

# Web simulator of model of complex human physiology supported by cloud computing

## **Webové simulátory komplexních modelů lidské fyziologie podporované technologií cloud computingu**

Mgr. Tomáš Kulhánek, doc. MUDr. Jiří Kofránek, Mgr. Marek Mateják

Ústav patologické fyziologie 1.LFUK, CESNET z.s.p.o.

## Kybernetika

Fungování živých organismů lze abstrahovat a popsat matematickými rovnicemi podobně jako např. fungování elektrických obvodů -> modely

Teorie systémů, regulace, řízení

## Fyziologie, patofyziologie

Zkoumání funkčních vztahů v normě a v patologii - Matematické modely

Výuka (a výzkum)

## Informatika

Pomocí počítače pozvednout a zvětšit kompetentnost člověka

Technologie pro simulátory modelů - podpora výuky (a výzkumu)

## Design

Počítačová grafika - atraktivní a hezký obsah udrží pozornost

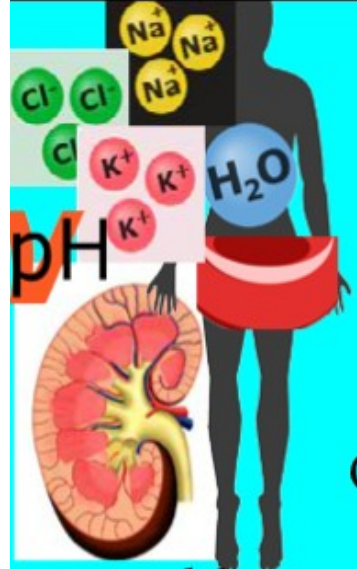
Model of human  
physiology



aircraft model



