

Politechnika Śląska

Wydział Mechaniczny – Technologiczny

**Katedra Wytrzymałości Materiałów
i Metod Komputerowych Mechaniki**

Praca dyplomowa inżynierska

Temat pracy

**Symulacja komputerowa działania
hamulca tarczowego
na przykładzie układu hamowania w rowerze**

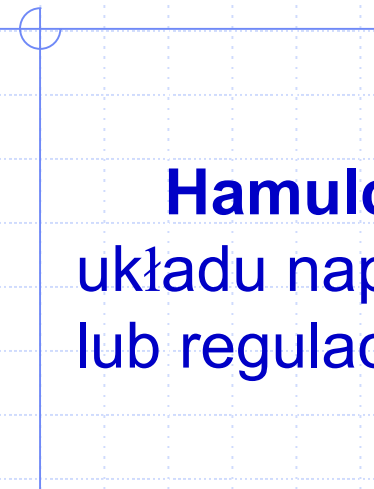
Prezentowana praca składa się z trzech zasadniczych części.

Należy do nich kolejno:

- 1) przegląd literatury związanej z tematem;
- 2) wykonanie modelu CAD tarczowego układu hamowania w rowerze;
- 3) przygotowanie symulacji komputerowej i opis wyników badań tegoż hamulca.

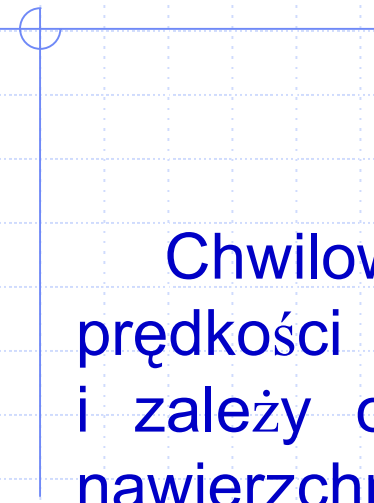


1. Część teoretyczna

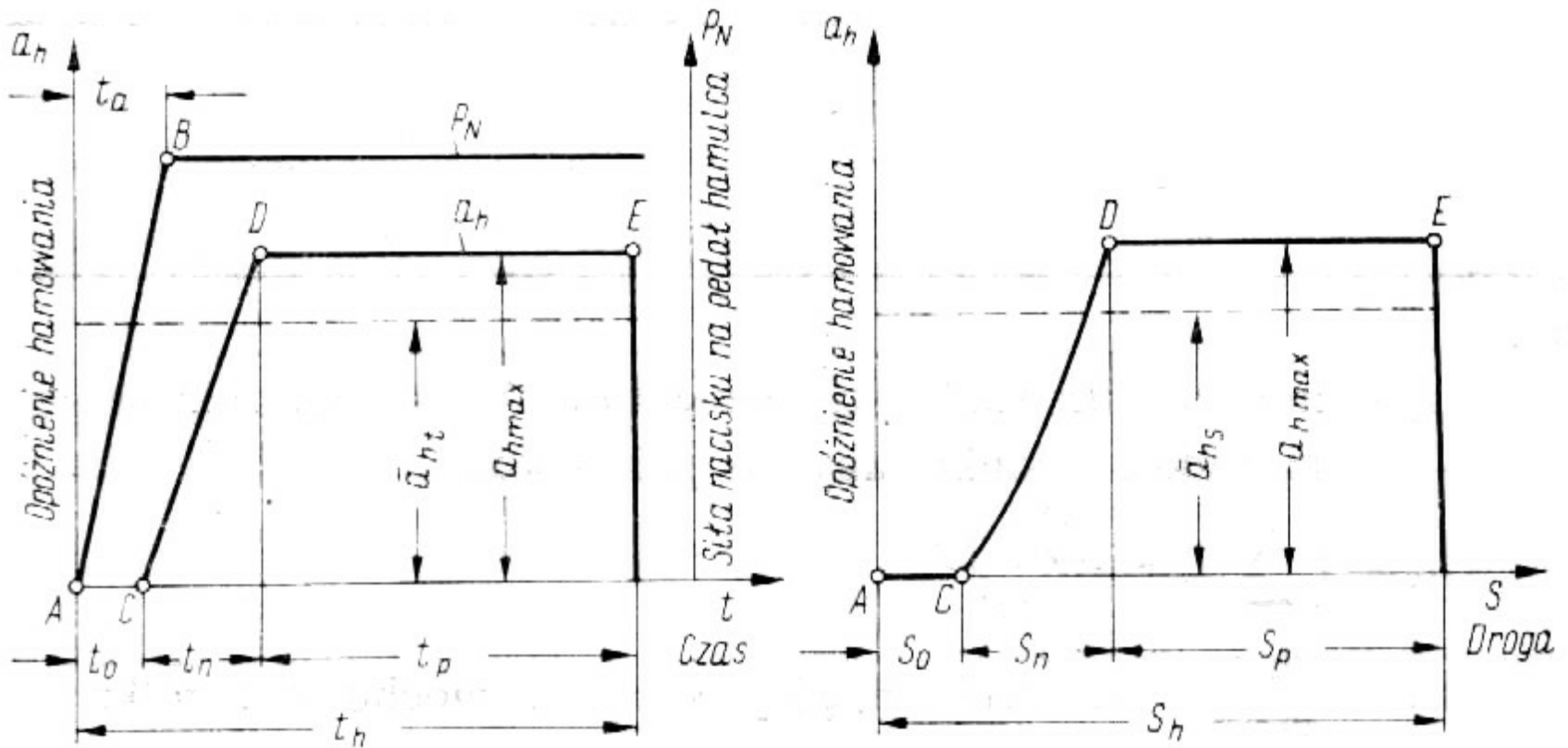


Hamulce są to urządzenia służące do zatrzymywania układu napędowego, utrzymywania go w stałym położeniu lub regulacji prędkości.

Natomiast układ hamulcowy pojazdu służy do zmniejszenia prędkości jazdy oraz do zatrzymania go w określonym miejscu.



Chwilowe **opóźnienie hamowania**, czyli zmniejszenie prędkości pojazdu w jednostce czasu, jest zmienne i zależy od siły hamowania oraz od rodzaju i stanu nawierzchni jezdni.



Rys. 1.1. Zmiany opóźnienia hamowania

W pracy przedstawiono trzy odmiany hamulców.

Były nimi:

- hamulce stosowane w budowie maszyn,
- hamulce samochodów osobowych (tarczowe i bębnowe),
- hamulce rowerowe.

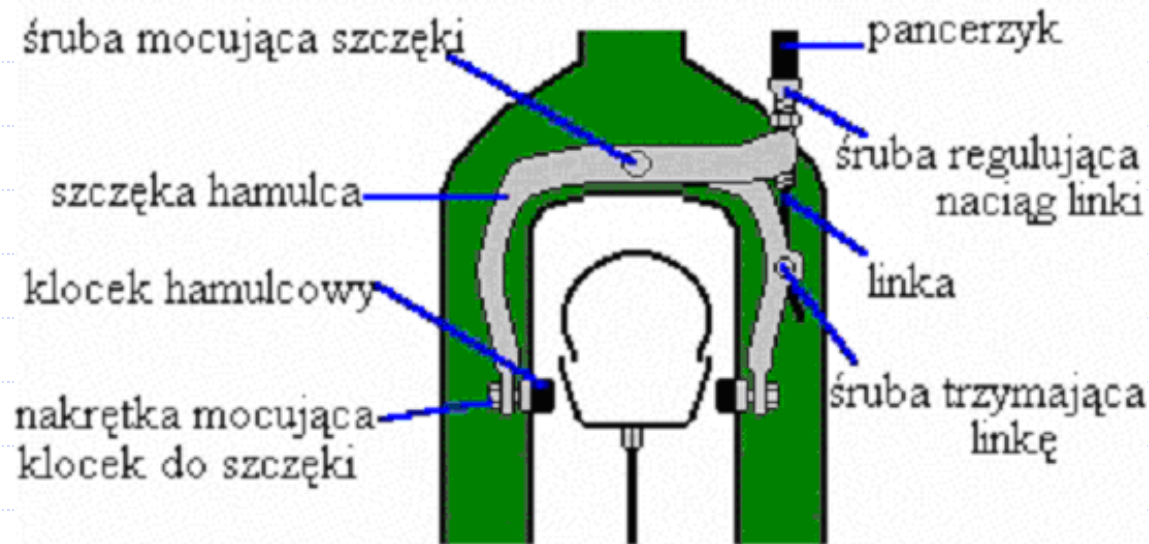
Hamulce rowerowe

Rodzajami systemów hamulców rowerowych są hamulce:

- a) szczękowe,
- b) tarczowe,
- c) bębnowe (rzadko stosowane).

