

Úloha 4 - Van Meursův model cirkulace

Na cvičení jsme si vytvořili komponenty potřebné k vytvoření modelu cirkulace podle Van Meurse. Základní jednotkou pro tok jsme určili vedlejší SI jednotku ml/s a pro tlak non-SI jednotku Torr.

Vytvořili jsme modely:

- Konektory BfcIn a BfcOut
- OnePort
- Resistor
- ResistorVariable
- Inertance
- ElasticCompartment

Zadání úlohy

I. Dotvořte ElasticCompartment

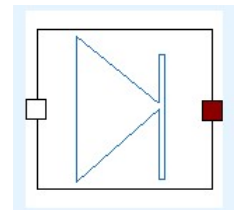
Připravili jsme si vstupy a výstupy, dotvořte podle následujícího pseudokódu:

```
Pressure - ExternalPressure = TransmuralPressure
StressedVolume = Volume - UnstressedVolume
TransmuralPressure = { StressedVolume > 0, pak Elastance * StressedVolume ;
                       jinak 0
Volume = ∫ q
```

Oproti cvičení jsme vynechali vstup UnstressedVolume, který bude pouze parametrem, stejně jako počáteční objem V0.

II. Vytvořte komponentu CardiacValve

Komponenta CardiacValve modeluje základní chování srdeční chlopně. Podědte OnePort (ušetříme si definici dp, q a rovnici kontinuity), a zbytek zkopírujte z minulé úlohy. Výchozím parametrem odporu pro otevřenou chlopeň je 0.003 mmHg.s/ml, zavřená má konduktanci 0.



III. Vytvořte model HeartIntervals

Model HeartIntervals modeluje délku srdečních intervalů. Bude mít jeden vstup **HR** (srdeční frekvence) a čtyři výstupy **Tas** (trvání systoly síně), **Tav** (atrioventricular delay), **Tvs** (trvání systoly komory) a **T0** (začátek srdečního cyklu v sekundách).



Popis bloku v rovnicích je následující (HP je Heart Period, tedy srdeční perioda):

```
b=time - pre(T0) >= pre(HP);
when {initial(),b} then
    T0=time;
    HP=60/HR;
    Tas=0.03 + 0.09*HP;
    Tav=0.01;
    Tvs=0.16 + 0.2*HP;
end when;
```

Odpovězte do zprávy:

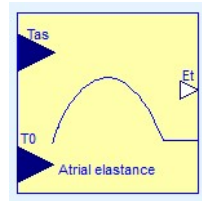
- a) Jakého typu musí být vstupy Tas, Tav, Tvs, T0 a HP? Proč?
- b) Co znamená zápis `when {initial(),b} then`? Kdy se provede kód uvnitř tohoto bloku `when`?

IV. Vytvořte model AtrialElastance

Submodel tvoří výstup elastance pro atrie E_t , podle vzorce:

$$E_t = \begin{cases} \text{time} > T_{as} - T_0: E_{MIN} + (E_{MAX} - E_{MIN}) * \sin(\pi * (\text{time} - T_0) / T_{as}) \\ \text{jinak: } E_{MIN} \end{cases}$$

Kde parametry E_{MIN} (Diastolic elastance (torr/ml)) = 0.05 a E_{MAX} (Maximum systolic elastance (torr/ml)) = 0.15.

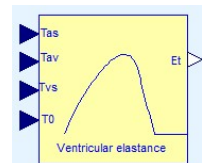


V. Vytvořte model VentricularElastance

Submodel tvoří výstup elastance pro komory E_t . Využijte následující kód:

model VentricularElastance

```
Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput Tas "duration of atrial systole";
Modelica.Blocks.Interfaces.RealOutput Et "elasticity (torr/ml)";
Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput T0 "time of start of cardiac cycle ";
Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput Tav "atrioventricular delay ";
Modelica.Blocks.Interfaces.RealInput Tvs "duration of ventricular systole ";
Real Et0 "normalised elasticity (mmHg/ml)";
Real HeartInterval "time spenden from the beginning of cardiac cycle";
constant Real Kn = 0.57923032735652;
parameter Real EMIN = 0 "Diastolic elastance (mmHg/ml)";
parameter Real EMAX = 1 "Maximum systolic elastance (mmHg/ml)";
equation
  HeartInterval = time - T0;
  Et = EMIN + (EMAX - EMIN) * Et0;
  if HeartInterval >= Tas + Tav and HeartInterval < Tas + Tav + Tvs then
    Et0 = (HeartInterval - (Tas + Tav)) / Tvs * sin(Modelica.Constants.pi * (HeartInterval - (Tas + Tav)) / Tvs) / Kn;
  else
    Et0 = 0;
  end if ;
end VentricularElastance;
```