# Mathematical models of physiological subsystems integrated into one unit



Acid-base, ionic, volume and osmotic homeostasis



Circulation



Blood gases



Respiration



Neural and hormonal control



Haematopoiesis



Energy metabolism



Digestion



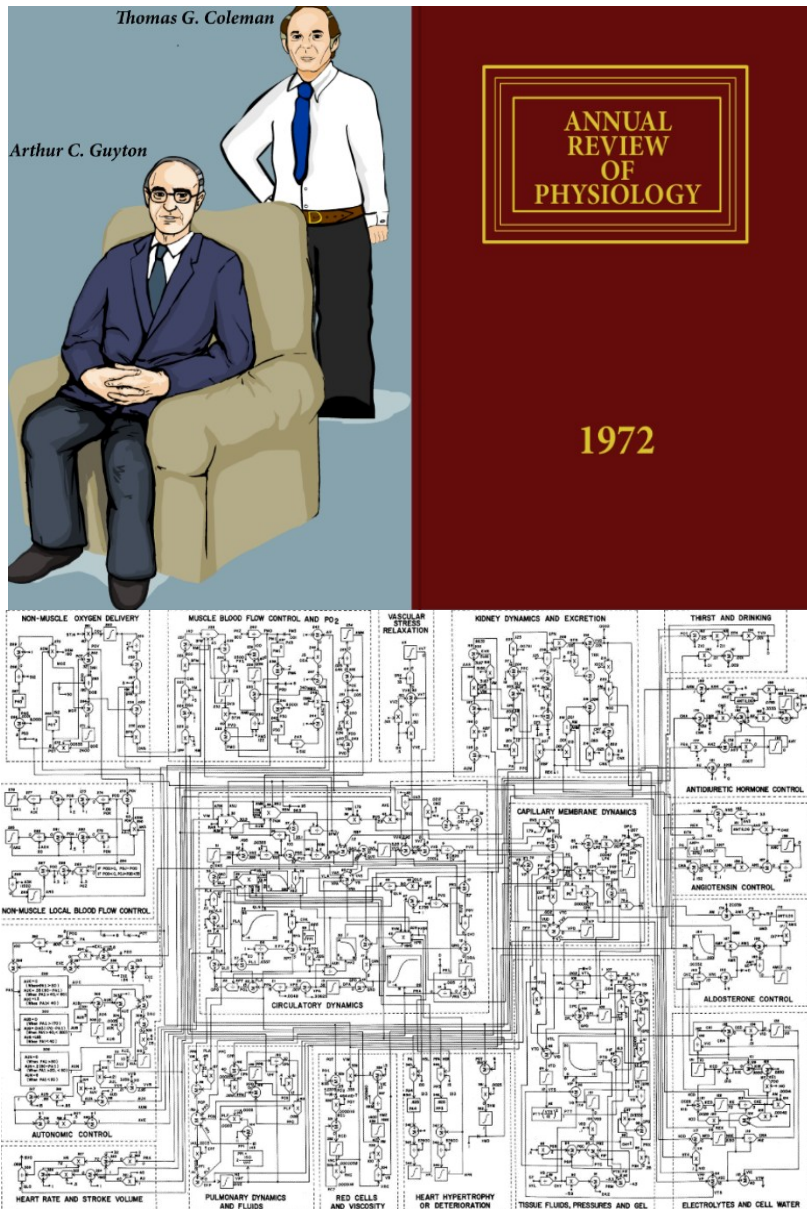
Influence of drugs



Models of medical devices



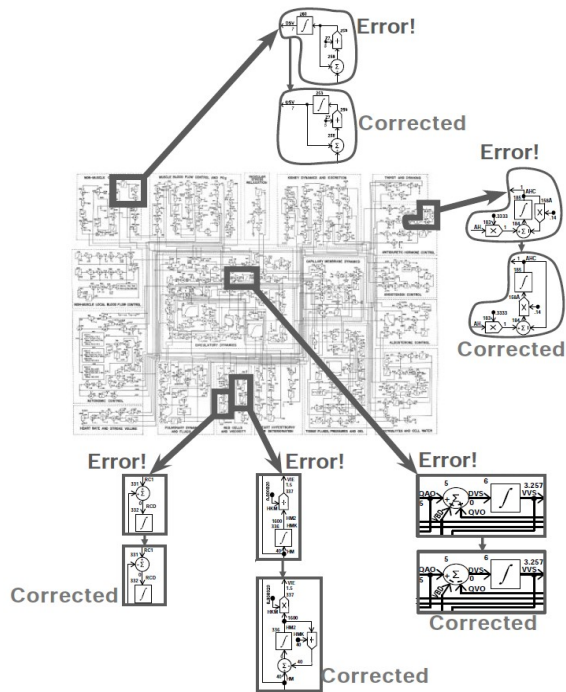




Guyton, A. C., Coleman, T. G., & Grander, H. J. (1972). **Circulation: Overall regulation.** Ann. Rev. Physiol., 41, str. 13-41.

Robert Hester, Alison Brown, Leland Husband, Radu Iliescu, William Andrew Pruett, Richard L Summers, and Thomas Coleman. **Hummod: A modeling environment for the simulation of integrative human physiology.** Frontiers in Physiology, 2(12), 2011.

[www.hummod.org](http://www.hummod.org)



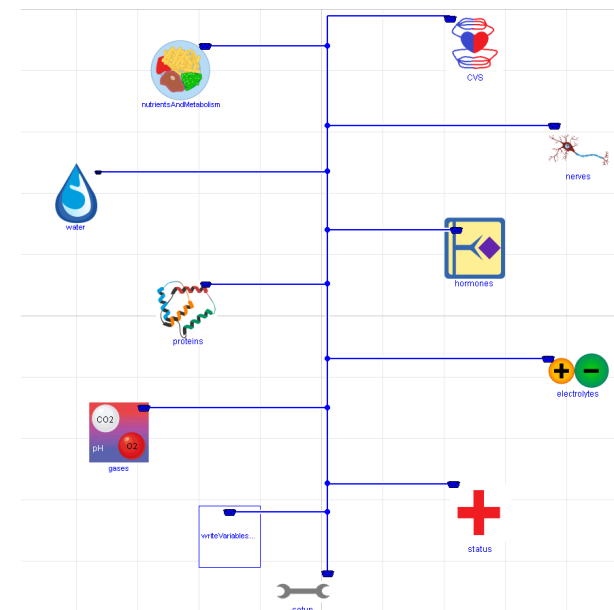
## Guyton model 1972 - (MATLAB/Simulink edition)