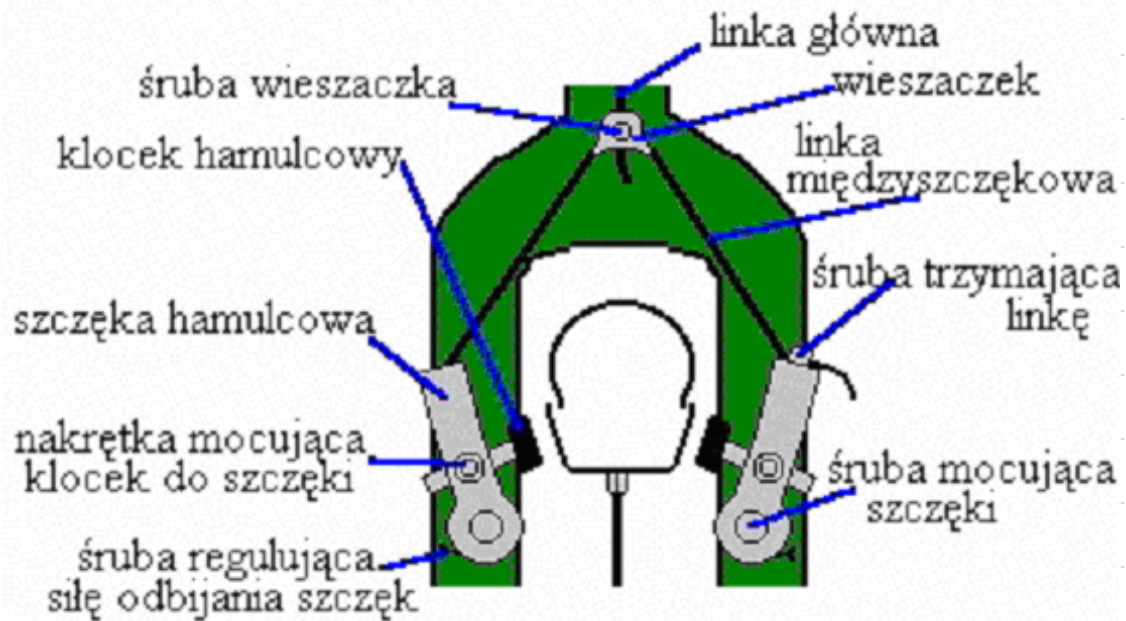
Wśród szczękowych rozróżniamy hamulce typu:

- U-breake



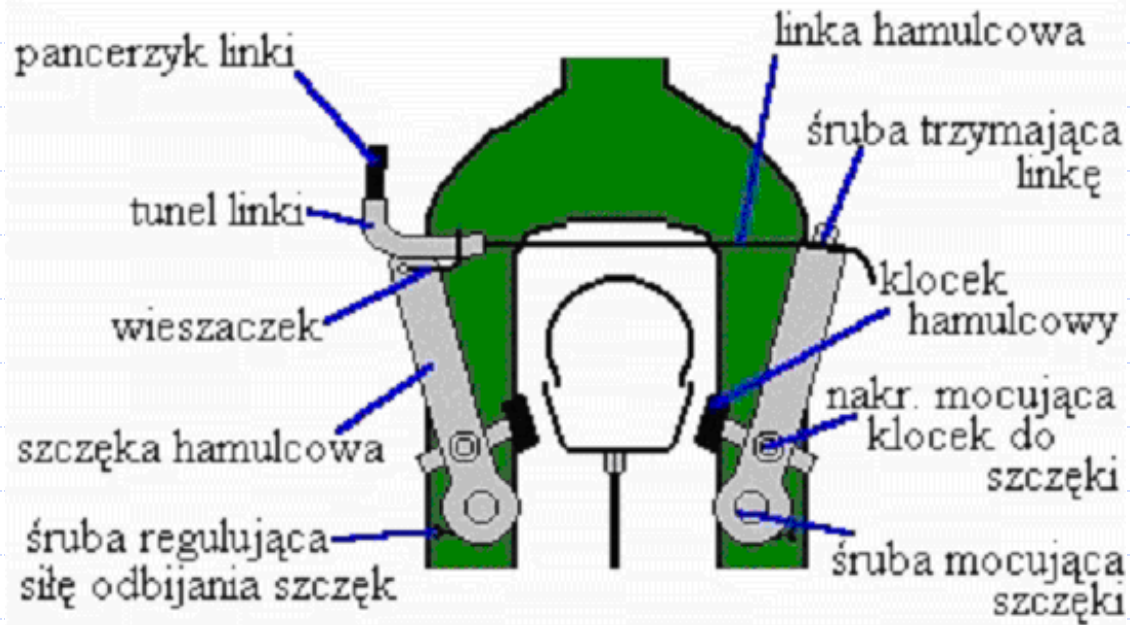
Rys. 1.2. Hamulec typu BMX-owskiego

- cantilever



Rys. 1.3. Hamulec typu cantilever

- V-brake



Rys. 1.4. Hamulec typu V-break'e

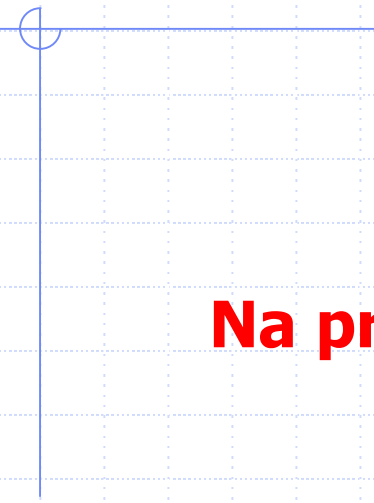
Natomiast wśród tarczowych wyróżniamy hamulce:

- tarczowe mechaniczne,
- tarczowe hydrauliczne.

Poszczególne części hamulców tarczowych:



Rys. 1.5. Części hamulców tarczowych



Na proces hamowania największy wpływ ma zjawisko tarcia.

W chwili wytwarzania momentu hamowania powstaje ilość energii tarcia, równa ilości pochłanianej energii kinetycznej pojazdu. Równanie, pozwalające na jej obliczenie, przedstawia się następująco:

$$\text{energia} = 0,5 * \text{masa pojazdu} * \text{prędkość pojazdu}^2$$

Energia ta zależy więc od kwadratu prędkości pojazdu, a tylko liniowo od masy.



2. Tworzenie modelu

Modelowanie jest to kompromis zgodności pomiędzy rzeczywistością, a prostotą wykonania.

W naszym przypadku modelowanym obiektem był rowerowy hamulec tarczowy, który dla lepszego zobrazowania i zilustrowania powstał wraz z przednią połową roweru MTB.

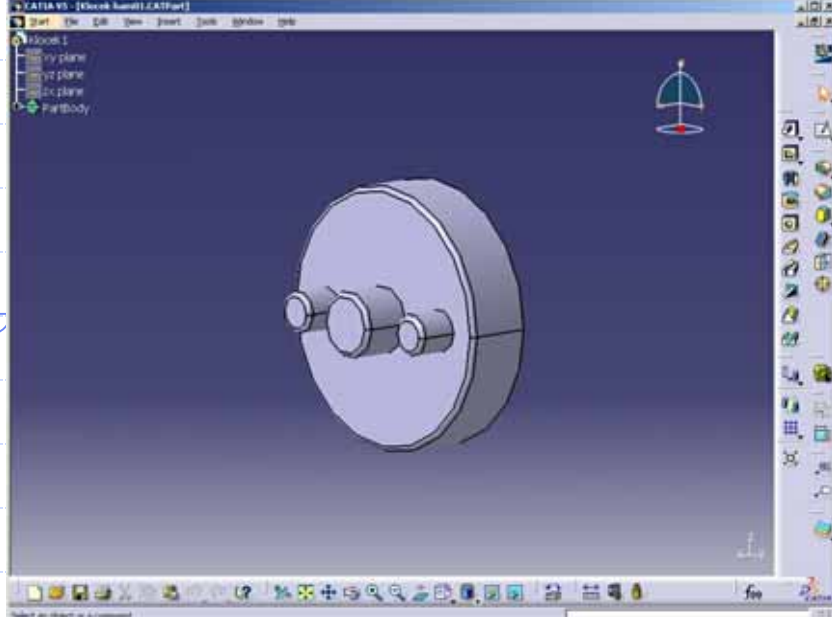
Do tego celu zostało wykorzystane środowisko programu CATIA V5R10.



