

Klimatologie a hydrogeografie

Lekce 1

Meteorologie a klimatologie jako vědní obory, klimatotvorné faktory, kategorie klimatu, meteorologická měření a pozorování



RNDr. Jiří Jakubínský, Ph.D. | 16. 10. 2018

Meteorologie a klimatologie

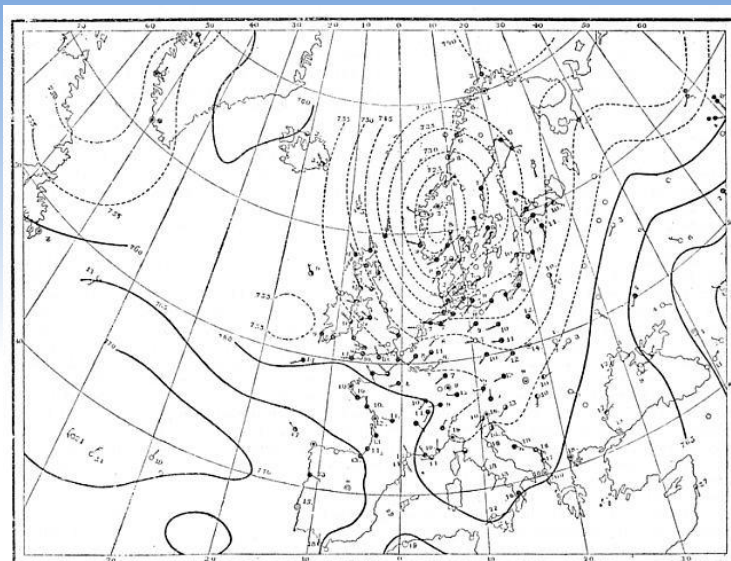
- vědní disciplíny o zemské atmosféře, klimatických a povětrnostních dějích a jevech, které se v ní odehrávají
- společný objekt studia, ale samostatný vývoj
- pozorování **závislosti zemědělské produkce na počasí a podnebí**
- úvahy o souvislosti počasí s vesmírnými tělesy
- první pokusy o pravidelná meteorologická pozorování (Řecko, 5. st. př. n. l.)
- věž větrů v Athénách
- **Plátón** (427-347 př. n. l.): „**meteora**“ – věci a jevy mezi nebem a zemí
- **Aristoteles** (384-322 př. n. l.): dílo **Meteorologica** – souhrn tehdejších meteorologických poznatků, další vývoj oboru v souvislosti s astronomií a geofyzikou
- **české země**: první zpráva o počasí z r. 1092 (**Kosmas**)
→ „A v samý týden velikonoční, dne 1. dubna, napadlo množství sněhu a uhodily takové mrazy, jako málokdy bývá uprostřed zimy.“

Meteorologie a klimatologie

- **středověk** – rozvoj meteorologie často souvisí s cestami objevitelů
- konstrukce **prvních meteorologických přístrojů** v 17. století
- Accademia del Cimento (Firence, založena 1657)
- Societas Meteorologica Palatina (Mannheim, založena 1780) - základy pro formulaci prvních meteorolog. teorií
- **E. Halley (1656-1742): první „meteorologická“ mapa** (mapa vzdušných proudů nad Atlantikem, Tichým a Indickým oc.)
- 18. a 19. století – **počátky souvislých meteorolog. pozorování a měření**, vznikají sítě meteorologických stanic
- **H. W. Brandes (1820): první mapa současného rozdělení tlaku vzduchu (synoptická mapa)** – další rozvoj s vynálezem telegrafu (1850)
- **A. von Humboldt a H. W. Dove (počátek 19. stol.): základy klimatologie**
- vznikají první pracoviště zaměřená na meteorologii a klimatologii (např. Ústřední ústav pro meteorologii a zemský magnetismus, Vídeň, založen 1851)

3

Meteorologie a klimatologie



Väderlekskarta på morgonen den 22 oktober 1874.

