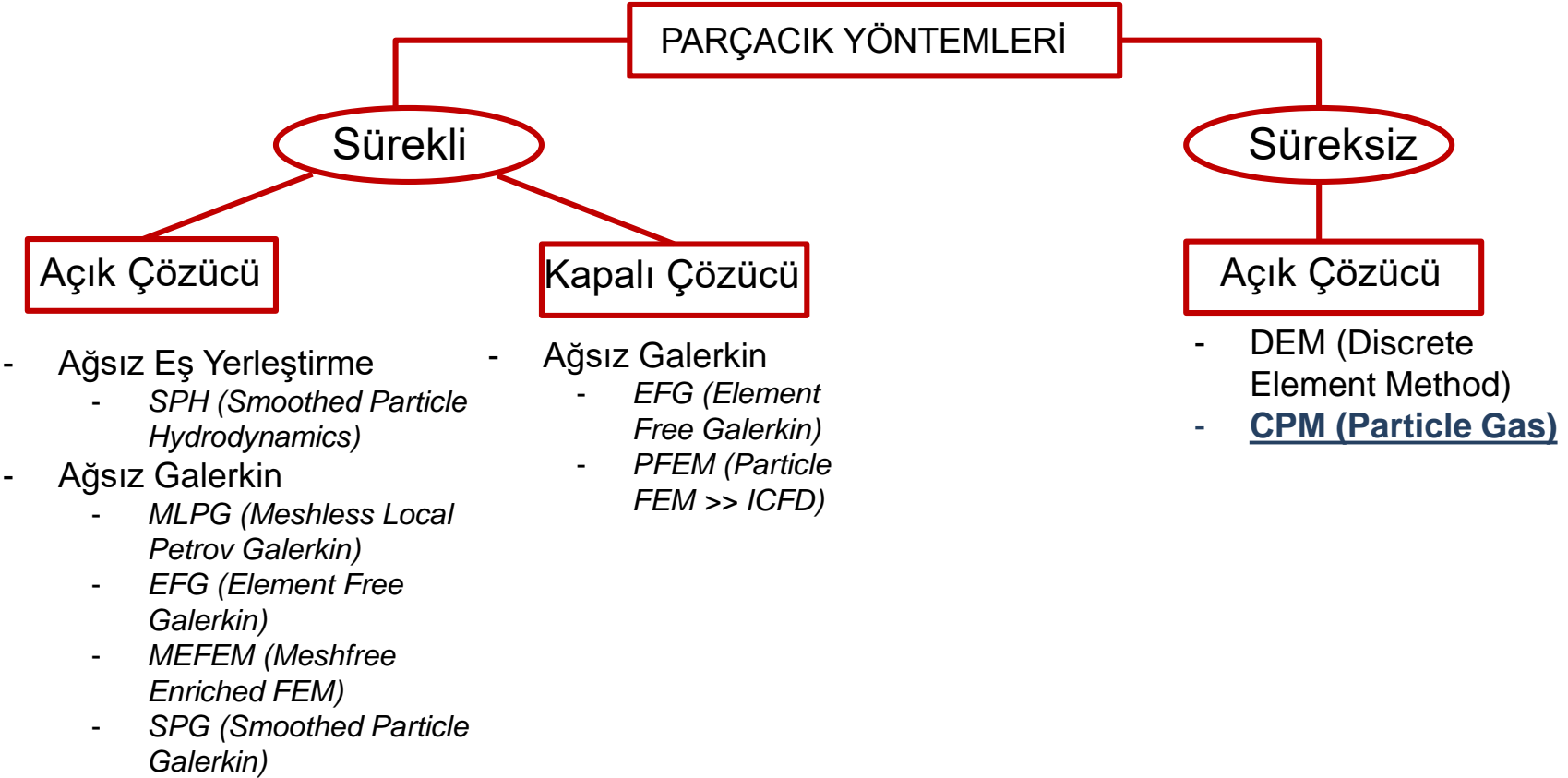


# **Tank İerisindeki Piston Hareketinin CPM (Corpuscular Particle Method) ile İncelenmesi**

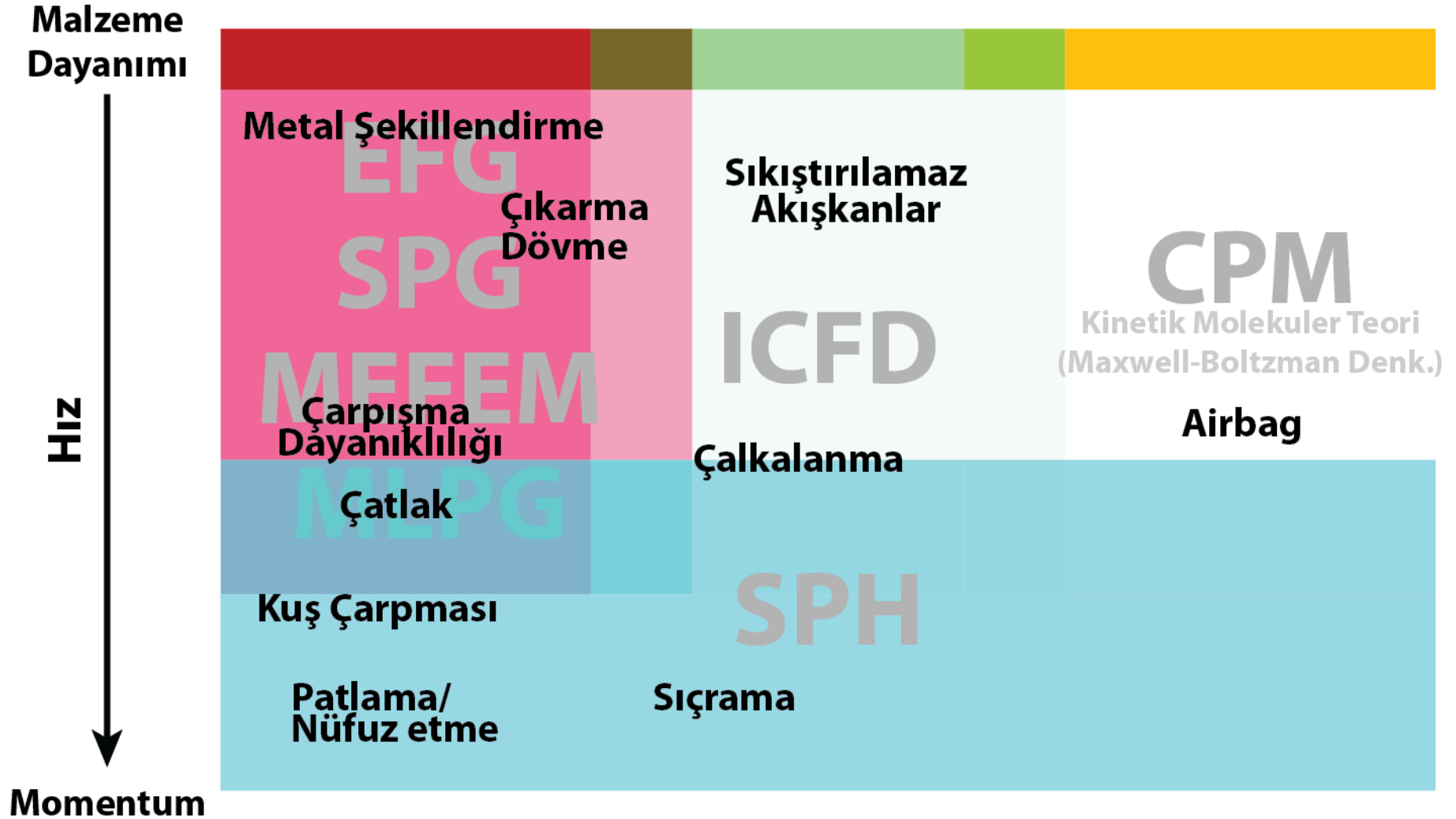
**Ayőe Usta Yayla – Roketsan A.Ő.**  
**Ercan Usta – DYNAmore GmbH**

**04.10.2019**

- LS-DYNA Parçacık Yöntemleri
- Tank-Piston Sistemi
- Kullanılabilecek Yöntemler
- LS-DYNA Analiz Modeli
- Sonuçlar
- Analitik Model
- Sonuçlar
- Kaynakça



[1] Karajan, N., Wang, J., Han2, Z., Teng, H., Wu, C. T., Wu, W., ... Fraser, K. (2014). Particle Methods in LS-DYNA, 2–4.

