

# Meze růstu

Radek Pelánek

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



EVROPSKÁ UNIE



esf



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



MASARYK-UNIVERSITÄT  
BRUNNEN

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Proč tento model?

- zajímavé téma, asi nejznámější systémový model
- dobře popsáný
- ukázka procesu modelování, analýz modelu
- relativně starý model – lze ilustrovat dopad, kontext modelování

... ale také dost kontroverzní

# Historie

**Club of Rome** – nevládní organizace zabývající se mezinárodními politickými problémy

- J. W. Forrester: World Dynamics (1971)
- Donella Meadows, Denis Meadows, Jorgen Randers:
  - Limits to Growth, 1972
  - Dynamics of Growth in a Finite World, 1974
  - Beyond the Limits, 1993
  - **Limits to Growth: 30-Year Update**, 2004

# Účel knih

Upozornit na zdánlivě zřejmý fakt, že

**V omezeném světě není možný neomezený růst**

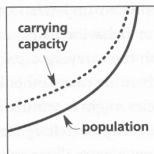


# Účel modelu

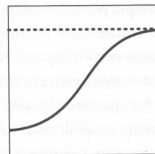
## Zkoumání interakce lidské civilizace s nosnou kapacitou planety

Jak může expandující globální populace a ekonomika interagovat a adaptovat se na nosnou kapacitu Země během následujících několika desetiletí?

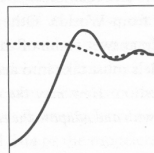
# Možné scénáře



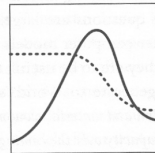
a) Continuous Growth



b) Sigmoid Approach to Equilibrium

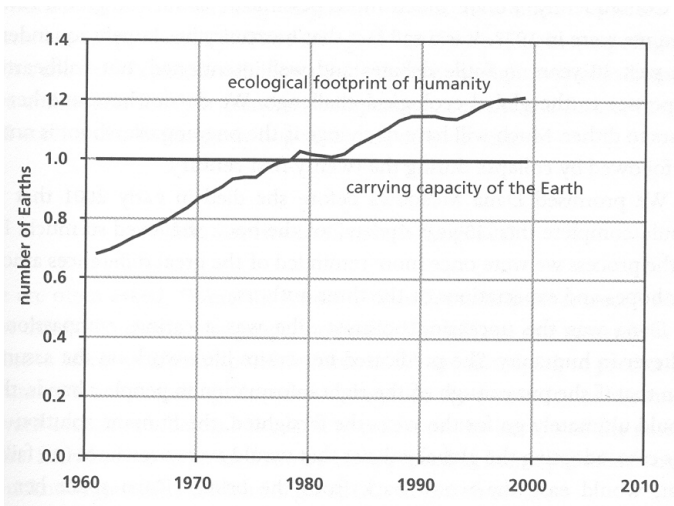


c) Overshoot and Oscillation



d) Overshoot and Collapse

# Pravděpodobný současný stav



# Účel modelu II

Jaké jednání (politiky) zvýší šance k plynulému přechodu zpět pod tuto kapacitu? (tj. k scénáři c) namísto d))

# O modelu

The model we have constructed is, like every model, imperfect, oversimplified, and unfinished.

In spite of the preliminary state of our work, we believe it is important to publish the model and our findings now. (...) We feel that the model described here is already sufficiently developed to be of some use to decision-makers. Furthermore, the basic behavior modes we have already observed in this model appear to be so fundamental and general that we do not expect our broad conclusions to be substantially altered by further revisions.

# O předpovídání

A major purpose in constructing the world model has been to determine which, if any, of these behavior modes will be most characteristic of the world system as it reaches the limits to growth. This process of determining behavior modes is "prediction" only in the most limited sense of the word.

# Připomenutí: fáze modelování

- 1 Formulace problému
- 2 Základní návrh modelu
- 3 Budování modelu
- 4 Verifikace a validace
- 5 Simulace a analýza
- 6 Sumarizace výsledků

# WORLD3

- původní model v nástroji Dynamo, pozdější ve Stelle
- model dostupný (bude na cvičení)



# Předmět zájmu modelu

- zdroje (sources) – obnovitelné, neobnovitelné
- dřezy (sinks) – znečištění

# Nejdůležitější prvky

- růstové procesy
- limity
- zpoždění
- eroze

# Klíčové zásobárny modelu

- znečištění
- neobnovitelné zdroje
- populace
- zemědělství (produkce jídla, úrodnost země, eroze)
- ekonomika (průmysl, služby, zaměstnanost)