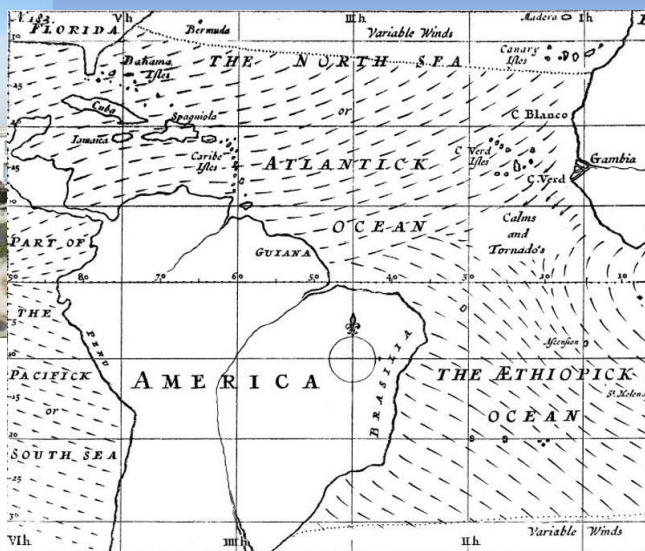
4

Meteorologie a klimatologie

- **české země:** nejstarší denní záznamy o počasí z let 1533-34
- souvislá meteorologická pozorování a měření od r. 1752 – **Praha, Klementinum** (A. Strnad)
- 2. pol. 19. stol. – s rozvojem poznatků z termodynamiky souvisí vznik **dynamické meteorologie**
- klimatologie se soustředila zejm. na výzkum geografických podmínek a regionálních odlišností – **W. Köppen**
- 20. století – intenzivní rozvoj meteorologie jako důsledek technologického pokroku (vznik **radiolokační a družicové meteorologie**, atd.)
- r. 1919 založen Státní ústav meteorologický v Praze (dnes **ČHMÚ**)
- potřeba mezinárodní spolupráce: vznik **Světové meteorolog. organizace (WMO)** při OSN v r. 1950 [v r. 2013 měla 191 členů]
- nový **problém 20. stol.:** **znečištění ovzduší** a nástroje jeho ochrany
- 21. století: projevy **klimatické změny**

5

Meteorologie a klimatologie



6

Meteorologie a klimatologie

- **meteorologie** („meteoros“ a „logos“)
 - **věda o atmosféře, o její stavbě, vlastnostech a v ní probíhajících fyzikálních procesech**
 - předpovídá a analyzuje **počasí** (tj. aktuální stav atmosféry, charakterizovaný souhrnem hodnot **meteorologických prvků** a **meteorologických jevů** v daném místě a čase)
 - **hlavními úkoly meteorologie** jsou zejm.: studium stavby a složení atmosféry, oběh tepla a vody v interakci se zemským povrchem, atmosférické pohyby, elektrické pole atmosféry, optické a akustické jevy v atmosféře Země
 - **dle zaměření meteorologii dělíme** na: **dynamickou, synoptickou, fyzikální, radiolokační** (radarovou) a **aplikovanou** (podle konkrétního využití v praxi – tj. biometeorologie, agrometeorologie, letecká a námořní meteorologie, atd.)
 - vyšší vrstvy atmosféry studuje **aerologie** a **aeronomie** (nad troposférou)

7

Meteorologie a klimatologie

- **meteorologické prvky**: sluneční záření, teplota vzduchu a půdy, tlak a vlhkost vzduchu, výpar, oblačnost a atmosférické srážky
- **meteorologické jevy**: tzv. **meteory** (úkazy pozorované v atmosféře nebo na zemském povrchu vyjma oblaků)
 - hydrometeory
 - litometeory
 - fotometeory
 - elektrometeory
- **povětrnost**: ráz počasí během několika dnů



Ohň Sv. Eliáše na observatoři Sonnblick (Rakousko)

8

Meteorologie a klimatologie

- **klimatologie**
 - věda o klimatech Země, o podmínkách a příčinách jejich utváření, o působení klimatu na objekty činnosti člověka a člověka samotného a naopak
 - **Hipparchos** (190-125 př. n.l.): závislost podnebí na sklonu dopadajícího slunečního záření („klinein“ – sklon)
 - předmětem klimatologie je studium **klimatu**
 - **úkolem klimatologie** je studovat obecné zákonitosti klimatických jevů, genezi klimatu, jeho změny a kolísání
 - dle míry vlivu aktivního povrchu na klimatotvorné procesy lze klimatologii dělit na: **klimatologii přízemní atmosféry, mezní vrstvy atmosféry a aeroklimatologii** (klíma volné atmosféry)
 - **obecná vs. aplikovaná klimatologie** (bio/agroklimatologie, technická či dopravní klimatologie, atd.)

9

Klimatotvorné faktory

- **klíma** (podnebí): **souhrn a postupné střídání všech stavů atmosféry** (podmínek počasí) **možných v daném místě**
- klíma je **relativně časově stálé** - trvalá fyzickogeografická charakteristika místa
- klíma je důsledkem **klimatotvorných procesů** – tj. fyzikálních procesů v atmosféře a aktivní vrstvě půdy
- procesy jsou důsledkem působení **klimatotvorných faktorů**
- **klimatotvorné faktory:**
 - **astronomické** (tvar Země, sklon zemské osy, změny sluneční aktivity, složení atmosféry, uchylující síla zemské rotace)
 - **geografické** (zeměpisná šířka, rozdělení kontinentů a oceánů, orografické poměry, vzdálenost od moří a oceánů, vegetační kryt, atd.)
 - **cirkulační** (planetární a místní cirkulace atmosféry)
 - **antropogenní** (změny vlastností atmosféry a zemského povrchu vlivem člověka)