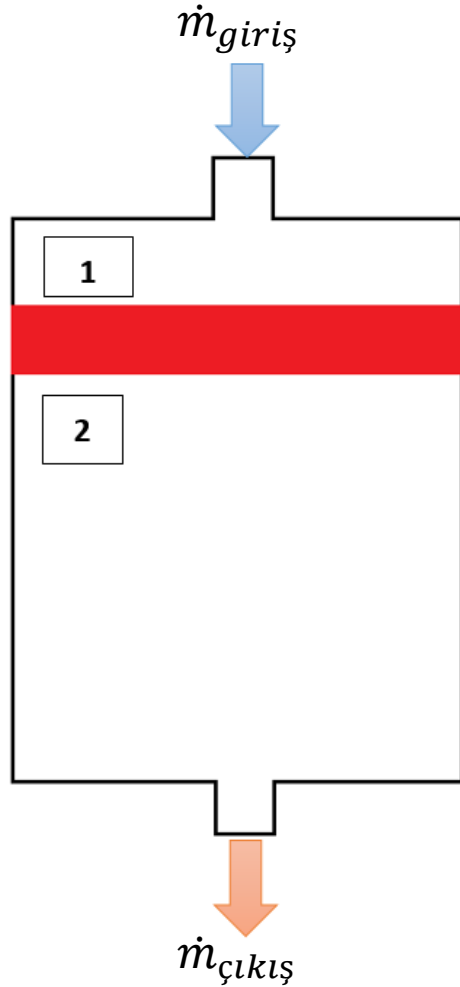


## Ağsız yöntemlerin uygulama alanları:

- İç sürtünmeye sahip taneli malzemeler
- Sıkıştırıldığında katı gibi davranan yapılar
- *Hareket esnasında akışkan gibi davranan yapılar*

## Taneli ortam için tipik uygulamalar:

- Depolama (*yığın, ambar*)
- Nakliye (*taşıyıcı bantlar*)
- İşleme (*sınıflandırma, karıştırma, ayırma*)
- Doldurma (*hazne/huni akışı*)
- Maden Patlaması



- Piston kütlesi:  $\sim 4$  kg
- Sistemde her iki kısım için sabit sıcaklıkta ( $25^{\circ}\text{C}$ ) hava kullanılmaktadır.
- Başlangıç sınır koşulu olarak bölmelerin basınç ve hacim değerleri:
  - $P_1 = P_2 = 1 \text{ bar}$
  - $\frac{V_1}{V} = 0.1$
  - $\frac{V_2}{V} = 0.9$
- Giren ve çıkan hava kütle debileri:
  - $\dot{m}_{giris} \cong 20 \text{ g/s}$
  - $\dot{m}_{cikis} \cong 9.5 \text{ g/s}$

## SPH [2]

- Yüksek malzeme bozulmaları
- Malzemenin birçok küçük parçaya/damlacıklara ayrılması
- Hareket eden sınırların veya serbest yüzeylerin bulunması

## DEM [1]

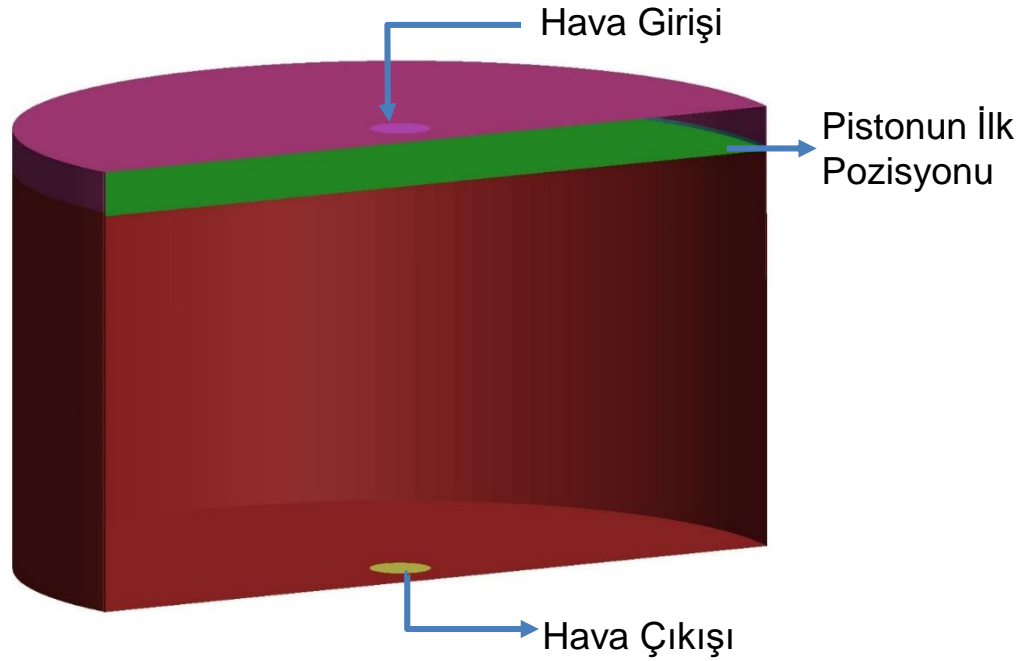
- Parçacıkların bozunabilir veya kaskatı yapılar ile aralarında oluşan gürbüz etkileşimleri