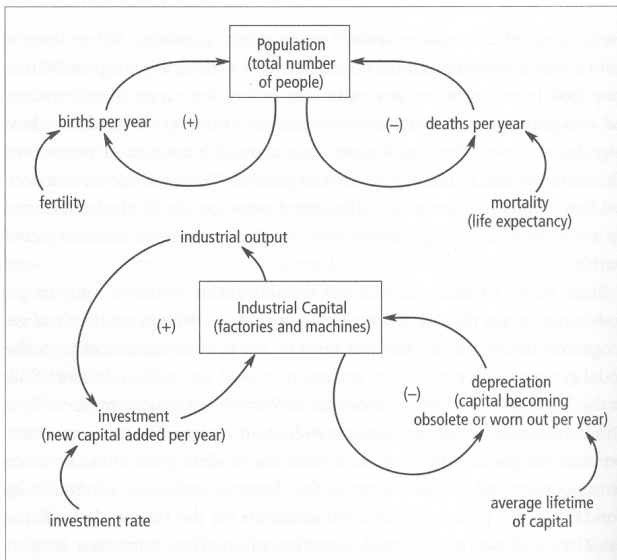
Všechny zásobárny v modelu jsou globální – nerozlišují mezi regiony, apd.

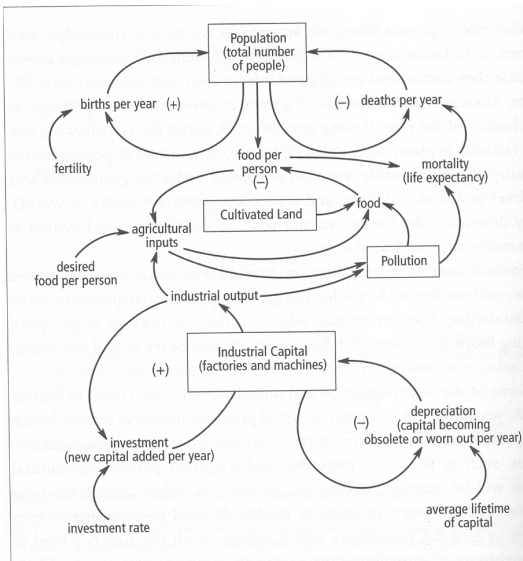
# Zdůvodnění struktury I

Because we are interested at this point only in **broad behavior modes**, this first world model needs not be extremely detailed. We thus consider only one **general population**, a population that statistically reflects the average characteristics of the global population. We include only **one class of pollutants** – the long-lived, globally distributed family of pollutants, such as lead, mercury, asbestos, and stable pesticides and radioisotopes – whose dynamic behavior in the ecosystem we are beginning to understand. We plot **one generalized resource** that represents the combined reserves of all nonrenewable resources, although we know that each separate resource will follow the general dynamic pattern at its own specific level and rate.

# Zdůvodnění struktury II

- vysoká abstrakce (a agregace) je nutná, aby byl model pochopitelný; samozřejmě to limituje množství informací, které můžeme z modelu dostat
- výstupy nejsou přesné předpovědi
- může nám to však dát porozumění příčin růstu a chování při dosažení limitů