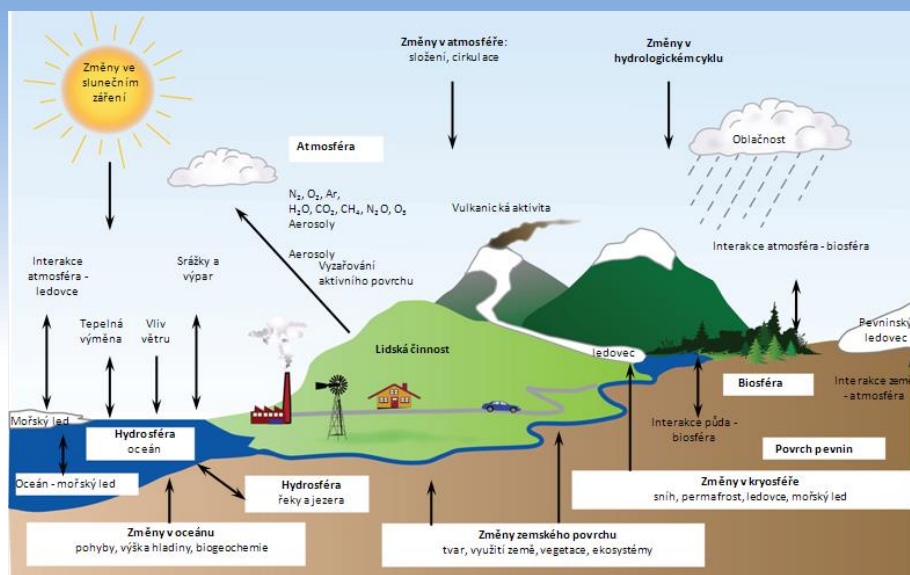
10

Klimatický systém Země

- **klimatický systém** – fyzickogeografická sféra Země
 - úplný klimatický systém se skládá z ...
 - atmosféry
 - hydrosféry
 - kryosféry
 - povrchu pevniny
 - biosféry
- } **aktivní povrch (vrstva) [AP]**
- „**aktivní vrstva** je část zemského povrchu na níž probíhá transformace zářivé energie na tepelnou a opačně a z níž se uskutečňuje transport tepelné energie do atmosféry a podloží turbulentní výměnou nebo molekulárním vedením“ (Netopil a kol. 1984)
 - **okamžitý stav úplného klimatického systému** lze tedy označit jako **počasí**

11

Úplný klimatický systém Země



12

Klimatický systém Země

- klimatický systém je prostorově a časově **velmi proměnlivý**
- **prostorová proměnlivost** klimatu může nabývat různého měřítka:
 - **topická až chorická** (příčinou může být např. vykácení lesa či zástavba)
 - **regionální** (způsobena cirkulačně podmíněnými změnami v rozložení meteorologických prvků)
 - **globální** (vázána na celou Zemi nebo její část)
- **časovou proměnlivost** klimatu lze rozlišit na:
 - **sezónní** (změny způsobené revolucí Země – změny počasí během roku)
 - **meziroční** (neperiodický ráz – střídání vlhkých a suchých let)
 - **sekulární** (dlouhodobé změny charakteru kolísání klimatu)

13

Kategorie klimatu

- značná **prostorová proměnlivost klimatického systému** umožňuje klima klasifikovat do následujících kategorií:
 - **mikroklima**
 - režim meteorologických dějů vznikající **vlivem stejnorodého AP**
 - vertikální rozměr podmíněn **charakterem AP** a jevy na vyšších úrovních (obvykle desítky metrů)
 - horizontální rozměr v řádech **stovek metrů**
 - mikroklima **nemusí vůbec vznikat**
 - „**kryptoklima**“ jako specifický typ mikroklimatu
 - **místní klima**
 - režim vznikající **vlivem morfologie, převládajícího složení a struktury biotické i abiotické složky AP a vlivem mikroklimat**
 - vertikální rozměr je dán výškou **přízemní vrstvy atmosféry** (80–100 m) a **lokální cirkulací** (podmíněnou reliéfem a „místním přehřátím“ – např. pole, zpevněný povrch)
 - horizontální rozměr obvykle **jednotky km** (režim meteorolog. dějů může být ovlivněn makrometeorologickými procesy)
 - **topoklima** – místní klima formované vlivem reliéfu