## CPM [1]

- Özellikle hava yastıklarında meydana gelen katı-akışkan etkileşimleri

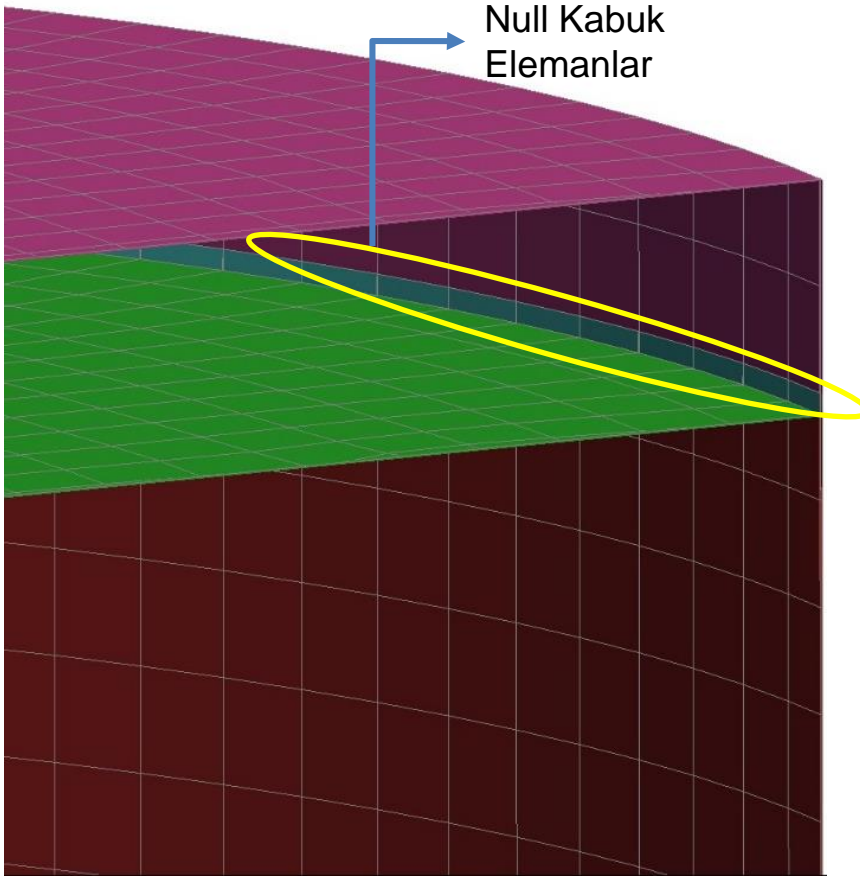
[1] Karajan, N., Wang, J., Han2, Z., Teng, H., Wu, C. T., Wu, W., ... Fraser, K. (2014). Particle Methods in LS-DYNA, 2–4.

[2] Svenning, E. (n.d.). Modeling Splashing and Sloshing in LS-DYNA using Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH).



