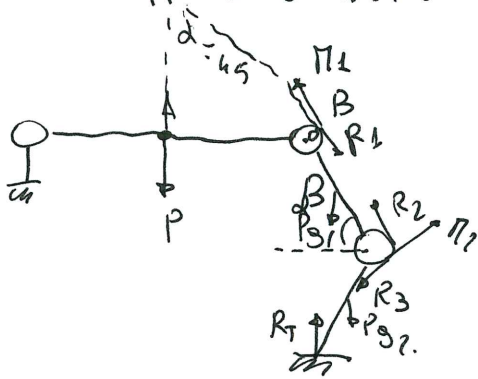


Per come è strutturata la protesi non si può applicare l'omogeneità quindi applico il metodo pulei.



$$P_{g1} + P_{g2} = P_g$$

Testa Femore. e spine knee.

$$(P - P_g) \cdot OA = M_1 \cdot OB \quad M_1 = (P - P_g) \frac{OA}{OB}$$

$$z) (P - P_g) + R_1 \sin \frac{\pi}{4} = R_2 \cos \beta$$

$$x) R_1 \cos \frac{\pi}{4} = R_2 \sin \beta$$

$$R_2 = R_1 \frac{\cos 45}{\sin \beta} \Rightarrow (P - P_g) + R_1 \sin 45 = R_1 \frac{\cos 45}{\sin \beta}$$

$$R_1 = \frac{(P - P_g)}{(-\sin 45 + \frac{\cos 45}{\sin \beta})} \Rightarrow R_2 = (P - P_g) \frac{\cos 45}{\sin \beta} \frac{1}{(\frac{\cos 45}{\sin \beta} - \sin 45)}$$

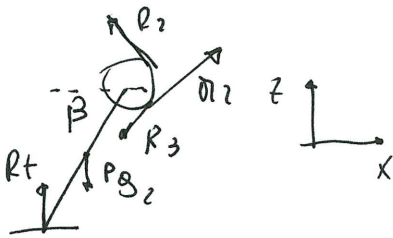
$$R_2 = \frac{(P - P_g)}{(\sin \beta - 1)}$$

~~scribble~~

$$\beta = 45^\circ$$

Sense libral.

(2)



one worst case suppose $P_{S2} = P_S$.

$$z \uparrow R_T - P_S + R_2 \sin \beta - R_3 \sin \beta + \pi_2 \sin \beta = 0$$

$$x \uparrow -R_2 \cos \beta - R_3 \cos \beta + \pi_2 \cos \beta = 0$$

$$x \left\{ \pi_2 = R_2 + R_3 \right.$$

$$z \left\{ R_T - P_S + (R_2 - R_3 + \pi_2) \sin \beta = 0 \right.$$

~~Res~~

$$\left\{ \pi_2 = R_2 + R_3 \right.$$

$$\left\{ R_T - P_S + (R_2 - R_3 + R_2 + R_3 + \pi_2) \sin \beta = 0 \right.$$

$$\left\{ \pi_2 = R_2 + R_3 \right.$$

$$\left\{ 2R_2 + \pi_2 = \frac{R_T - P_S}{\sin \beta} \Rightarrow \pi_2 = \frac{R_T - P_S}{\sin \beta} - 2R_2 \right.$$

~~R_T = P_S~~

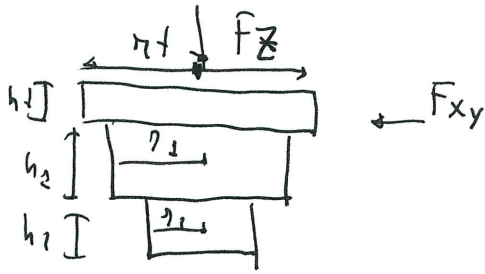
$$R_T = P$$

~~positive in some cases~~

~~positive in some cases~~

$$\pi_2 = \frac{P - P_S}{\sin \beta} - 2R_2$$

Ho tutte le bene note e quindi posso approssimare le proiezioni



Parametri:

γ_f = raggio fibroso

h_t = altezza tibiale

γ_1 = raggio I o strutto

γ_1 = raggio II o strutto

h_2 = altezza I strutto

h_1 = altezza II strutto

γ_f = noto.

quindi ho bisogno di 5 equazioni:

$$1) \frac{F_z}{A_{fibroso}} \cdot \frac{1}{E_{fibroso}} = \frac{1}{E_{TOT}} \cdot \frac{F_z}{A_{fibroso}} + \frac{1}{E_{TOT}} \frac{F_z}{A_{I strutto}} + \frac{1}{E_{TOT}} \frac{F_z}{A_{II strutto}}$$

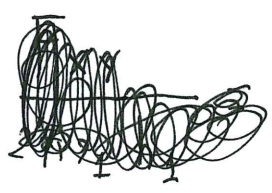
$$2) \frac{F_{xy}}{A_{TIBIAT}} \cdot \frac{1}{E_{fibroso}} = \frac{1}{E_{TOT}} \cdot \frac{F_{xy}}{A_{TIBIAT}} + \frac{1}{E_{TOT}} \frac{F_{xy}}{A_{I strutto}} + \frac{1}{E_{TOT}} \frac{F_{xy}}{A_{II strutto}}$$

Poiché le bene della agiscono sulle parte tibiale sono orientate di 45 gradi
 vuol dire che le F_{xy} e F_z avranno effetti anche nelle aree non
 laterali usi:

$$3) \frac{F_z}{A_{LAT TIB}} \cdot \frac{1}{E_{fibroso}} = \frac{1}{E_{TOT}} \frac{F_z}{A_{LAT TIB}} + \frac{1}{E_{TOT}} \frac{F_z}{A_{I strutto}} + \frac{1}{E_{TOT}} \frac{F_z}{A_{II strutto}}$$

$$4) \frac{F_{xy}}{A_{TIBIAT}} \cdot \frac{1}{E_{fibroso}} = \frac{1}{E_{TOT}} \frac{F_{xy}}{A_{TIBIAT}} + \frac{1}{E_{TOT}} \frac{F_{xy}}{A_{I strutto}} + \frac{1}{E_{TOT}} \frac{F_{xy}}{A_{II strutto}}$$

lo punto e cedere è quello di insistere
che mi conviene pensare sullo stato più stretto della mia espressione
perché ho una minore quindi stress maggiore.



$$\frac{F_z}{\pi r^2 t} = \frac{F_{xy}}{2\pi r_1 h_1}$$

Però:

Se lo struttino è centrato dovremmo inserire una equazione in più
per tenere conto della spesse del centro quindi si considerano anche
le costanze di ISO-STRESS invece

$$\frac{F_z}{2\pi(r_1 + 2SP)} \rightarrow \frac{F_{xy}}{2\pi(r_1 + SP) \cdot (h_1 + SP)}$$

SOLUZIONE ESERCIZIO 2

(5)

→ PROBLEMA ALLO STATO STAZIONARIO

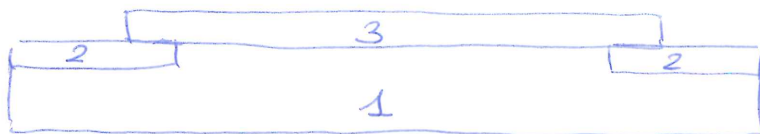
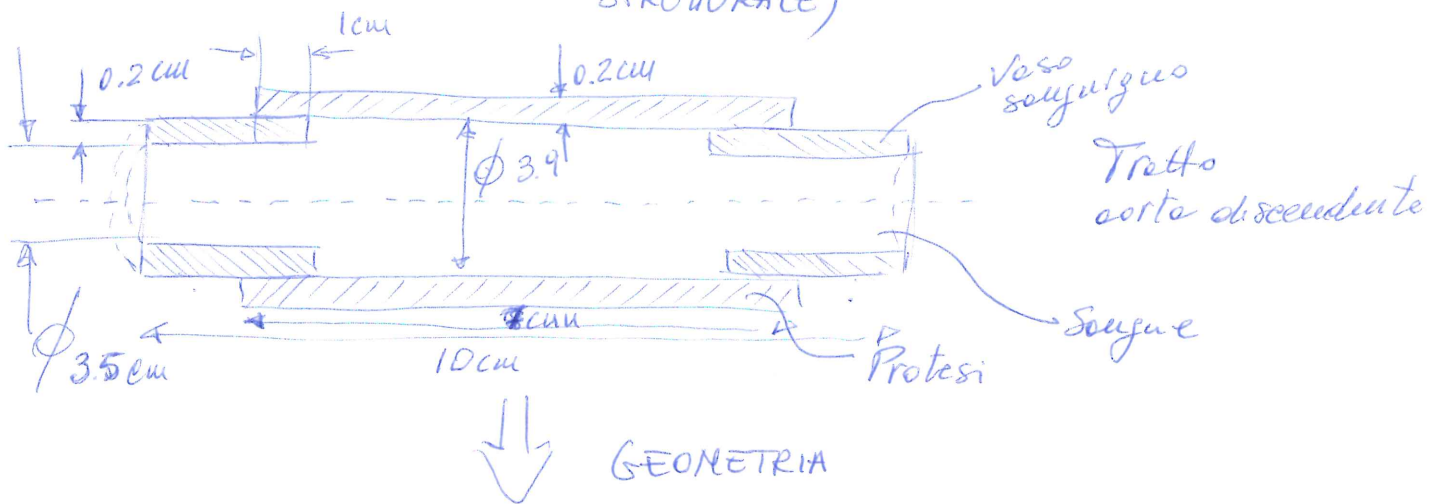
→ GEOMETRIA ASSIAL SIMMETRICA

→ VENGONO IMPIEGATI I SEGUENTI GRUPPI DI EQUAZIONI

* FLUIDODINAMICA (NAVIER STOKES)

* MECCANICA STRUTTURALE

* MOVING MESH (PER METTERE IN RELAZIONE LE
EQUAZIONI DI NAVIER STOKES
CON QUELLE DELLA MECCANICA
STRUTTURALE)



1 Dominio "fluida" (sangue)

2,3 Dominio "solido" (vaso sanguigno e protesi)

Nota: la presenza di suture non viene
modellata e i domini 2 e 3
sono posti in "continuità" meccanica

Condizioni sul dominio

→ nota: essendo un modello allo stato stazionario non è necessario definire le condizioni iniziali

→ Fluidodinamica

| | Viscosità | Densità |
|---|------------------------------|-----------------------|
| 1 | $4 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ | 1050 kg/m^3 |
| 2 | non attivo | non attivo |
| 3 | non attivo | non attivo |

→ Meccanica

| | Modulo Elastico | Modulo Poisson | Densità |
|---|---|----------------|------------------------|
| 1 | non attivo | non attivo | non attivo |
| 2 | $E_0 = 5 \times 10^4 \text{ Pa}$ $E_A = 2 \times 10^5 \text{ Pa}$ $E_r = E_0$ | 0.45 | 1060 kg/m^3 |
| 3 | $E_0 = 1 \times 10^5 \text{ Pa}$ $E_A = 1.5 \times 10^5 \text{ Pa}$ $E_r = E_0$ | 0.45 | 0.900 kg/m^3 |

indicata

no prestress
(anche questo avviene
nella pratica)

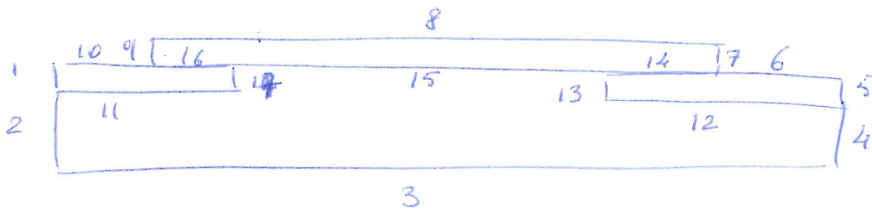
→ Moving mesh

| | Condizioni Sulla mesh |
|---|---|
| 1 | spostamento libero |
| 2 | spostamento vincolato al campo di spostamento della prof. meccanica strutturale |
| 3 | spostamento vincolato al campo di spostamento della meccanica strutturale |

no pre spostamenti

Condizioni al contorno

(7)



Fluidodinamica

| | Condizione |
|--------------------|---|
| 3 | Assol simmetria |
| 11, 12, 13, 15, 17 | velocità equivalente alla velocità di spostamento della parete (dalla meccanica strutturale) \Rightarrow essendo il sistema allo stato stazionario equivale alla condizione di no slip |
| 2 | inlet \rightarrow pressione $\approx 80 \text{ mmHg}$ |
| 4 | outlet \rightarrow portata = 4 l/min (stima) |
| ALTRI | non attivi |

\rightarrow importante per avere la pressione transmurale

Meccanica

| | Condizione |
|----------------|---|
| 12, 13, 15, 17 | carico dovuto al fluido |
| 6-7-8, 9-10 | nessun vincolo, nessun carico |
| 1, 5 | fissi (per motivi di "convergenza del modello"; lo stato di sforzo della parete vascolare non è di interesse nel modello) |
| 14, 16 | interni |
| ALTRI | Non attivi |

Moving mesh

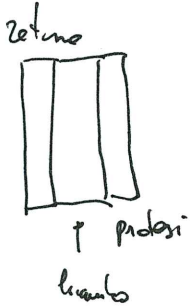
| | Condizioni |
|-----------------------|---|
| 11, 12, 13, 15, 17 | spostamento guidato delle meccaniche |
| 3 | Fisso |
| Altri | nessuna condizione |

una volta impostata la mesh e fatto
partire il solutore, sarà poi possibile
analizzare i risultati richiesti.

Punto 1

Verificare opportuni in rete.

Punto 2.



La presenza del liquido accanto la costante dielettrica ϵ_r e crea un accoppiamento di tipo capacitivo dove

so che $C = \epsilon_0 \epsilon_r \frac{A}{d_{\text{liquido}}}$ quindi la

presenza del liquido introduce una componente capacitiva ~~possibile~~ che opera un filtraggio quindi può togliere parte la visione di qualche colore e secondo dello sua frequenza di funzionamento.

Dans l'application Fourier.

$$\frac{dT}{dx^2} = \frac{\partial T}{\partial t}$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = A$$

$$\Rightarrow T(t, x) - T(0, x) = A t$$

$$\text{so che. } T(0, x) = T_0$$

$$D \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = A$$

$$T(t, x) = A t + T_0$$

$$A = \frac{T(t, x) - T_0}{t}$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{A}{D} \Rightarrow \frac{\partial T}{\partial x} = \frac{A}{D} x + B$$

$$T(t, x) = \frac{A}{D} \frac{x^2}{2} + Bx + C = \frac{T(t, x) - T_0}{t} \cdot \frac{1}{D} \frac{x^2}{2} + Bx + C$$

$$T(t, x) - T(t, x) \frac{x^2}{2Dt} = Bx + C - \frac{T_0 x^2}{2Dt}$$

$$T(t, x) = \left(Bx + C - \frac{T_0 x^2}{2Dt} \right) \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{x^2}{Dt} \right)}$$

$$\text{so che } T(0, 0) = T_0 = C$$

$$T(10, 8) = 37 \text{ donc } \text{spessore} = 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$$

(11)

$$37 = \left(Bs + 70 - \frac{70 s^2}{2D \cdot 10} \right) \cdot \frac{1}{\left(\frac{1-s^2}{D \cdot 10} \right)}$$

$$370 D_{Tos} - 37 \cdot 10^{-6} = 10 \cdot 10^{-3} D_{TFS} B + 700 D_{TFS} + 35 \cdot 10^{-6}$$

$$370 \cdot 5 \cdot 10^{-2} - 37 \cdot 10^{-6} = 10^{-2} \cdot 5 \cdot 10^{-2} B + 700 \cdot 5 \cdot 10^{-2} + 35 \cdot 10^{-6}$$