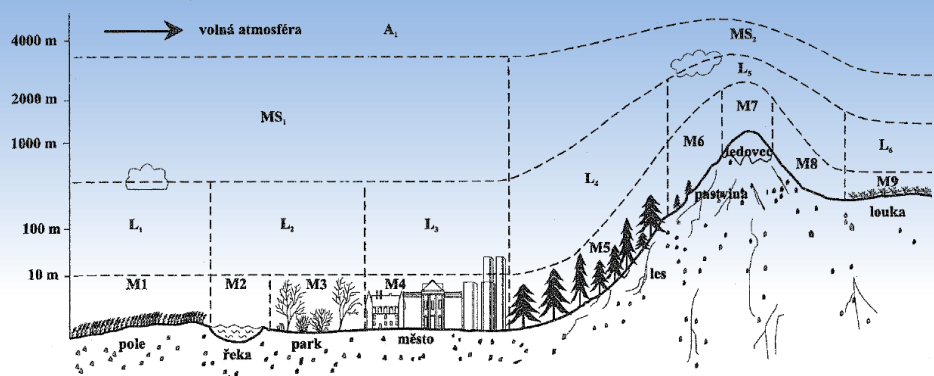
14

Kategorie klimatu

- **mezoklima**
 - režim vznikající **vlivem charakteru AP o větších rozměrech** („makrochora“), **výsledky antropogenní činnosti** (větší sídla, apod.), **vlivem makroklimat i místních klimat**
 - vertikálně omezeno **horní hranicí planetární mezní vrstvy atmosféry** (1–1,5 km)
 - **vlivem advekce** se mezoklima nemusí utvářet vůbec nebo může dosahovat až do výšky 3 km)
- **makroklima**
 - režim vznikající **vlivem interakcí mezi atmosférou a AP**, podmíněných jejich energetickou bilancí a planetární cirkulací
 - vertikálně omezeno **horní hranicí nižších klimatických kategorií a polohou tropopauzy** (9–17 km)

15

Kategorie klimatu



Zdroj: Vysoudil, 2006

16

Kategorie klimatu



17

Meteorologická měření a pozorování

- probíhají na **meteorologických** a **klimatologických stanicích** a pomocí **radiolokačních** a **družicových měření**
- **Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ)** – celkem 802 stanic (06/2011)
- **přízemní meteorologická měření a pozorování** jsou realizována:
 - **meteorologickými stanicemi** (ČHMÚ: plně profesionální, část pod správou AČR)
 - synoptické a letecké meteorologické stanice
 - agrometeorologické a fenologické stanice (ČHMÚ: Doksany)
 - **klimatologickými stanicemi** (ČHMÚ: obvykle dobrovolnické, částečně automatizované)
 - **srážkoměrnými stanicemi** (ČHMÚ: dobrovolnické, částečně automatizované)
 - **stanicemi se speciálním zaměřením** (pozorování a měření záření, dlouhodobý úhrn srážek, počet blesků, apod. – ČHMÚ: solární a ozónová laboratoř Hradec Králové)

18

Meteorologická měření a pozorování

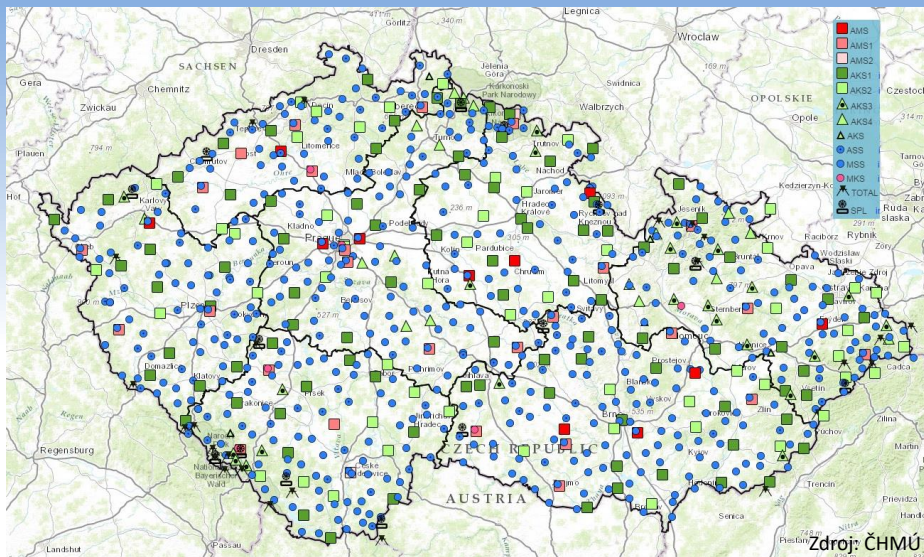
- **termíny měření a pozorování:**
 - **meteorologie**
 - hlavní synoptické termíny 00, 06, 12 a 18 h. UTC (tj. SEČ -1h, SELČ -2h)
 - vedlejší termíny 03, 09, 15 a 21 h. UTC
 - **klimatologie**
 - 7, 14 a 21 h. místního středního času
- profesionální stanice **standardně měří** teplotu, vlhkost a tlak vzduchu, směr a rychlost větru, úhrn srážek, výšku sněhové pokrývky, dobu trvání slunečního svitu, přízemní minimální teplotu (v 5 cm) a příkon fotonového dávkového ekvivalentu
- dále se **pozoruje** vodorovná dohlednost, pokrytí oblohy oblačností, charakteristiky oblačnosti, stav a průběh počasí, nebezpečné a zvláštní atmosférické jevy a náhlé změny počasí
- **nadstandardně se měří** výpar vody z vodní hladiny, teplota půdy, intenzita slunečního záření a čistota ovzduší