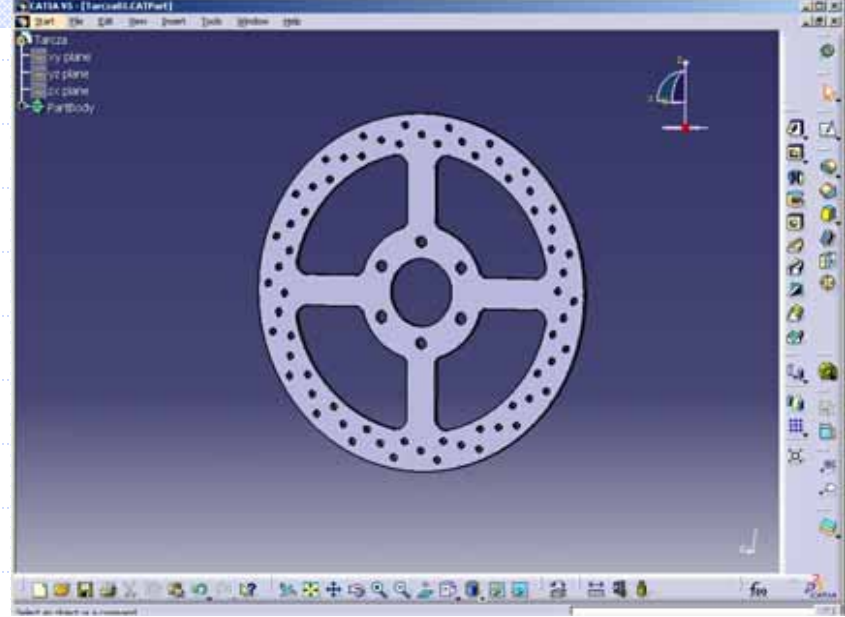
Prezentowany model składa się z ponad czterdziestu elementów.

Tworzenie każdej części, a jest ich w sumie dwadzieścia jeden, odbywało się w module Part Design.

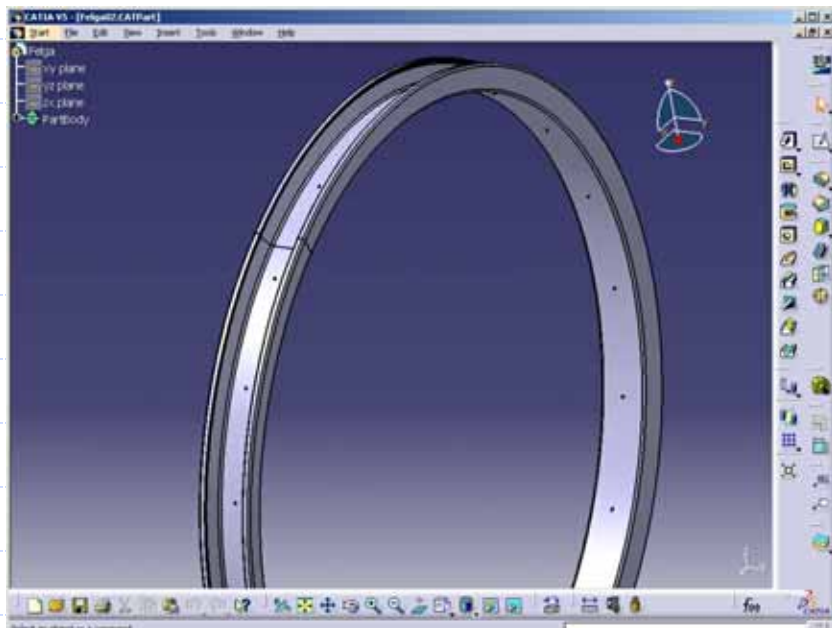
Niektóre z nich przedstawiają zrzuty ekranu zawarte na kolejnym slajdzie.