$$18.5 - 2 \cdot 10^{-6} = 5 \cdot 10^{-4} B + 35$$

$$\frac{16.5}{5 \cdot 10^{-4}} \approx B = 3.3 \cdot 10^4$$

$$T(f, x) = \left(3.3 \cdot 10^4 + 70 - \frac{70 x^2}{2Df} \right) \cdot \frac{1}{\left(1 - \frac{x^2}{Df} \right)}$$

per calcolare la stessa cosa alla frequenza considerata D anche

$$77 = \left(3.3 \cdot 10^4 + 70 - \frac{70 s^2}{2 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot 10} \right) \cdot \frac{1}{\left(\frac{1-s^2}{5 \cdot 10^{-4} \cdot 10} \right)}$$

$$77 = \left(3.3 \cdot 10^4 \cdot 10^{-2} - 70 s^2 \right) \cdot \frac{5 \cdot 10^{-3}}{(5 \cdot 10^{-3} - s^2)}$$

$$37 = \frac{1650 - 350 S^1}{5 - 1000 S^1}$$

$$185 - 37 \cdot 10^3 S^1 = 1650 - 350 S^1$$

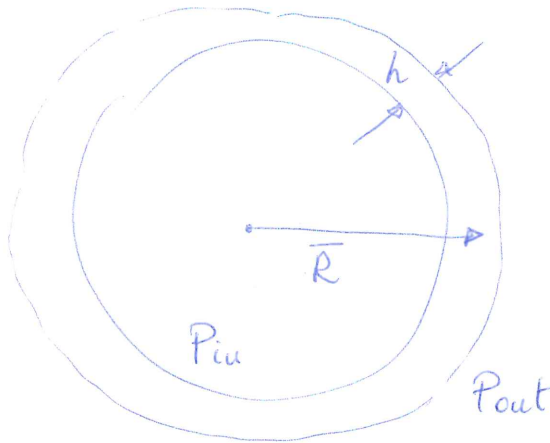
$$1650 - 185 = -37 \cdot 10^3 S^1 + 350 S^1$$

$$36650 S^1 = -1485$$

Il sistema non ammette soluzioni reali

Un'altra che in 10 minuti non si spegne riporta la temperatura a 37°

→ Si considera per ipotesi un guscio di forma sferica



$$\bar{R} = 4 \text{ cm} = 40 \text{ mm}$$

$$h = 0.7 \text{ mm}$$

Ipotesi di guscio sottile

$$h \ll \bar{R}$$

In condizioni "normali" $P_{in} = P_{out} = 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$

⇒ nessuno stress è esercitato sul guscio

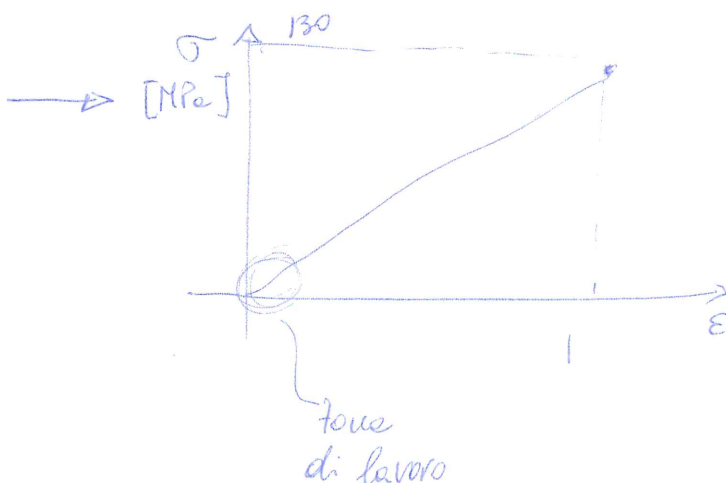
Refrda variazione di pressione

$$P_{out}^* = 0.75 P_{out} = 0.75 P_{in}$$

Si trascurano gli effetti di vincolo

Lo sforzo circonferenziale vale

$$\sigma_\theta = \frac{\Delta P \cdot \bar{R}}{2h} = \frac{10^5 \cdot 0.25 \cdot 40 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0.7 \cdot 10^{-3}} = 7.4 \cdot 10^5$$



→ il guscio non andrà incontro a rottura