19



20

Meteorologická měření a pozorování



21

Meteorologická měření a pozorování

- **aerologická měření**
 - provádí **vertikální sondáž atmosféry** pomocí **radiosond** unášených balóny
 - informace o tlaku, teplotě a vlhkosti vzduchu, rychlosti a směru větru v daných výškových hladinách (zhruba do výšky 35 km)
 - ČHMÚ: **Praha-Libuš** a **Prostějov**
 - termíny: 00, 06, 12 a 18 h. UTC
- **radiolokační měření**
 - princip odrazivosti elektromagnetického záření od oblačnosti a atmosférických srážek
 - **radiolokační odraz** zachycen pomocí **meteorologického radaru**
 - analýzou odrazu lze zjistit informace o vzdálenosti a směru pozorovaných objektů od místa pozorování
 - ČHMÚ: radiolokační stanice **Brdy-Praha** a **Skalka** (Drahanská vrchovina)

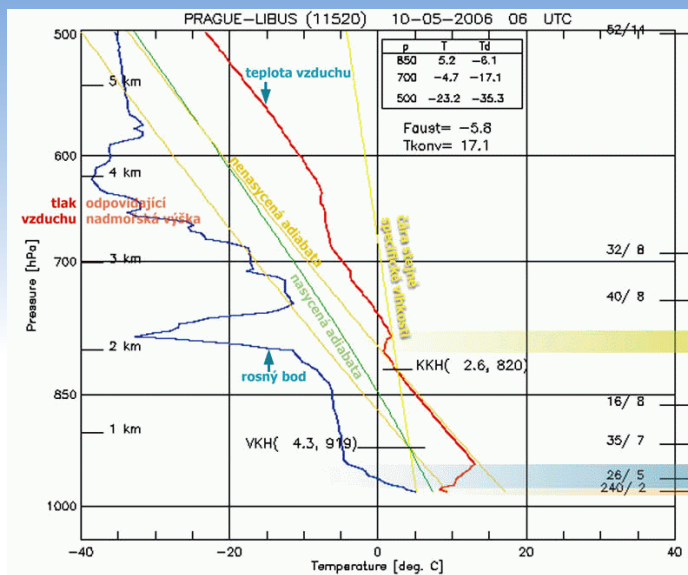
22

Meteorologická měření a pozorování



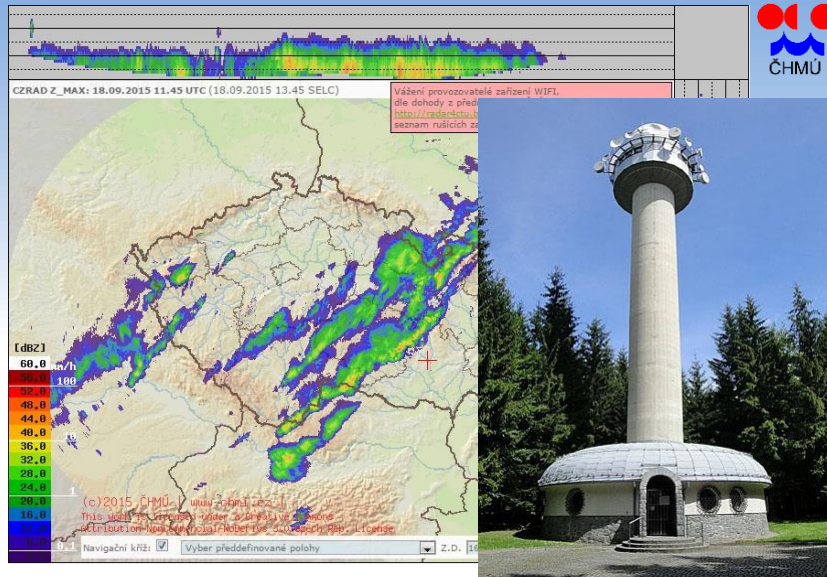
23

Meteorologická měření a pozorování



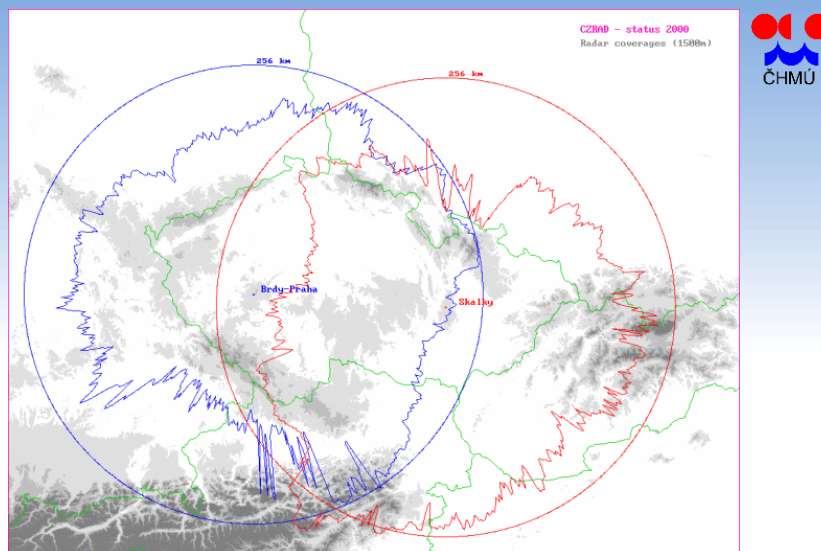
24

Meteorologická měření a pozorování



25

Meteorologická měření a pozorování



26

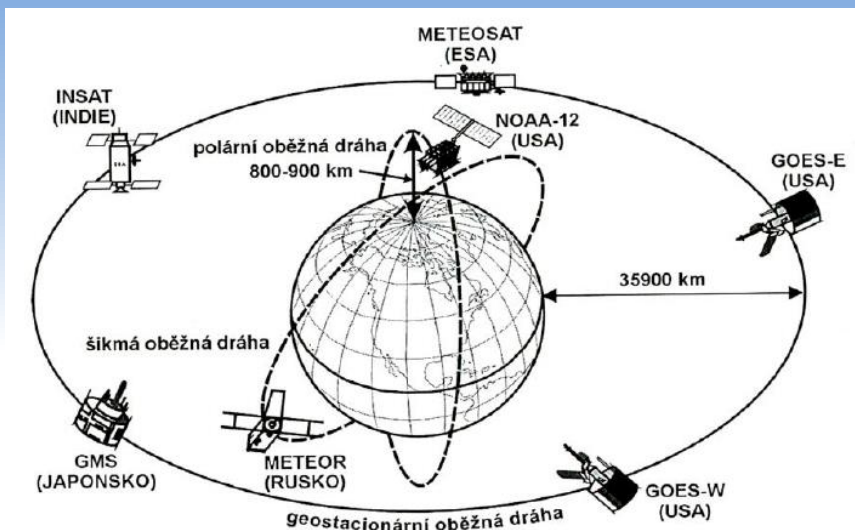
Meteorologická měření a pozorování

- **družicová měření a pozorování**