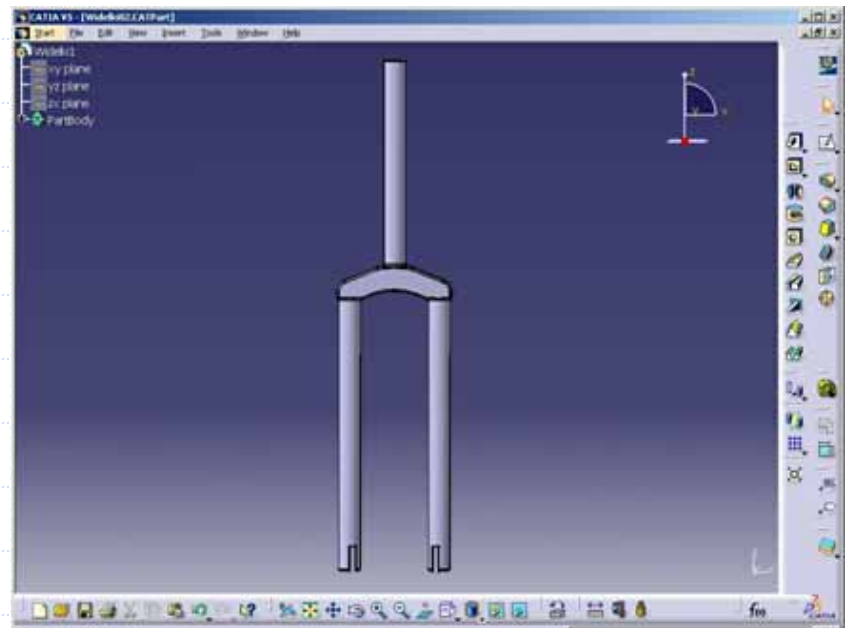
Rys. 2.1. Klocek hamulcowy



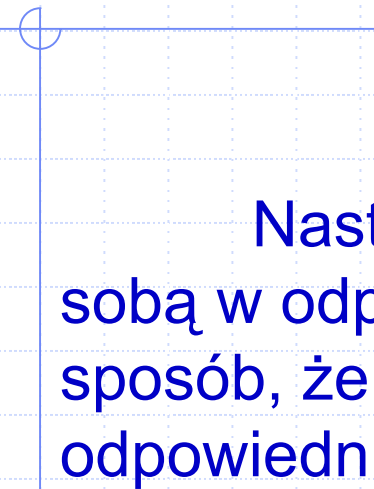
Rys. 2.2. Tarcza hamulcowa



Rys. 2.3. Felga

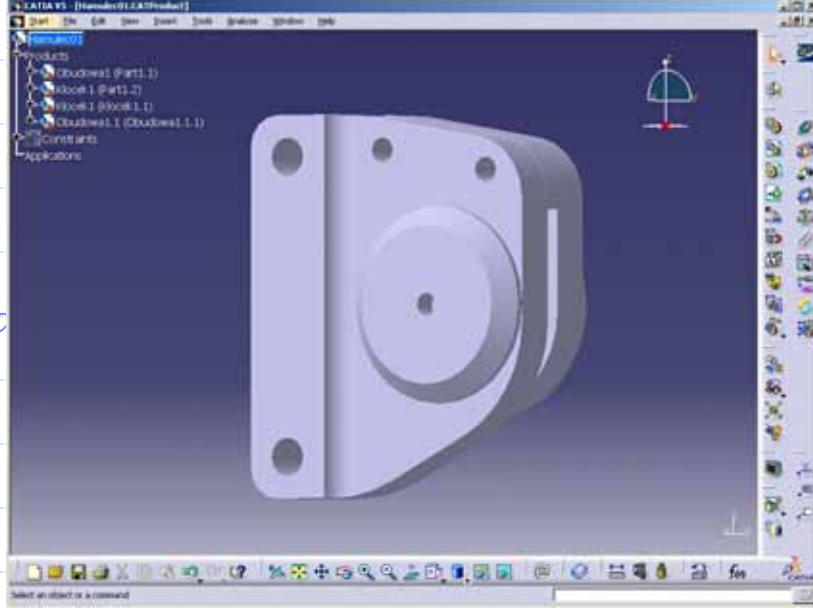


Rys. 2.4. Widelki

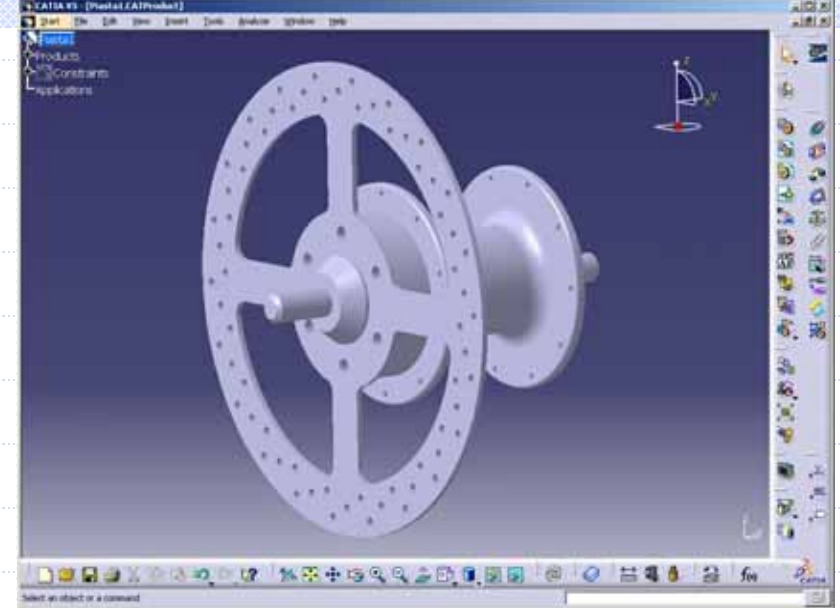


Następnie poszczególne elementy były łączone ze sobą w odpowiednie podzespoły. Odbywało się to w ten sposób, że po wczytaniu właściwych części, nadano im odpowiednie więzy tzn. położenia i odległości.

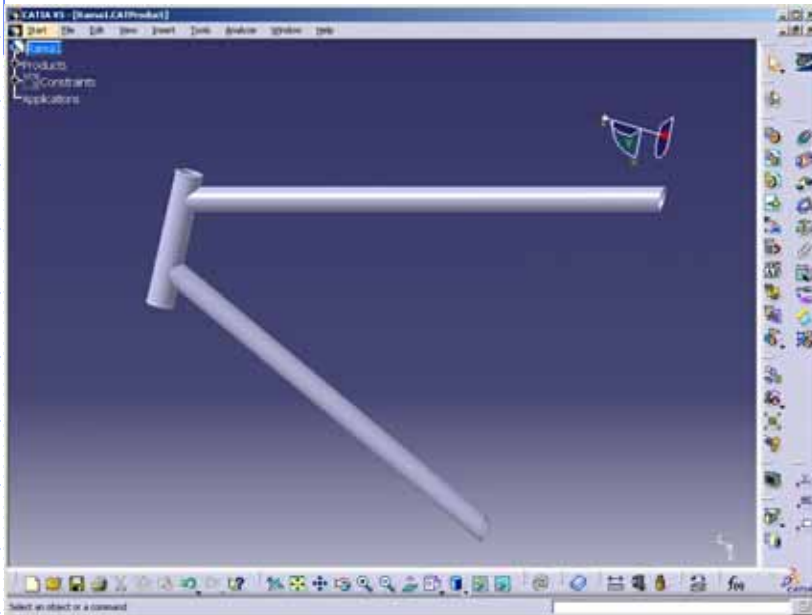
W ten sposób powstało siedem podzespołów, z których kilka pokazano na rysunkach (na następnym slajdzie).



Rys. 2.5. Obudowa hamulca



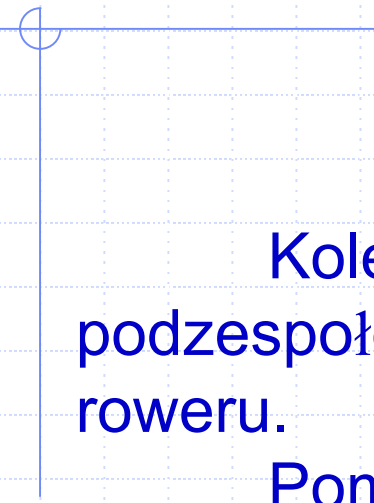
Rys. 2.6. Zespół piasty



Rys. 2.7. Rama

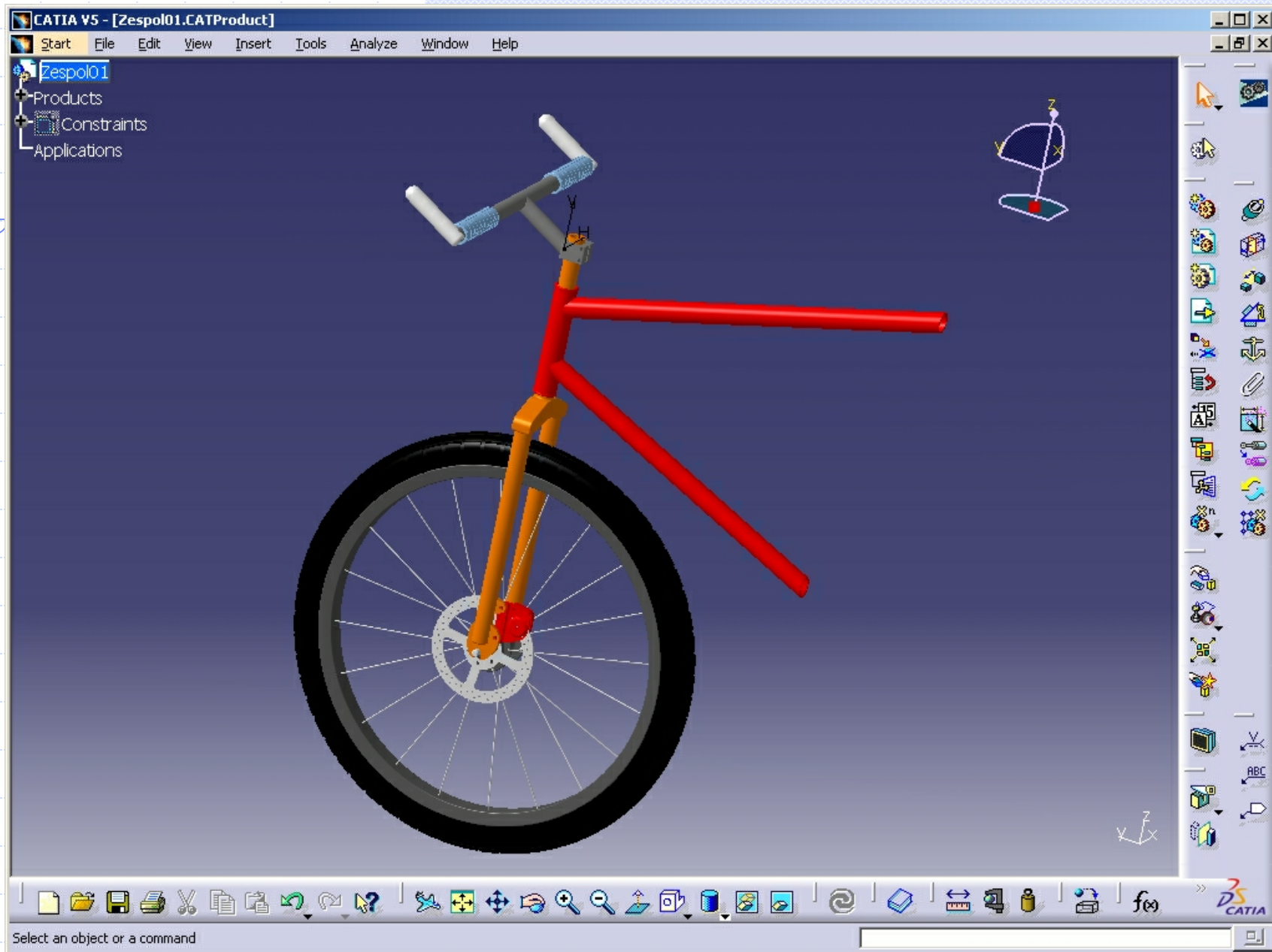


Rys. 2.8. Zespół koła



Kolejnym zadaniem było zestawienie wszystkich podzespołów w jedną całość będącą gotowym modelem roweru.

Pomiędzy wczytanymi zestawieniami także trzeba było zastosować właściwe więzy, aby rower nabrał odpowiednich kształtów i proporcji (rys 2.9).



