

# **Energetika 4.0 – cesta k nové energetické resilienci**

**Vladimír MAŘÍK**

**Institutu Equilibrium, z.ú.**

**&**

**Český institut informatiky, robotiky a kybernetiky (CIIRC)  
České vysoké učení technické v Praze**

**Praha, 6.5.2021**





Energetika z kybernetického pohledu – **velmi složitý systém**

Co vyžadujeme:

1. Do roku 2038 **změnu v energetickém mixu**, konec uhelných elektráren, **výrazný podíl obnovitelných zdrojů** (dnes OZE jen 12%)
2. **Decentralizaci**: v roce 2030 by měla páteřní síť pokrývat jen 70% spotřeby, ve 2040 už jen 60%, zbytek **distribuované chytré sítě**
3. Celkový pokles spotřeby energie **při nárůstu počtu spotřebičů** – EU vyžadované **energetické úspory** do roku 2030 jsou 32,5%
4. Vysokou a stále rostoucí **odolnost (resilienci)**
5. To vše **při rozumných a akceptovatelných investicích**
6. Energie **cenově dostupná všem, velká sociální i politická citlivost občanů**



## Takovýto složitý systém nutno řídit jinak než dnes

### ✓ Požadavky na řízení:

1. **Soustava musí být z pohledu uživatelů řízena, nikoliv jen ovládána** (HDO a regulační služba nestačí), nutno měřit, modelovat, vyjednávat, predikovat
2. Tzv. „regulace“ prostřednictvím diktovaných cen nahrazena **vyjednáváním mezi výrobcí, distributory a odběrateli, zavádění dynamických tarifů**
3. **Složitě systémy (s trvale se měnící strukturou) nelze uřídit z jednoho centra.** Klasické hierarchické řízení selhává. Naopak: složité systémy chápeme jako **soubory relativně autonomně operujících agentů**



## Takovýto složitý systém nutno řídit jinak než dnes



4. Nelze ignorovat **svět internetové informatiky**: Fyzická distribuční síť zůstává a zůstane, ale **vlastní řízení musí probíhat ve virtuálním světě**: **energetický internet** jako nástroj pro sběr, ukládání a využívání rozsáhlých dat, jako **prostor pro vyjednávání (technická i ekonomická)**
5. **Princip komunikace v energetickém internetu**: teoreticky každý s každým, ale fakticky směrovaná, znalostně podporovaná komunikace – **znalostní systémová integrace – znalostní struktury nutno budovat – vytvářejí systémy**
6. Teprve nad energetickým internetem nastává **možnost využít umělé inteligence**
7. Ideálně – v dlouhodobém pohledu: **dodávka energie jako služba odběratel/prosumer nastavuje požadovanou službu** prostřednictvím koncového zařízení (tabletu či mobilu)





**Chybí globální systémový pohled!!**  
**Chybí jasný globální strategický plán!**





První explicitně zformulovaným modelem na využití virtuálního světa  
**německá koncepce Industrie 4.0** z roku **2013**

### **Každý prvek výrobního procesu:**

- ✓ výrobní stroj,
  - ✓ opracovávaný produkt a polotovar
  - ✓ všechny osoby zapojené do procesů (prostřednictvím rozhraní)
  - ✓ všechny další systémy a subsystémy průmyslového podniku
- má své **virtuální obraz tj. virtuální dvojče** ve virtuálním světě –  
tak je vytvořena **inteligentní distribuovaná síť různorodých entit** podél celého řetězce vytvářejícího hodnotu. Tato dvojčata  
**(agenti) mezi sebou vyjednávají.**

**Možnosti: optimalizace, automatizovaná rekonfigurace, využití umělé inteligence, výrobek jako služba**

**Znalostně orientovaná integrace** – znalostmi je adresně orientována  
jinak neomezená komunikace, propojuje autonomní elementy do  
smysluplných celků





Úplně **stejná filosofie** Industry 4.0 může být využita v

- Technologické přípravě výroby
- Plánování a rozvrhování kdekoliv, včetně logistiky
- Řízení dodavatelského řetězce
- Při řízení životního cyklu výrobku
- Při zabezpečování a exploataci zdrojů (energetických, surovinových atd.)

a všechny tyto systémy mohou být totálně propojeny **v rámci jediné inteligentní komunikační sítě**



➔ **Totální inteligentní prosít'ování**  
všech **virtuálních dvojníků (agentů)**  
spojených s průmyslovou výrobou **bez ohledu**  
**na fyzické uspořádání fyzicky existujících**  
**prvků**





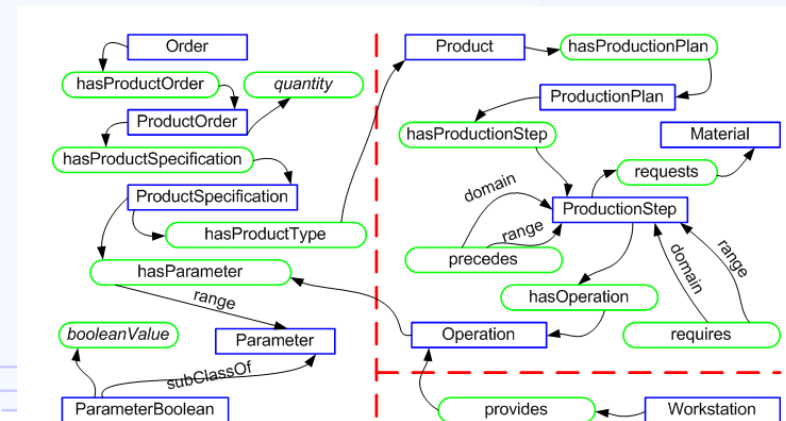
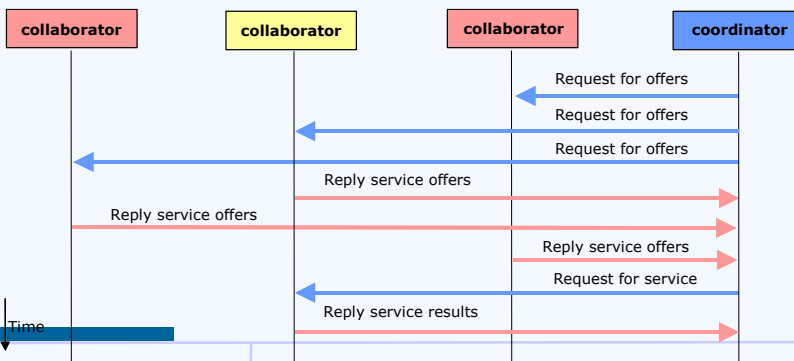
## Klíčové vize – Složité systémy jako systémy agentní

Každý stroj, transportní zařízení, poloproduct, výrobek, oddělení atd. reprezentovány ve virtuálním světě jako autonomní entita = **SW agent**

### Agenti:

- Každý obsahuje všechnu informaci o daném fyzickém elementu
- Komunikují mezi sebou, jen když je třeba
- Schopni se dohadovat podle standardních vyjednávacích pravidel a protokolů ([contract-net-protocol](#), [aukce](#) atd.), přičemž trvale mají na paměti a sdílejí **GLOBÁLNÍ CÍL** složitěho systému

Jejich vzájemná komunikace využívá **sémantickou informaci** skladovanou **v sémantických/ontologických strukturách** (znalosti o struktuře podniku, procesech, organizaci, historických datech atd.)







- Průmyslu 4.0 má jen omezený význam, **pokud okolí továrny bude fungovat „postaru“**, bez uplatňování principů Průmyslu 4.0
- 4. průmyslová revoluce přináší myšlenky a technologie, které **zasáhnou další oblasti**, např.
  - ✓ **Energetiku** při řízení a koordinaci zdrojů, distribučních sítí a odběratelů (**Energetika 4.0**)
  - ✓ **Dopravu a logistiku** v nejširším slova smyslu (**Doprava 4.0**)
  - ✓ **Smart Cities**
  - ✓ **Zdravotní péči**: (**Zdravotnictví 4.0**)

Myšlenky Průmyslu 4.0 se stávají **celospolečenským fenoménem!**

Kybernetická/internetová průmyslová revoluce je **více revolucí, tj. zásadní změnou v myšlení lidí** než v technologiích – **MYŠLENÍ 4.0**





**Myšlení 4.0 musí vstoupit do energetiky!**  
**Jinak ji neuřídíme!**





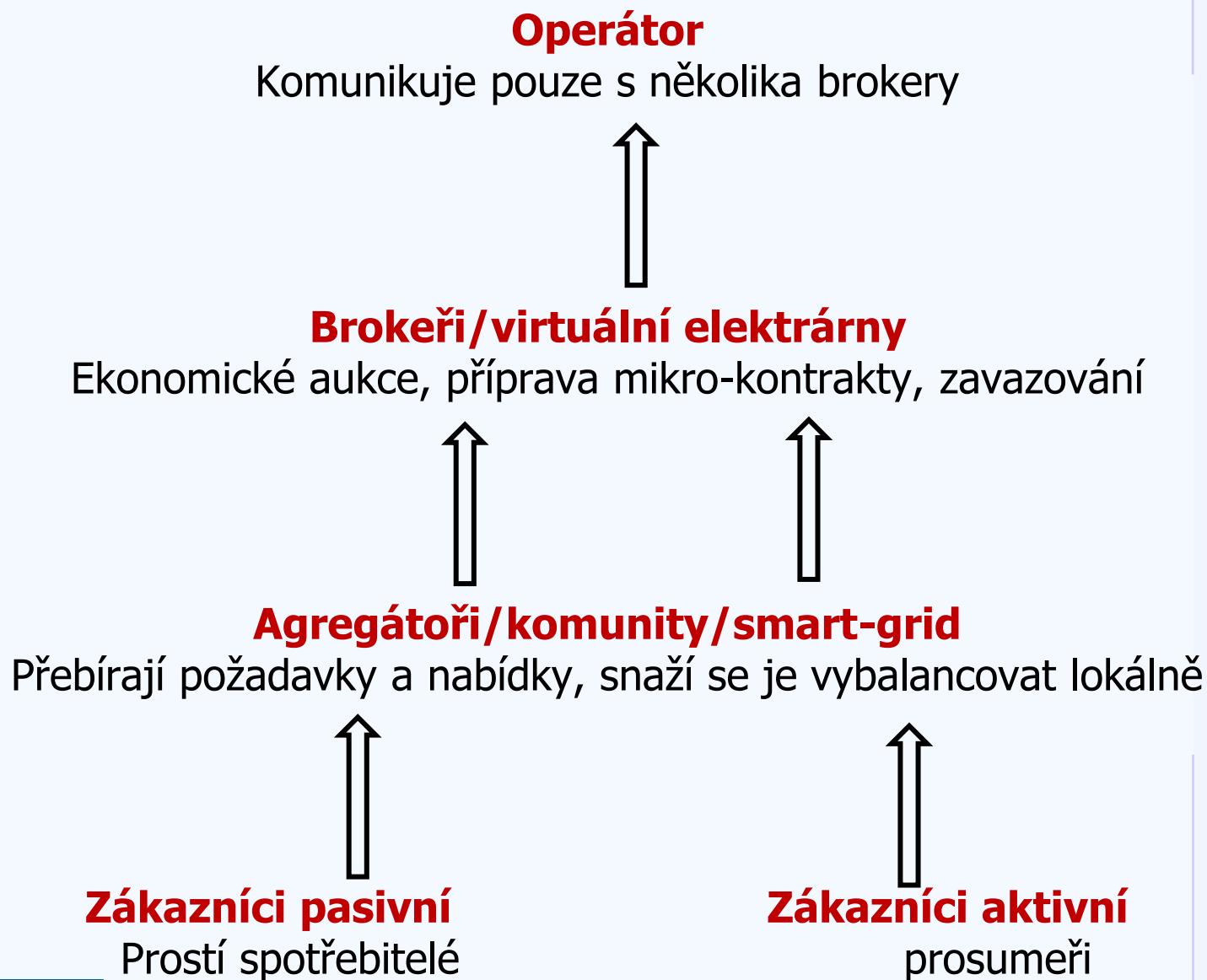
- Základem celé **decentralizované distribuční soustavy** bude
  - **soustava chytrých sítí (smart grids)**, každá jako částečně soběstačný ekosystém, někdy jako spotřebitel jindy jako výrobce
  - **páteřní síť** s klasickými centralizovanými zdroji (její podíl bude trvale klesat)
- **Chytré sítě** budou tedy **zahrnovat jak zdroje**, tak **současně spotřebitele**, ale i **prosumery** (někdy zdrojem, jindy spotřebitelem) – základem řízení **lokální agentová optimalizace** - cílem **maximální soběstačnost**
- Chytré sítě - rozsah např. obce, několika obcí, okresu, mohou se jednoduše **dynamicky sdružovat do větších holonických celků**, za něž bude **kommunikovat jen jeden element** (tzv. **agent smart-gridu**)
- Větší soustava smart-gridů chápána jako **virtuální elektrárna – ta může být** – na rozdíl od smart gridu - **geograficky silně distribuovaná**
- **Páteřní síť** také reprezentována **agentem (agenty)**





- Základními autonomními **subsystémy chytrých sítí** budou **výrobní podniky, systémy dopravních služeb či městského osvětlení, obytné čtvrti či rekreační zóny, lokální distribuční soustavy LDS**, apod. - jasné prolínání s chytrými městy
- Součástí i **chytré budovy** s významnou měrou soběstačnosti (např. s FV zdroji, bateriemi, kogeneračním zdrojem a s plnou automatizací provozu s predikcí spotřeby)
- Klíčovou roli budou hrát **zásobníky energií** (baterie, zásobníky teplé vody, setrvačnickové zásobníky, akumulátory, elektromobily)
- Všechny takovéto autonomní subsystémy budou **přispívat k transportu energie na kratší vzdálenosti, k využívání OZE, k celkové stabilitě dodávek**







**Jsou také reprezentovány **agenty****

**Tito agenti obsahují info:**

- Energetické (profil dodávky, odběru)
- Datové (data související s dodávkou)
- Finančně ekonomické (cena, penále,...)
- Vlastnické (kdo vlastní, kdo uzavřel dohodu)

Agenti mikro-kontraktů mohou komunikovat se zákazníky, prosumery, operátorem, brokery





**Vše je třeba vidět agentově!!**

**Ekonomika!**

**Stabilita!**

**Resilience!**







- **V Energetice 4.0 významné téma:** Schopnost jednotky při poruše (elektrárny, organizace, regionu soustavy) **předvídat, odolávat, reagovat a adaptovat se s cílem**

**1) zotavit se co nejrychleji z poruchy**

**2) s minimálními ztrátami**

Při technické havárii, fyzickém či kybernetickém napadení, živelné pohromě, atd. nutno **za každou cenu zabránit totálnímu blackoutu** a zabezpečit alespoň **minimalizované fungování**

*8.1.2021 ve 14.05: Porucha v Chorvatsku  
Pevný evropský scénář zafungoval  
(za české účasti) – bylo dost zdrojů  
Co kdyby to nevyšlo?*





- **Odolnosti** lze dosáhnout pouze tehdy, když **celý složitý systém se nechová jen podle pevných scénářů, nýbrž dynamicky podle definovaných pravidel**
- Je vždy nutno **porozumět situaci, určit jádro problému a možné následky, zvolit a trvale dynamicky modifikovat plán akcí**, implementovat ho a zdokumentovat
- může docházet k **virtuálně řízené virtuální rekonfiguraci infrastruktury, k rekonfiguraci systému virtuálních elektráren** podle aktuálního stavu vedení, potřeb a možností – **mění se protokoly vyjednávání**
- **Agentově organizované lokální smart-gridy jsou základním plířem odolnosti systému**  
jsou schopny napájet i internet a bez něj odolnosti nedosáhneme



## Odolnost (Resilience)

- **Agentová reprezentace** je pro realizaci dynamické odolnosti na základě jasně stanovených pravidel **ideálním nástrojem – lze rychle vyjednávat!**
- Nutno počítat **s odezvou světa sociálního** – lidé se budou v krizi chovat možná neočekávaným způsobem - **v pravidlech nutno počítat i s psychologickými aspekty či národními specifiky**
- *Únor 2021: Blackout v Texasu – nedostatečná resilience: relativně izolovaná síť, nepřipravený scénář a zpanikařené obyvatelstvo*



## Co dělat v rámci Energetiky 4.0?



- **Vážně se zabývat virtuální informatickou infrastrukturou**
- **Vybudovat dostatečně efektivní komunikační síť**, Zigbee, Sigfox nestačí – **rozhodnutí co nejdříve! – 5G? – ZCELA SAMOSTATNOU!**
- Vedle sebe nezávislé, ale vzájemně propojené **dvě sítě – energetická a informatická**. Budoucnost energetiky je tak více o energetické informatice než o přenosových drátech a trubkách.
- **Dnešní fyzickou distribuční infrastrukturu** nebudeme rušit, jenom ji rozvíjet či modifikovat tak, aby mohla být dobře **podporována virtuální informatickou nadstavbou**.
- **postupně vyvíjet virtuální dvojníky všech elementů** sítí, tj. generátorů, spotřebičů, akumulátorů, chytrých sítí, virtuálních elektráren atd., na základě vytváření vhodných **znalostních** modelů chování těchto prvků, vytvářet **ontologické kontejnery a scénáře vyjednávání**
- Systémy **agentní simulace** napojitelné na fyzický systém
- **Technologie blockchainů** užívat s rozumem - energeticky náročné



## Co dělat v rámci Energetiky 4.0?



- Začít využívat dostupné **metody umělé inteligence pro rychlou analýzu velkých dat a dále rychlé znalostmi podporované vyjednávání a rozhodování.**
- **Induktivními metodami učení** získávat dlouhodobější pravidla platící pro chování systému, **metodami rozpoznávání** detekovat podezřelé jevy v síti.
- Tzv. „**hlubokého učení**“ (**deep learning**), založené na umělých neuronových sítích, poskytující i vysvětlování..
- Metody umělé inteligence - **při řízení, diagnostice či predikci chování sítě, pro komplexní resilienci.**





**Myšlení 4.0 je především novou filosofií** řízení složitých systémů, která se musí uplatnit i **v energetice (Energetika 4.0)**

Opírá se o **teorii agentních systémů**, všichni účastníci se stávají **aktivními hráči (výrobci, distributoři i odběratelé)**

Přináší zcela **nové business modely**: **výroba jako služba, dodávka energie jako služba – všichni pracují s kontrakty**

**Propojuje fyzickou infrastrukturu (včetně teplárenství) s informatikou**

Moderní provázání **ENERGIE** a **INFORMACE**

**Myšlení 4.0** je **celospolečenský záležitostí**, ale

**největší úsilí je v této chvíli potřeba zaměřit na energetiku – ta v přestavbě společnosti zaostává nejvíce**

*„Kdo kontroluje energetiku, kontroluje zemi. Proto je cílem politického i ekonomického boje. Musí převládnout zdravý rozum, nikoliv nerealné cíle politiků a lobistů.“*

Miroslav Barta