- operativní informace o stavu atmosféry nad velkými částmi Země
- **světový meteorologický kosmický systém** (→ DPZ)
 - kosmický subsystém (soubor družic pro pozorování povrchu Země a atmosféry)
 - pozemní subsystém (infrastruktura k příjmu a zpracování dat z družic)
- družice se pohybují po třech **orbitálních drahách** specifických výškou nad povrchem Země a svou polohou
 - **geostacionární (rovníková) dráha** (cca 35 900 km, např. METEOSAT, ENVISAT, GOES, GOMS)
 - **šikmá dráha** (300–600 km, METEOR)
 - **subpolární dráha** (800–900 km, např. LANDSAT, SPOT, TERRA, NOAA,)
- družice s šikmou a subpolární dráhou letu jsou nověji označovány jako „LEO“ (Low Earth Orbit), přelet nad jedním územím obvykle 2 × denně
- družice s geostacionární dráhou („GEO“ – Geostationary Earth Orbit) „visí“ nad určitým územím (oblast snímání cca 80° s. š. – 80° j. š.)

27

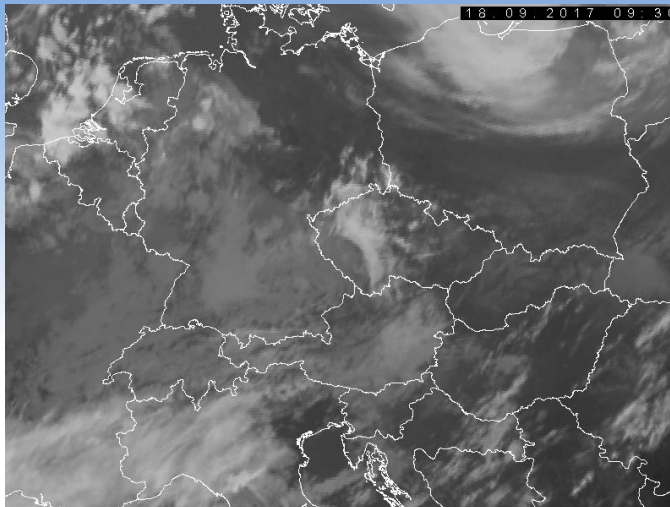
Meteorologická měření a pozorování



Zdroj: Vysoudil, 2006

28

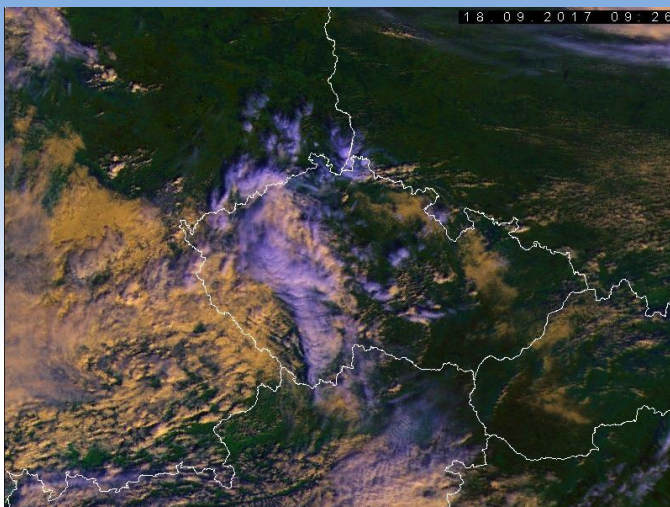
Meteorologická měření a pozorování



Snímek oblačnosti z družice MSG (Meteosat 2. generace), Meteosat-8, resp. Meteosat-9 v pásmu tepelného záření (IR), zdroj: ČHMÚ, EUMETSAT