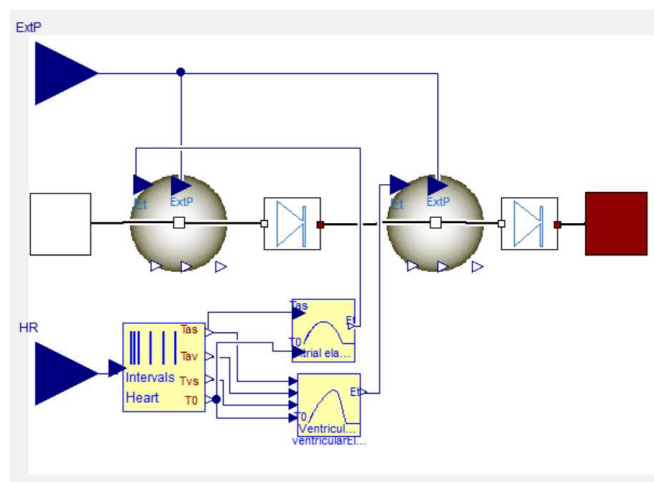


Pozor, vstupy a výstupy musíte natáhnout sami, jinak se vám nevytvoří anotace a pak se nezobrazí ve schématu!

VI. Vytvořte model HeartPart

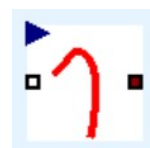
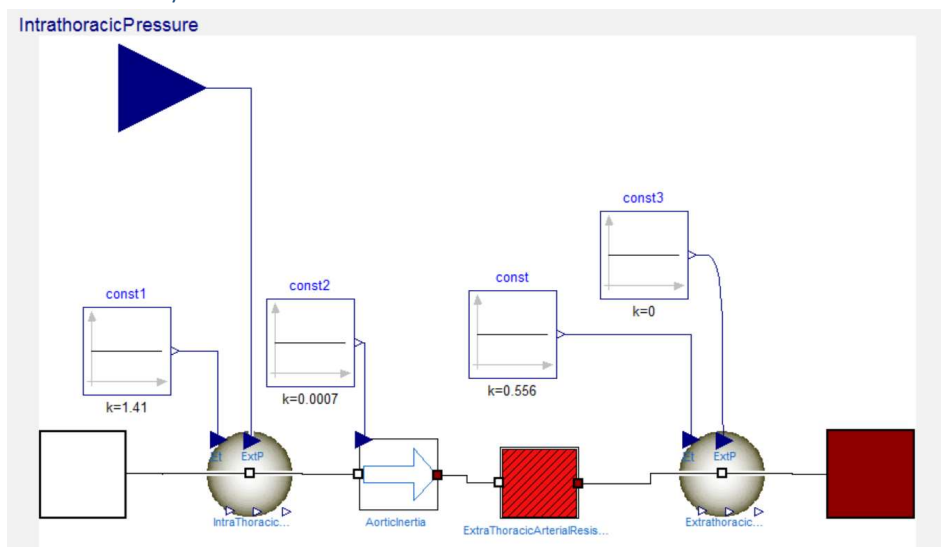
Podle schématu zde:

TIP: Pokud vložíte do ikony textový blok s obsahem `%name` zobrazí se po umístění submodelu jeho název.

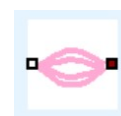
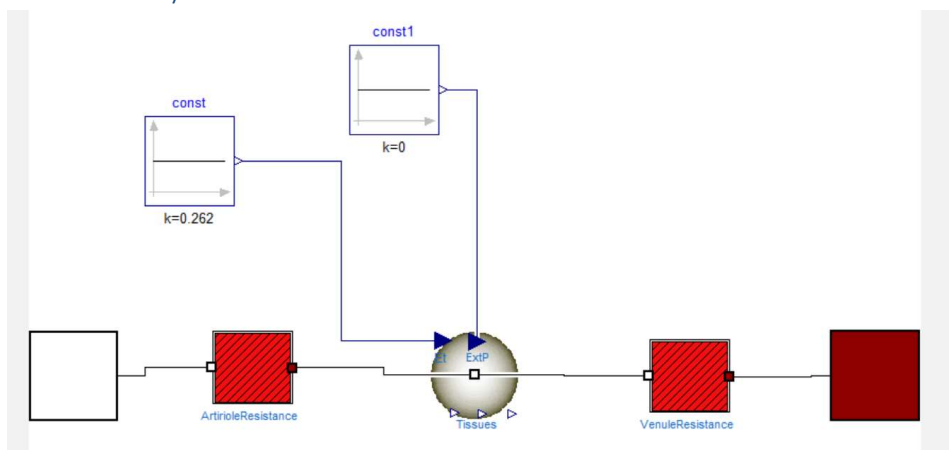


Proč nemůže HeartPart ani další modely dědit z OnePort?