Rys. 2.9. Gotowy model roweru



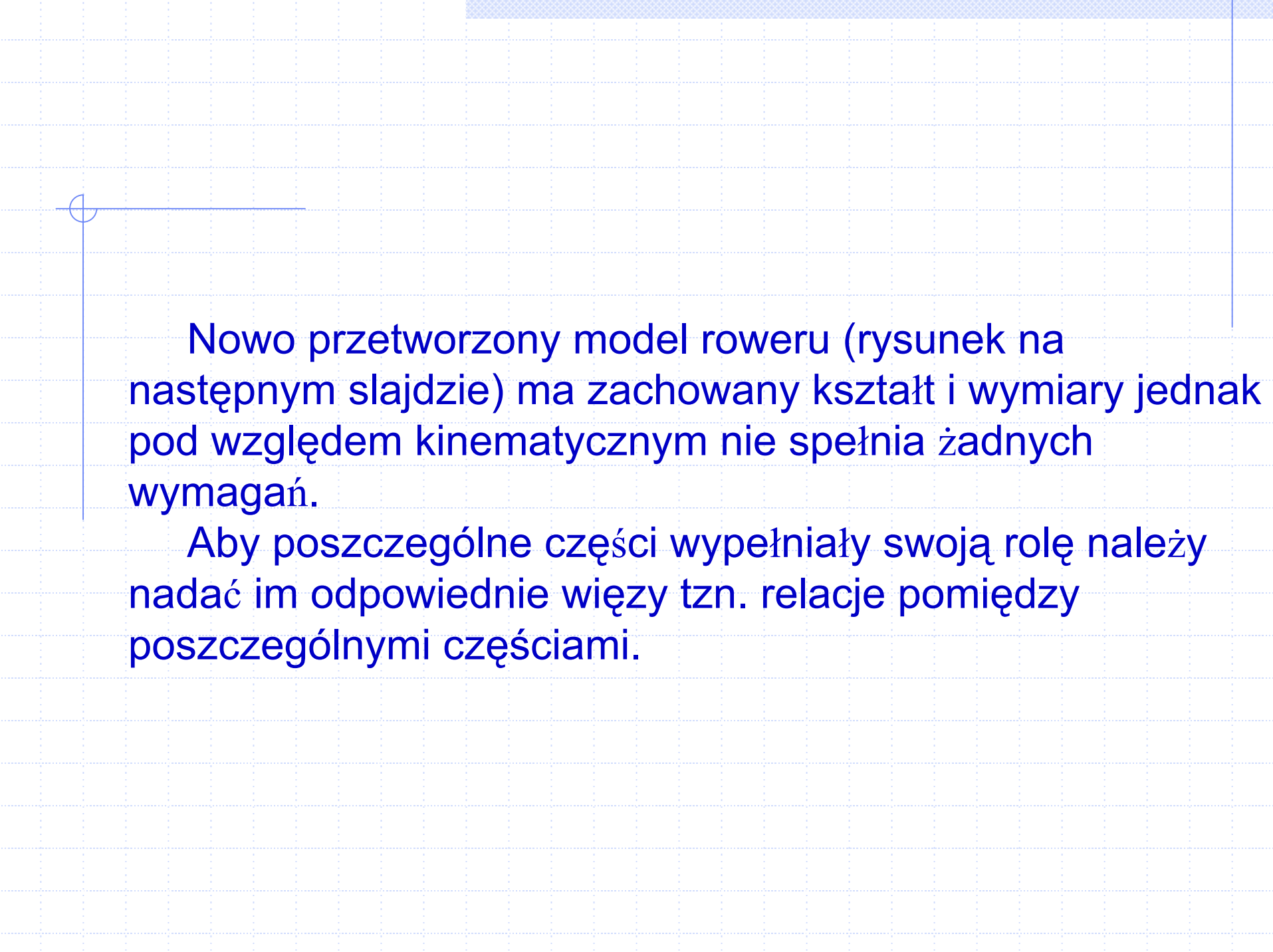
3. Symulacja komputerowa

Przygotowanie symulacji

Do przeprowadzenia symulacji komputerowej przebiegu hamowania użyto programu MSC Visual Nastran 4D.

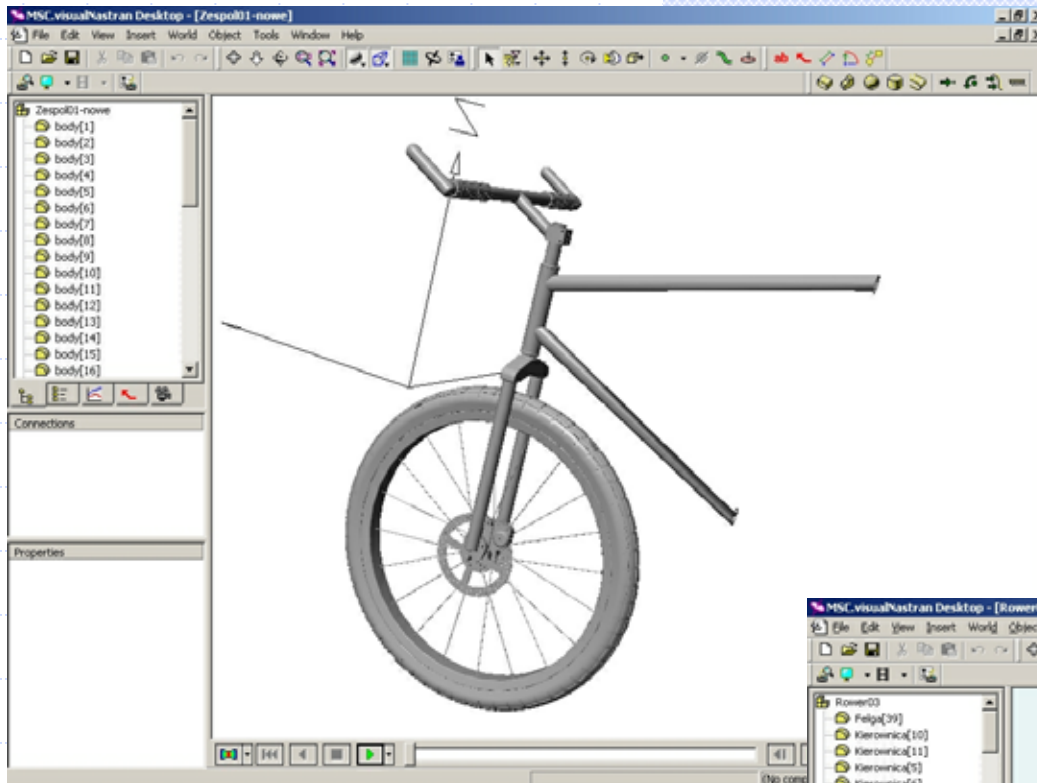
Dla potrzeb Visual Nastran'a stworzono w CATII plik z gotowym modelem, ale z rozszerzeniem *.stp*. Plik ten następnie otwarto w docelowym programie.

Następnie po przetworzeniu zapisano go jako dokument Visual Nasran - *.wm3*.



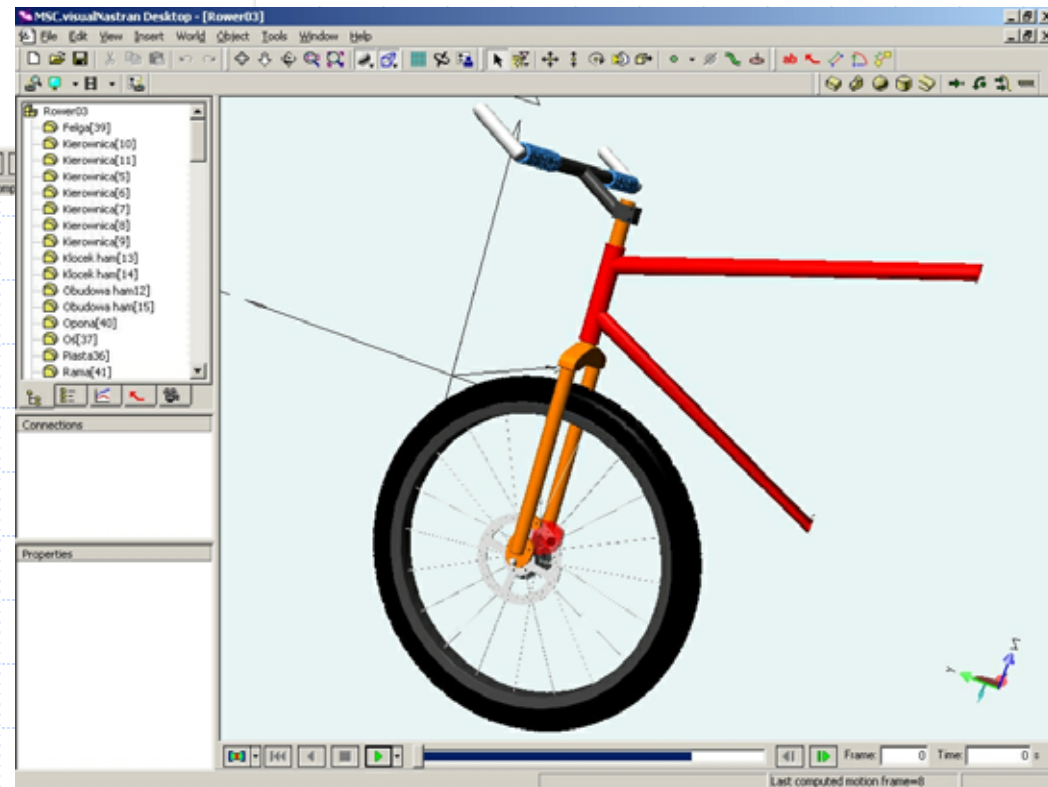
Nowo przetworzony model roweru (rysunek na następnym slajdzie) ma zachowany kształt i wymiary jednak pod względem kinematycznym nie spełnia żadnych wymagań.