29

Meteorologická měření a pozorování



Snímek oblačnosti z polární družice NOAA (RGB 124 kompozit, vícekanálová barevná syntéza), zdroj: ČHMÚ, NOAA

30

Meteorologická měření a pozorování

- význam družicového měření a pozorování **pro potřeby meteorologie:**
 - monitoring aktuálního počasí a jeho předpověď
 - parametry oblačnosti
 - rychlost a směr větru na lokální i globální úrovni
 - studium tropických cyklon a možnost predikce jejich vzniku
- **pro potřeby klimatologie:**
 - energetické toky v rámci úplného klimatického systému Země
 - teplota povrchu oceánu
 - globální rozložení teploty vzduchu a AP
 - globální rozložení a charakter vodních par / oblačnosti
 - proudění větru a cirkulace vzduchu na globální úrovni

31

Meteorologická měření a pozorování

- většina meteorologických prvků v současnosti měřena **automatickými přístroji**
- řada stanic je však stále vybavena **tradičními přístroji**, umístěnými na **meteorologickém měrném pozemku**



32

Meteorologická měření a pozorování

- **meteorologická budka**

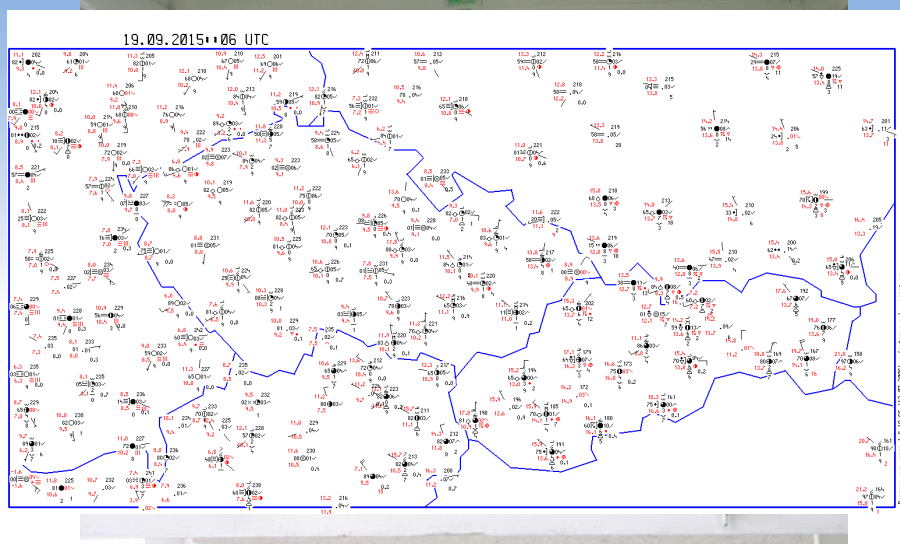
- bílá barva
- dřevěné dvojité žaluzie a drátěné dno
- dvojitá stříška
- výška nad povrchem 180 cm
- dvířka orientována k severu
- obsah budky:
 - 2 staniční teploměry (suchý a vlhký)
 - vlasový vlhkoměr (hygrometr)
 - extrémní teploměry (Sixův t., min. a max.)
 - termograf
 - hygrograf



- výsledky kontinuálních měření předávány na centrální pracoviště prostřednictvím **zprávy SYNOP** (1x hod.)
- náhlé změny počasí (překročení stanovených mezí) na stanici předávány ihned ve formě **zprávy BOURE**

33

Meteorologická měření a pozorování



34

Meteorologická měření a pozorování



35

Meteorologická měření a pozorování

NAME: Brno, Czech Republic
 ELEV: 200 meters LAT: 49-11.22 N LONG: 016-35.70 E

TEMPERATURE (C)

YR	MO	MEAN MAX	MEAN MIN	MEAN	HEAT DEG DAYS	COOL DEG DAYS
2016	01	2.7	-2.3	0.2	493.1	0.0
2016	02	8.8	2.2	5.4	374.5	0.0
2016	03	10.8	2.2	6.3	371.9	0.0
2016	04	16.6	5.4	11.1	216.0	0.0
2016	05	23.2	11.1	17.1	66.6	28.6
2016	06	28.1	15.2	21.4	2.7	95.9
2016	07	30.0	16.5	23.2	7.1	141.9
2016	08	26.0	14.8	20.3	8.9	70.0
2016	09	23.9	13.1	18.4	40.8	44.0
2016	10	17.1	9.9	13.8	25.9	0.0
2016	11					
2016	12					
		19.1	8.9	13.9	1607.6	380.2