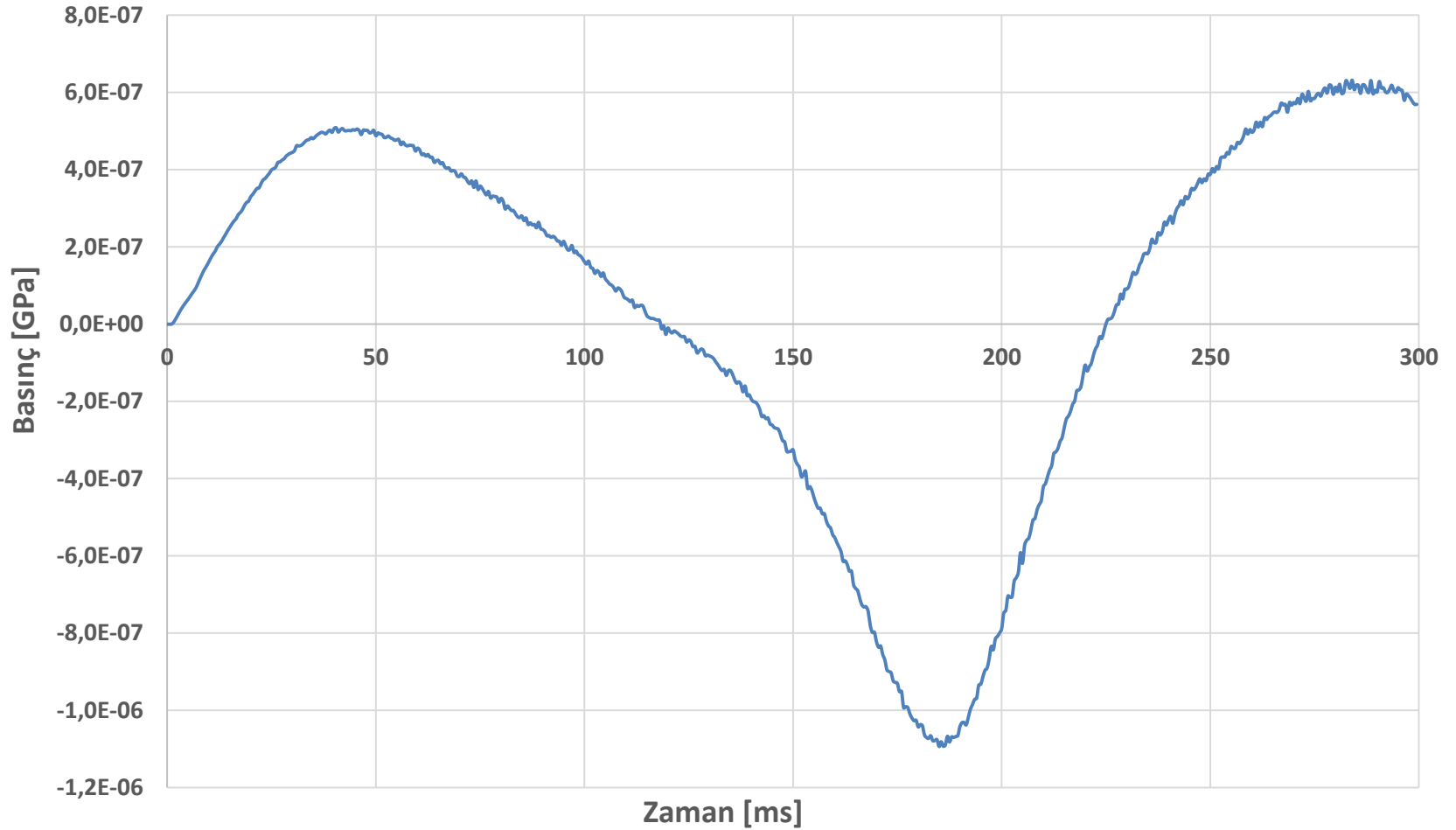
- Hava giriş-çıkış alıkları ayrı bir parça tanımı ile oluşturulmuştur ve bu alıklar kapalı bir hacim oluşturacak şekilde kapatılmıştır.
- Yer çekimi ivmesi hesaba katılmamıştır.
- Tank ve piston kaskatı olarak modellenmiştir.
- Analiz süresi 300 ms'dir.
- Birimler: kg, mm, ms



