

# Změny a kolísání klimatu 2/1 Z, Zk

## Obsah:

1. Klima a klimatologie
2. Homogenita meteorologických pozorování
3. Metody analýzy časových řad v klimatologii
4. Klimatologie období přístrojových pozorování
5. Historická klimatologie
6. Paleoklimatologie
7. Hydrometeorologické extrémny a jejich dopady
8. Základní klimatotvorné faktory
9. Klimatické scénáře
10. Dopady klimatické změny

## Doporučená literatura:

IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, v tisku.

Trnka, M. a kol. (2015): Změna klimatu. Mendelova univerzita, Centrum výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i., Brno, 184 s.

Meteorologické zprávy.

Materiály WMO.

Mezinárodní klimatologické časopisy (přehledové články).

Webové informace:

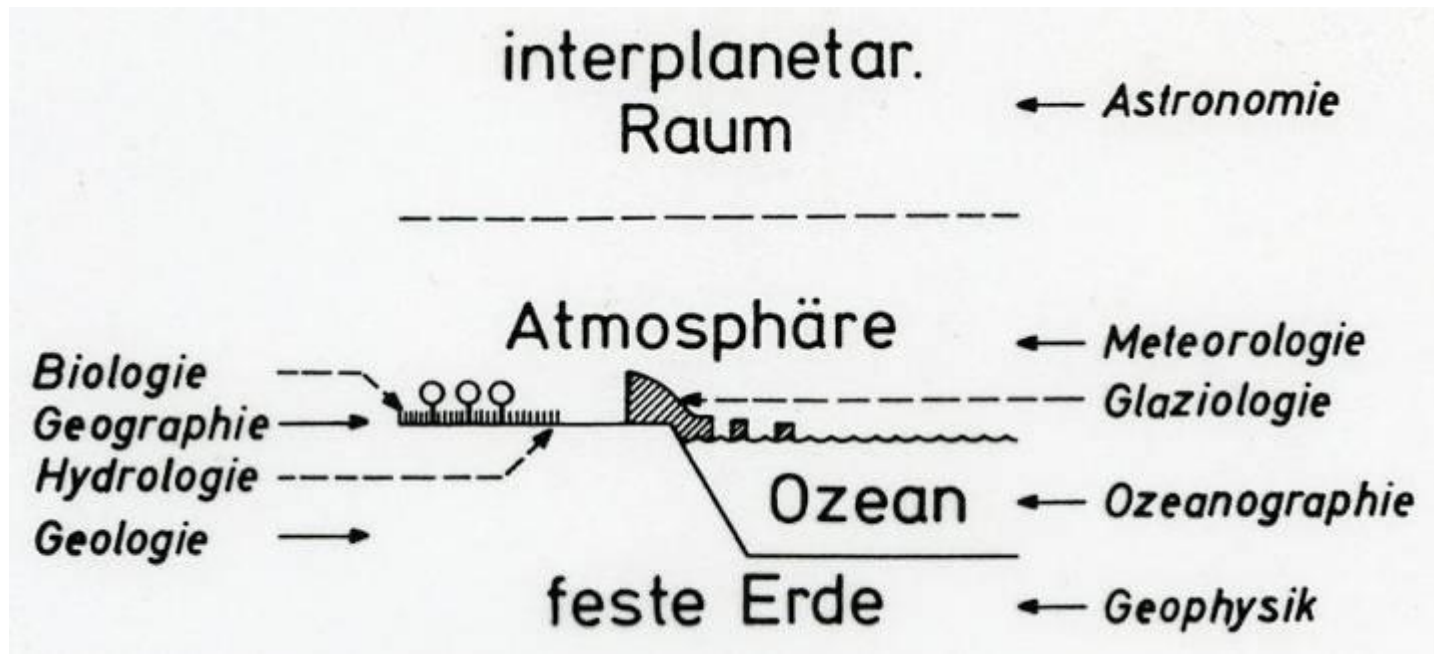
[https://www.mzp.cz/cz/zmena\\_klimatu](https://www.mzp.cz/cz/zmena_klimatu)

<https://www.chmi.cz/historicka-data/pocasi/zmena-klimatu/zakladni-informace>

<https://www.facebook.com/KlimatologienaMUNI>

<https://www.klimatickazmena.cz/cs/aktualni-vyvoj/>

# 1. Klima a klimatologie



**Klimatologie** – věda o klimatech Země, o podmínkách a příčinách jejich utváření a rovněž o působení klimatu na objekty činnosti člověka, na samotného člověka i na různé přírodní děje, a naopak. Jejím cílem je studovat

- obecné klimatické zákonitosti
- genezi zemského klimatu
- změny a kolísání klimatu (scénáře budoucího a meliorace současného klimatu).

### **Hipparchos z Nikei (190-120 BC)**

- rozdělil Zemi na 5 zón: Řecko v zóně příznivého klimatu, severně zóna studeného drsného klimatu, jižně zóna horkého klimatu bez života, která je překážkou k dosažení zóny jižního mírného klimatu
- odlišnosti jednotlivých pásů jsou dány úhlem dopadu slunečních paprsků – „klinein“ (sklánět se)

# 1.1 Definice klimatu

## **A. von Humboldt (1817):**

Pojem klima značí v nejobecnějším slova smyslu všechna kolísání v atmosféře, která ovlivňují citlivě naše orgány. Jsou to teplota, vlhkost, změny atmosférického tlaku, bezvětří nebo vliv silných větrů, hodnota elektrického napětí, čistota atmosféry nebo její znečištění víceméně škodlivými plynnými substancemi a konečně průzračnost a čistota oblohy, což všechno ovlivňuje vyzařování povrchu, organický vývoj rostlin a zralost plodů, ale také cítění a psychologii člověka.

## **J. von Hann (1883):**

Klimatem se rozumí soubor meteorologických jevů, které charakterizují průměrný stav atmosféry v nějakém místě na zemském povrchu.

## **B. P. Alisov, O. A. Drozdov, J. S. Rubinštejnová (1952):**

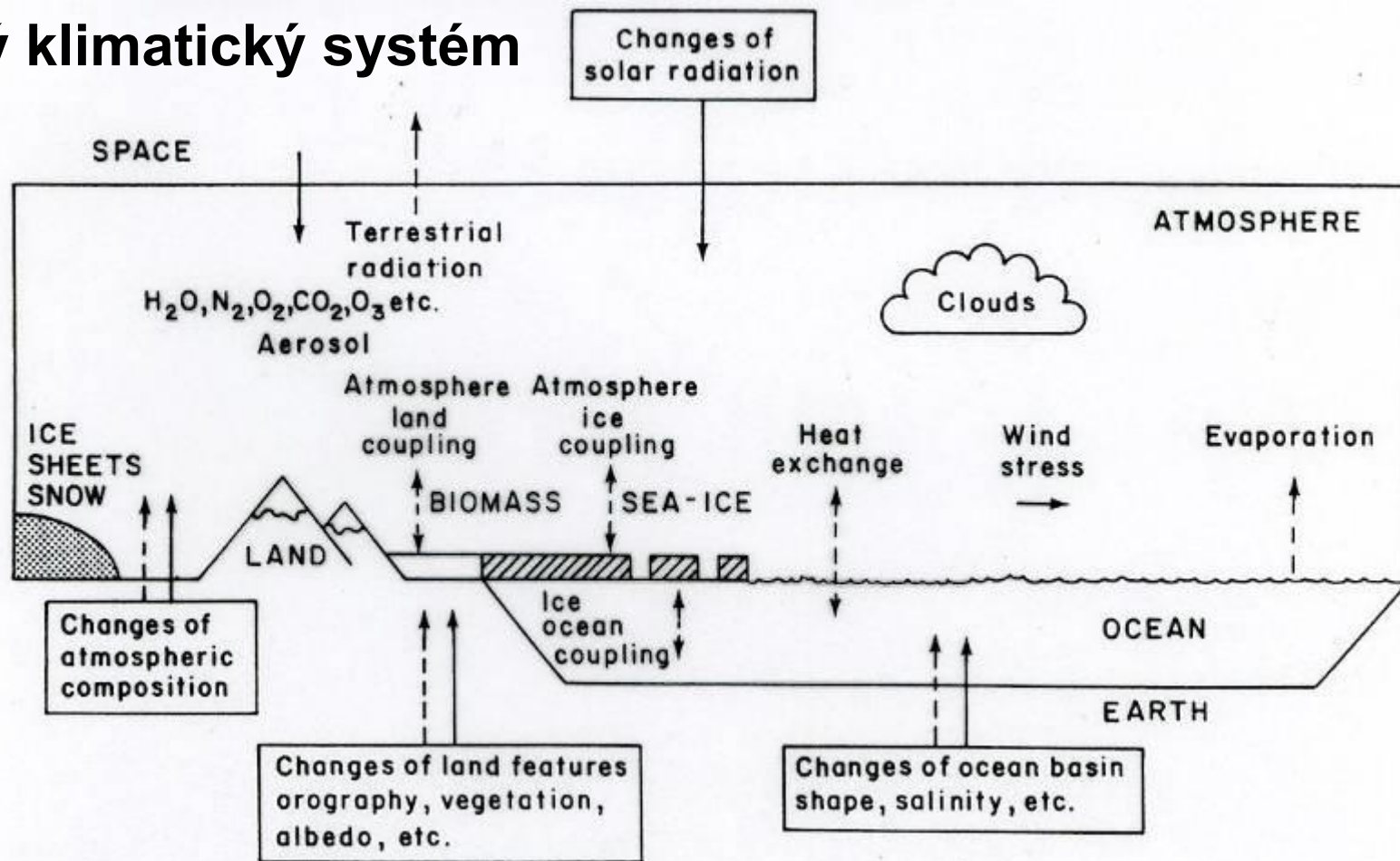
Klima nějakého místa je dlouhodobý režim počasí, podmíněný energetickou bilancí, atmosférickou cirkulací a charakterem aktivního povrchu.

## V. M. Skljarov (1975):

**Klima** je souhrn a postupné střídání všech stavů atmosféry (podmínek počasí) možných v daném místě. Je důsledkem různých, nepřetržitě probíhajících klimatotvorných procesů. Pojmem **klimatotvorné procesy** se rozumějí fyzikální procesy v atmosféře a aktivní vrstvě půdy – příjem a výdej záření a tepla, přeměna a přenos energie, oběh vody atd. Jsou důsledkem nepřetržitého působení klimatotvorných faktorů a podmiňují vytváření klimatu na celé Zemi i v jednotlivých částech. **Klimatotvorné faktory**, které vyvolávají a udržují klimatotvorné procesy, se dělí na:

- a) **astronomické** – plynou z vlastností Země jako planety, ovlivňují přítok sluneční energie k povrchu a její transformaci, stejně jako pohyb vzduchu
- b) **geografické** – jsou dány polohou a vlastnostmi různých částí zemského povrchu
- c) **cirkulační** – zahrnují přenos vzduchových hmot různých vlastností na Zemi
- d) **antropogenní** – představují živelné a záměrné změny vlastností atmosféry a zemského povrchu související s činností člověka

# Úplný klimatický systém



**Počasí** – okamžitý stav úplného klimatického systému.

**Klima** – statistický soubor stavů, jimiž prochází úplný klimatický systém během několika desetiletí.

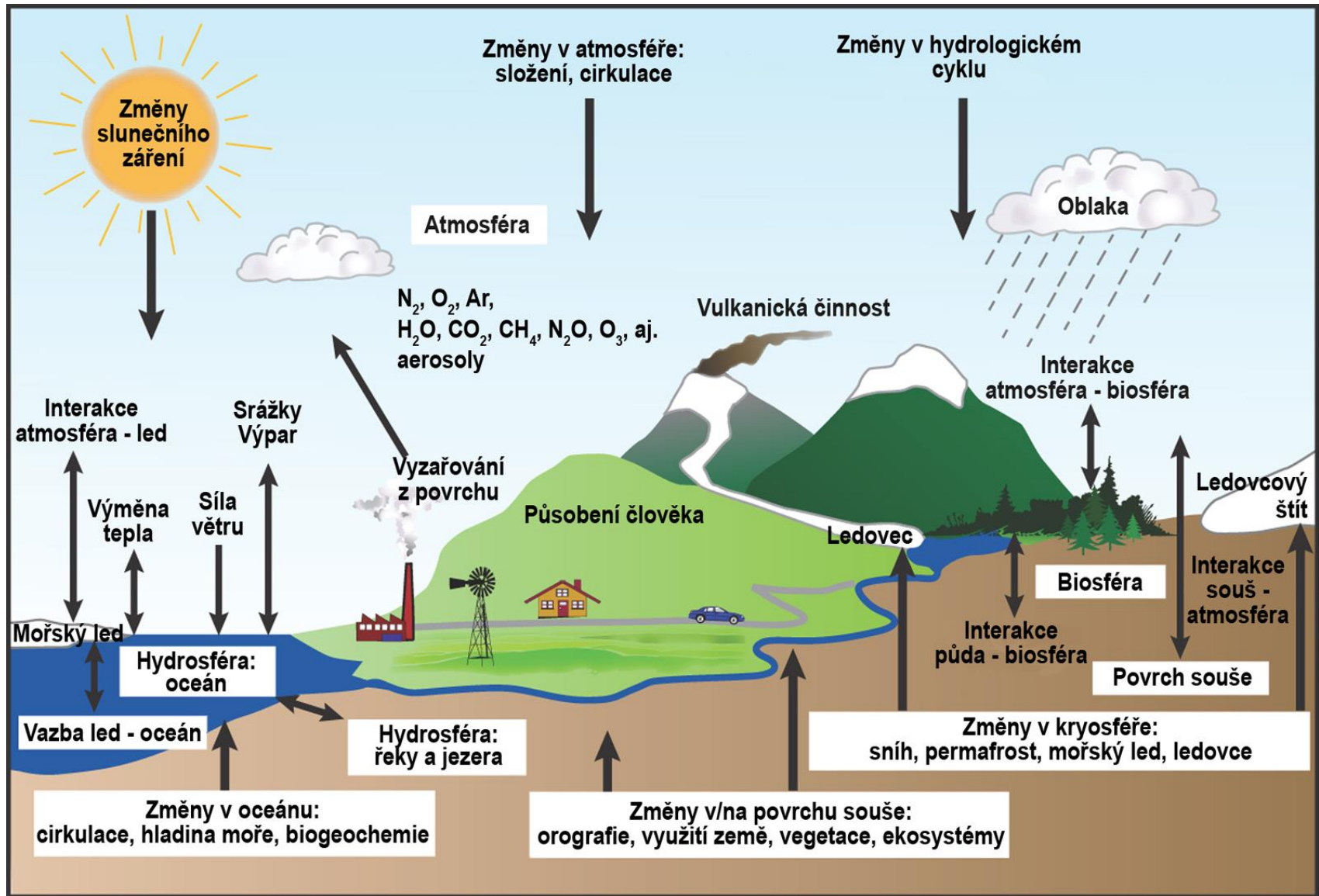


Schéma úplného klimatického systému a existujících vazeb v něm (upraveno podle FAQ 1.2, in Solomon et al., 2007)



### **WMO (Světová klimatická konference, 1979):**

Klima je syntézou počasí přes celé období dostatečně dlouhé pro určení statistických vlastností (průměr, rozptyl, pravděpodobnost extrémů atd.) a je nezávislé na nějakém okamžitém stavu.

### **W. J. Gibbs (1982):**

Klima je pravděpodobnost výskytu různých typů počasí na daném místě a v dané části dne, měsíce nebo roku. Klima je tak nejlépe popsáno pravděpodobnostním rozdělením různých meteorologických prvků a jejich pořadových a křížových korelací.

### **M. Hantel, H. Kraus, C.-D. Schönwiese (1987):**

Klima je statistické chování atmosféry, které je charakteristické pro relativně dlouhý časový úsek.

**Peixoto, J.P., Oort, A.H. (1991):**

The climate can be defined as a set of averaged quantities completed with higher moment statistics (such as variance, covariances, correlations, etc.) that characterize the structure and behavior of the atmosphere, hydrosphere, and cryosphere over a period of time.

**Barry, R.G., Chorley, R.J. (1998):**

Climate – the long-term state of the atmosphere encompassing the aggregate effect of weather phenomena – the extremes as well as the mean values.

Normálová období: 1901-1930, 1931-1960, 1961-1990, 1981-2010, 1991–2020 a jejich kombinace

1979 – světová konference **Klima a lidstvo** v Ženevě z popudu WMO – poukázáno na nutnost ochrany světového klimatu

Ustavení **Světového klimatického programu** (WCP - World Climate Programme) při WMO

**Mezivládní panel pro klimatické změny** (IPCC – Intergovernmental Panel on Climatic Change) v rámci WCP

- v původně pětiletých intervalech připravované zprávy o stavu světového klimatu k rokům 1990, 1995, 2000, 2005 (vydáno 2007), 2013 a 2021

Nastolení problému **ochrany světového klimatu** v mezinárodním měřítku – různé iniciativy (např. Kjótský protokol 1997, Pařížská dohoda 2015, CoP)

# Historie IPCC

- Založen v roce 1988 Světovou meteorologickou organizací (WMO – World Meteorological Organization) a Programem OSN pro životní prostředí (UNEP – United Nations Environment Programme).
- **Cíl:** nabídnout jasný vědecký pohled na současný stav klimatu a jeho změny a na možné environmentální a socioekonomické dopady těchto změn.
- **Neprovádí vlastní výzkum, vychází z informací, publikovaných v (odborné) literatuře.** Z nich sestavuje metaanalýzy a vydává je ve formě zpráv různého typu.
- Otevřen pro všechny státy světa, sdružené v OSN a WMO (v současné době 195 zemí).

(Podklady k IPCC jsou čerpány z vystoupení bývalého českého zástupce v IPCC, dr. L. Metelky – ČHMÚ Hradec Králové – na Geografickém ústavu, duben 2010)

# Organizace IPCC



IPCC Plenary

IPCC Bureau

IPCC Secretariat

Working  
Group I

The Physical  
Science Basis

TSU

Working  
Group II

Climate Change  
Impacts,  
Adaptation and  
Vulnerability

TSU

Working  
Group III

Mitigation  
of  
Climate Change

TSU

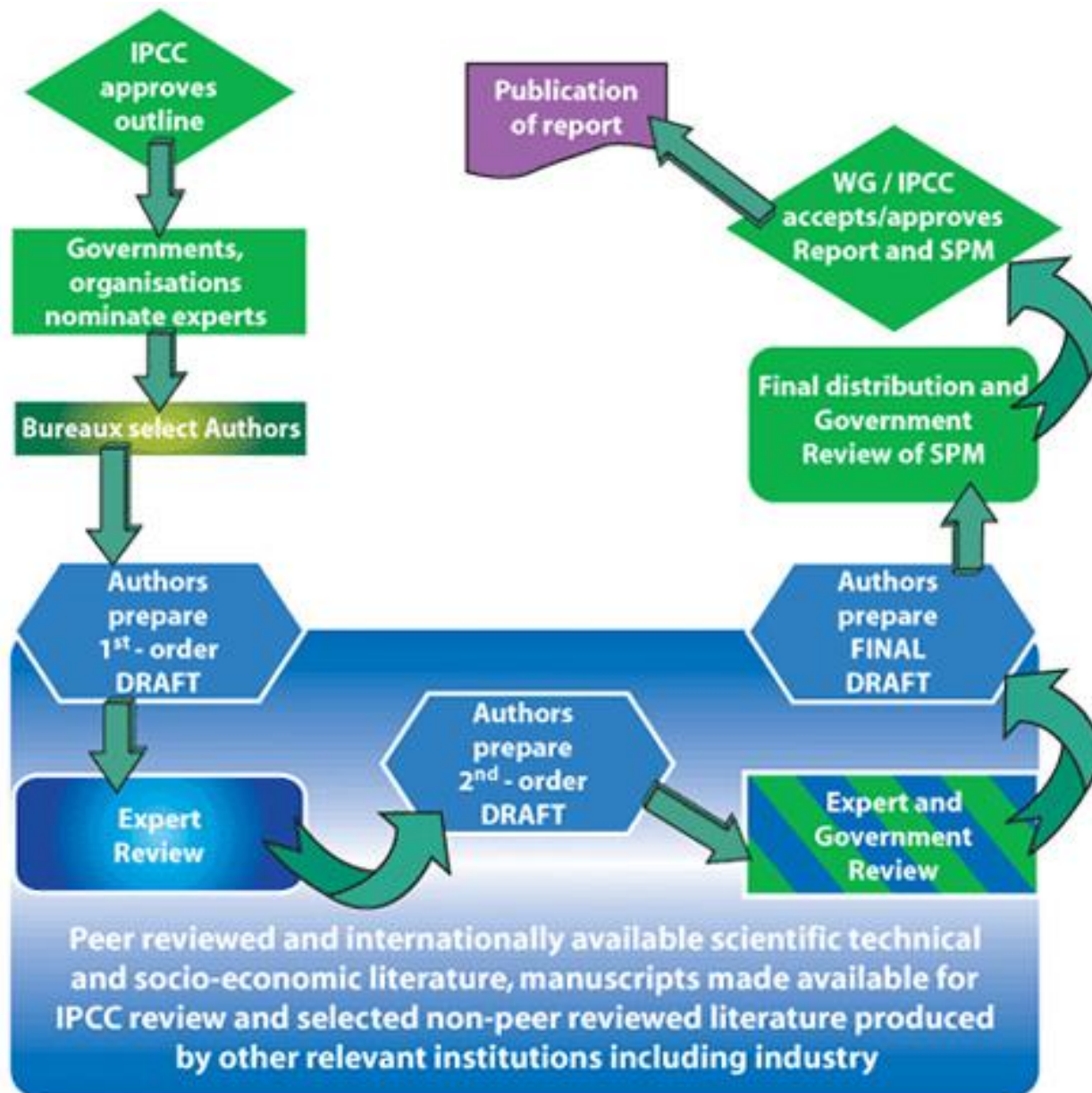
Task Force  
on  
National  
Greenhouse  
Gas  
Inventories

TSU

Authors, Contributors, Reviewers

Personální změny, změny v pravidlech a předpisech, schvalování dokumentů a zpráv: pouze plenární zasedání (cca 1x ročně)

# Zprávy a procedury IPCC



# CLIMATE CHANGE

*The IPCC Scientific Assessment*

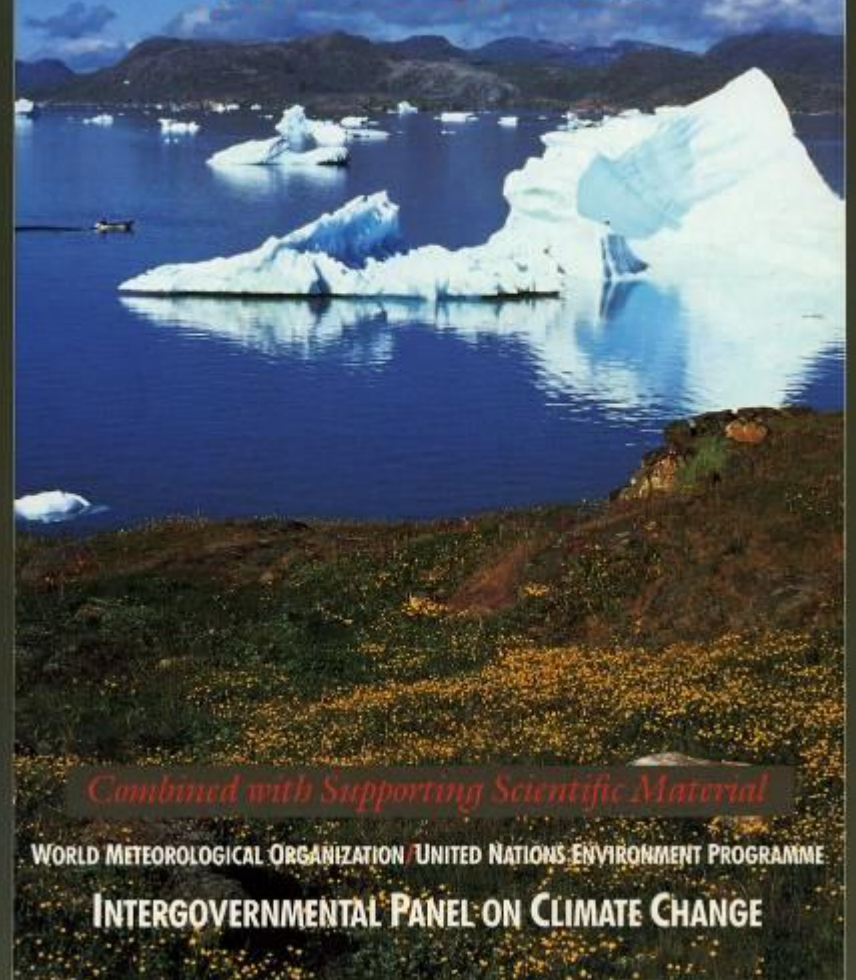


WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION / UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME

**INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE**

# CLIMATE CHANGE 1992

*The Supplementary Report to  
The IPCC Scientific Assessment*



*Combined with Supporting Scientific Material*

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION / UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME

**INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE**

# CLIMATE CHANGE 1995

## The Science of Climate Change

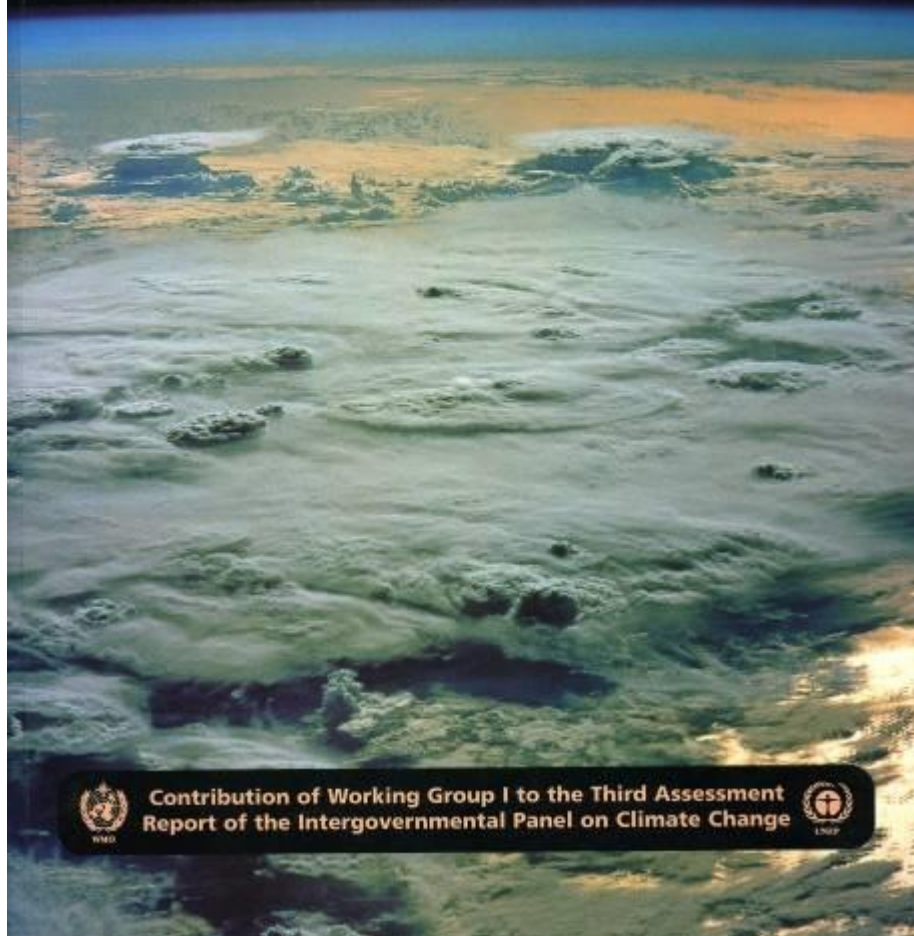


Contribution of Working Group I  
to the Second Assessment Report of the  
Intergovernmental Panel on Climate Change



# CLIMATE CHANGE 2001

*The Scientific Basis*



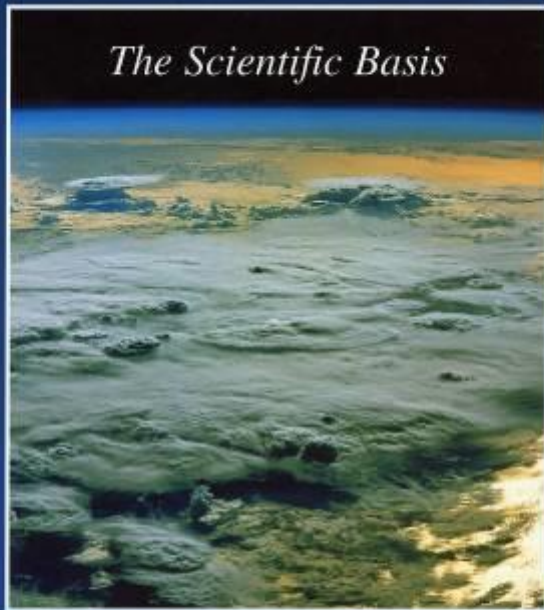
Contribution of Working Group I to the Third Assessment  
Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change





# Climate Change 2001

## *The Scientific Basis*



### Summary for Policymakers

A Report of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change

*and*

### Technical Summary of the Working Group I Report

A Report accepted by Working Group I of the IPCC but not approved in detail



Part of the Working Group I contribution to the Third Assessment  
Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change



# CLIMATE CHANGE 2001

## *Impacts, Adaptation, and Vulnerability*



Contribution of Working Group II to the Third Assessment  
Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change



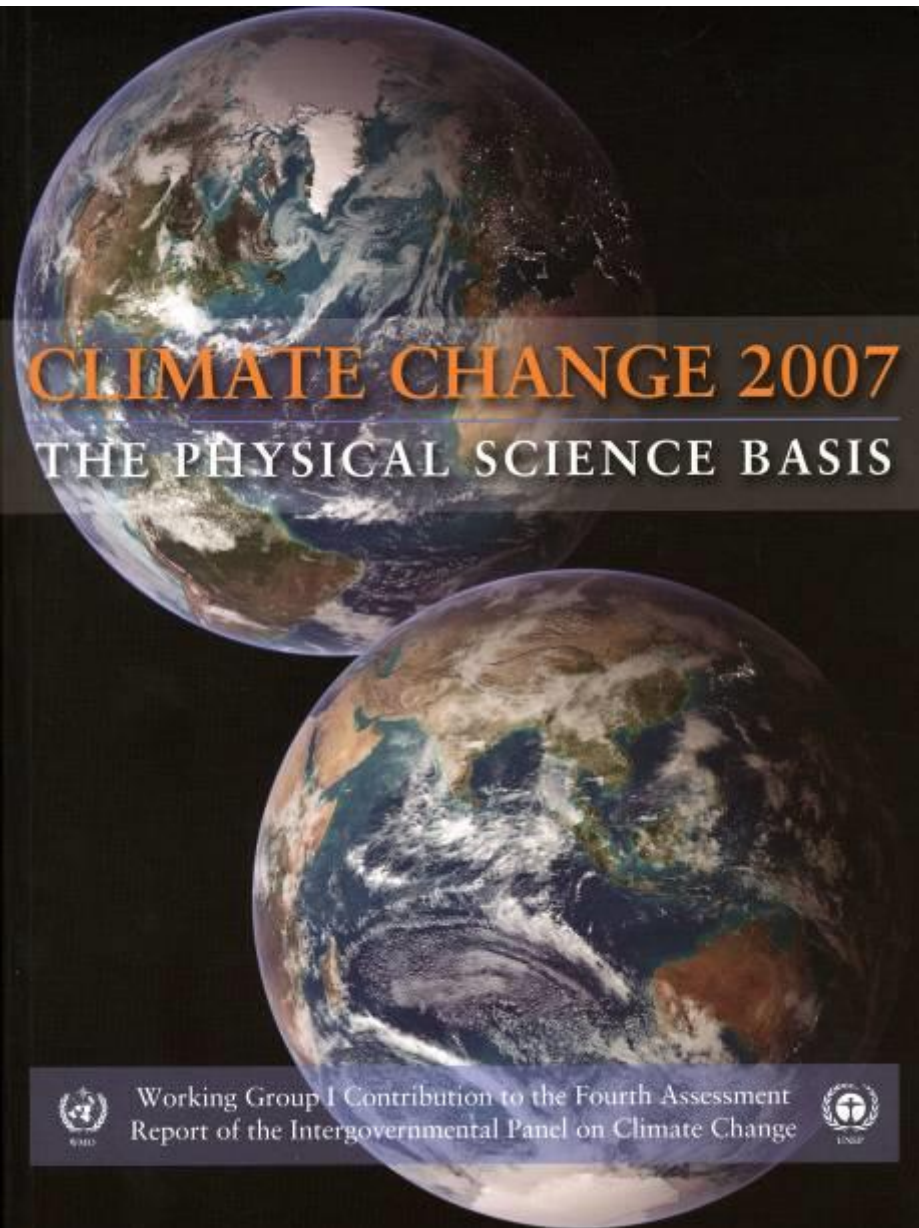
# The Economics of Climate Change

The Stern Review



NICHOLAS STERN

CAMBRIDGE



## CLIMATE CHANGE 2007 THE PHYSICAL SCIENCE BASIS



Working Group I Contribution to the Fourth Assessment  
Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change



# CLIMATE CHANGE 2013

## *The Physical Science Basis*

WG I

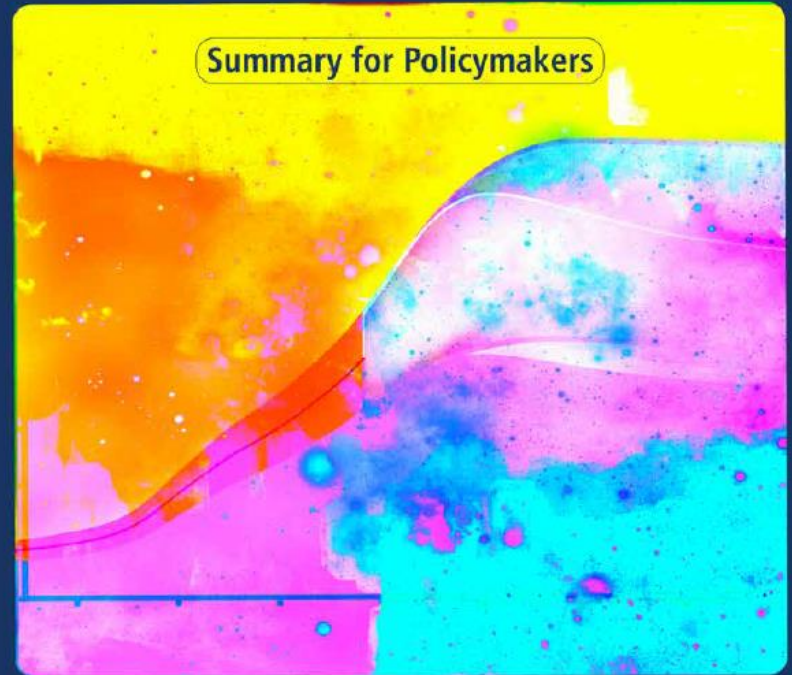
WORKING GROUP I CONTRIBUTION TO THE  
FIFTH ASSESSMENT REPORT OF THE  
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE



# Global Warming of 1.5°C

An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty

Summary for Policymakers



WG I | WG II | WG III



# The Ocean and Cryosphere in a Changing Climate

This Summary for Policymakers was formally approved at the Second Joint Session of Working Groups I and II of the IPCC and accepted by the 51th Session of the IPCC, Principality of Monaco, 24th September 2019

Summary for Policymakers



WG I WG II



# Climate Change and Land

An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems

Summary for Policymakers



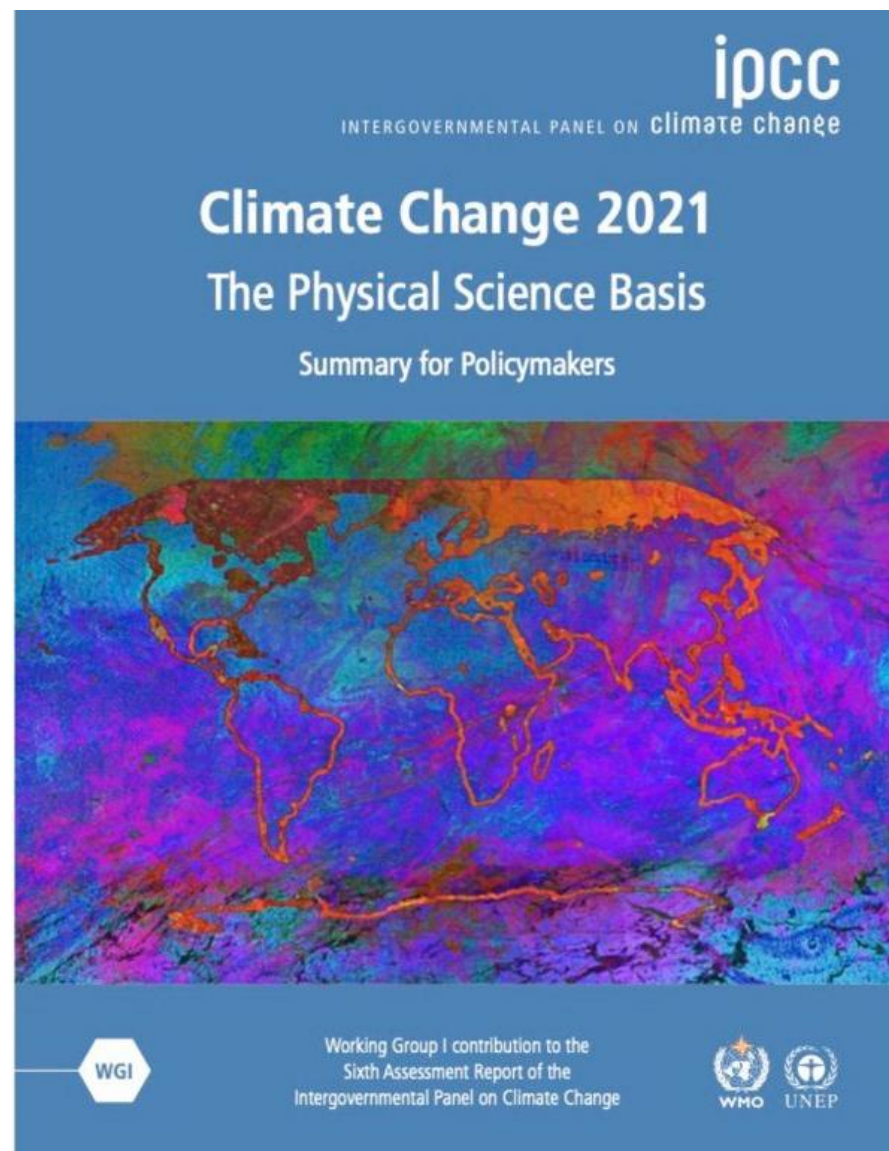
WG I WG II WG III



Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press (v tisku).

Český překlad „Summary for Policymakers - Shrnutí pro tvůrce politik“ je na stránkách MŽP ČR

[https://www.mzp.cz/cz/ipcc\\_fyzikalni\\_zaklady](https://www.mzp.cz/cz/ipcc_fyzikalni_zaklady)





PARIS CLIMATE  

---

AGREEMENT

**Pařížská dohoda** je dohoda v rámci Rámcové úmluvy OSN o změně klimatu, která má omezit emise skleníkových plynů po roku 2020 a navázat tak na **Kjótský protokol** (mezinárodní smlouva z 11. prosince 1997 k Rámcové úmluvě OSN o klimatických změnách, kde se průmyslové země zavázaly snížit emise skleníkových plynů o 5,2 %). Pařížská dohoda byla dojednána během Klimatické konference v Paříži 2015, byla schválena všemi 195 smluvními stranami a přijata 12. prosince 2015

### **Účel Pařížské dohody**

- (a) Udržení nárůstu globální průměrné teploty výrazně pod hranicí 2 °C oproti hodnotám před průmyslovou revolucí a úsilí o to, aby nárůst teploty nepřekročil hranici 1,5 °C oproti hodnotám před průmyslovou revolucí, a uznání, že by to výrazně snížilo rizika a dopady změny klimatu;
- (b) Zvyšování schopnosti přizpůsobit se nepříznivým dopadům změny klimatu a posilování odolnosti vůči změně klimatu a nízkoemisního rozvoje způsobem, který neohrozí produkci potravin;
- (c) sladění finančních toků s nízkoemisním rozvojem odolným vůči změně klimatu.



United Nations  
Climate Change



EN ▾



Home

Process and meetings

Topics

Calendar

Climate action ▾

Documents and decisions ▾

About us ▾

# Katowice Climate Package: Implementation guidelines for the Paris Agreement



COP24 KATOWICE  
UNITED NATIONS CLIMATE CHANGE CONFERENCE  
POLAND 2018



[Read the overview](#)

UN climate summit called COP – Conference of Parties (COP24 - prosinec 2018, COP25 – Madrid, prosinec 2019, COP26 – Glasgow, listopad 2021)



01-12 NOV 2021  
GLASGOW  
**COP26**



United Nations  
Climate Change



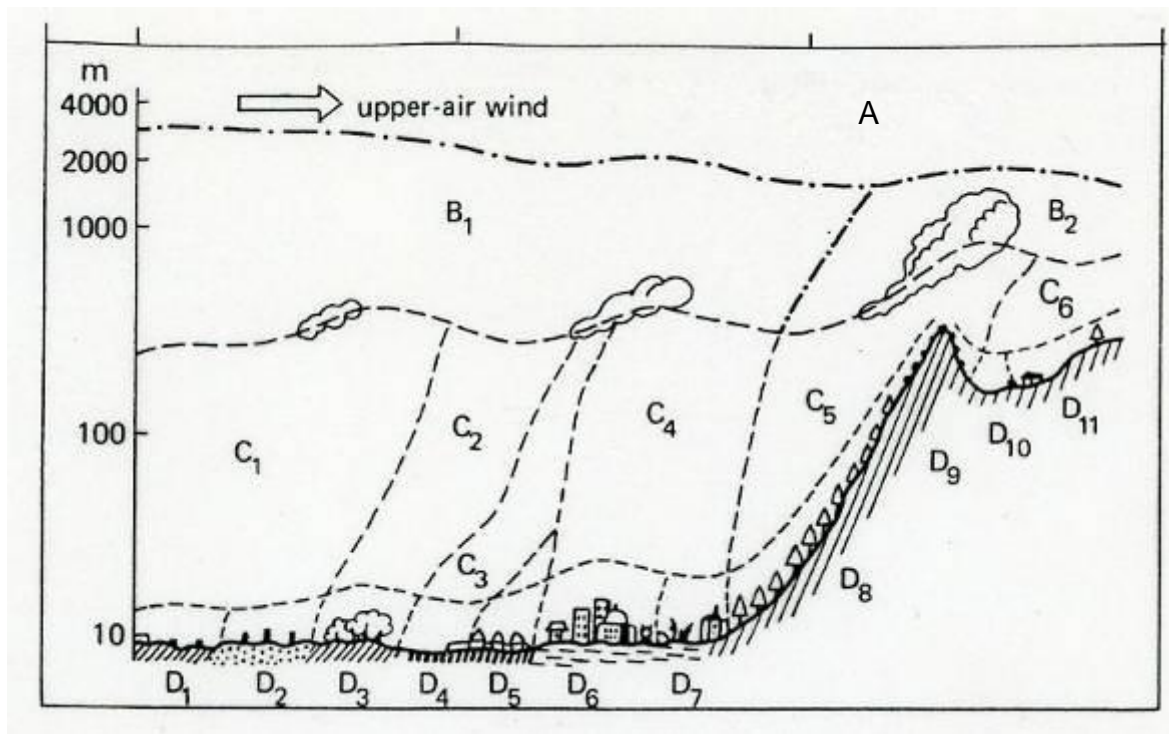
UN CLIMATE CHANGE  
CONFERENCE UK 2021  
IN PARTNERSHIP WITH ITALY



## 1.2 Vlastnosti úplného klimatického systému

### Prostorová proměnlivost ÚKS:

a) topická až chorická, b) regionální, c) globální



D – mikroklima, C – topoklima (místní klima), B – mezoklima, A - makroklima

## Časová proměnlivost ÚKS:

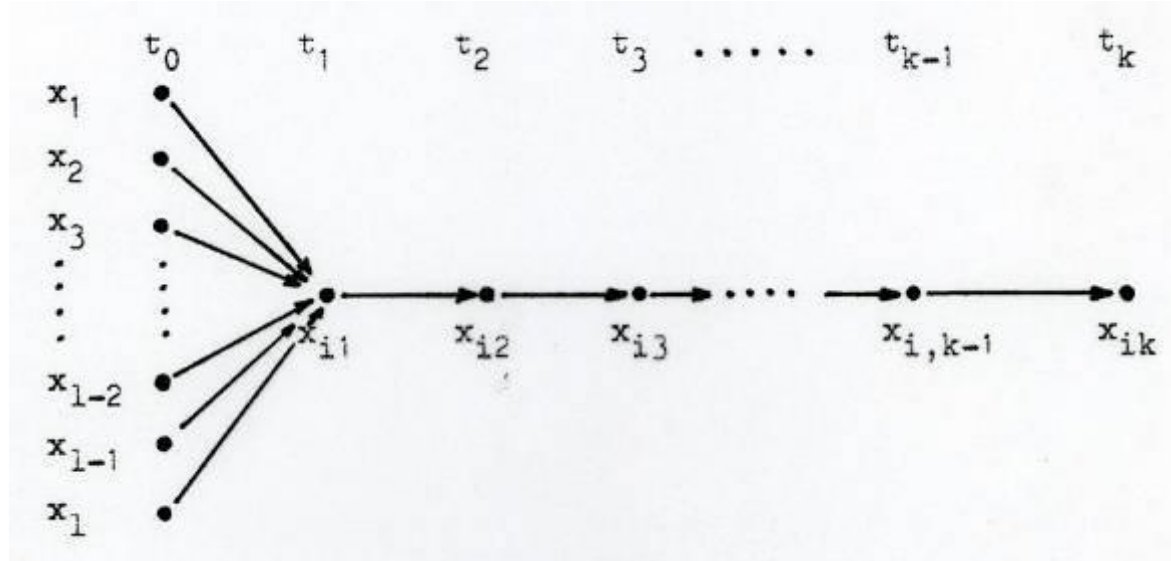
a) sezonní

b) meziroční (interannuální)

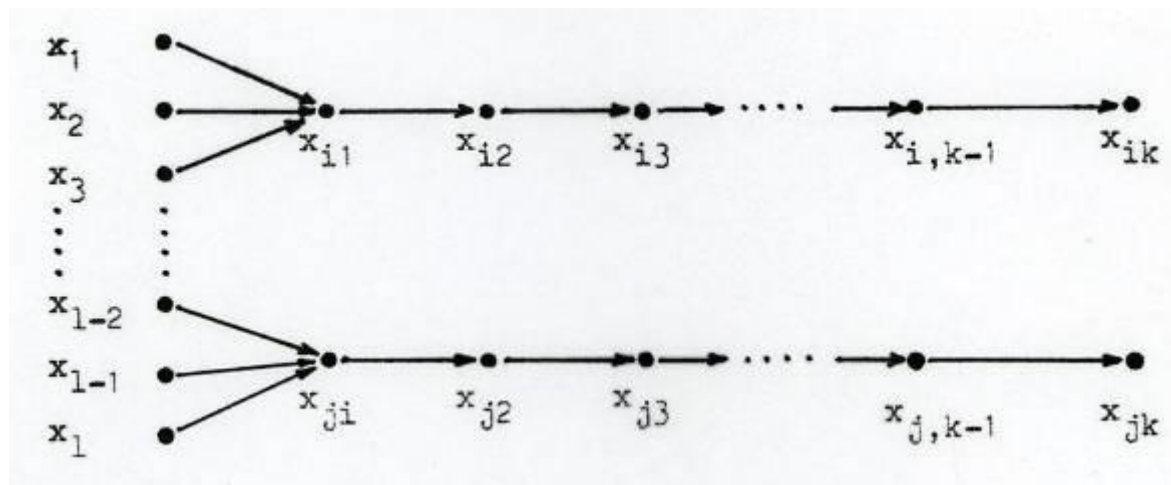
c) sekulární – změny a kolísání klimatu

- **změna klimatu** – klimatické výkyvy se zřetelně vyjádřeným dlouhodobým trendem (ochlazování, oteplování) v časovém intervalu  $10^3$  roků a více, podmíněné změnou základních klimatotvorných faktorů
- **kolísání klimatu** – klimatické výkyvy s nejasným dlouhodobým trendem v časovém intervalu  $10^0$ - $10^2$  roků, podmíněné vnitřní variabilitou klimatického systému a kolísáním klimatotvorných faktorů

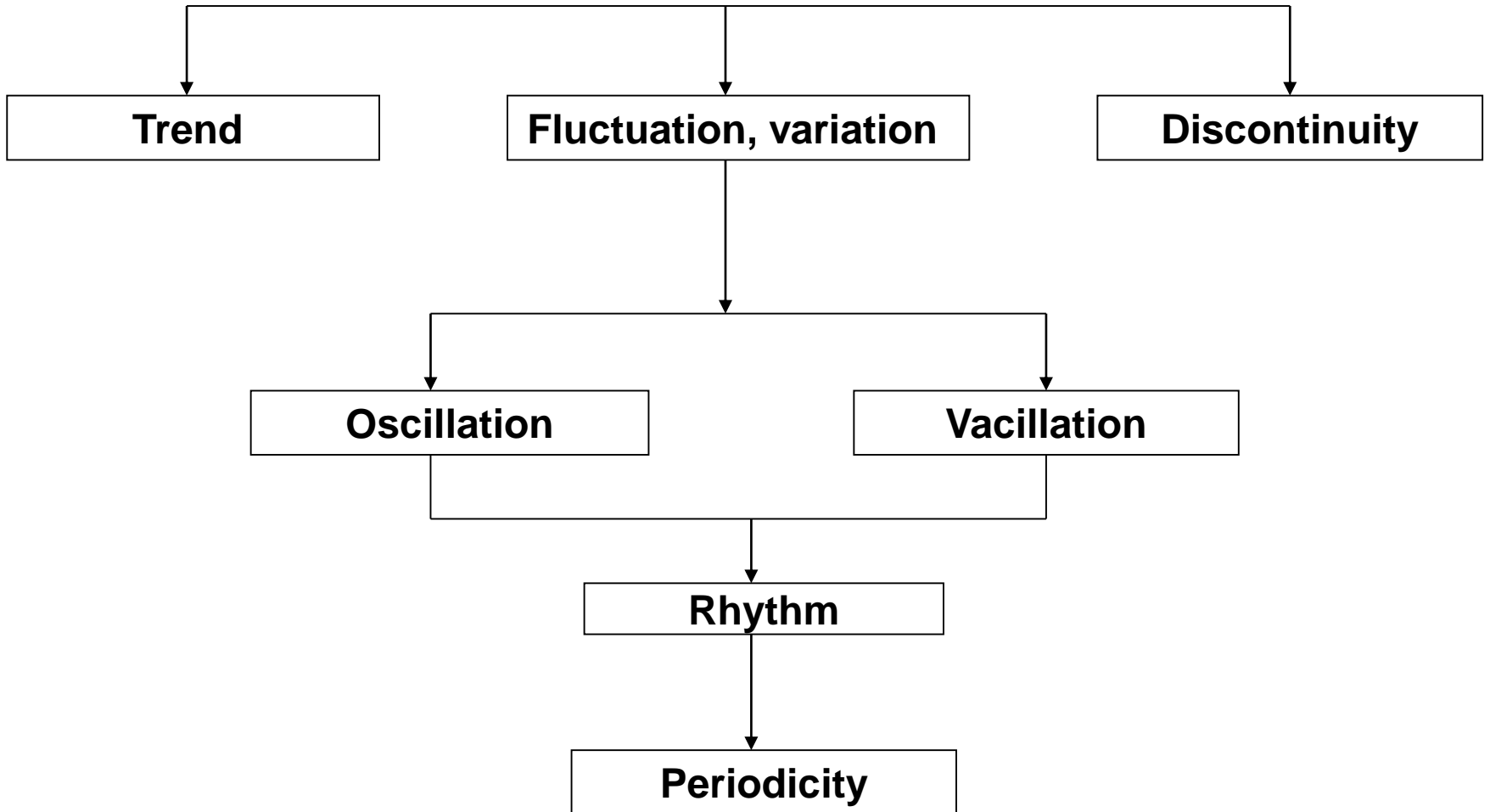
## Ergodický systém (tranzitivní)

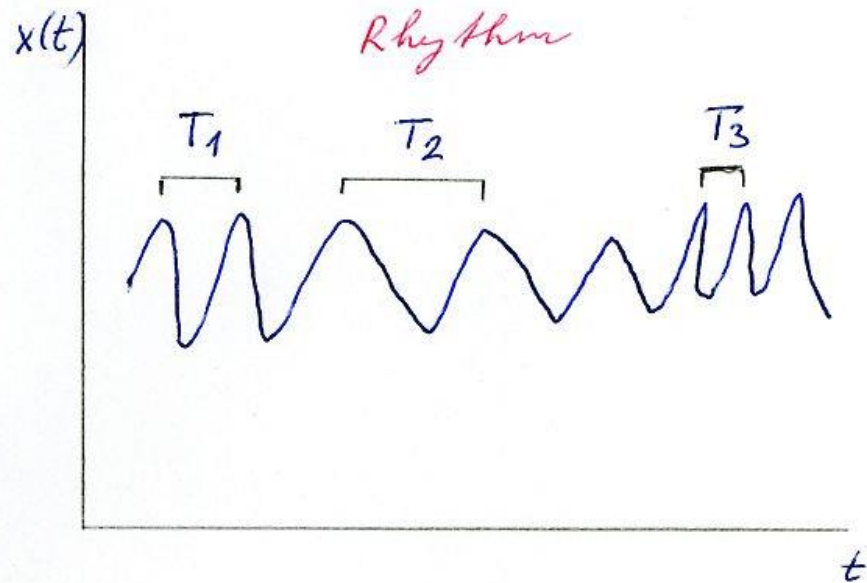
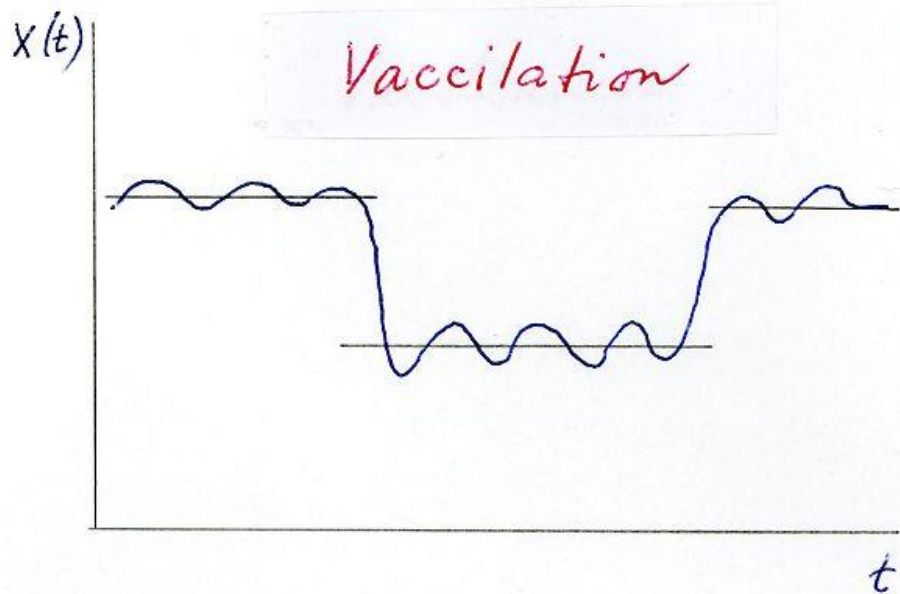
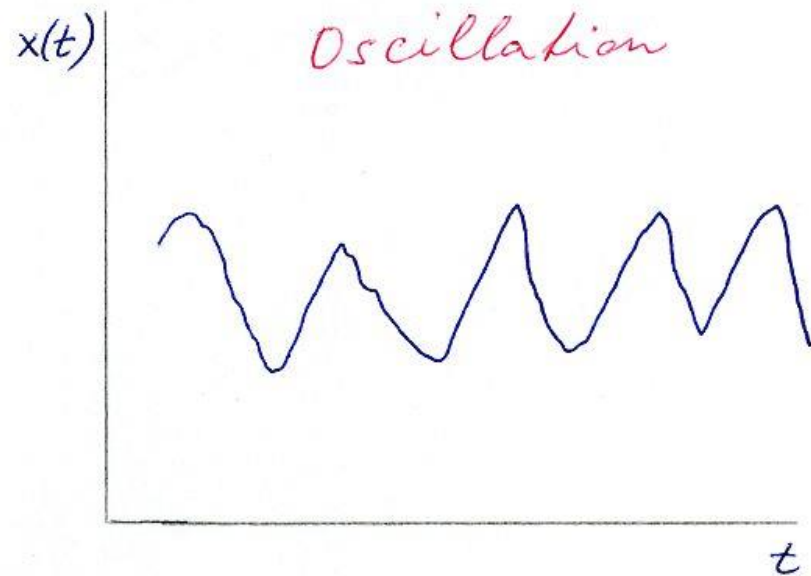
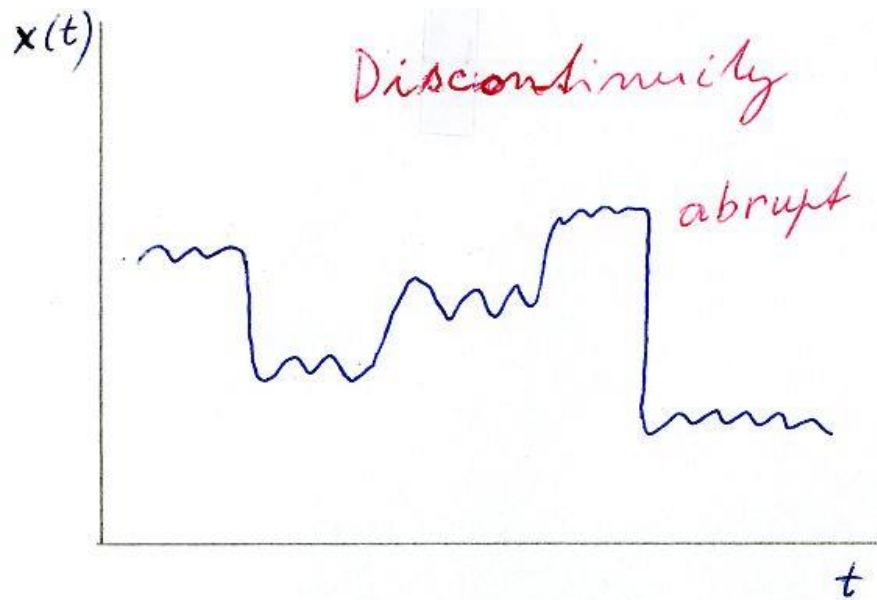


## Neergodický systém (netranzitivní)

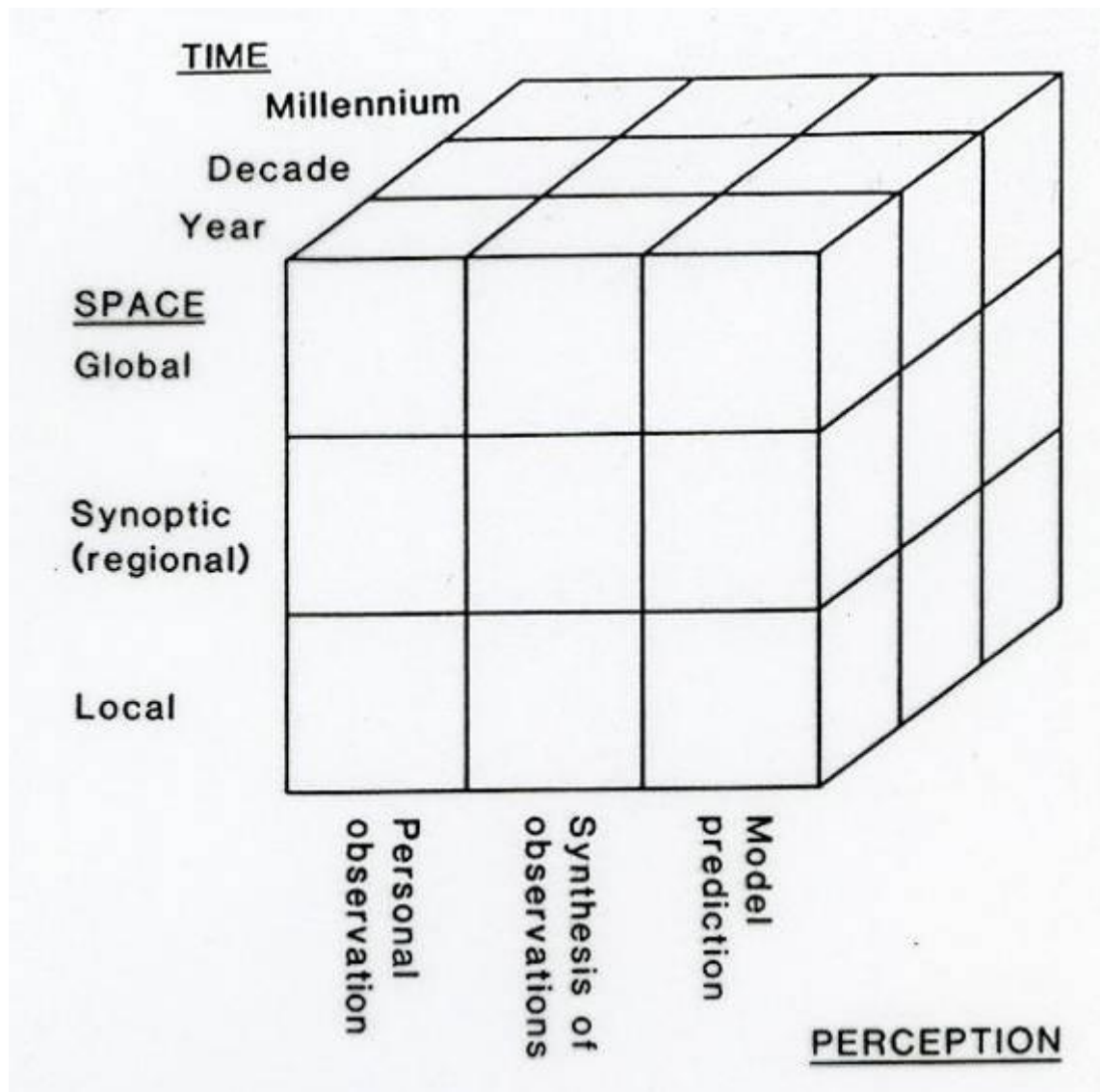


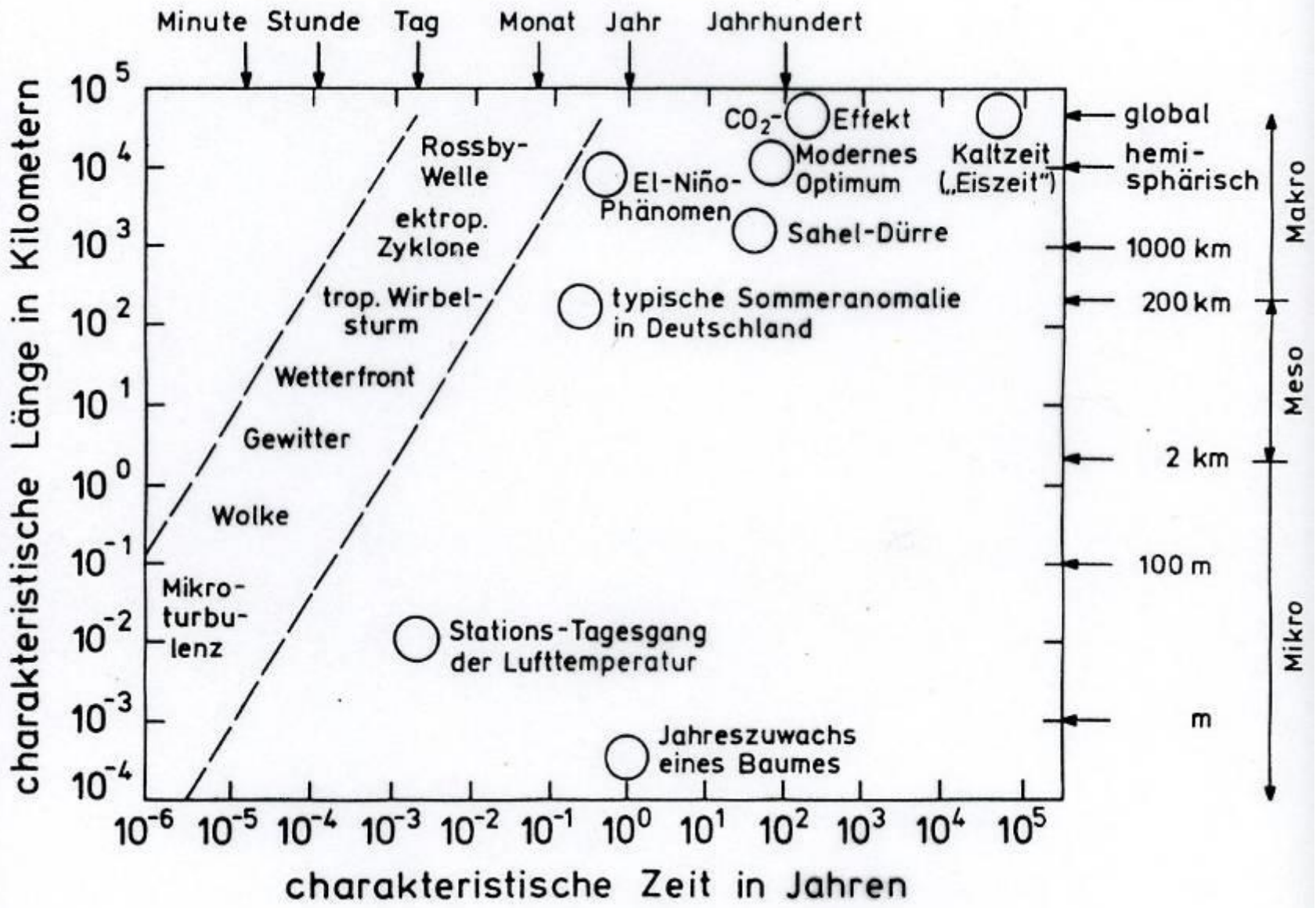
# All climatic change





# Klimatická kostka



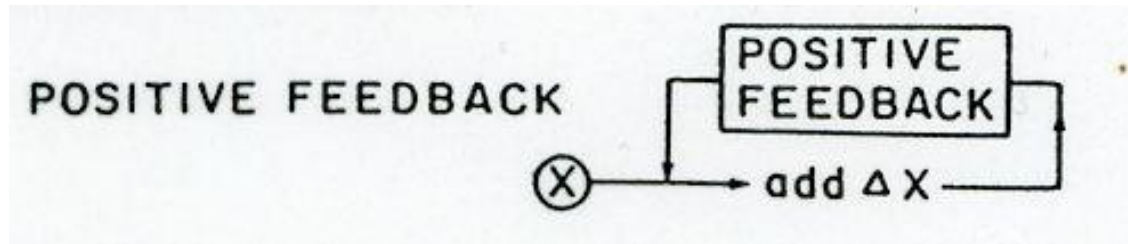




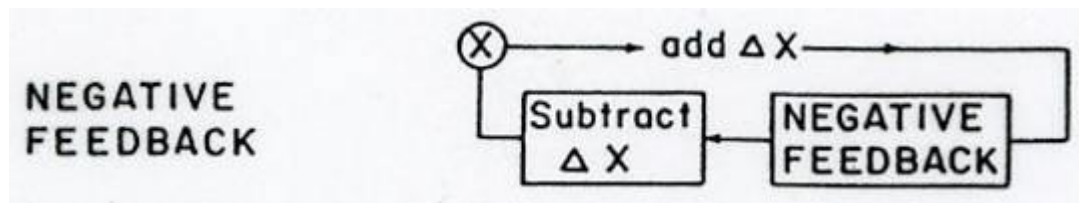
# Zpětné vazby v ÚKS (feedback)

- část výstupu je působením systému dodávána na vstup a současně mění výstup

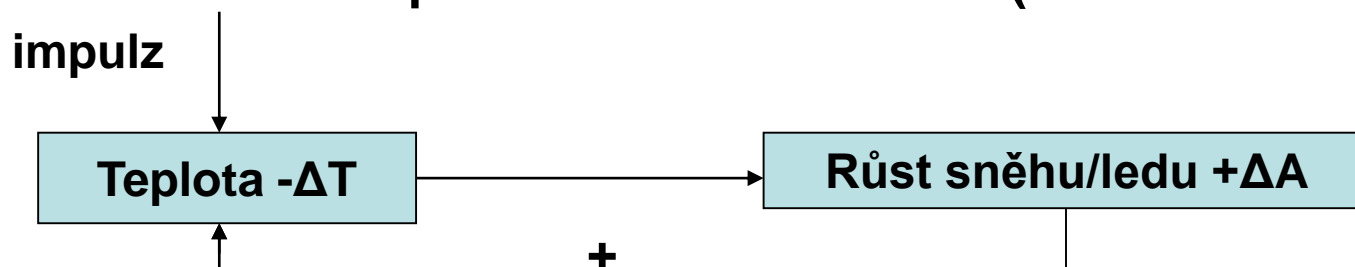
## Pozitivní zpětná vazba (zesílení působení)



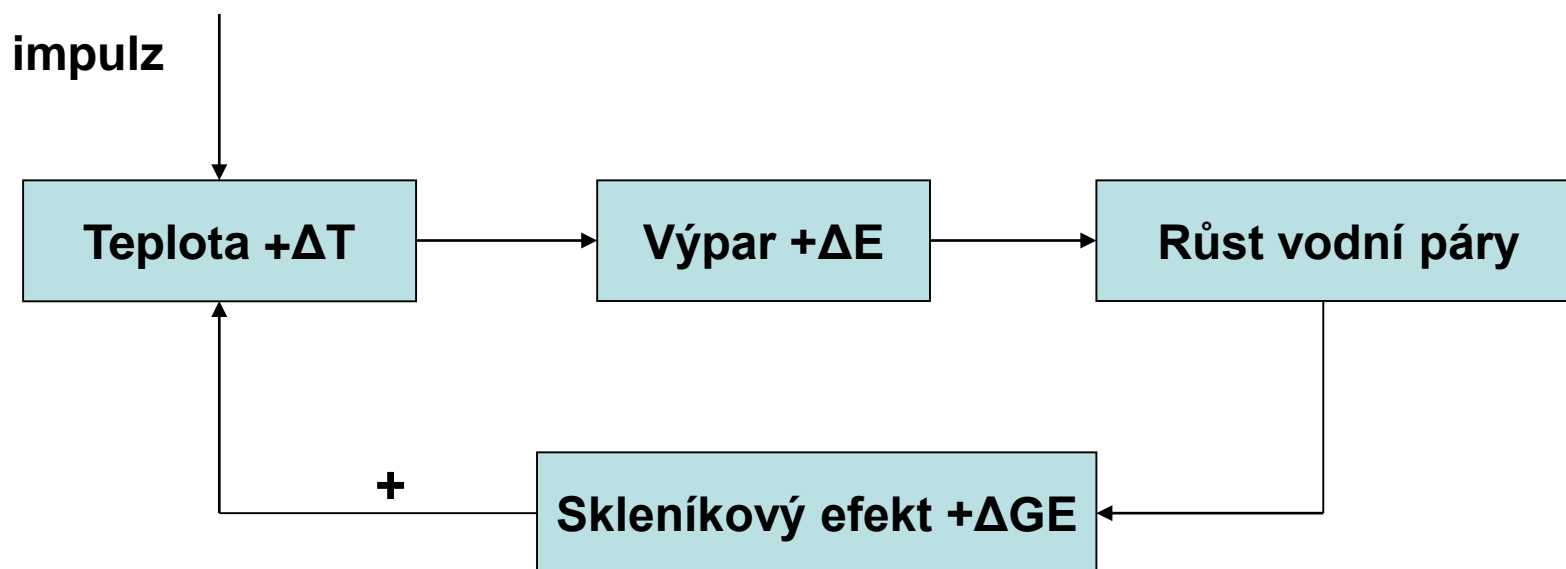
## Negativní zpětná vazba (zeslabení působení)



## Zpětná vazba led-albedo (Ice-albedo feedback)

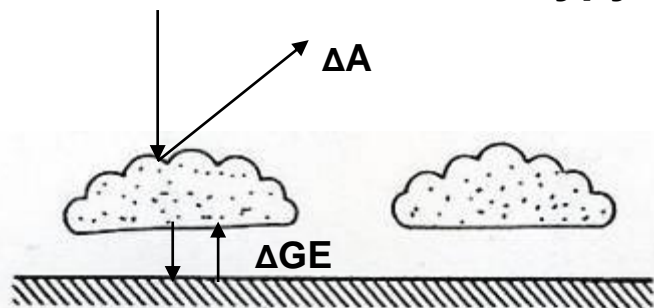


## Zpětná vazba vodní páry (Water vapour feedback)



# Zpětná vazba oblaků (Cloud feedback)

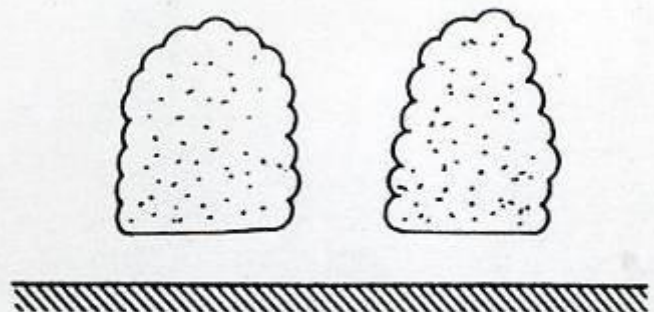
## Typy zpětné vazby oblaků



normální

**Vysoká oblaka:**

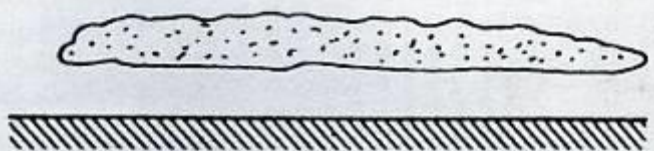
**$\Delta A < \Delta GE \rightarrow$  oteplování**



více kumulů

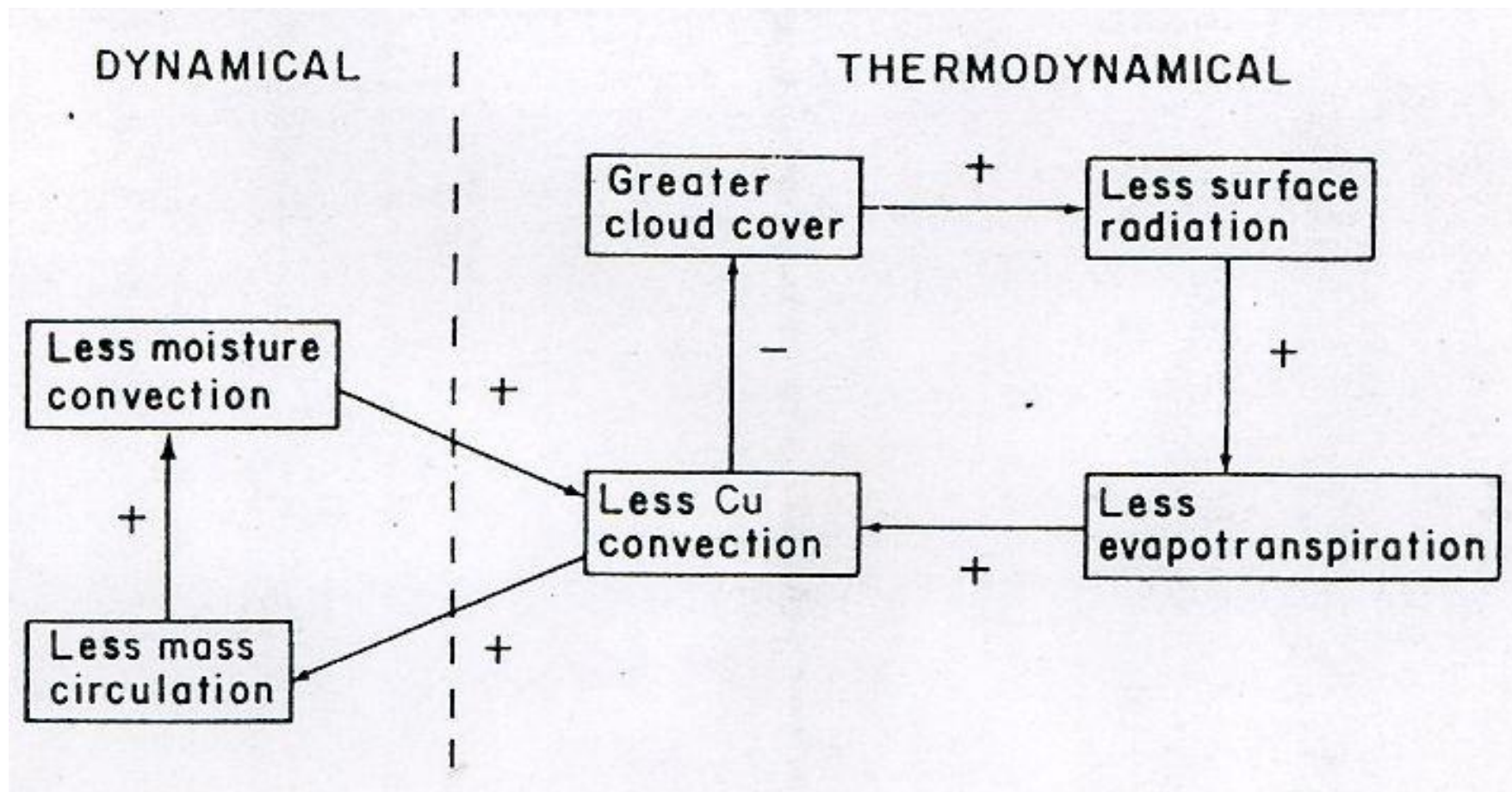
**Nízká a střední oblaka:**

**$\Delta A > \Delta GE \rightarrow$  ochlazování**



více stratů

Příklad dynamické a termodynamické zpětné vazby a její směry v případě změny množství kumulů

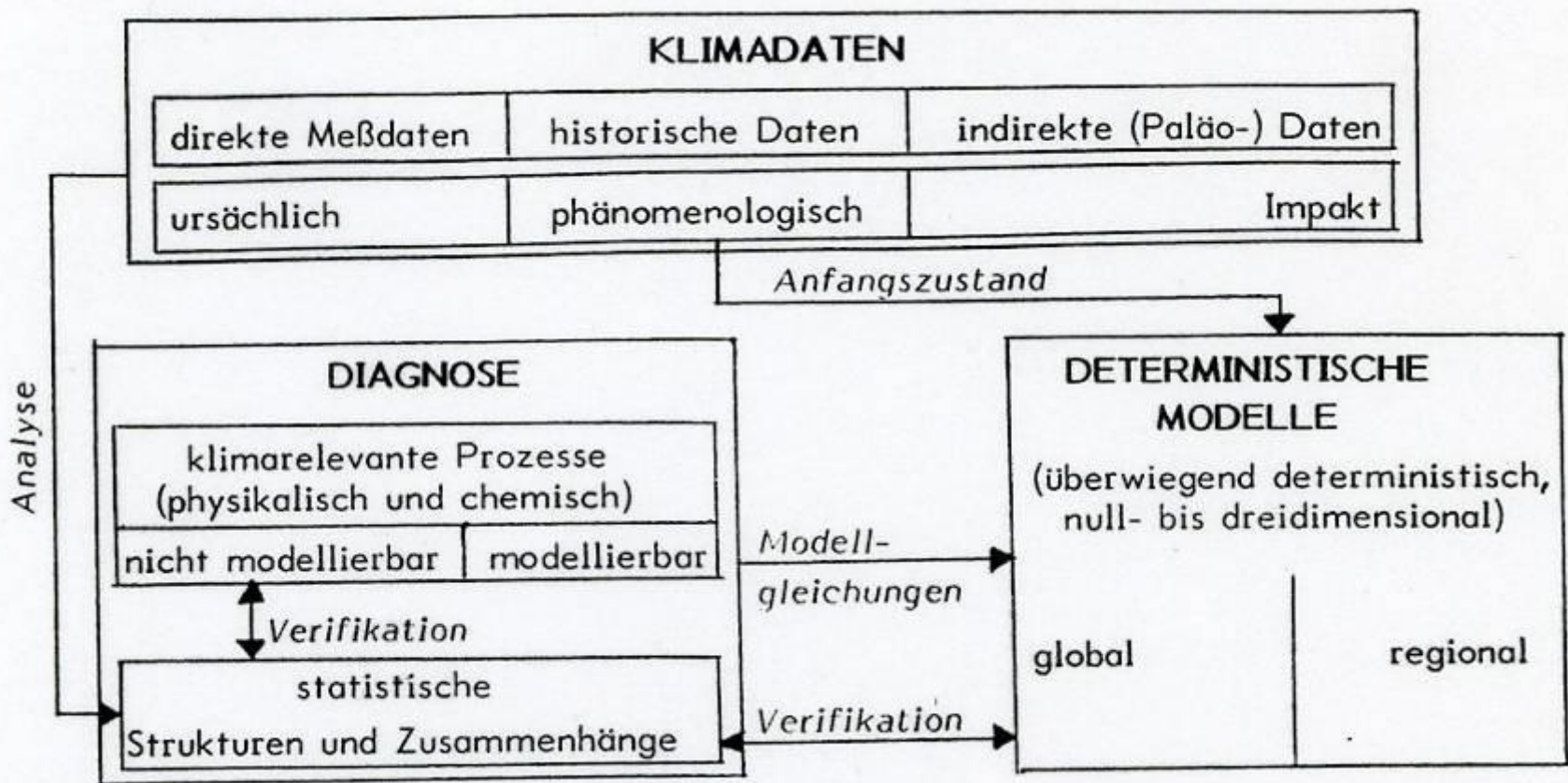


# Čas odezvy

(equilibrium time, response time, adjustment time)

Ovlivňuje význam a váhu zpětných vazeb v systému. Krátký čas odezvy znamená, že systém reaguje rychle na změnu – je kvazi-nestále rovnovážný.

Climatic domain	Equilibration time	
	Seconds	Equivalent
<i>Atmosphere</i>		
Free	$\sim 10^6$	$\sim 11$ days
Boundary layer	$\sim 10^5$	$\sim 24$ hours
<i>Ocean</i>		
Mixed layer	$\sim 10^8 - 10^9$	$\sim 7-8$ years
Deep	$\sim 10^{10}$	$\sim 300$ years
Sea-ice	$\sim 10^6 - 10^{10}$	Days-100s of years
<i>Continents</i>		
Lakes and rivers	$\sim 10^6$	$\sim 11$ days
Soil/vegetation	$\sim 10^6$	$\sim 11$ days
Snow and surface ice layer	$\sim 10^5$	$\sim 24$ hours
Mountain glaciers	$\sim 10^{10}$	$\sim 300$ years
Ice sheets	$\sim 10^{12}$	$\sim 3\,000$ years
Earth's mantle	$\sim 10^{15}$	$\sim 30$ million years



Konzepte klimatologického výzkumu – data, diagnóza, modelování