

## Historie systémového myšlení

Jak se dozvíme později, stabilita živých systémů je speciální vlastností, která je výsledkem vnitřního uspořádání a procesů v těchto systémech.

Buňku, organismus, populaci i ekosystém řadíme ke složitým systémům.

Složitě systémy obsahují mnoho vazeb mezi svými jednotlivými částmi (například metabolické cykly v buňce jsou provázány, živočichové v populaci jsou provázáni třeba přes potravní vztahy a sdílení stejného životního prostředí)

Proto studium živých systémů vyžaduje speciální přístupy, které mají jistou historii.

Složitě systémy vykazují jisté vlastnosti, které vznikají vzájemným působením jednotlivých částí.

Pokud systém rozdělíme na jednotlivé jeho části, tyto vlastnosti nejsou patrné, nevyskytují se.

Příkladem může být mozaika, znázorňující určitý předmět, sestavená z barevných kamínků, tekuté krystaly v LCD televizi tvoří obraz, vodní vír, schopnost jisté chemické sloučeniny tvořit pravidelný krystal, teplota jistého předmětu.

Zvláště charakteristické jsou však tato vlastnosti pro živé systémy: krevní tlak, existence vědomí.

Tyto vlastnosti vznikají na určité úrovni organizace a jsou výsledkem vzájemné interakce jednotlivých částí systému a pozorovatele.

Tyto vlastnosti nejsou v rozporu se zákony na nižším stupni organizace, ale zároveň z nich přímo nevyplývají, jsou tedy jakými rozšířením „interakčních možností“ (Klasickým příkladem je odvození vlastností supravodivosti ze Schrödingerovy rovnice. Musíme tyto vlastnosti nejprve znát, abychom byly takového odvození schopni. Podobně znalost celého genomu nám nic nevyovídá o vlastnostech organismu)

Systémové vlastnosti zmizí, jakmile je systém rozložen na izolované (neinteragující části).

Aby tyto vlastnosti pozorovatel postřehnul, musí sledovat systém jako celek (budeme-li popisovat sílu elektrostatické interakce mezi molekulami v krystalu, nepostřehneme pravidelný tvar krystalu, budeme-li popisovat vzájemné polohy kamínků v mozaice pomocí systému souřadnic, stejně nepostřehneme obraz, který tvoří atd.)

Přístupy, které kladou důraz na jednotlivé *části* celku, se nazývají mechanistické, **redukcionistické** nebo atomistické.

Ve vývoji vědy tyto přístupy začaly silně převažovat od 16. století.

Toto mechanistické neboli redukcionistické nahlížení zahrnuje kvantifikaci.

S tímto pojetím vystoupil jako jeden z prvních Galileo Galilei, ovšem jeho východisko bylo výstupem hluboké krize vrcholně-středověké teologie.

Descartes na základě tohoto paradigmatu vypracoval filozofický program, jehož výsledkem bylo oddělení ducha od těla, pohled na lidské tělo jako na stroj obdařený duší a na zvířata jako na stroje.

Svět stroj se stal na čas metaforou vědy. Nastalo období zaměření se na jevy, které lze kvantifikovat (měřit) význam kvality byl potlačen, tento pohled na svět bývá označován jako Karteziánský mechanicismus.

Z karteziánského mechanicismu plyne přesvědčení, že každému libovolně složitému systému lze porozumět (alespoň teoreticky) z vlastností jeho částí.

To je základem analytického nebo též redukcionistického myšlení.

**Redukcionalistický přístup** umožnil velký rozvoj přírodních věd, umožnil nahlédnout příliš složité skutečnosti (např. pohyby těles ve sluneční soustavě) jako součet působení několika jednodušších skutečností (kombinace gravitační síly Slunce a ostatních těles).

Výstižná metafora: svět jako hodinový stroj, který má jasně definované části, ze kterých může být složen a pochopen.

Svět jako velký stroj chovající se dle exaktních zákonů mechaniky.

*Z tohoto filozofického rámce plyne představa, že zákony biologie lze odvodit ze zákonů fyziky a chemie.*

Je základem analytického postupu, kdy celek nahlížíme jako sumu jeho částí.

Umožnil mohutný rozvoj vědy a techniky.

Ovšem přinesl několik velmi nebezpečných jevů:

zvláště záměnu výstupu z našeho redukcionalistického popisného rámce se skutečností samotnou a etické dopady: zvíře jako oživený stroj

dnešní přístup je pokornější v tom, že často používá výraz *model*: model lesního ekosystému, model chování jistého živočicha, ovšem k vnitřní záměně modelu se skutečností a tedy pocit absolutního uchopení jevu mnohdy nadále přetrvávají.

Komplementárním přístupem k redukcionalismu je **přístup holistický (systémové myšlení, také organismický nebo ekologický přístup)**.

**Systémové myšlení klade důraz na celek.**

Náhled na objekt jako na celek se objevuje už u některých před Sokratiků, například u Pythagorejců, Pythagorejci se ptají spíše na to, jaké má věc uspořádání, než na to, z čeho je složena.

V novověkých dějinách se první výraznější opozice proti redukcionalismu objevuje s příchodem romantismu v 2. polovině 19. Století.

Hlavními upřednostňovateli systémového myšlení v novověké vědě byli především biologové první poloviny 20. stol.: ti nazírali na organismus jako na integrovaný celek.

Systémové myšlení potom znamená porozumění jevům v kontextu většího celku, porozumět věcem systémově tedy znamená umístit je do kontextu, stanovit povahu jejich vztahů. Starořecké *synhistanai* (spojovat dohromady).

Termín systém pro označení jak živých organismů, tak i sociálních systémů použil poprvé biochemik Lawrence Henderson. Od té doby se systémem začíná rozumět integrovaný celek, jehož podstatné vlastnosti vznikají ze vztahů mezi částmi systému.

Hanz Driesch prováděl experimenty s vajíčky mořské ježovky: když Driesch narušil jednu z embryonálních buněk ve velmi časném (dvoubuněčném) stádiu embrya, nevyvinula se zbylá buňka v polovinu mořské ježovky, ale v úplný, i když menší organismus.

Podobně se menší organismy vyvinuly po destrukci dvou nebo i třech buněk čtyřbuněčných embryí. To potvrzuje komplexitu živých organismů, kdy jednotlivé části jsou ve stálé interakci.

V souvislosti s vitalismem a organizmickou biologií se začínají rozvíjet myšlenkové rámce zdůrazňující holistický přístup k nahlížení na živé organismy.

Obecnou teorii systémů vypracovat v 1. polovině 20. století Ludwig von Bertalanffy.

Podle systémového pohledu náleží mnoha systémům a zvláště pak živým systémům takové vlastnosti, které nemá žádná jejich část, naopak tyto vlastnosti se objevují v souvislosti s určitým stupněm organizace.

Tyto vlastnosti tedy vznikají interakcemi a vztahy mezi částmi. A zanikají, pokud se systém rozloží. Celek jeví vlastnosti, které nelze odvodit z vlastností prostého součtu vlastností jeho částí.

Systémové myšlení se nesoustřeďuje na základní bloky systému, ale spíše na vztahy mezi těmito částmi, tedy na principy organizace.

Důležitým přínosem holistického myšlení je také uvědomění si již zmíněné „hierarchie přírody“. Postupujeme-li směrem od kvarků a leptonů, dále směrem k atomům a molekulám, makromolekulám a supramolekulám, k buňkám, orgánům a orgánovým soustavám, k organismům, populacím a ekosystémům, ke globálnímu ekosystému, planetám, hvězdným soustavám, galaxiím a kupám galaxií, vidíme, že zmíněné úrovně tvoří jakési hierarchické stupně, že vyšší úroveň vzniká pomocí interakcí prvků úrovní nižších a zároveň je ovlivňována interakcemi především s prvky stejné nebo podobné úrovně.

Vesmír obsahuje řadu hierarchických úrovní složitosti. K sobě přiléhající úrovně jsou navzájem vázány. Každá tato úroveň má vlastní projevy a zákony. Jiné zákony platí pro kupy galaxií, hvězdné soustavy, planety, ekosystémy, organismy, orgány, buňky, molekuly a atomy a pro kvarky a leptony. Takové zákony by nebyly příliš užitečné, pokud by do jisté míry nebyly na dané úrovni složitosti univerzální. Doufáme, že na každé úrovni složitosti lze příslušné zákony použít pro různé systémy.

### *Systémové myšlení a kvantová fyzika*

Vrcholem Newtonovské fyziky, dále rozvíjené La Placem a Hamiltonem, byla představa, že fyzikální a posléze i chemické jevy lze odvodit z vlastností pevných, materiálních částic.

Tato představa ohrožena na konci 18. století objevy z optiky a fyziky elektřiny, byla posléze opět upevněna, díky objevům v kinetické teorii plynů, vedení tepla a stala se opět aktuální i na počátku 20. století, díky objevu elektronu a protonu lordem Rutherfordem při experimentech v mlžné komoře.

I první model atomu vycházel z mechanistické představy kolem pevného jádra obíhajících elektronů.