J. Kofranek and J. Ruzs, “**Restoration of Guytons diagram for regulation of the circulation as a basis for quantitative physiological model development.**”  
Physiological research, vol. 59, no. 6, pp. 897-908, Jan. 2010.

## HumMod - Golem Edition (Modelica)

Kofránek, Jiří, Mateják, Marek, Privitzer, Pavol, Tribula, Martin: **HumMod-Golem Edition - Large Scale Model of Physiological Systems for Web Based Medical Simulator.**  
In Proceedings of Medicine 2.0 Conference, Stanford, 2011, Stanford University, 2011 (Lary Chu, ed.). Internet Proceedings

[www.physiome.cz/hummod](http://www.physiome.cz/hummod)

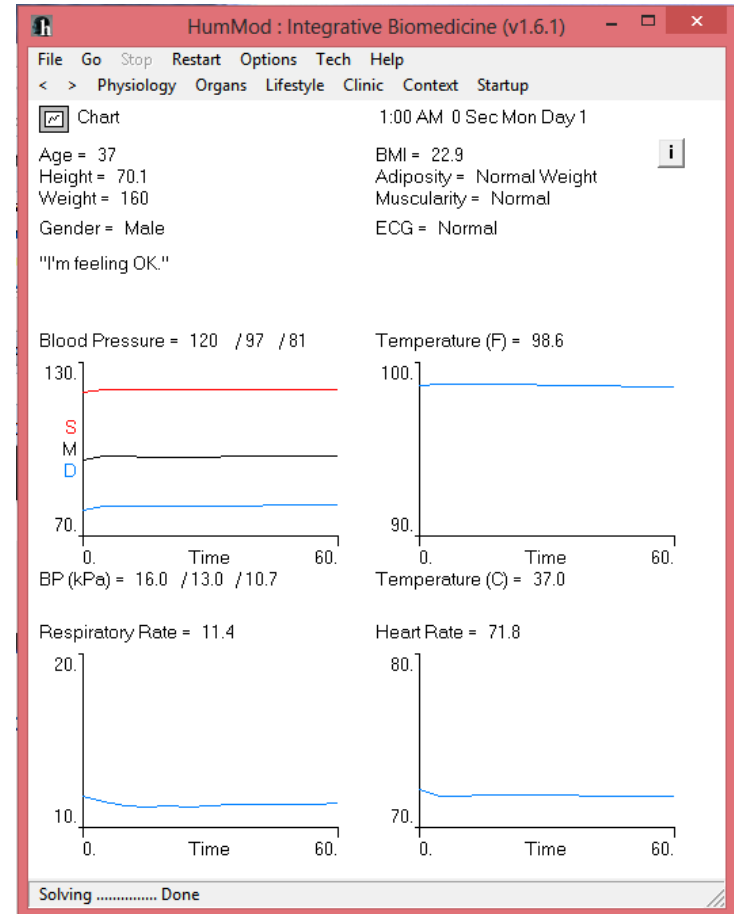


# Příklad - HumMod


velký model a simulátor  
HumMod (2011)

**R.Iliescu et al. - HumMod -  
integrated multilevel  
mathematical modeling of  
physiology for research and  
education, Mefanet 2011**

[www.hummod.org](http://www.hummod.org)



- Simulátor velkého modelu příliš komplikovaný pro netrénovanou osobu
- Cíl: Pomoci porozumět modelu simulačními hrami
- Atlas fyziologie a patofyziologie [www.physiome.cz/atlas](http://www.physiome.cz/atlas)



EN CZ

# Atlas fyziologie a patofyziologie

LABORATOŘ BIOKYBERNETIKY A POČÍTAČOVÉ PODPORY VÝUKY ÚPF, 1. LF UK VEDOUCÍ: MUDr. JIŘÍ KOFRÁNEK, CSc.