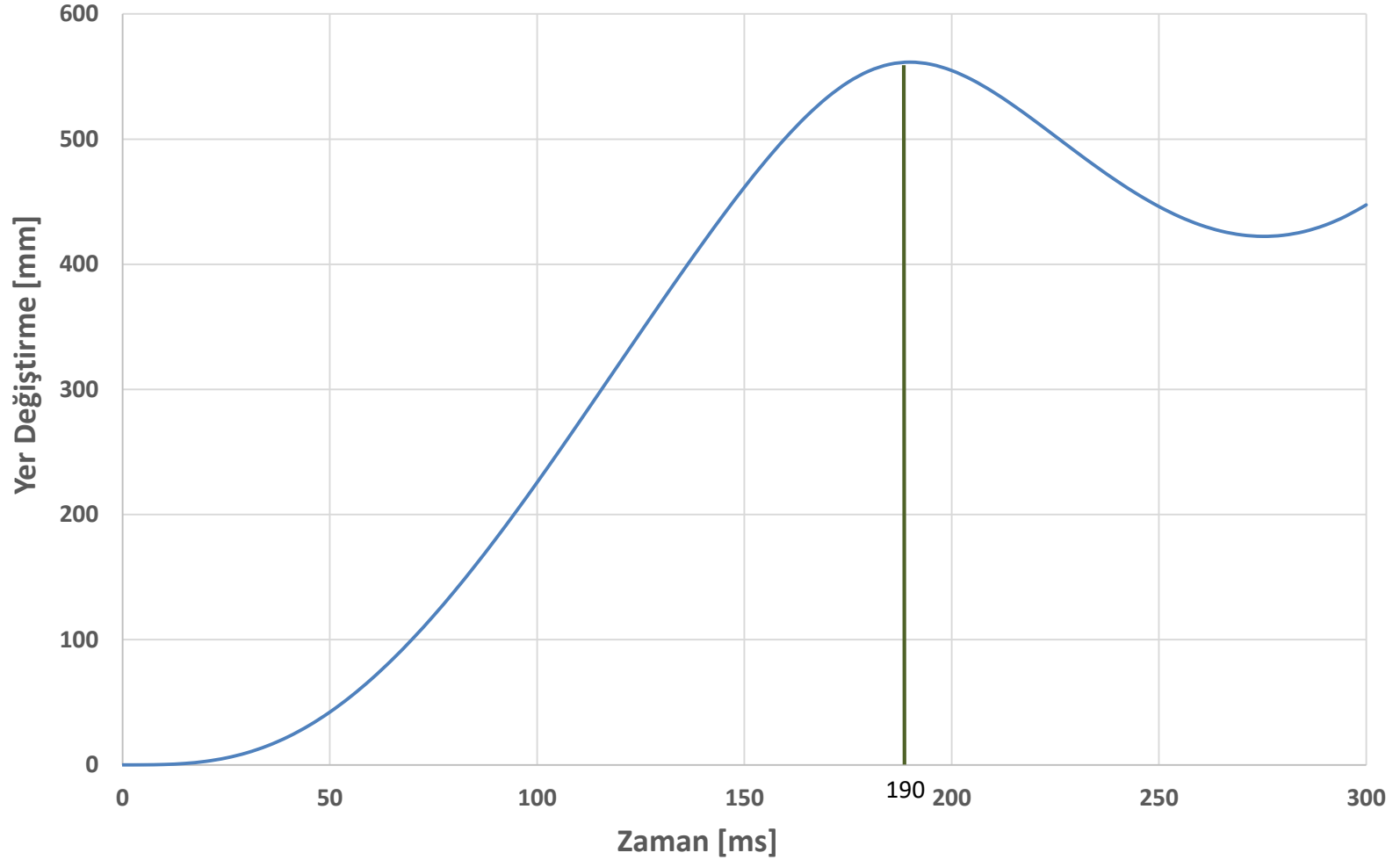


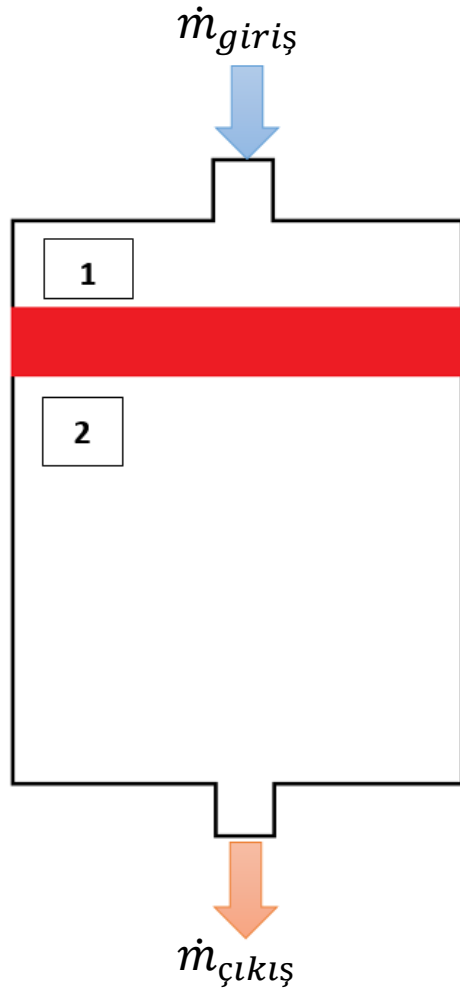
- Piston ile tank duvarı arasındaki sızdırmazlık, direngenliği olmayan **MAT\_NULL** kabuk elemanları ile sağlanmıştır. Bu kabuk elemanlar, sızıntısı olmayan alıklar olarak tanımlanabilirler.
- Piston ile tank duvarı arasında sürtünme tanımlanmamıştır.
- Piston yalnızca aşağı/yukarı hareket edebilmektedir.