Ovšem nové experimenty s postupně objevovanými elementárními částicemi například to, že při některých experimentech se částice chovají jako vlny a při jiných jako pevné korpuskule, přiměly změnit základní paradigma s jakým je na tyto objekty nahlíženo.

Elementární částice totiž nelze považovat za oddělené entity, je třeba nahlížet je spíše jako na sít vzájemných vztahů: vztahů s ostatními subjekty. Povaha interakcí, kterým jsou tyto částice vystavovány, totiž rozhodujícím způsobem utváří i vlastnosti samotných částic.

V kvantové teorii tedy nikdy nekončíme u „věcí“, ale vždy máme co k dočinění se vzájemnými vztahy, svět tedy nemůžeme rozložit na nezávisle existující elementární jednotky.

Konkrétní experiment nám v kvantové mechanice podá odpověď na námi kladenou otázku, ovšem s tím, že i samotné uspořádání experimentu, povahu měřícího systému a ostatně i roli pozorovatele: interpreta, je třeba brát v úvahu: to vše vytváří náš pohled na skutečnost.

To přimělo mnoho vědců a myslitelů zamyslet se nad dříve tolik zdůrazňovanou téměř absolutní objektivitou vědeckého myšlení a stát se pokornějším.

Jeden z velmi důležitých důsledků této reflexe vědeckého popisu přírody pramení z posunu vnímání našeho popisného rámce z objektivního na subjektivní, což pomáhá uvědomit si, že spoustu věcí vnímáme velmi zjednodušeně.

Jeden z otců kvantové teorie, autor knihy Část a celek, Werner Heisenberg napsal:

*„Svět se jeví jako komplikované předitivo událostí, v nichž se střídají nebo překrývají spojení různého druhu a určují tak texturu celku.“*

Ve formálním jazyku kvantové teorie jsou vztahy mezi elementárními částicemi vyjádřeny v termínech pravděpodobnosti a pravděpodobnosti jsou určeny dynamikou celého systému. V tomto případě tedy vlastnosti jednotlivých částí určeny stavem celé množiny vzájemných vztahů.

To je zcela opačný přístup, než v klasické fyzice.

Tento nečekaný posun ve fyzikálním nahlížení světa urychlil nástup holistického myšlení i ve vědách o životě.

Ovšem i dnes nacházíme vyhraněné zastánce redukcionismu i holismu. Ve vědách o životě patří mezi časté redukcionalisty například biologové, kteří se zabývají genomikou.

Nepochybně je pravda, že znalost mikrokomponent nějakého systému a základních interakcí mezi nimi je pro pokrok moderní vědy a techniky klíčová. Na druhé straně je pravdou, že tato znalost sama o sobě k vysvětlení různorodosti a možného vývoje velkých systémů nepostačuje.

## Důležité závěry z druhé přednášky:

Redukcionistický způsob popisu jevů charakterizuje snaha popsat objekt na základě vlastností jeho částí.

Celý objekt tedy rozdělíme na jednodušší části, které jsme schopni popsat, nejlépe kvantitativně a z nich složíme obraz původního objektu, nejlépe opět kvantitativní.

Redukcionalistický způsob myšlení, který evropskou vědu začal utvářet někdy od 16., umožnil velký rozvoj exaktních věd.

Nese sebou však nebezpečí toho, že zjednodušený popis objektu budeme považovat za objekt sám a nepostřehneme některé důležité vlastnosti, které vyplývají z celistvosti daného objektu.

Opačný, nebo doplňující přístup k redukcionalismu tvoří holistický pohled. Ten předpokládá, že pozorovaný objekt je celistvý a jeho důležité vlastnosti vznikají vzájemným vztahem všech jeho částí.

Tyto vlastnosti jsou tedy výsledkem vztahů a organizace.

Některé vlastnosti (teplota, supravodivost, vír, vědomí) pozorujeme až do určité úrovně organizace, takové vlastnosti nazýváme emergentní.

V naší přednášce budeme často používat slovo systém, systémem rozumíme právě objekt, složený z mnoha částí, které jsou ve vzájemné interakci.

Základní definice systému zní:

*Systémem se rozumí integrovaný celek, jehož podstatné vlastnosti vznikají ze vztahů mezi částmi systému.*

Důležitý podnět pro oprávněnost systémového přístupu přišel paradoxně z tradiční bašty redukcionalistického myšlení, z fyziky: kvantová teorie jasně dokázala, že vlastnosti elementárních částic vyplývají ze sítě vztahů s ostatními částicemi, se kterými interagují.