- info
- regulace**
- cirkulace
- hemostáza
- přenos plynu
- acidobáze
- vnitřní prostředí
- buňka
- ledviny
- respirace
- sval
- fyzikální zákony

regulace

**Fyziologické regulační systémy**

1. Jednoduché systémy
2. Statické charakteristiky
3. Dynamické charakteristiky
4. Mechanický dynamický systém
5. Regulační smyčka
6. Model regulace  $p\text{CO}_2$
7. Metabolické systémy - model enzymatického systému

**Regulace**

Vysvětlit základní pojmy teorie systémů, obecné principy regulačních obvodů a jejich aplikaci na fyziologické regulace. Představit lidský organismus jako homeostatický systém regulující homeostázu vnitřního prostředí a homeostázu buněčných populací.



# Technologie pro modelování a vývoj simulátorů

- MATLAB/Simulink → ActionScript, Adobe Flash, Adobe Flex → aplikace v prohlížeči s Flash pluginem
- Modelica → C#, MS Expression Blend, MS Visual studio → aplikace pro platformu MS .NET - Click Once Installation
- Modelica → C#, .. aplikace v prohlížeči s pluginem MS Silverlight, aplikace pro Unity 3D
- Modelica → FMU, .. aplikace v prohlížeči v HTML5, Javascriptem, model běží na serveru

# Příklad – HumMod – GolemEdition - Webový simulátor

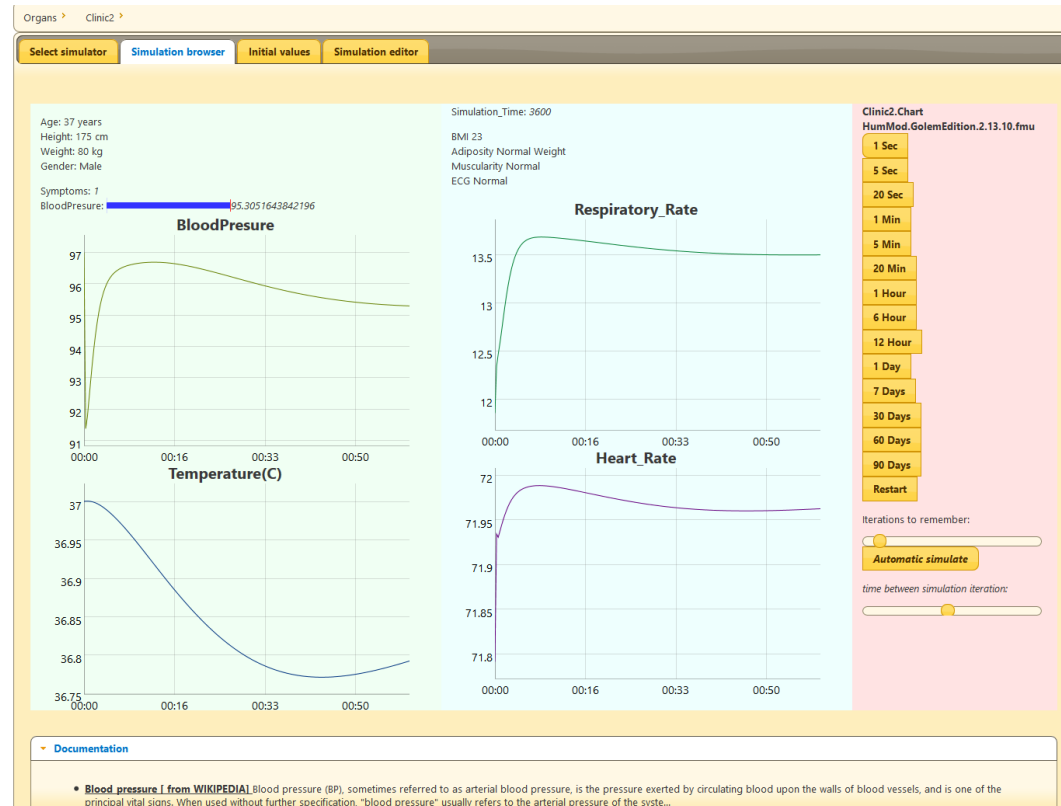
Klient – HTML5, AJAX

Server - Hrubý simulátor  
HumModu běží na vzdáleném serveru,

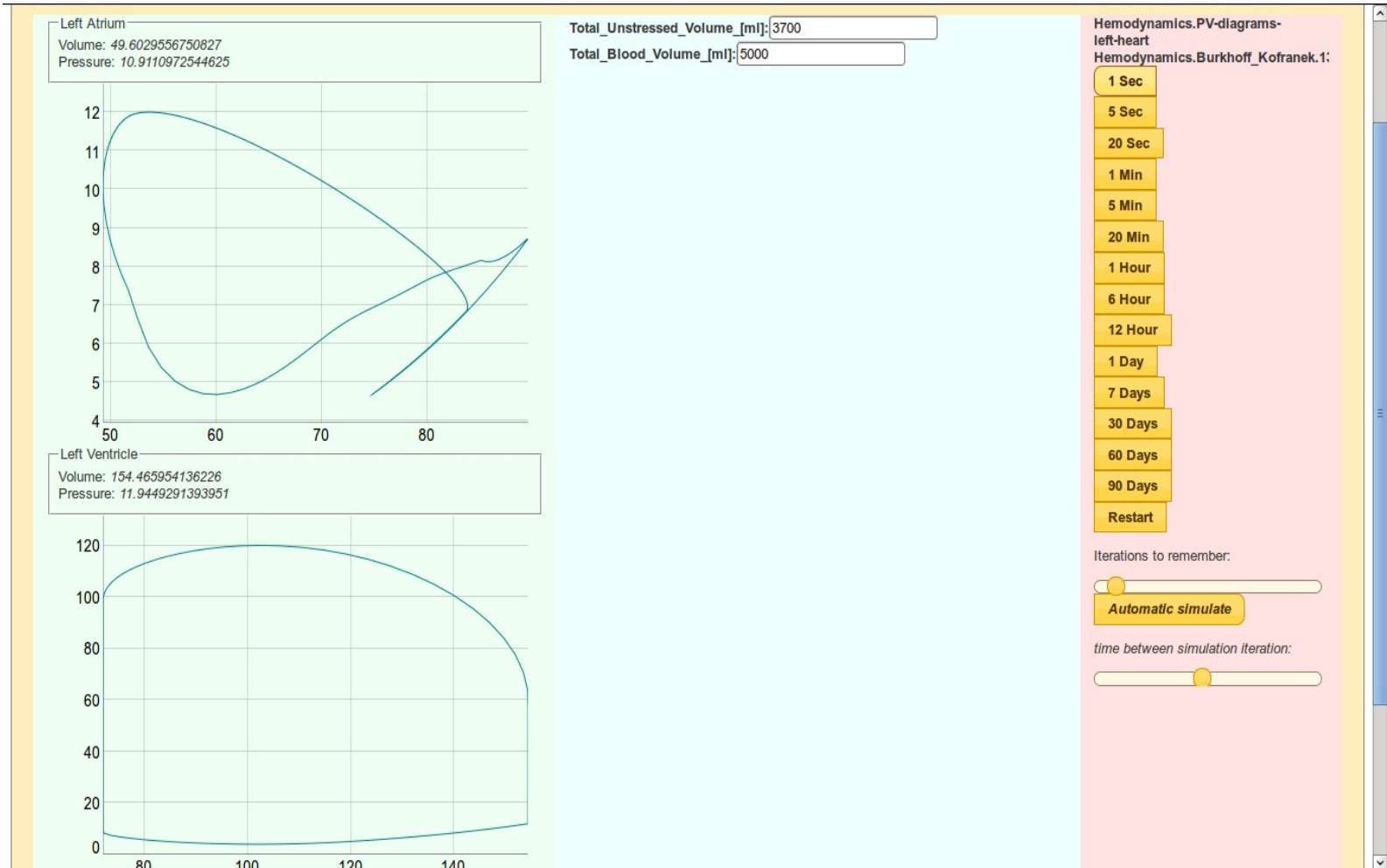
Dokumentace – propojení s

[en.wikipedia.org](http://en.wikipedia.org)

[www.wikiskripta.eu](http://www.wikiskripta.eu)



# Příklad - Hemodynamika - Webový simulátor



# Příklad - Hemodynamika - editor simulátoru

- integrovaný
- doménově specifický jazyk
- interpretovaný,
- rozvržení prvků simulátoru okamžitě vidět

The screenshot shows the 'Simulation editor' interface. At the top, there are tabs: 'Select simulator', 'Simulation browser', 'Initial values', and 'Simulation editor'. Below the tabs, a message states: 'This editor is for defining simulation application in the first tab. Syntax is still in development.'

```
1 screen Hemodynamics.PV-diagrams-left-heart
2 model Hemodynamics.Burkhoff_Kofranek.13.10.fmu
3
4 label Left Atrium
5 value Volume leftHeartBurkhofWithBusConnector.LeftAtrium.Volume
6 value Pressure leftHeartBurkhofWithBusConnector.LeftAtrium.Pressure
7 graph P-V leftHeartBurkhofWithBusConnector.LeftAtrium.Volume, leftHeartBurkhofWithBusConnector.LeftAtrium.Pressure
8 label Left Ventricle
9 value Volume leftHeartBurkhofWithBusConnector.LeftVentricle.Volume
10 value Pressure leftHeartBurkhofWithBusConnector.LeftVentricle.Pressure
11 graph P-V leftHeartBurkhofWithBusConnector.LeftVentricle.Volume, leftHeartBurkhofWithBusConnector.LeftVentricle.Pressure
12 label Preload
13 column
14 slider Total_Unstressed_Volume_[ml] modelInputsBlock1.TotalUnstressedVolume.k 0 3700 5000
15 slider Total_Blood_Volume_[ml] modelInputsBlock1.TotalBloodVolume.k 2500 5000 6500
16
17 documentation en
18 P-V diagram
19 #W Pressure-volume_loop_analysis_in_cardiology
20 #I Srdečni_revoluce
21
22
```

On the right side, there is a 'Current syntax of' sidebar with a list of syntax elements:

- **screen** [sci] the definitic namespace as menu ar Clinic.Char
- **model** [mo] model whic HummodHi
- **label** [title] section. Ex
- **value** [title] value of mc number. Ex CVS.heart..
- **graph** [title separated l
- **slider** [title [max] - slid value
- **bar** [title] [ show a bar
- **radiobutto** [label2] [va discrete val
- **text** [anyte: section beg special tag: o #W | and: will l o #I [v wikis

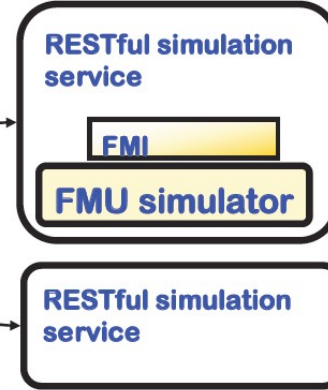
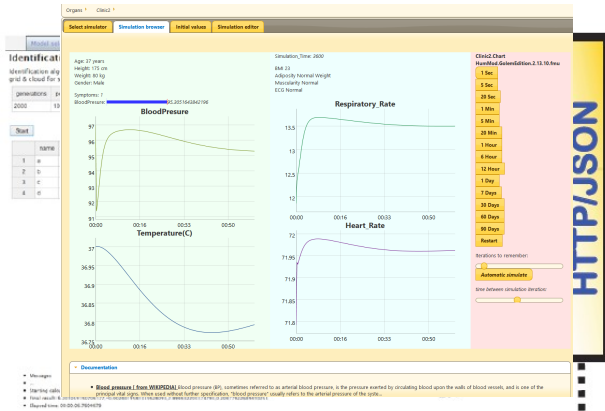
At the bottom of the editor, there is a button labeled 'Save simulation application definition'.

# Architektura systému webové simulace

## Visualization

## Repository of resources, Identification algorithm

## Simulation



client



Server



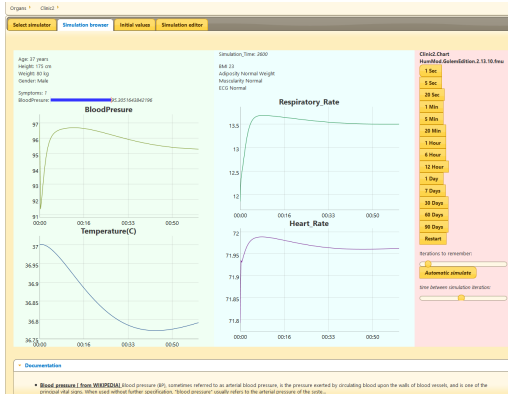
Scientific cloud





# Architektura systému webové simulace

## Visualization



client



- Klient
- HTML5
- Javascript
  - Grafy (Dygraph)
  - Komunikace se serverem AJAX (jQuery)
  - Průběžné výsledky – Callback (SignalR)
  - Menu jQuery UI
  - Protokol HTTP
  - Formát dat JSON

# Architektura systému webové simulace

- Webový server
- loadbalancer na vzdálené uzly simulátorů
- Architektura REST
  - Framework ServiceStack.NET
- .NET
- Databáze - MS SQL
- Identifikační algoritmus

Repository of resources,  
Identification algorithm



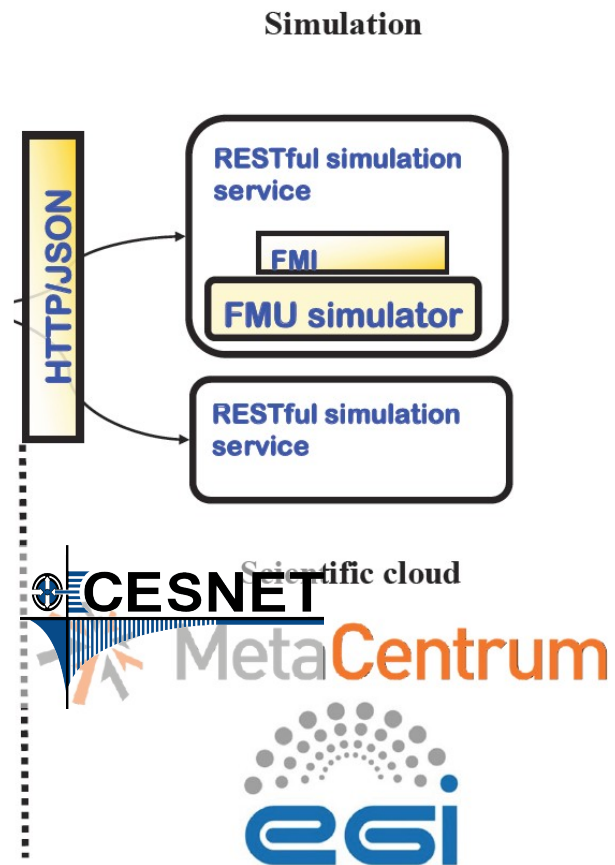
Server



# Architektura systému webové simulace

## Simulace

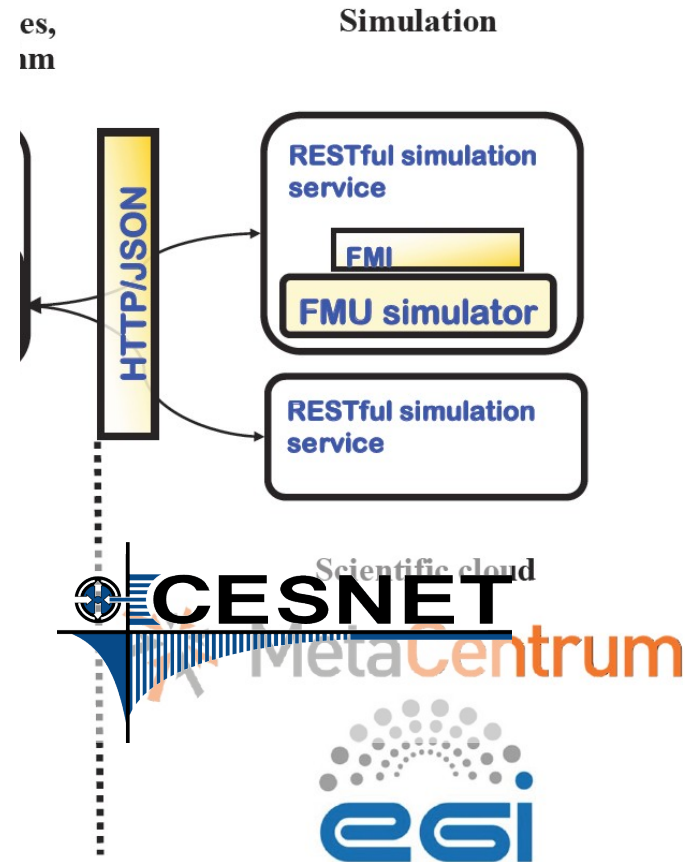
- Virtuální stroj - s MS Windows 2008
  - 1-4 uzly na ÚPF 1.LFUK
  - 10-100 uzlů v cloud CESNETu(METACENTRUM)
  - 1000 CPU v jednání s evropskou EGI
- Modelica modely → FMU (DLL)
- Architektura REST
  - ServiceStack.NET Framework
  - Simulace ovladatelná přes HTTP
  - Formát dat JSON
- CellML modely (IUPS Physiome, VPH) exportovaný do Pythonu
  - Flask - web + REST
    - Simpy, numpy - simulace a řešení ODE



# Přístup ke cloudovým službám CESNET z.s.p.o. (www.metacentrum.cz)

Nevlastním hardware – pronajímám si ho jako službu:

- uživatel – zaměstnanec, student člena sdružení CESNET (vysoké školy, AVČR, ...)
- virtuální stroj
- klonování strojů
- připravené obrazy s operačními systémy:
  - MS Windows – do 30 dnů aktivovat vlastní licenci, nebo požádat o licenci HPC, přístup přes VNC, remote desktop
  - Linux – přístup přes VNC, SSH
  - vlastní obraz s virtuálním strojem (VMWare, XEN, ...)
  - až 24 virtuálních jader CPU
  - nasazení 5-10 virtuálních strojů po 12 jádrech – flexibilně, více zdrojů několik desítek – na požádání uživatelské podpory
  - větší nasazení – evropská síť EGI



# Shrnutí

- Výpočetní zátěž lze svěřit vzdáleným serverům a vyvažovat zátěž, cloud computing
- Složité modely a simulátory lze zpřístupnit přívětivým způsobem na různých platformách
  - MS Click Once
  - V prohlížeči s pluginy, Flash, MS Silverlight
  - V prohlížeči bez pluginů, HTML5
- Oddělení technologií pro modelování, simulace a pro vizualizace



*„Moje starost je prostá, nevadí mi, když se počítače stávají chytřejší, protože se zvyšuje jejich inteligence. Ale velmi mi vadí, když se stávají chytřejší než my tím, že z nás dělají hlupáky“ G.Klein: Intuition at Work, Doubleday, 2003*

Práce podpořena sdružením CESNET, Fond Rozvoje CESNET 431/2011 a MPO FR-TI3/8