## Piston Üzerindeki Basıncın Zamana Bağlı Değişimi



## Pistonun Zamana Bağlı Yer Değiştirmesi





- Kullanılan denklemler:

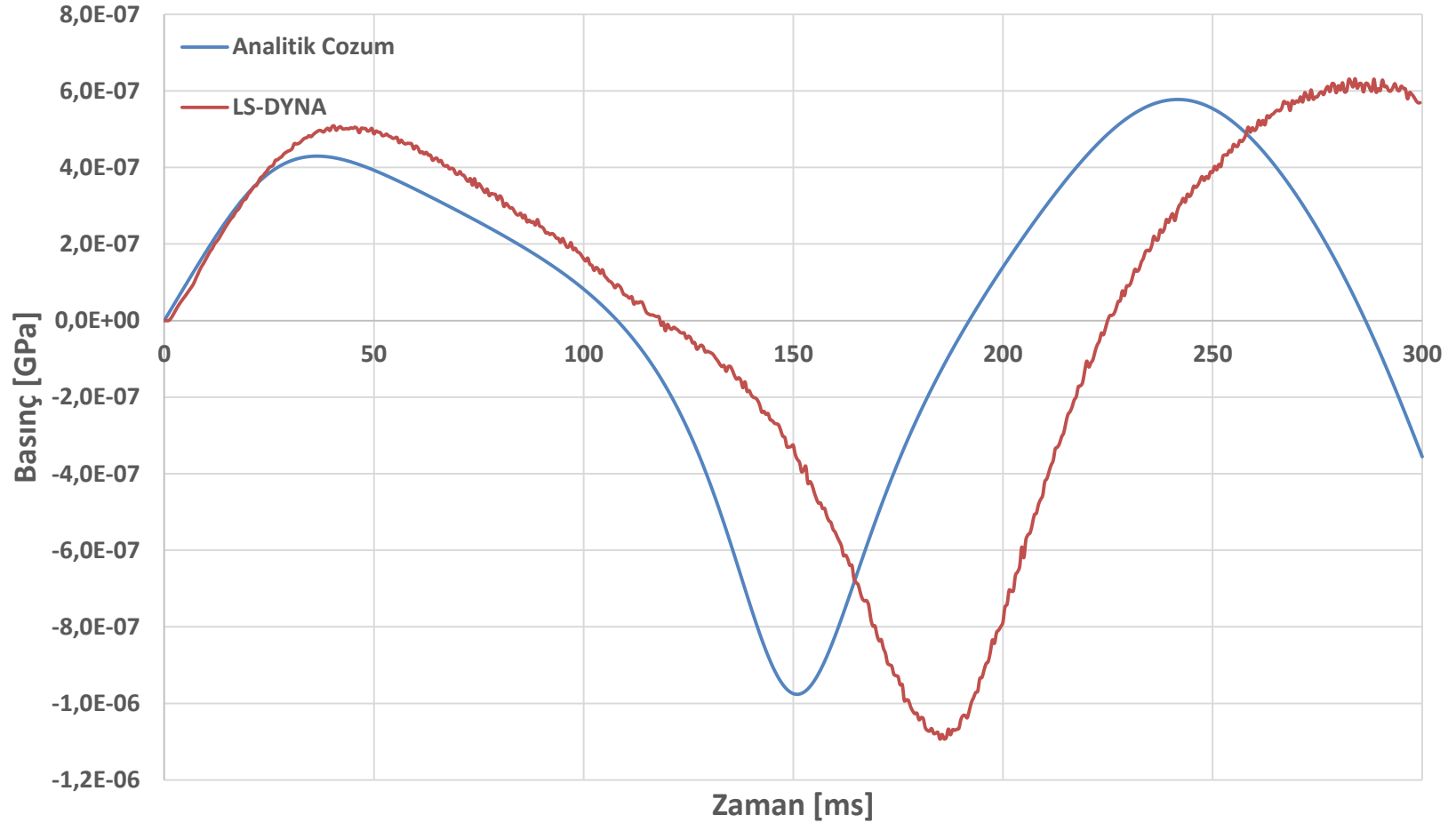
$$- P * V = m * R * T \quad (1)$$

$$- F = m_{piston} * a_{piston} \quad (2)$$

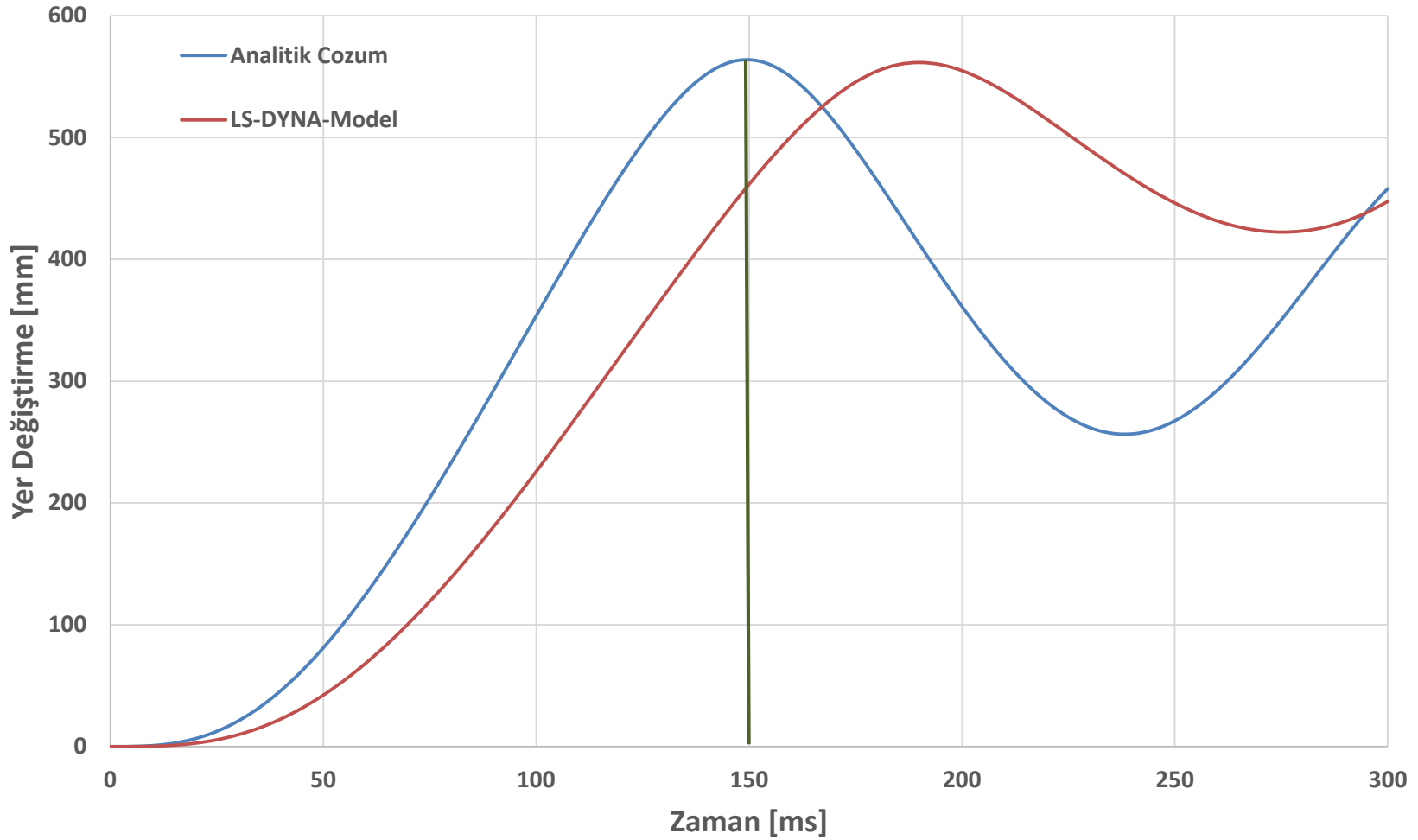
$$\text{Burada } F = (P_1 - P_2) * A$$

- Her iki bölmenin basınç hesapları; ilgili bölmeye ait hacim, kütle giriş/çıkış debileri, gaz sabiti, sıcaklığı denklem (1)'de yerine konularak hesaplanmıştır.
- Sonrasında, (2) numaralı denklem ile pistonun hareket denklemi elde edilmiştir.
- Çözüm, Runge-Kutta 4 yöntemi ile elde edilmiştir.

## Piston Üzerindeki Basıncın Zamana Bağlı Değişimi



## Pistonun Zamana Bağlı Yer Değişirmesi



## Sonuçlarda oluşan farklılıkların olası sebepleri:

- Sistemin sahip olduğu sönümlenmenin analitik hesaplarda olması gereken gibi hesaba katılamaması
- Analitik modelin *<quasi-static>* varsayımlara dayanması, LS-DYNA modelinin *<dinamik>* bir çözüm elde etmesi
- Analitik modelde sıcaklığın süreç boyunca sabit alınması, fakat LS-DYNA sonucunda bölmeler içerisinde sıcaklık değişiminin gözlemlenmesi

## Sonuçları geliştirebilmek için:

- Analitik modele yer çekimi dâhil edilebilir.
- Analitik model, bozunabilir piston oluşturulup sonuçların değişiminin incelenebilir.
- LS-DYNA analiz modeli değişen parçacık sayıları ile hassasiyet analizlerinin gerçekleştirilebilir.



# Teşekkürler

- [1] Karajan, N., Wang, J., Han2, Z., Teng, H., Wu, C. T., Wu, W., ... Fraser, K. (2014). Particle Methods in LS-DYNA, 2–4.
- [2] Svenning, E. (n.d.). Modeling Splashing and Sloshing in LS-DYNA using Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH).