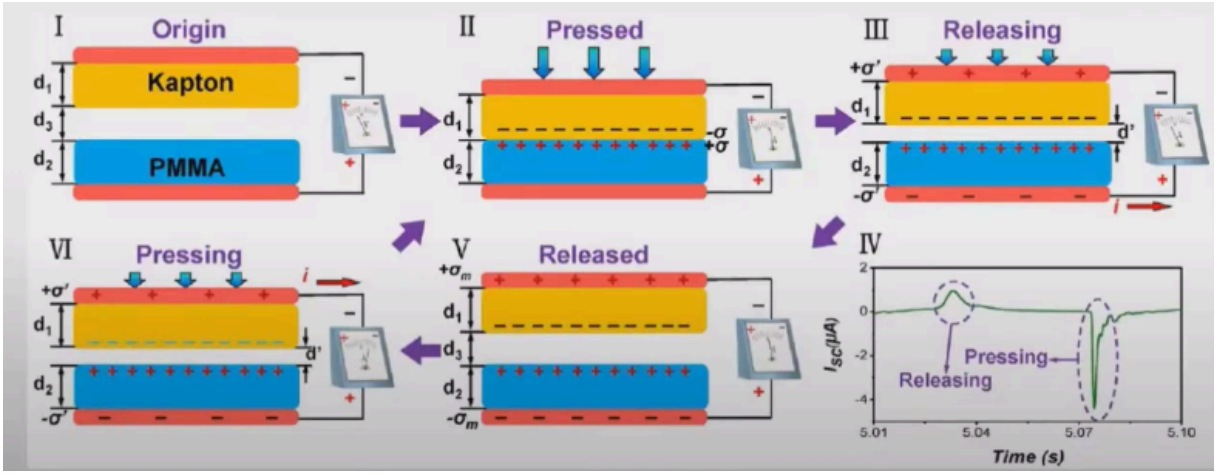
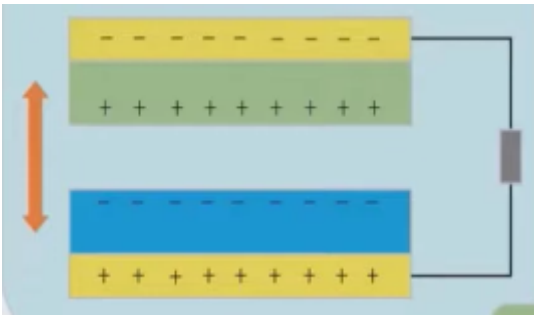
TRİBOELEKTRİK MEKANİZMALARIN SAYISAL ANALİZLERİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER HAKKINDA DETAYLI BİLGİ:

Triboelelktrik analizlerde farklı freaknslarda analizler Comsol yazılımında yapılacak ve dokunmalı ile kaymalı sistemin performansı detaylı olarak farklı malzeme içerikleri için incelenecektir. Aşağıda ön çalışmalarda kullanılan comsol yazılımında dokunmalı triboelektrik sistemin analizinde yapılan tüm aşamalar detaylı olarak anlatılmıştır.



Şekil 1. Ön Çalışmalarda Yapılan Triboelekltrik Mekanizmanın Çalışma Sistemi(Zhu, Guang, vd., Nano letters 12.9 (2012): 4960-4965.

Şekil 1'de triboelektrik dokunmalı sistemin çalışma mekanizması anlatılmıştır.

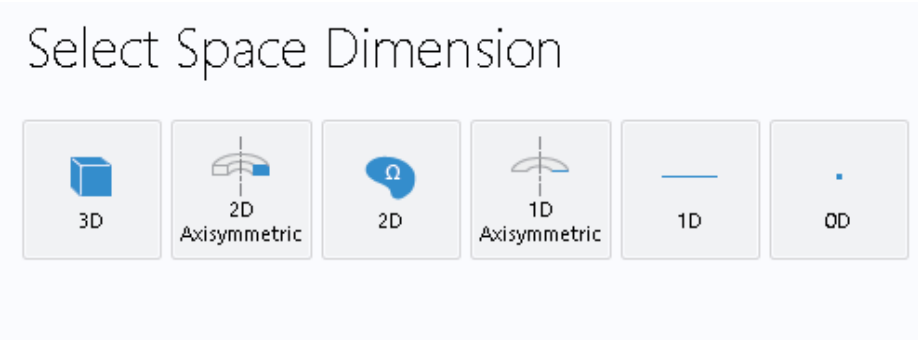


Şekil 2. Dokunmalı Triboelektrik Mekanizma'nın Şematik Gösterimi

Şekil 2'de Dokunmalı triboelektrik mekanizmanın şematik gösterimi açıklanmıştır.

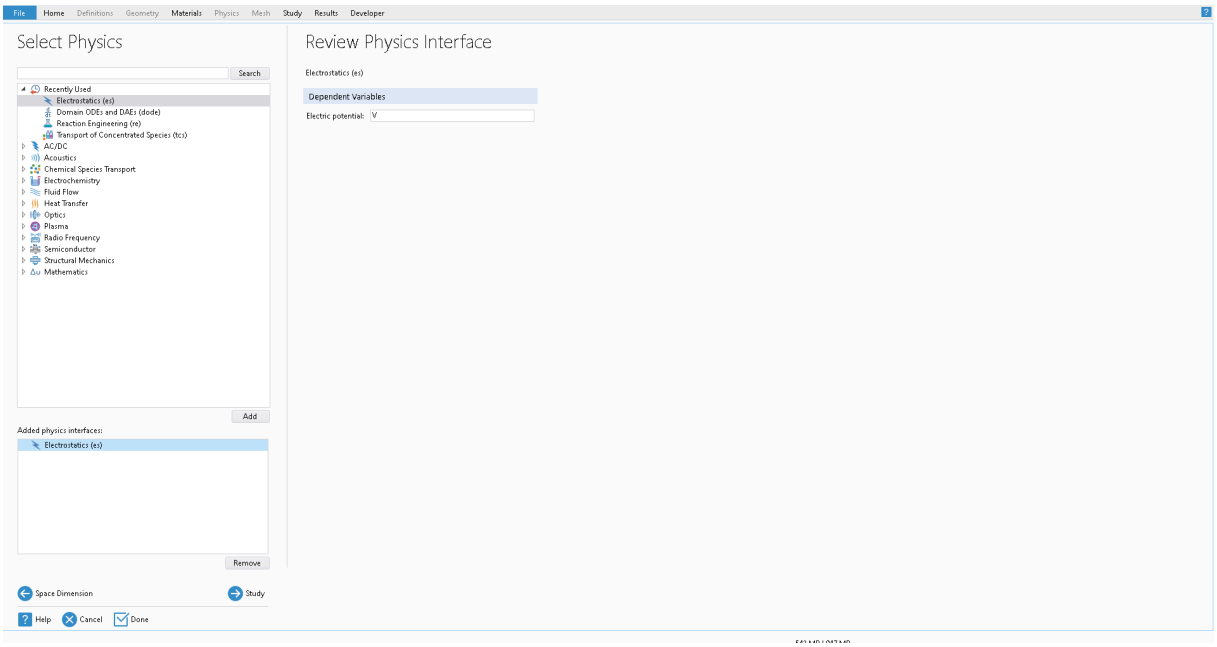
Ön çalışmalarda Comsol'a ilk olarak parametreler girilmiştir. Şekil 3'te gösterilen parametreler ön çalışma sisteminin sınır koşullarıdır.

Comsol Yazılımının boyut atanması aşağıda Şekil 3'te verilen menüden yapılmaktadır. Projede de ön çalışmalarda yapıldığı gibi 2 boyutlu olarak gerçekleştirilecektir.



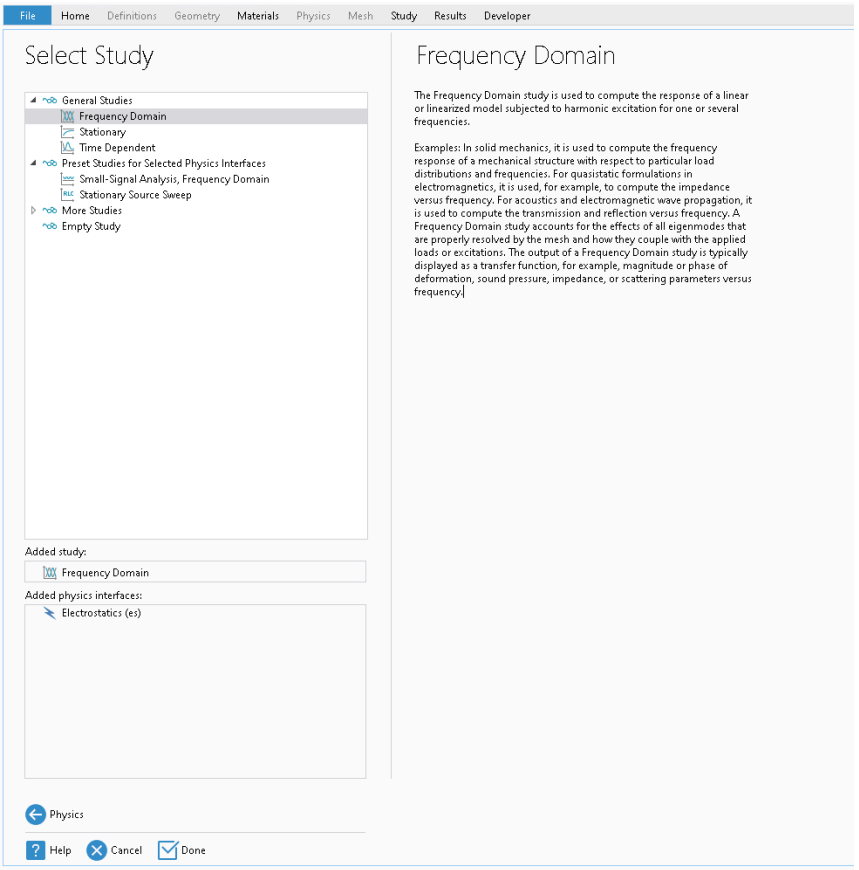
Şekil 3. Comsol yazılımında boyut atanması menüsü

Şekil 4’te verilen menü’den fiziksel proses ataması yapılabilmektedir. Projede’de ön çalışmalarda verildiği gibi Elektrostatik menüsü seçilecektir.

