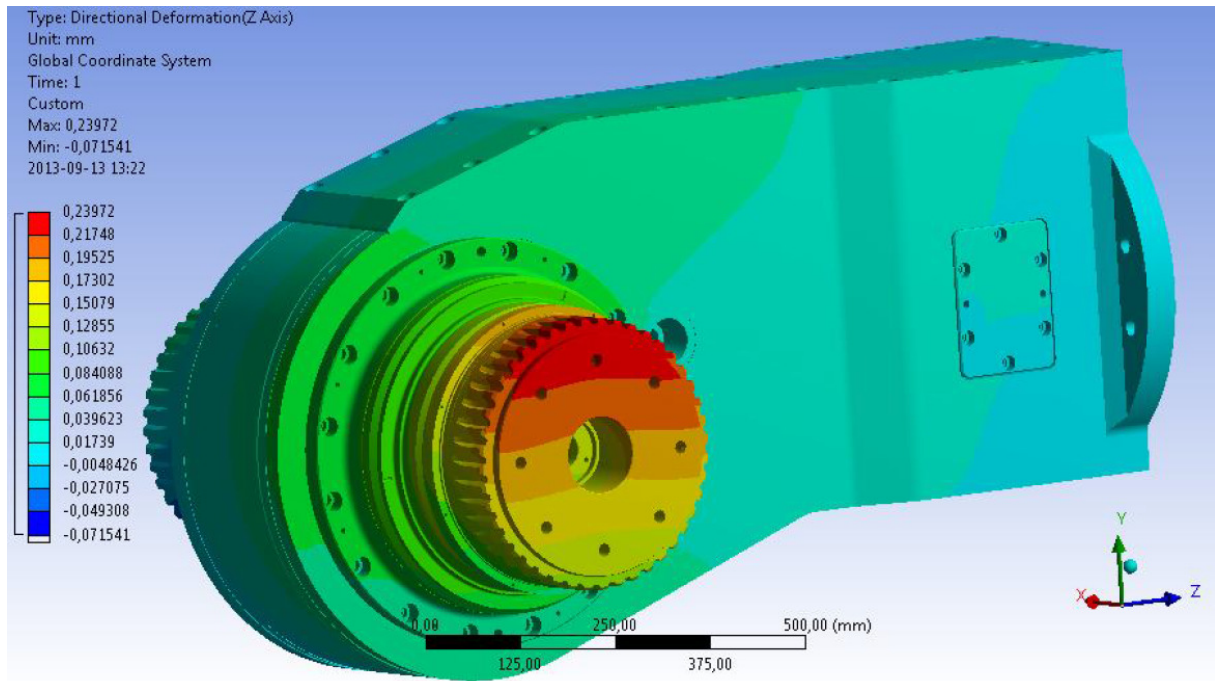
Rys. 15. Przeszczenie kierunkowe Y [mm] [5]



Rys. 16. Przemieszczenie kierunkowe Y [mm] [5]



Rys. 17. Przemieszczenie kierunkowe Z [mm] [5]



Rys. 18. Przesunięcie kierunkowe Z [mm] [5]

## 8. Wnioski

Przeprowadzone obliczenia wytrzymałościowe obejmowały możliwe przypadki obciążenia przekładni. Analizując otrzymane wyniki rozkładu naprężeń (rys nr 6, 7, 8 i 9), współczynnika bezpieczeństwa (rys. nr 10 i 11) dla materiału 18H2N2 oraz przemieszczeń, jednoznacznie stwierdzono, iż granice plastyczności dla obydwu zastosowanych materiałów tj. 18H2N2 i S355, przy zadanym obciążeniu, nie zostały przekroczone, w obrębie całej przekładni. Dla elementów przeniesienia napędu wykonanych ze stali 18H2N2 wyniki współczynnika SF (rys. nr 10 i 11) nie wykazują przekroczenia współczynnika bezpieczeństwa. Stwierdzone liniowe odkształcenia (rys. nr 13, 14, 15, 16, 17 i 18) przekładni pod wpływem obciążenia - wykluczają możliwość zablokowania części planetarnej przekładni podczas pracy, ponieważ w ich obrębie nie zauważono wzrostów przemieszczeń, które mogłyby całkowicie zredukować luzy międzyzębne - elementów uzębionych [4].

## 9. Podsumowanie

Wyniki przeprowadzonych obliczeń oraz innych prac badawczo-rozwojowych stanowiły wytyczne dla konstruktorów do zaimplementowania poszczególnych rozwiązań w prototypie nowoczesnej przekładni. Posłużyły w dalszych etapach realizacji projektu do stworzenia kompletnej dokumentacji technicznej, umożliwiającej wykonanie fizycznego urządzenia w warunkach przemysłowych – prototypu innowacyjnej przekładni.

W dniu 30.06.2015 r. ukończono realizację projektu. Jego efektem było wdrożenie do eksploatacji zupełnie nowych przekładni organu urabiającego dla kombajnów chodnikowych typu AM-50 BUMECH/Z1, stosowanych w procesach drążenia wyrobisk podziemnych.

Na podstawie pierwszych doświadczeń z eksploatacji stwierdzono wzrost użyteczności przekładni poprzez podniesienie wydajności pracy przekładni organu urabiającego

w kombajnie chodnikowym. Ponadto zastosowanie nowej przekładni umożliwiło pracę w warunkach dotychczas niedostępnych (zawartość metanu powyżej 0,5%). Poprawie uległy również warunki pracy – BHP, a także znacznie zredukowano zapotrzebowanie na wodę do zraszania. Obecnie (IV kw. 2016 r.) w eksploatacji znajdują się 3 szt. przekładni w kombajnach AM-50 BUMECH/Z1, realizujących prace drażeniowe m.in. w KWK „Murcki – Staszic”, KWK „Pniówek”, KWK „Wieczorek”.

## Literatura

- [1] Problemy bezpieczeństwa w budowie i eksploatacji maszyn i urządzeń górnictwa podziemnego. Monografia. Pod. red. K. Krauze. Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego Sp. z o. o. w Łędzinach, Łędziny 2012
- [2] Dolipski M., Cheluszka P.: Dynamika układu urabiania kombajnu chodnikowego, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2002
- [3] Bodnar A.: Wytrzymałość materiałów. Hipotezy wyężeniowe, Politechnika Krakowska 2012
- [4] Muller L: Przekładnie Obiegowe. Wydawnictwo PWN, Warszawa 1983
- [5] VTI sp. z o. o.: Raport. Wytrzymałościowe obliczenia numeryczne przekładni Bumech i20 (materiały niepublikowane)



Dokumentacja do projektu: **UDA-POIG.01.04.00-24-114/11-00**

Nazwa projektu: **"Opracowanie i wdrożenie innowacyjnej przekładni organu urabiającego do kombajnu chodnikowego"**

PROJEKT WSPÓŁFINANSOWANY PRZEZ UNIĘ EUROPEJSKĄ Z  
EUROPEJSKIEGO FUNDUSZU ROZWOJU REGIONALNEGO