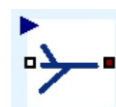
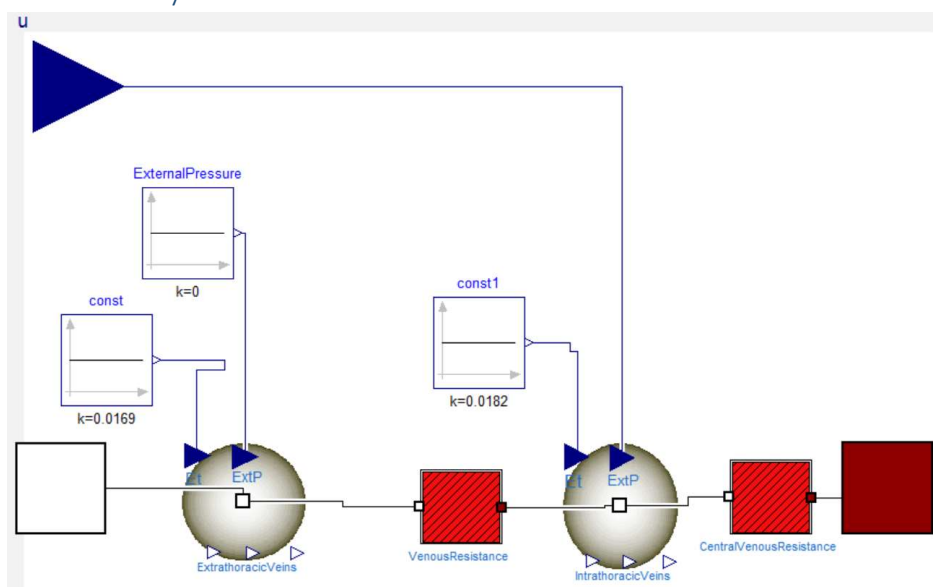
VII. Vytvořte model arterií



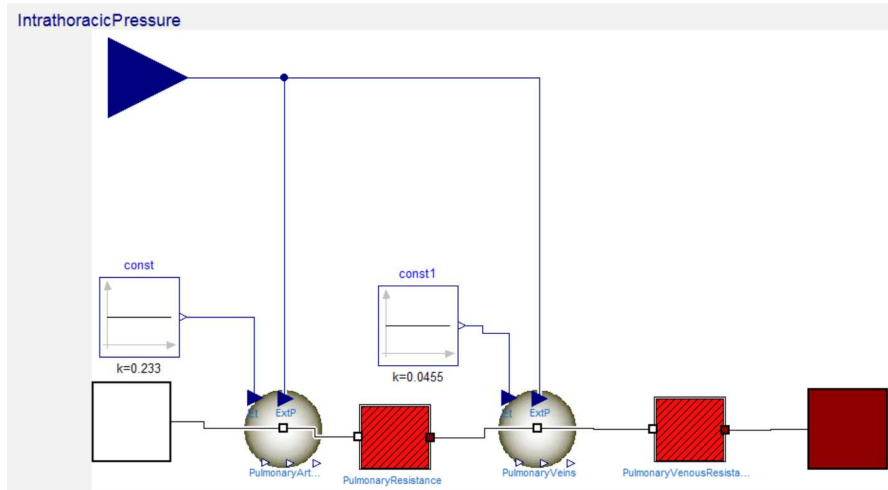
VIII. Vytvořte model tkání



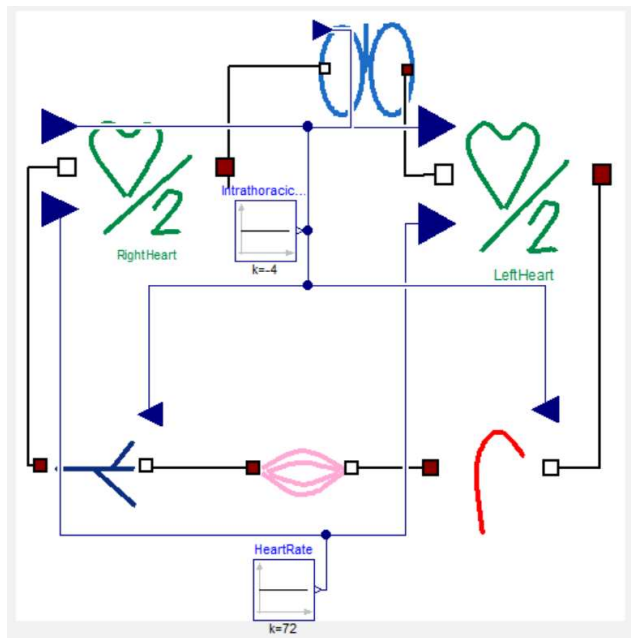
IX. Vytvořte model vén



X. Vytvořte model pulmonární cirkulace



XI. Vytvořte nový model VanMeurs a zapojte všechny komponenty



Operametrizujte vnořené prvky heartPart, může to vypadat například takto (bez anotací, vaše názvy se asi budou lišit):

```
HeartPart LeftHeart(
    atrialElastance(EMIN=0.12, EMAX=0.28),
    ventricularElastance(EMIN=0.09, EMAX=4),
    atrium(V0=81, UnstressedVolume=30),
    ventricle(V0=86, UnstressedVolume=60));
HeartPart RightHeart(
    atrialElastance(EMIN=0.05, EMAX=0.06),
    ventricularElastance(EMIN=0.057, EMAX=0.49),
    atrium(V0=136, UnstressedVolume=30),
    ventricle(V0=96, UnstressedVolume=40));
```

Případně to můžeme zapsat i jako

```
HeartPart LeftHeart(
    atrialElastance.EMIN=0.12, atrialElastance.EMAX=0.28,
    ventricularElastance.EMIN=0.09, ventricularElastance.EMAX=4,
    atrium.V0=81, atrium.UnstressedVolume=30,
    ventricle.V0=86, ventricle.UnstressedVolume=60)
```

Díky tomu můžeme použít stejný submodel pro pravé i levé srdce.

XII. Přehled všech parametrů:

Тип	Идентификатор объекта	V0 (ml)	UV	EL	Elmin	Elmax	R	I
		ml	ml	mmHg/ml	mmHg/ml	mmHg/ml	mmHg.s/ml	mmHg.s2/ml
Cvar	RightAtrium	149	30	variable	0,05	0,06		
R	TricuspidValve						0,003	
Cvar	RightVentricle	143	40	variable	0,057	0,49		
R	PulmonicValve						0,003	
C	PulmonaryArteries	103	50	0,233				
R	PulmonaryResistance						0,11	
C	PulmonaryVeins	508	350	0,0455				
R	PulmonaryVenousResistance						0,003	
Cvar	LeftAtrium	89	30	variable	0,12	0,28		
R	MitralValve						0,003	
Cvar	LeftVentricle	138	60	variable	0,09	4		
R	AorticValve						0,003	
C	IntrathoracicArteries	201	140	1,43				
L	AorticFlowInertia							0,0007
R	ExtrathoracicArterialResistance						0,06	
C	ExtrathoracicArteries	519	370	0,556				
R	SystemicArteriolarResistance						0,8	
C	SystemicTissues	281	185	0,262				
R	SmallVenuleResistance						0,2	
C	ExtrathoracicVeins	1546	1000	0,0169				
R	VenousResistance						0,09	
C	IntrathoracicVeins	1523	1190	0,0182				
R	CentralVenousResistance						0,003	
	Total Volumes:	5200	3445					

V protokolu zobrazte následující průběhy:

- Tlak v levé komoře, tlak v intra a extrathorakálních systémových arteriích
- Průtoky mitrální a aortální chlopni
- Tlaky v levé komoře, systémových intrathorakálních arteriích, pravé komoře a plicních arteriích
- Zobrazte P-V diagram pro levé a pravé srdce (závislost tlaku na objemu v komorách)

a interpretujte je.

BONUS 1 (+1b):

Zpracujte 2 případy patologie dle vlastního výběru (šokové stavy, srdeční a mitrální insuficience etc).

Bonus 2 (+1b):

Najděte si, co to je *Redeclare* a jak se v Modelice používá. Demonstrujte na nějaké části tohoto modelu.

Všechna zadání jsou omylná, kdo dříve reportuje na fóru, dostane kudos a bodové plus.