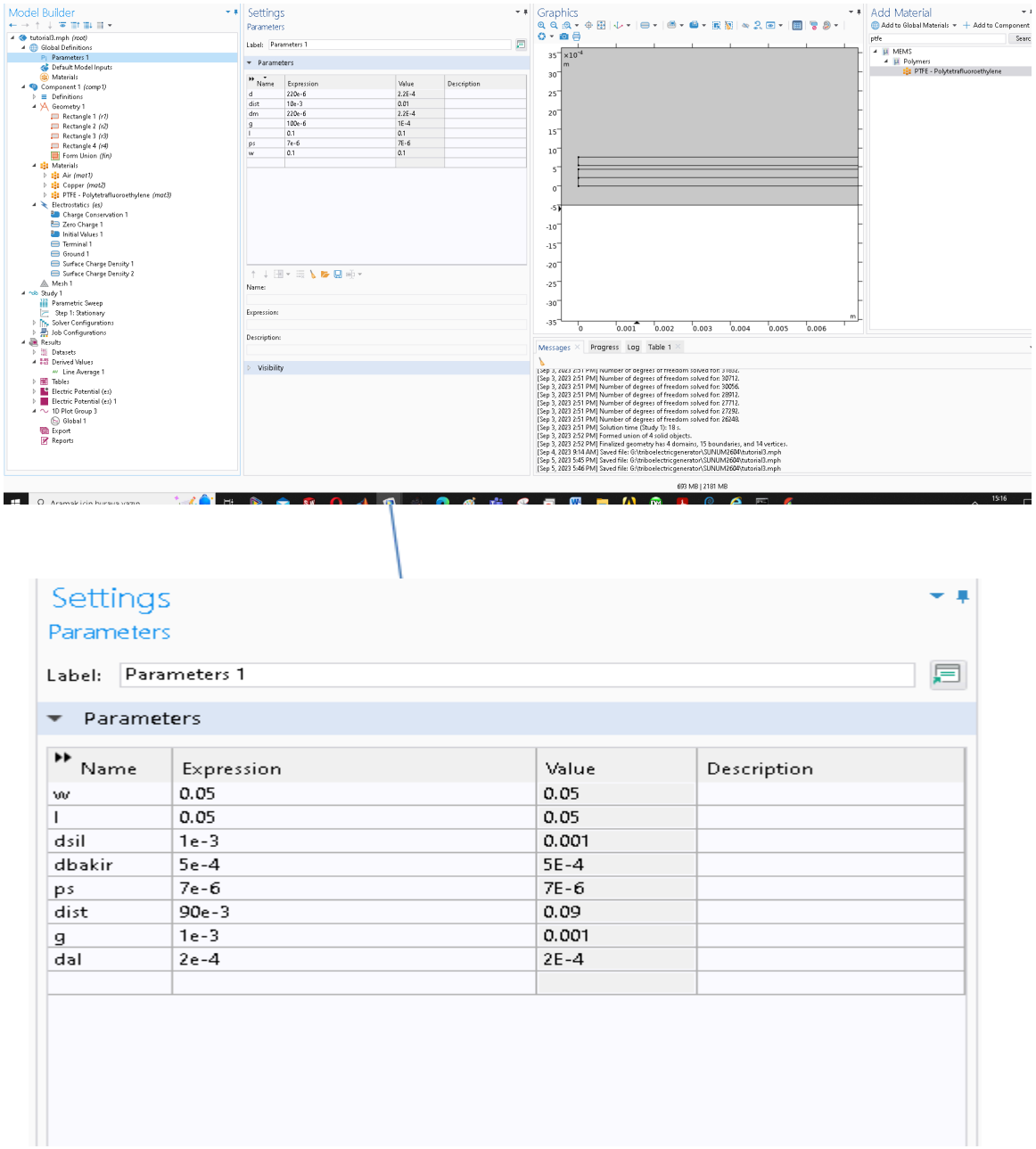


Şekil 4. Fiziksel prosesin atanması menüsü

Şekil 5’te görülen menüden çalışmadaki sistemin zamana göre çalışma durumu belirlenebilmektedir. Fiziksel olayın durumuna göre Zamandan bağımsız, zamana bağlı ve frekanslı çalışma durumları buradan tanımlanabilmektedir. Proje’de farklı rüzgar hızlarında farklı frekans sayılarında triboelektrik sistem sayısal olarak inceleneceği için frekanslı çalışma durumu projede seçilecektir.



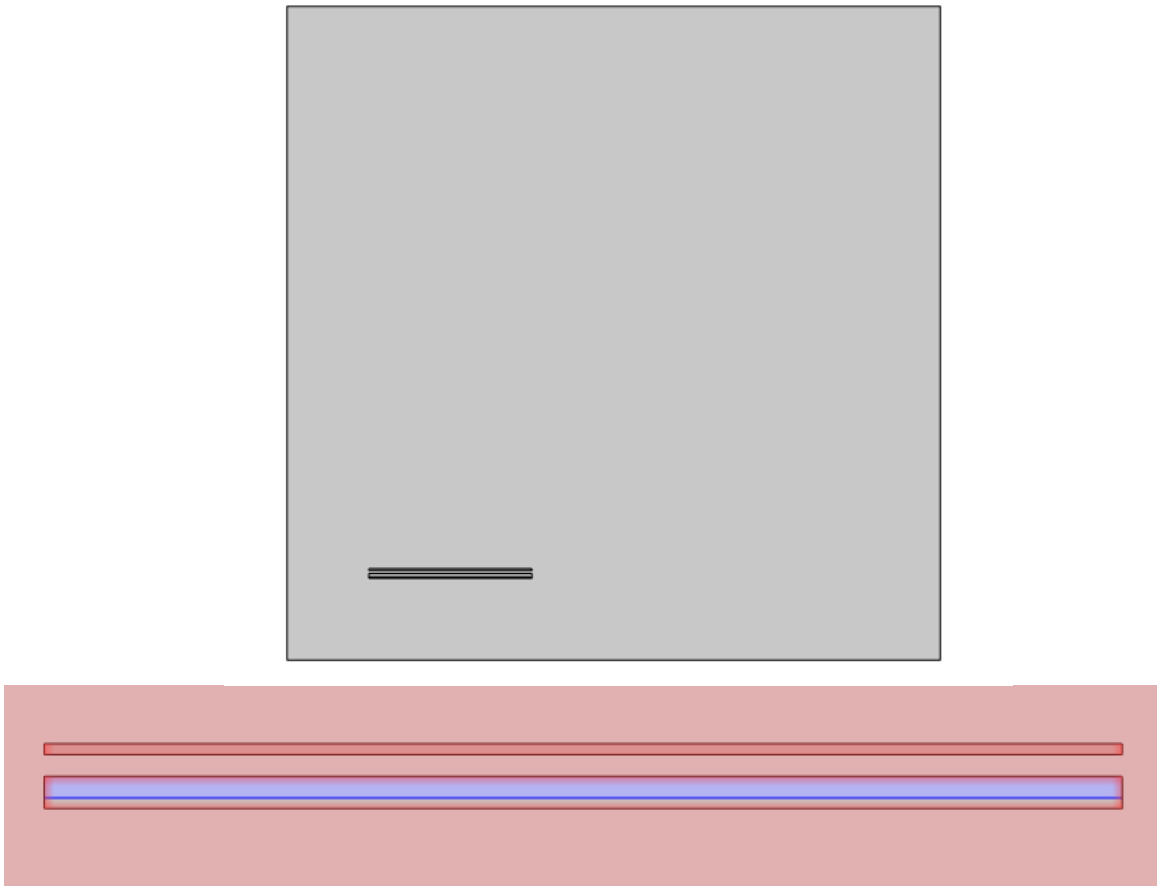
Şekil 5. Sistemin zamana göre çalışma durumunu belirlediğimiz menü



Şekil 6. Sayısal Ön çalışmada girilen parametreler

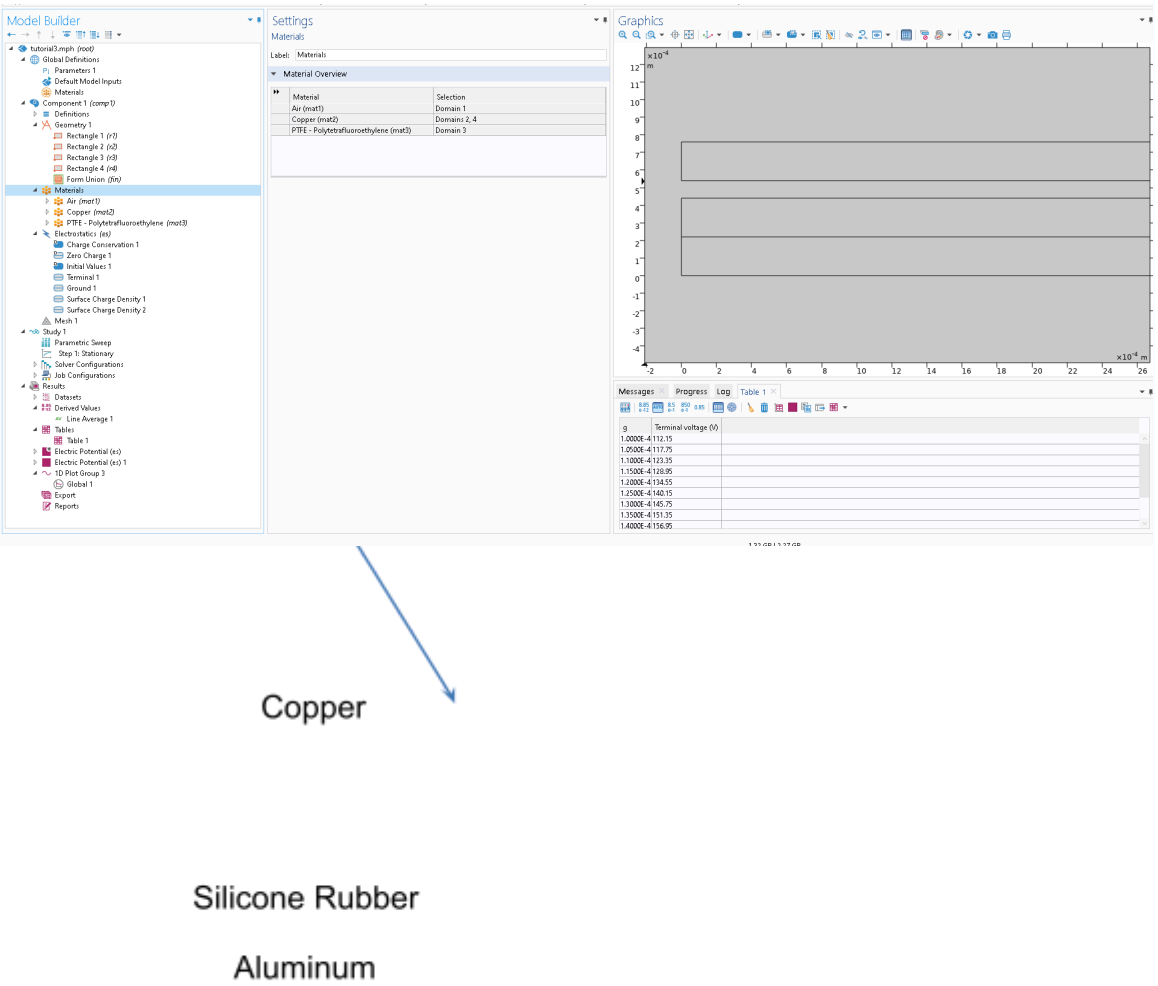
Şekil 6'da sayısal ön çalışmada girilen parametreler menüsü gösterilmiştir. Projede'de sistemdeki dielektrik ve metallerin kalınlıkları ile dielektrik mekanizmalar arasındaki uzaklık sistemin genişliği, boyu ve dielektrik malzemelerin yüzeysel dolum yoğunluğu literatürden ve laboratuvar testlerinden elde edilerek parametreler kısmına tanımlanacaktır.

Bu aşamadan sonra Şekil 7'de verildiği gibi geometri oluşturulacaktır. Geometrinin özellikleri ve konumları detaylı olarak tanımlanacaktır.



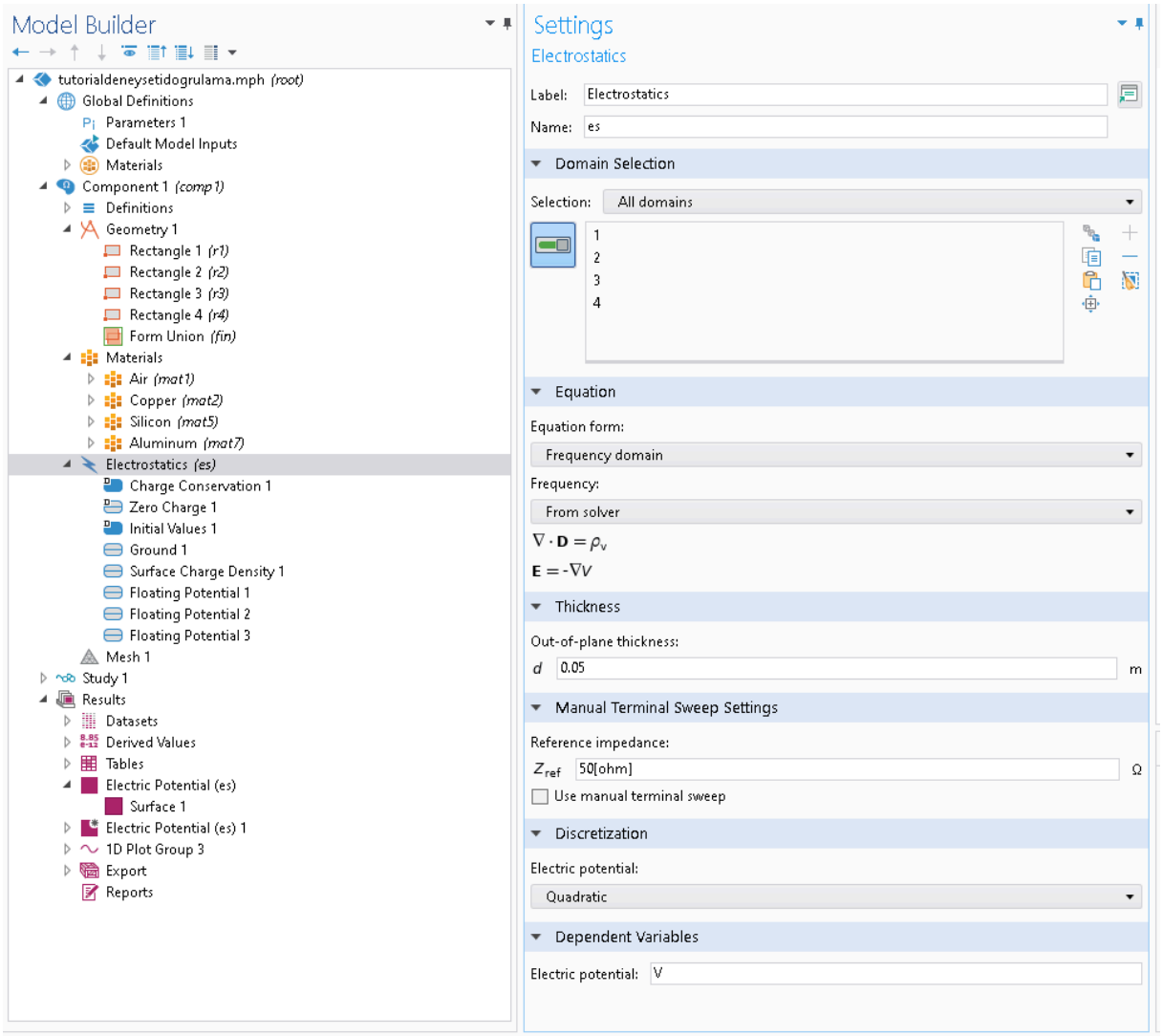
Şekil 7. Comsol Yazılında Geometri Oluşturma Menüsü

Şekil 7’de gösterildiği comsol yazılımında triboelektrik sistem geometrik olarak oluşturulacaktır. Proje’de de ön çalışöa da gösterildiği gibi dielektrik malzemeler ve metallerin kalınlıkları, genişlikleri ve malzemeler arası mesafeler bu menü’den tanımlanacaktır.
Şekil 8’de malzeme tanımlama menüsü görülmektedir. Malzemeler ve malzemelerin özellikleri bu menüden tanımlanabilmektedir. Proje’de malzemeler geometri üzerinde tanımlanacak ve malzemelerin relative permeabitiy ve relative permittivity özelliklerşi bu menüden tanımlanacaktır.



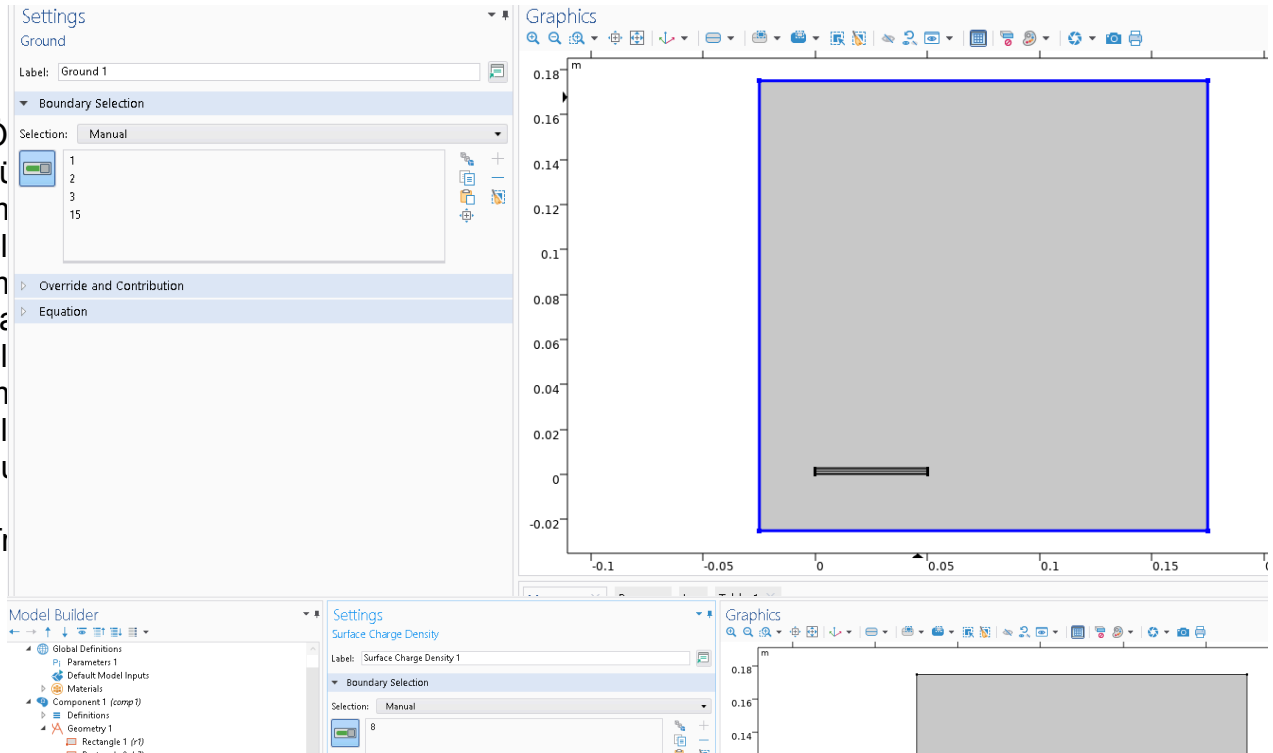
Şekil 8. Comsol Malzeme Tanımlama Menüsü

Şekil 9'da elektrostatik fiziksel olayın genel denklemler ve parametrelerinin tanımlandığı menü görülmektedir. Burada triboelektrik mekanizma frekans sayısı, plakanın çizilmeyen üçüncü boyutunun kalınlığı , referans empedans, bağımlı değişkenler diskretizasyon(ayrıklaştırma) parametreleri tanımlanacaktır. Literatür çalışmalarında ve yapılan ön çalışmalarda referans empedansın değişmesi sonucu değiştirmediği için tanımlı değer sabit kalmıştır.

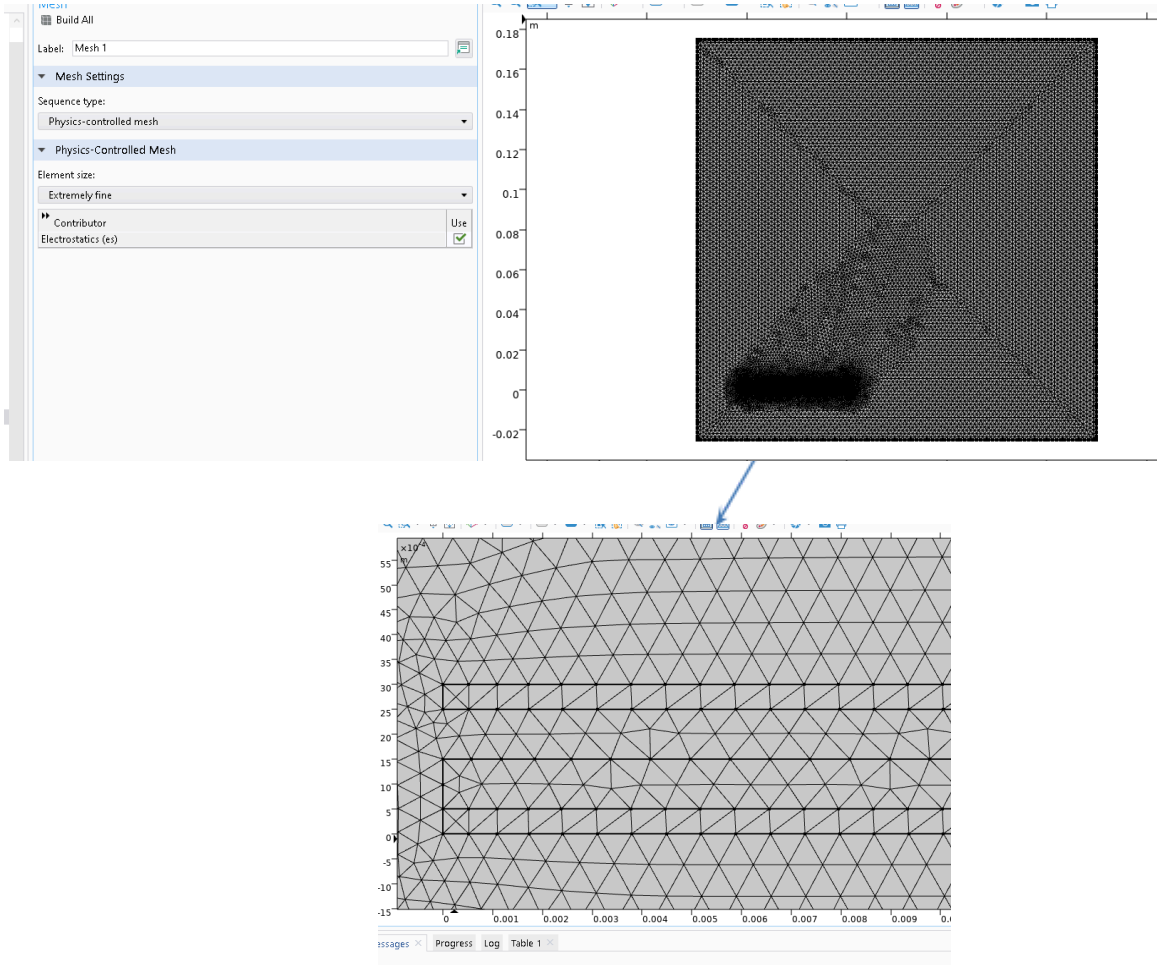


Şekil 9. Elektrostatik fiziksel olayın genel denklemler ve parametrelerinin tanımlandığı menü

Şekil 10'da görüldüğü gibi, taban(Ground), yüzeysel elektriksel dolum yoğunluğu(surface charge density), ve gezer noltalar(floating point) tanımlanmıştır.

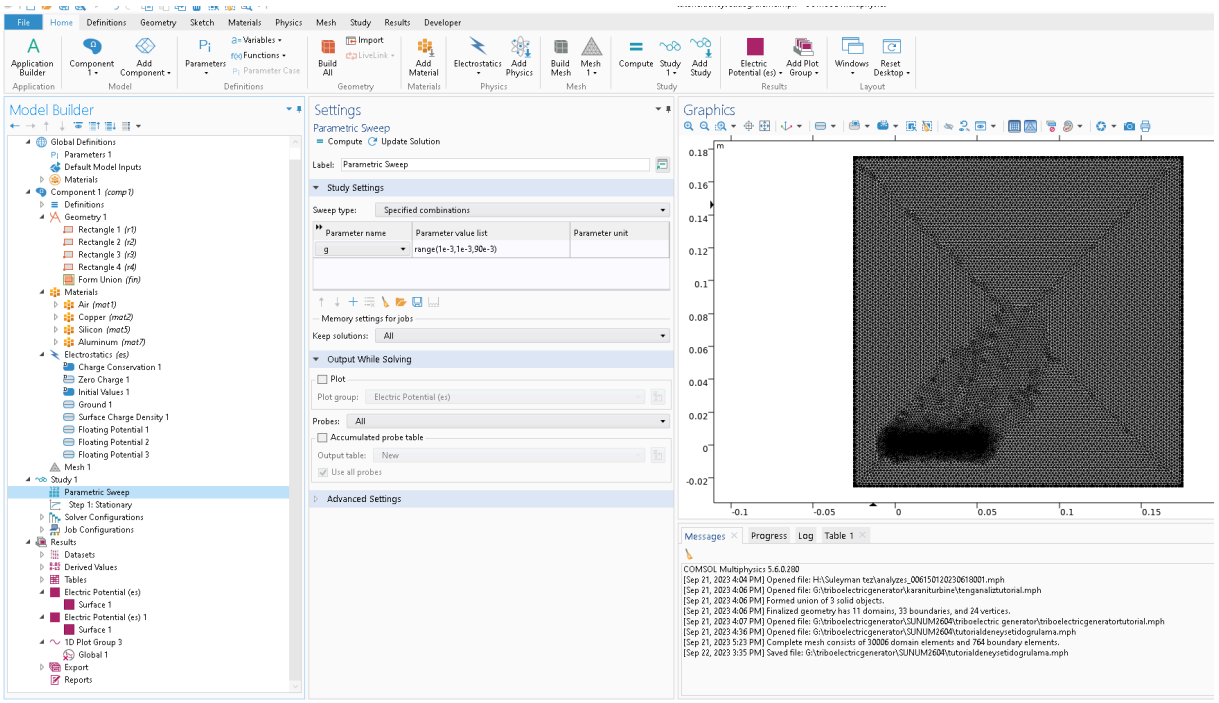


sayısal ağ yapısında Şekil 11'de gösterildiği gibi oluşturulacaktır. Ön çalışma sisteminde yaptığımız deneysel sistem olan krank mekanizmasıyla tahrik edilen sistemin triboelektrik mekanizması için 37100 sayısal ağ elemanı kullanılmıştır. Projede farklı sayısal ağ eleman sayıları için analizler yapılacak ve projedeki sistemler için sayısal ağ yapısı tutarlılık analizi yapılacaktır.