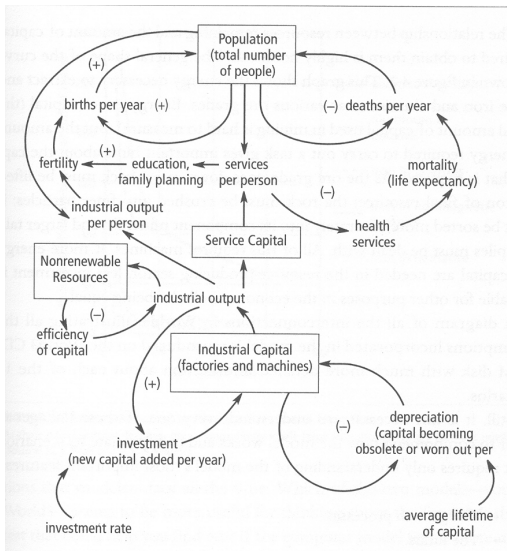




Figure A-1 PERSISTENT POLLUTION

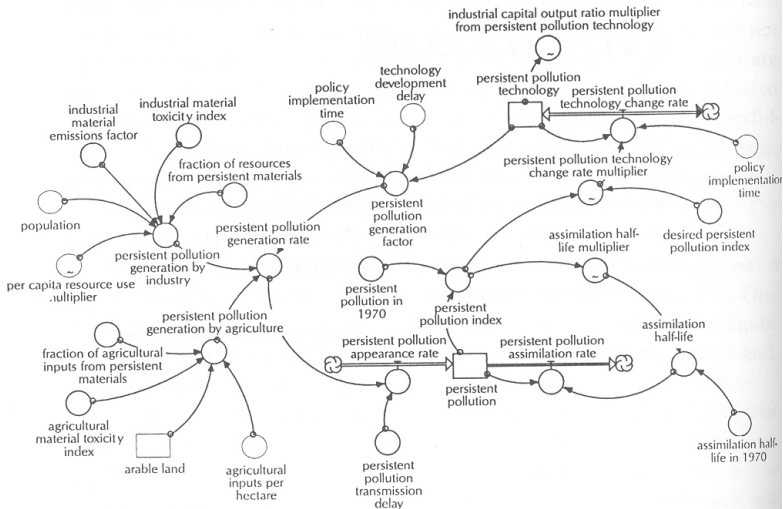
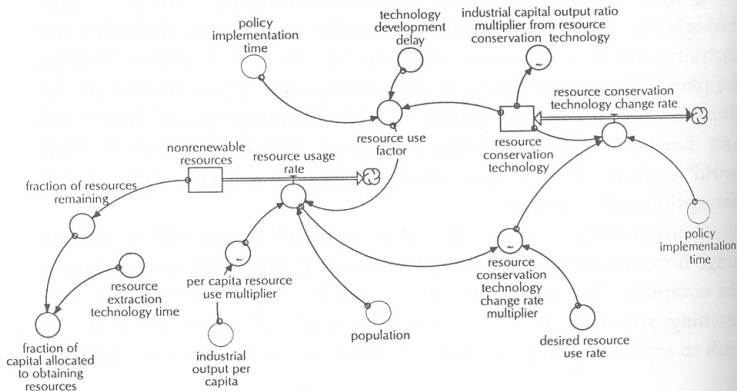
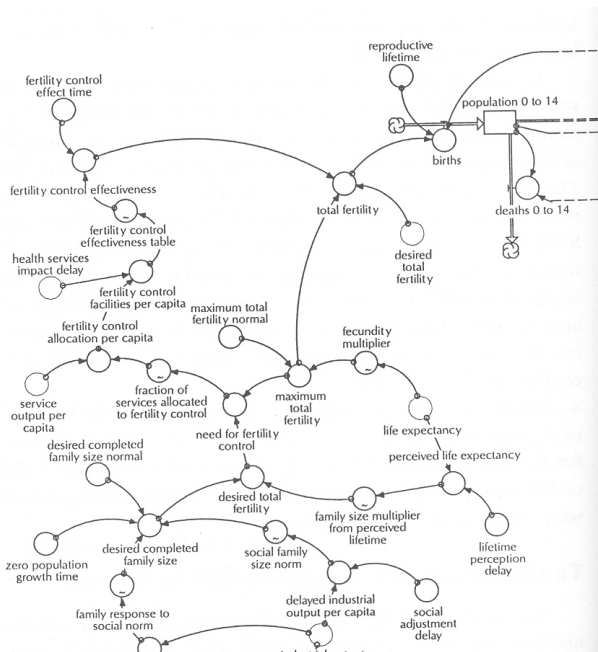


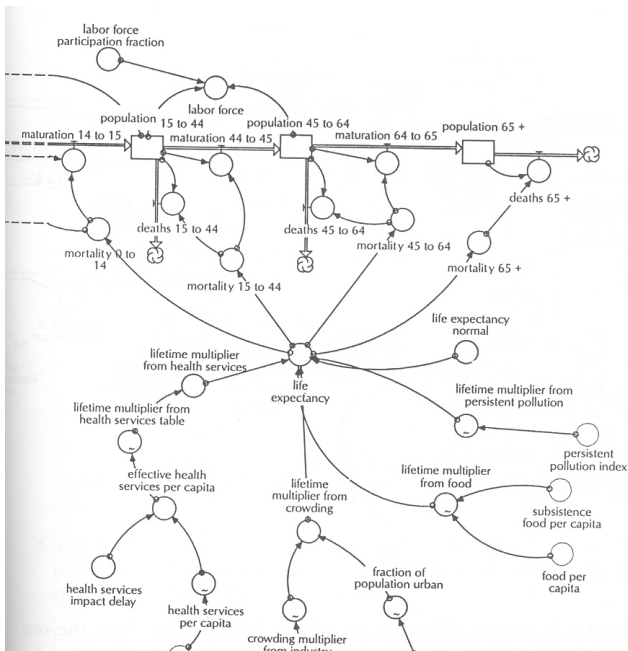
Figure A-2 NONRENEWABLE RESOURCES



## Příklady částí modelu



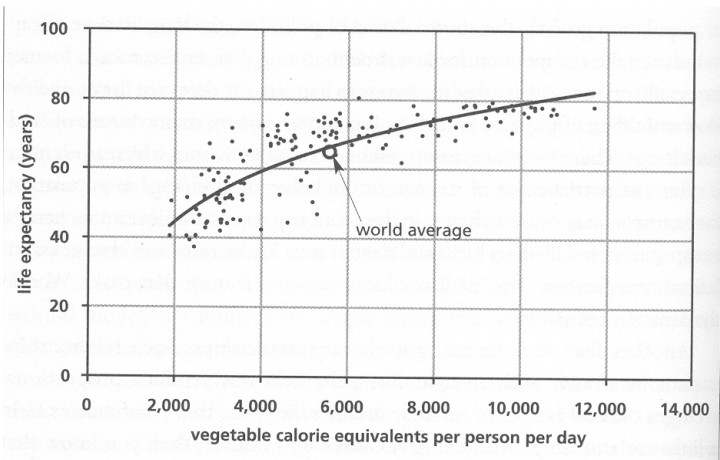
## Příklady částí modelu



# Limity uvažované v modelu

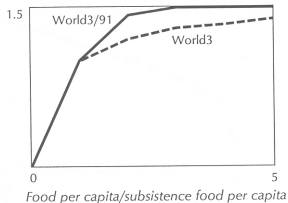
- kultivovaná země
- úrodnost půdy
- dosažitelná úroda
- neobnovitelné zdroje
- schopnost absorbovat znečištění

(žádné války, nepokoje, epidemie, ...)



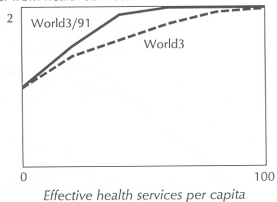
**Figure A-12** REVISED TABLE OF RELATION BETWEEN FOOD CONSUMPTION AND LIFETIME

*Lifetime multiplier from food*



**Figure A-13** REVISED TABLE OF RELATION BETWEEN HEALTH SERVICES AND LIFE EXPECTANCY

*Lifetime multiplier from health services*



# Validace a verifikace modelu

- nebudeme rozebírat
- vývoj takového modelu trvá několik let

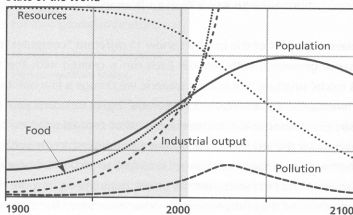


# Základní simulace

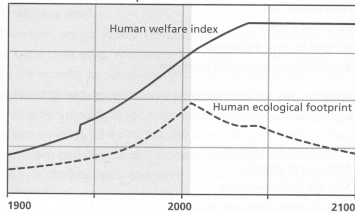
- simulace začínají v roce 1900, model vyladěn, aby dosavadní průběh odpovídal
- simulace bez fyzických omezení planety (GIGO – garbage in, garbage out)
- simulace se základním nastavením modelu, bez přizpůsobování se (business-as-usual)

# Simulace bez limitů

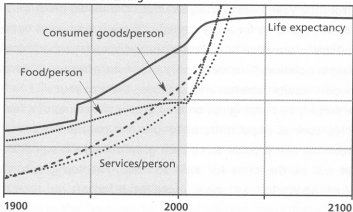
State of the World



Human Welfare and Footprint

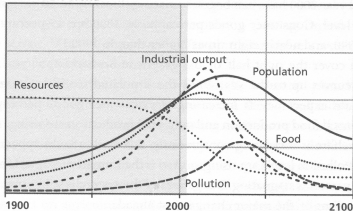


Material Standard of Living

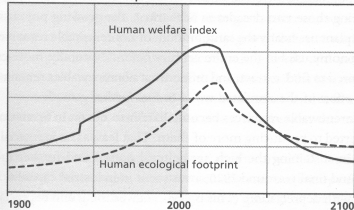


# Business-As-Usual

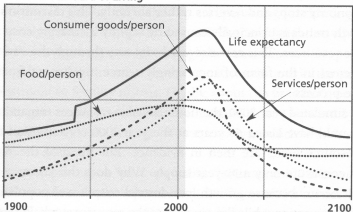
State of the World



Human Welfare and Footprint



Material Standard of Living

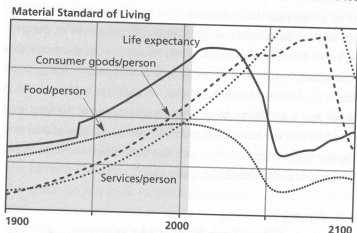
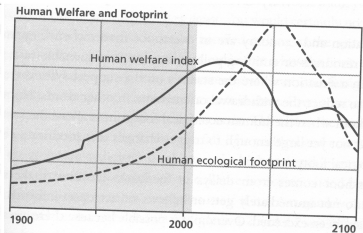
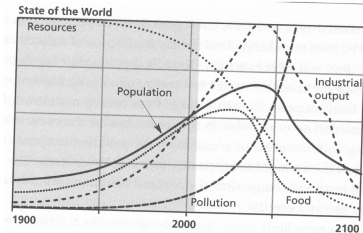


# Citlivost parametrů

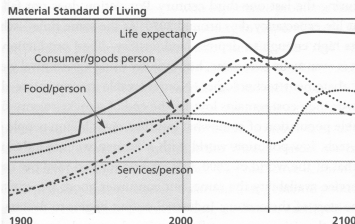
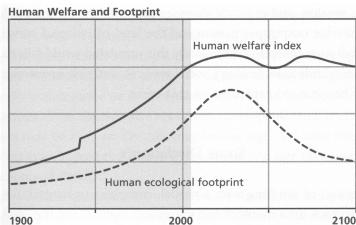
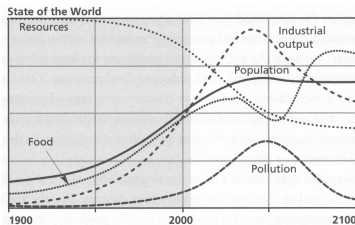
testovány změny odhadnutých parametrů:

- zdvojnásobeny zdroje
- technologie pro kontrolu znečištění
- zvýšení výnosů země
- protekce proti erozi
- zvýšení využívání efektivity zdrojů

# Zdvojnásobení zdrojů



# Všechny uvedené změny parametrů



# Změny chování civilizace

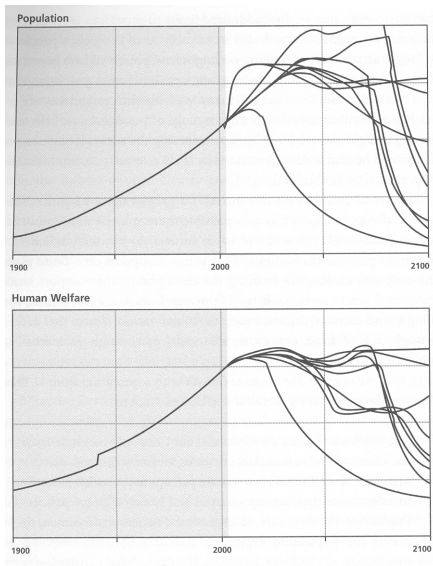
Testování různých zásahů do systému:

- kontrola porodnosti
- stabilizována průmyslová produkce, snížení emisí
- rychlý vývoj technologií pro snížení eroze a lepší využití zdrojů

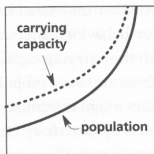
# Změny chování: Čas

- adopce zásahů v různých dobách: 1975, 1995, 2015
- zkoumání toho, jaký vliv může hrát rozdíl dvaceti let
- závěry: velký vliv

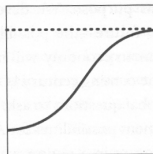




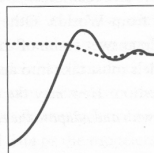
# Komentář k možnostem vývoje



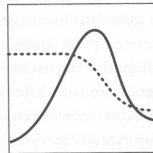
a) Continuous Growth



b) Sigmoid Approach to Equilibrium



c) Overshoot and Oscillation



d) Overshoot and Collapse

# Komentář k možnostem vývoje

- kontinuální růst: limity jsou velmi daleko nebo také rostou
- S-růst k ekvilibriu: signály o limitech a reakce na ně jsou okamžité nebo společnost se limituje sama od sebe
- přestřel a oscilace: signály nebo reakce jsou zpožděné a limity se obnovují rychle
- přestřel a kolaps: signály nebo reakce jsou zpožděné a limity se neobnovují (nebo velmi pomalu)

# Závěry I

Pokud současné trendy růstu světové populace, průmyslu, znečištění, produkce jídla a čerpání zdrojů budou pokračovat, limity růstu na této planetě budou dosaženy někdy během následujících sta let. Nejpravděpodobnějším důsledkem dosažení těchto limitů bude náhlý a nekontrolovatelný pokles velikosti populace a životní úrovně.

# Závěry II

Je však možné změnit současné trendy růstu a ustavit podmínky ekonomické a ekologické stability, které jsou udržitelné dlouho do budoucna. Takový stav celosvětové rovnováhy může být navržen tak, aby základní životní potřeby všech lidí byly uspokojeny a každý člověk na Zemi měl stejnou šanci realizovat svůj lidský potenciál.

# Závěry III

Pokud se lidé rozhodnout směřovat radši k druhému než k prvnímu výsledku, tak čím dříve začnou pracovat na jeho naplnění, tím větší budou jejich šance na úspěch.

# Komentář k závěrům

- nastínění trendů, módů chování, žádné konkrétní předpovědi
- odpovídá provedeným simulacím
- zobecněno, interpretováno (možná až moc)

# Dopad knihy

- světový bestseller
- výrazně ovlivnila rodící se environmentální hnutí
- obecnější uvědomění si konečných limitů (posíleno následnou ropnou krizí)
- neovlivnila téměř vůbec politiku a rozhodování na vrcholné úrovni



# Kritika povrchní

- „a piece of irresponsible nonsense“ (Newsweek editorial, 1973)
- příliš hrubý model (nerozlišuje regiony, věk), špatný/nedostatečně podložený odhad parametrů
- (neo)Malthusiánství, jen další předpověď zkázy
- předpovědi se nenaplnily
- zastávání se nulového růstu

# Kritika hlubší

- nedostatečný/podceněný prostor pro inovace, rozvoj technologie, lidskou 'fantazii'
- PIPO – pessimism in, pessimism out
- model má tvrdé limity, neumožňuje příliš přechod k náhradám  
*doba kamenná neskončila na nedostatek kamenů...*
- vestavěná zaujatost v modelu, např. ekonomický růst nemusí způsobovat nárůst znečištění (často naopak)

# Naplnily se „předpovědi“?

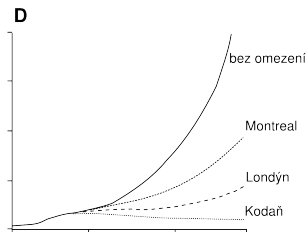
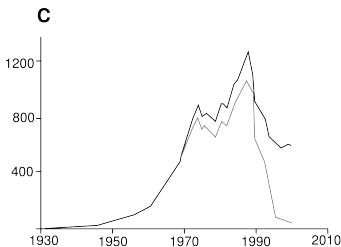
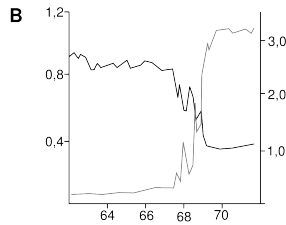
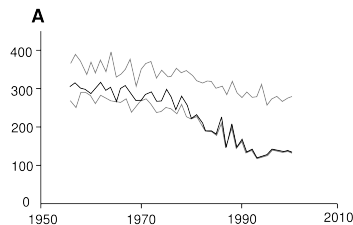
- kniha nedělá žádné přesné předpovědi
- ke zlomům docházelo při simulacích nejdříve po 50 letech (v původní simulaci), tj. stále nelze soudit oprávněnost „předpovědí“
- příklad srovnání s daty: *A Comparison of ‘The Limits to Growth’ with Thirty Years of Reality*

# Hádanka

O čem mluví následující text?

In the end the world's nations acknowledged that they had overrun a serious limit. Soberly, reluctantly, they agreed to give up a set of profitable and useful industrial products. They started to do so before any economic, biological, or human damage was observed, and before there was complete scientific certainty. They probably did it in time.

# Hádanka (pokr.)



# Shrnutí

- kniha „Meze růstu“ (Limits to Growth), model WORLD3
- příklad k čemu a jak může modelování sloužit
- ilustrace základních kroků modelování