Aby poszczególne części wypełniały swoją rolę należy nadać im odpowiednie więzy tzn. relacje pomiędzy poszczególnymi częściami.



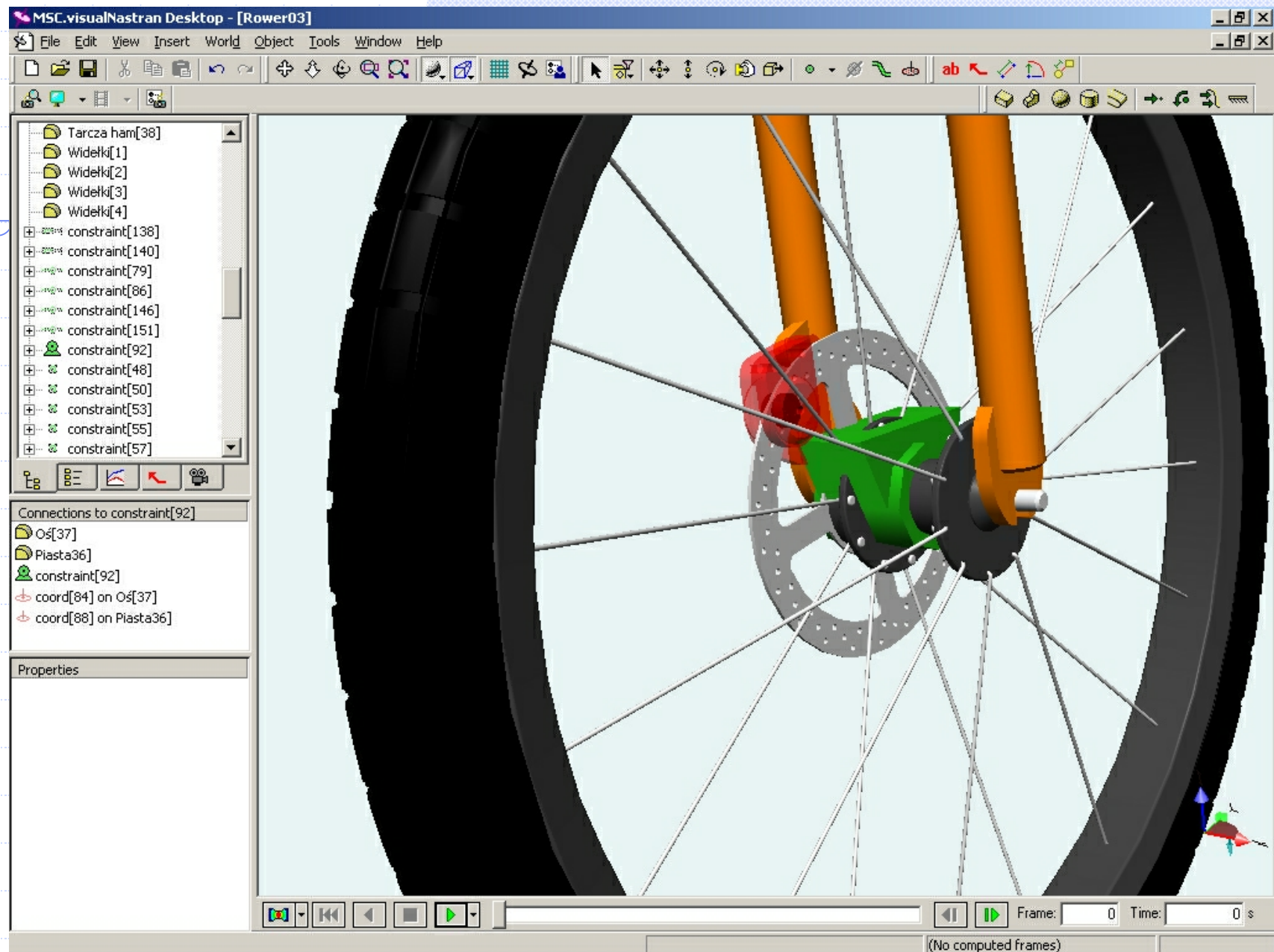
Rys. 2.10. Przetworzony model roweru

Rys. 2.11. Rower przygotowany do symulacji

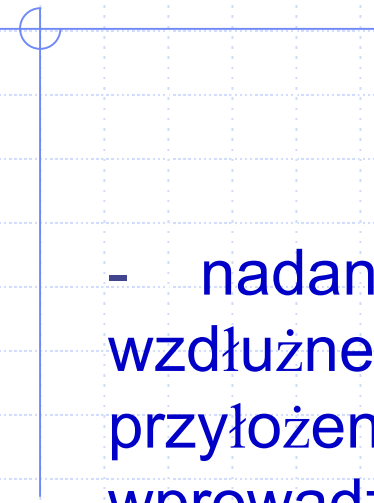


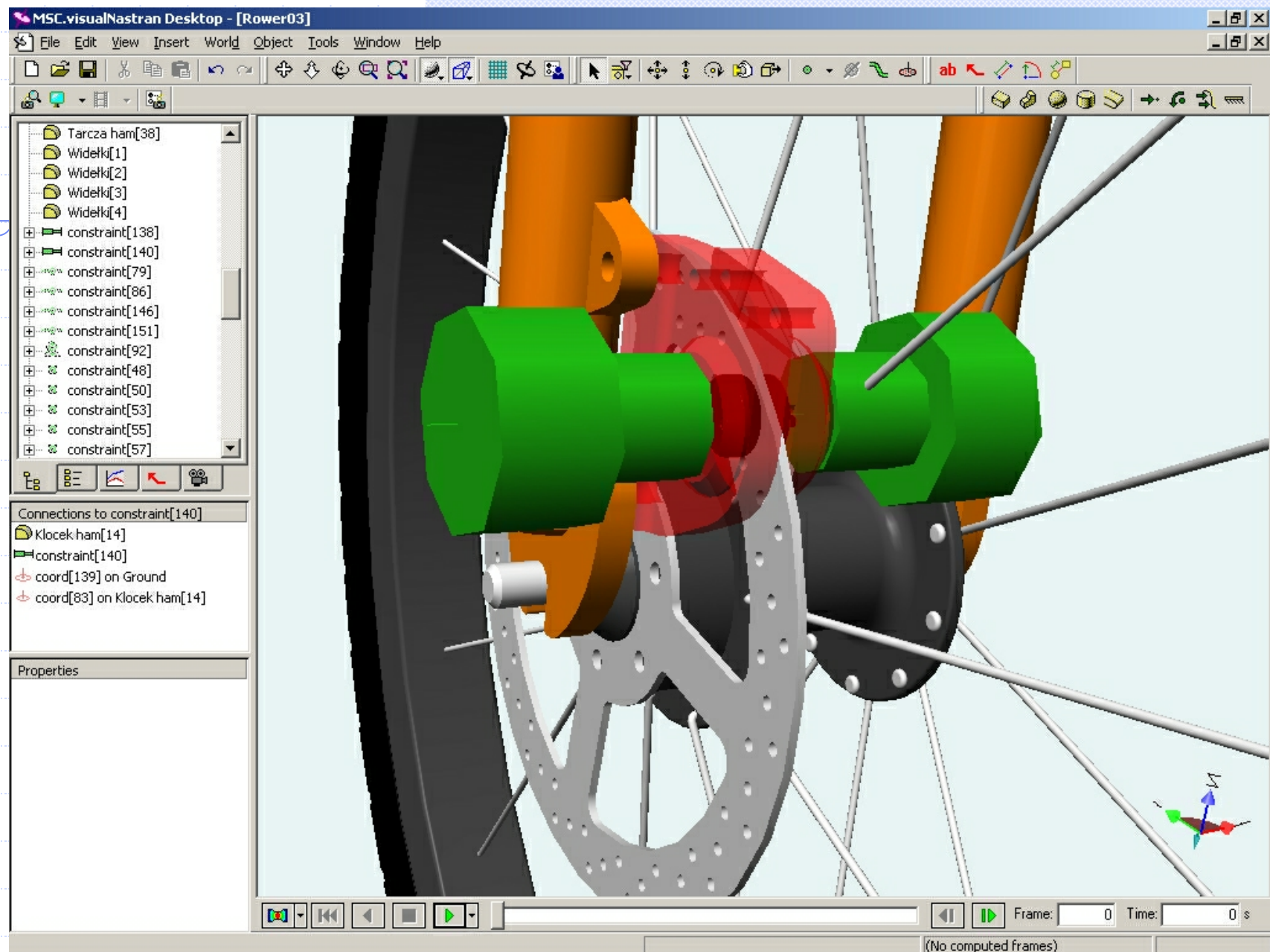
Wśród ważniejszych więzów należy wymienić:

- umieszczenie pomiędzy nieruchomą osią, a piastą „silnika”, który nadał na koło moment obrotowy (na rysunku 2.12 „silnik” widoczny jako zielona bryła).

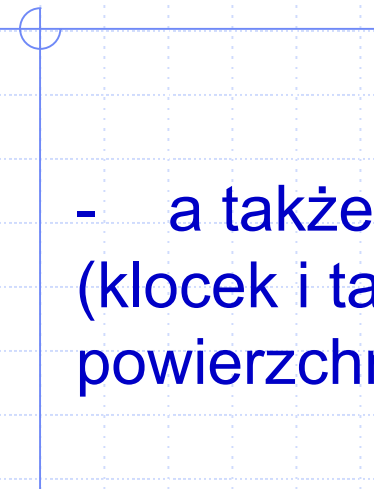


Rys. 2.12. Koło z nadanym silnikiem

- 
- nadanie klockom hamulcowym więzów ruchu wzdłużnego wobec odpowiedniej obudowy hamulca i przyłożenie do nich siłowników, które miały za zadanie wprowadzać je w ruch oraz dociskać do tarczy hamulcowej (rys. 2.13).



Rys. 2.13. Siłowniki klocków hamulcowych

- 
- a także nadanie kolizji pomiędzy tymi elementami (klocek i tarcza hamulcowa) w celu zetknięcia całej powierzchni roboczej klocka z tarczą.

Właśnie dzięki temu zachodzi proces hamowania, więc w tym miejscu można było przejść do przeprowadzenia symulacji.



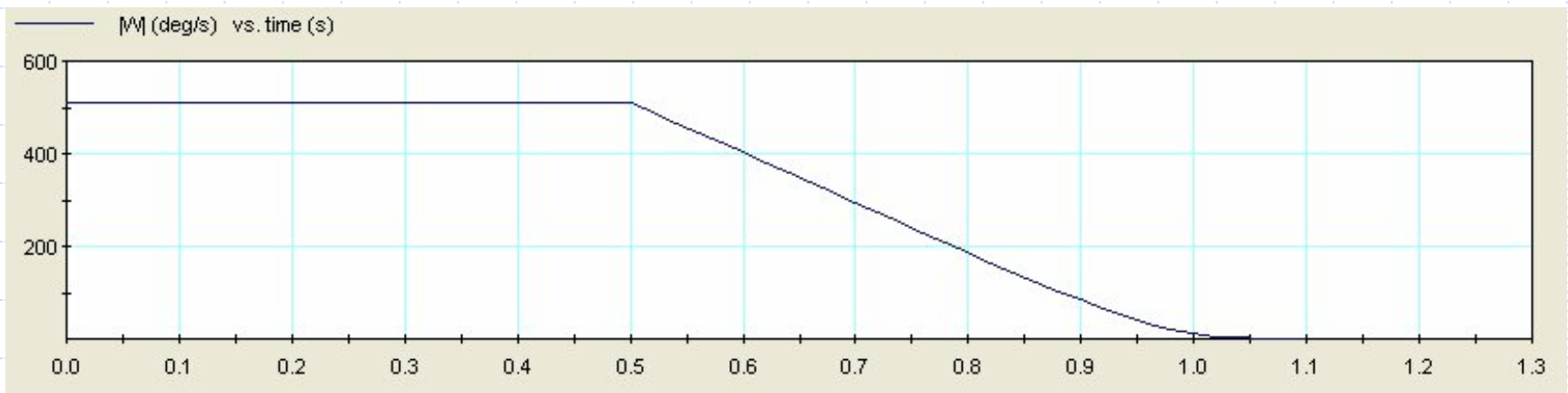
Wyniki symulacji

Badanie pierwsze obrazuje wpływ zmiany współczynnika tarcia na przebieg procesu hamowania.

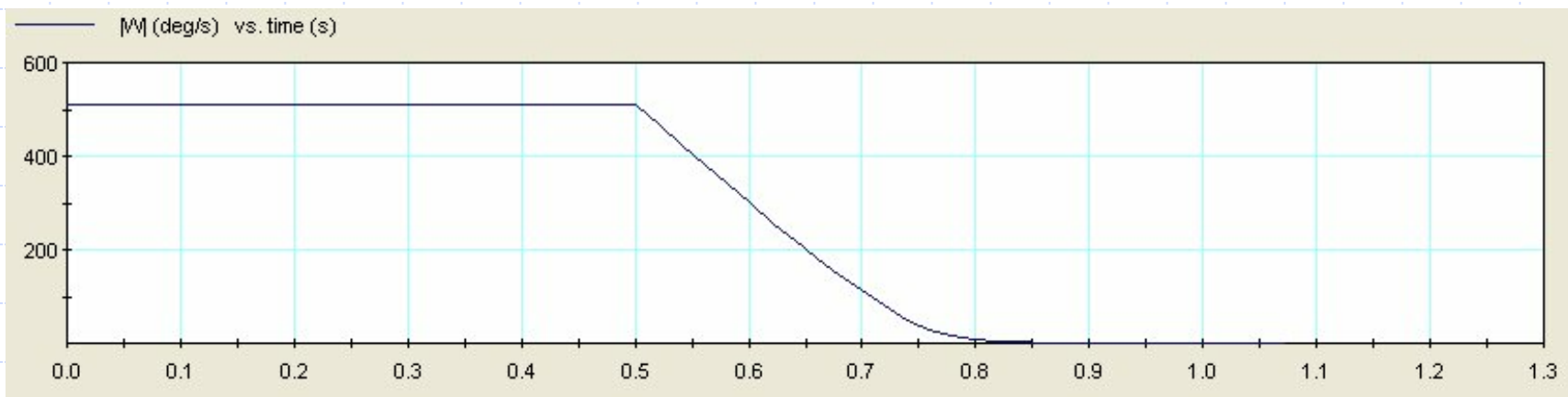
W tym celu dobrano parametry siłownika tak, aby działał on - przez cały czas trwania symulacji - ze stałą, niezmienną siłą. Natomiast zmianie ulegał tylko współczynnik tarcia pomiędzy poszczególnymi klockami i tarczą hamulcową.

Prędkość koła roweru na początku hamowania wynosiła 10 km/h i zmieniała się w czasie.

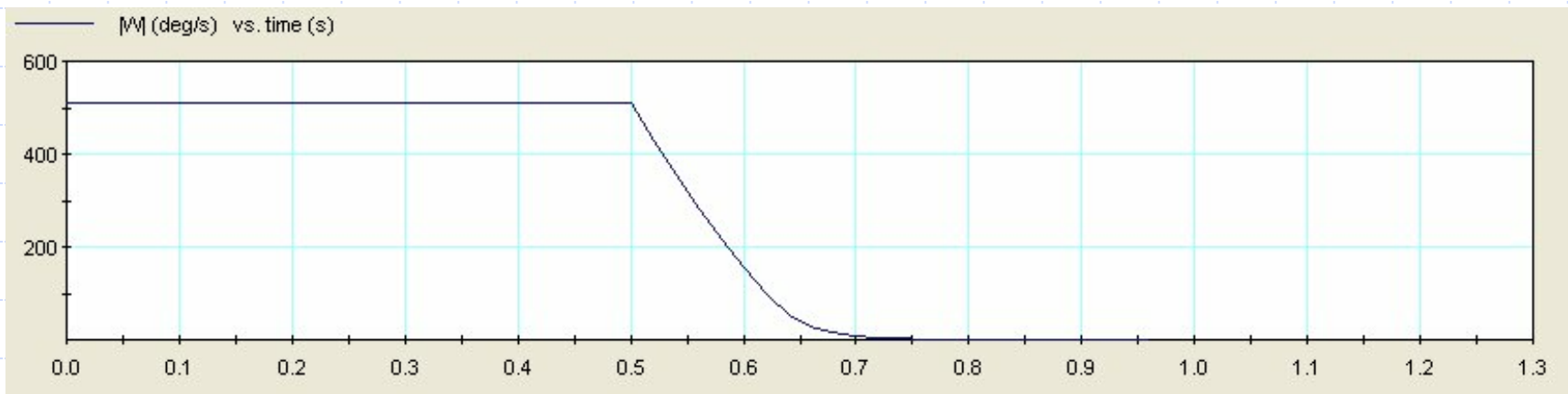
a) współczynnik tarcia $\mu = 0,18$ (co odpowiada tarcii stali po stali bez smarowania),



b) współczynnik tarcia $\mu = 0,35$ (okładziny organiczne),



c) współczynnik tarcia $\mu = 0,7$ (okładziny ze spieków metalicznych).

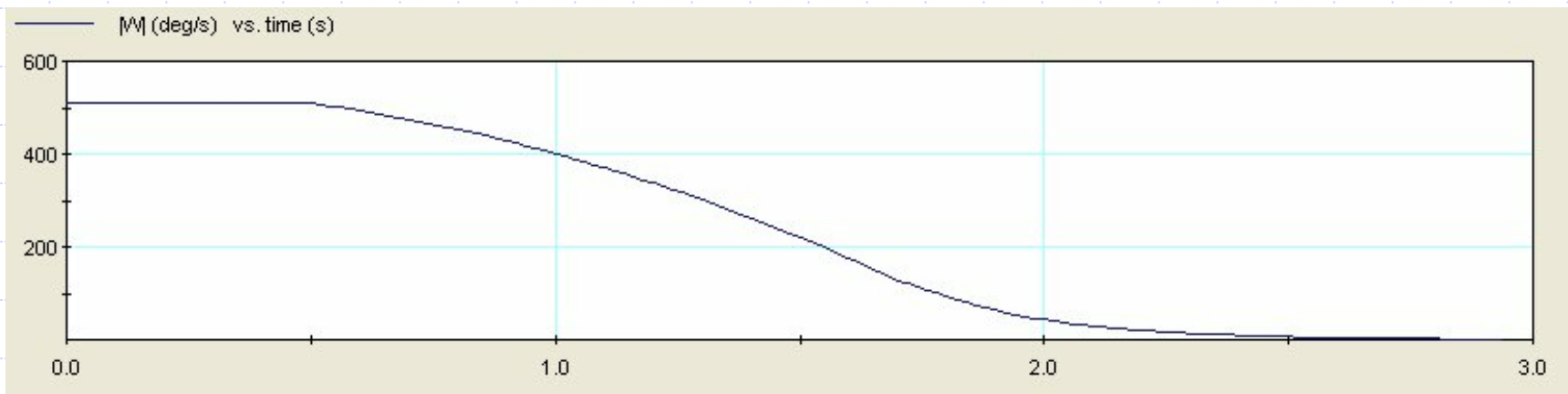


Podczas badania drugiego obserwujemy natomiast zmiany prędkości hamowanego koła, będące skutkiem działania siłownika o zmiennym charakterze narastania siły.

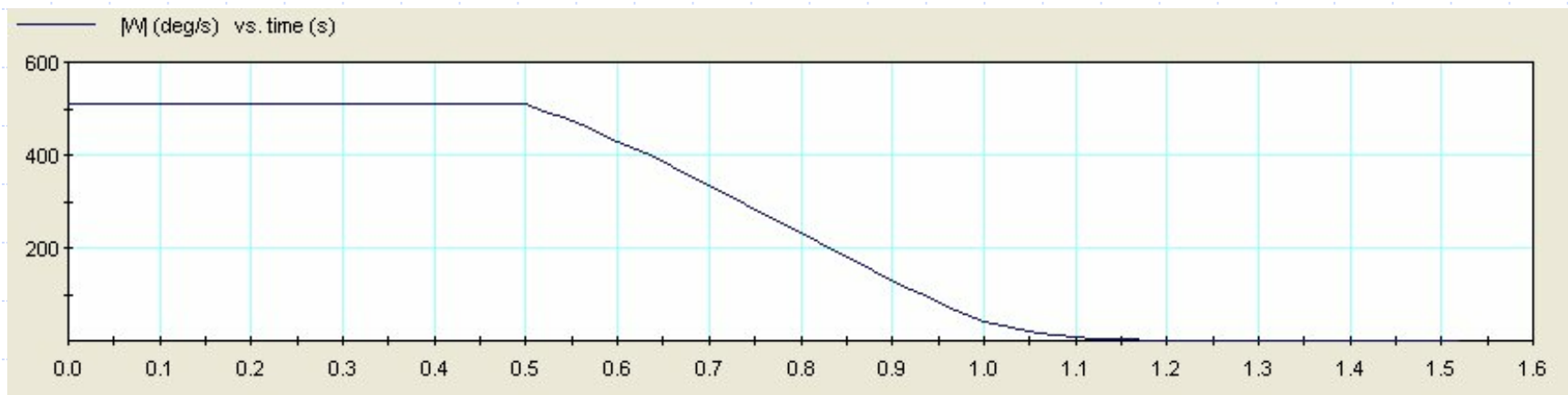
Siła ta, rośnie liniowo w miarę upływu czasu (od zera), co odpowiada równomiernemu naciskaniu na manetkę hamulca z coraz większą siłą.

We wszystkich próbach, pomiędzy poszczególnymi klockami i tarczą hamulcową, występuje ten sam współczynnik tarcia o wartości $\mu = 0,35$.

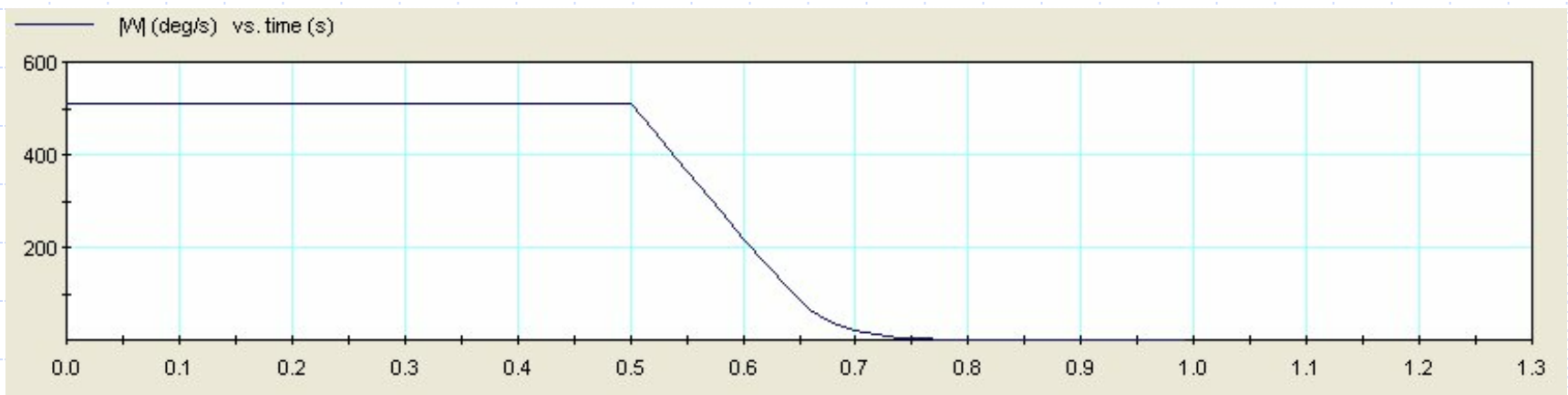
a) siła narasta z prędkością 2 N/s,



b) siła narasta z prędkością 10 N/s,



c) siła narasta z prędkością 50 N/s.



Dziękuję.