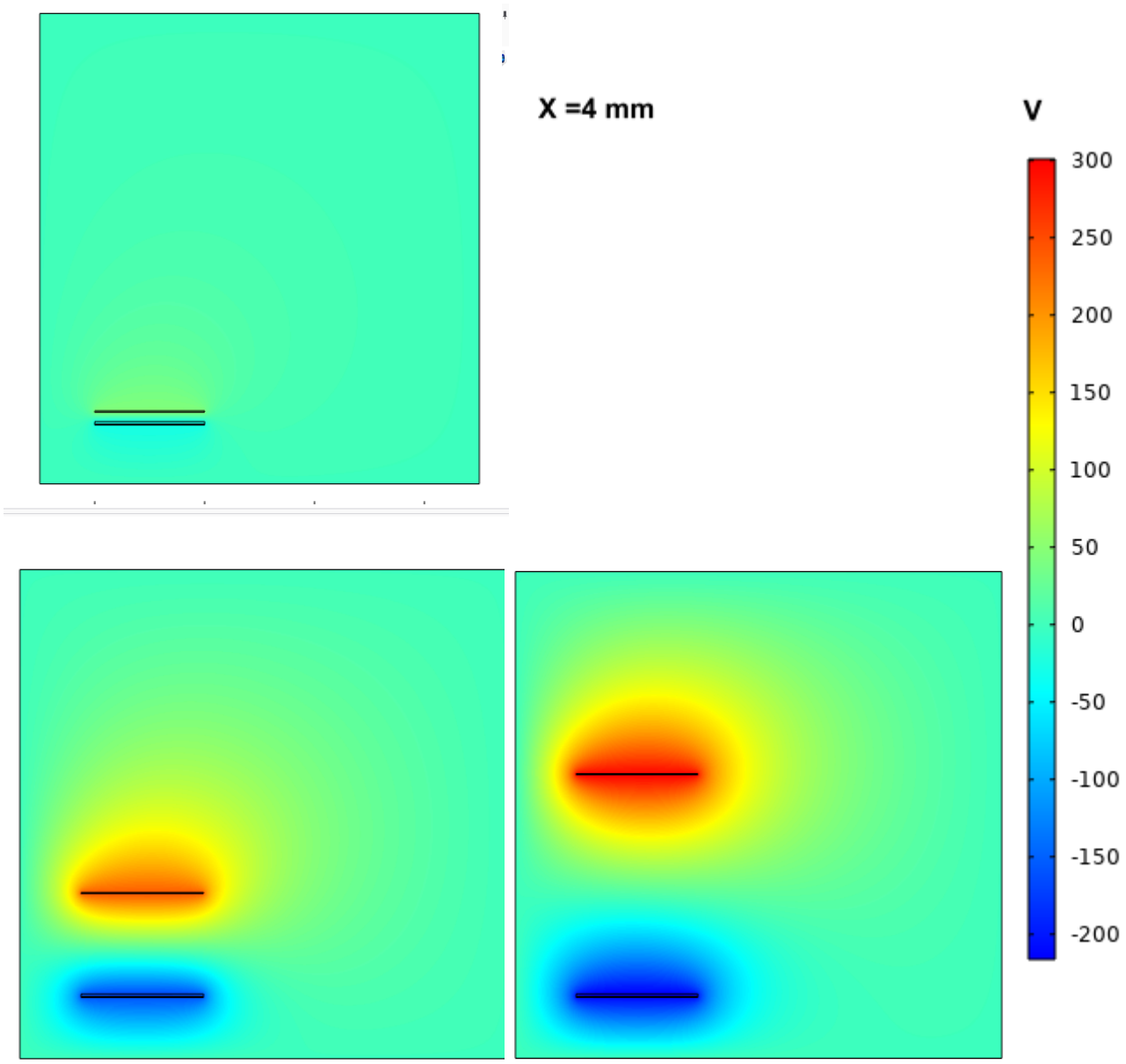
Şekil 11. Sayısal ağ yapısı oluşturma menüsü ve ön çalışmada oluşturulan sayısal ağ yapısı

Sayısal ağ yapısı oluşturulduktan sonra, study kıısmnda Şekil 12'de gösterildiği gibi parametric sweep seçilerek, parametrik olarak genliğin değişiminin sonuca etkisi incelenecektir.



Şekil 12. Parametrik Çalışma Modulünün tanınlanması

Comsolla yapılan ön çalışmalarda Şekil 13'te ve video'da çalışması verilen ön çalışma deney setimiz olan krank biyel mekanizmasında 10 Hz frekans için 5 cm x 5 cm boyutlarında dielektrik malzeme olarak silikon ullanılan ve dielektrik malzemenin altnda alüminyum folyo bulunan ve karşısında genlikle hareket eden bakır metali bulunan sistemin simülasyonu yapılmş ve sayısal sonuçlarla deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır. Burada aiatemin genliği 1 mm ile 90 mm arasında seçilmiştir. Deney sisteminde de yaylı sistem 90 mm'ye kadar yaylanamakta ve geri inmektedir yani bu genlikte çalışmaktadır. Dielektrik malzeme olan silikonun kalınlığı 1 mm, alüminyum folyo kalınlığı 0.2 mm ve bakırın kalınlığı 0.5 mm olan sistemde comsol analizleri sonucunda voltaj farkı en fazla Şekil 14'te görüldüğü gibi 492 V iken deneysel ölçümlerde de 496 V okunmuştur. V_{rms} değeri deneysel olarak hesaplanabilmektedir. Ön çalışmalarda sayısal ve deneysel sistemlerin sonuçlarınn birbirine yakın olduğu görülmüştür. Ön çalışmada genlik ve frekans değiştirilerek farklı sonuçlar sayısal ve deneysel olrak alınmış bu konuda yayın gönderme aşamasına geçilmiştir. Diğer dolum miktarı Q_{sc} sonuçlarıda yayın çalışmasında detaylı incelenecektir.



Şekil 14. Ön Çalışmada Triboelektrik sistem voltaj sonuçları