PRECIPITATION (mm)

YR	MO	TOTAL	MAX OBS. DAY	DATE	---DAYS OF RAIN--- OVER		
					0.30	3.00	30.00
2016	01	8.4	4.1	14	3	1	0
2016	02	62.2	15.7	18	12	5	0
2016	03	33.8	18.8	08	8	3	0
2016	04	31.5	9.4	08	8	3	0
2016	05	23.1	7.4	29	7	3	0
2016	06	23.1	8.4	15	5	3	0
2016	07	128.8	52.8	31	10	8	1
2016	08	28.2	14.7	21	4	3	0
2016	09	7.6	6.3	05	2	1	0
2016	10	6.1	4.1	04	2	1	0
2016	11						
2016	12						
		352.8	52.8	Jul	61	31	1

36

Meteorologická měření a pozorování

- **intenzita slunečního záření**
 - **pyranometry (solarimetry)** - měření charakteristik elektromagnetického záření
 - registrují globální, rozptýlené i odražené záření o vlnové délce 0,3–3,0 μm
 - množství záření dopadajícího na jednotku plochy
 - ČHMÚ: měření pouze na vybraných stanicích
 - denní chod průměrných hodinových úhrnů globálního záření



37

Meteorologická měření a pozorování

- **délka trvání slunečního svitu**
 - **heliograf (Campbell-Stokes)**
 - koule z žíhaného optického skla
 - záznamový pásek pro vypálení stopy
 - 3 typy záznamových pásků
 - nutné nastavit podle z. š. stanice
 - **izohélie**: čára spojující místa se stejnou délkou slunečního svitu



38

Meteorologická měření a pozorování

- **měření teploty vzduchu**

- suchá, vlhká, maximální, minimální a přízemní (5 cm) teplota vzduchu
- standardně ve 2 m nad AP, s přesností na 0,1 °C
- přístroje:
 - skleněný kapalinový teploměr
 - deformační bimetalový teploměr
 - elektrický teploměr (odporový a termoelektrický)
- **průměrná denní teplota [°C]**

$$t_d = \frac{t_7 + t_{14} + 2 \cdot t_{21}}{4}$$

- **počty „charakteristických dnů“**

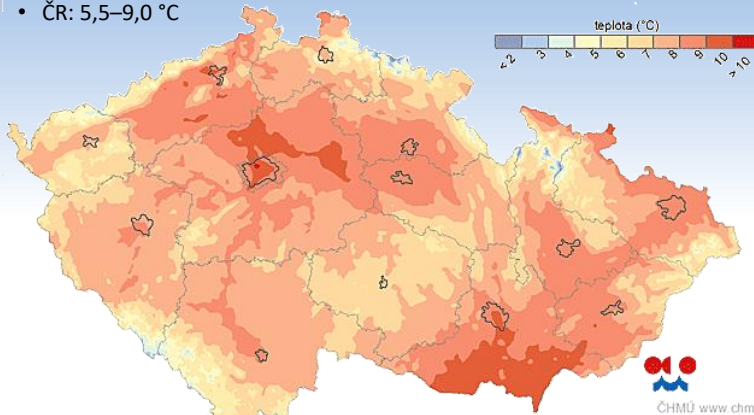
- arktický den ($t_{\max} \leq -10$ °C), ledový den ($t_{\max} \leq -0,1$ °C), mrazový den ($t_{\min} \leq -0,1$ °C), letní den ($t_{\max} \geq 25$ °C), tropický den ($t_{\max} \geq 30$ °C), tropická noc ($t_{\min} \geq 20$ °C)



39

Meteorologická měření a pozorování

- **teplotní suma**
 - součet průměrných denních teplot
- **průměrná roční teplota [°C]**
 - ČR: 5,5–9,0 °C



Vytvořeno : 29.1.2013 využitím aplikace ClidataGIS 10 www.clidata.cz

40

Meteorologická měření a pozorování

- **měření teploty půdy**
 - rtuťové či elektrické teploměry
 - standardní hloubky měření 5, 10, 20, 50 a 100 cm
 - lomené půdní teploměry (hloubky do 20 cm)
 - hloubkové půdní teploměry



41

Meteorologická měření a pozorování

- **měření srážek**
 - **srážkoměr**
 - **ombrograf** pro kontinuální záznam srážkových úhrnů
 - **totalizátor** pro měření srážkových úhrnů v nepřístupných oblastech
 - odečet vždy v 7 hod. ráno
 - v zimě se měří také **celková výška sněhu** (sněhoměrnou latí [cm]), **výška nového sněhu** (sněhoměrným prkénkem [cm]) a **vodní hodnota sněhu** (váhovým sněhometrem [mm], 1× týdně)
 - běžné charakteristiky: měsíční srážkový úhrn, průměrný dlouhodobý měsíční úhrn, nejvyšší denní úhrn, počet dní se srážkami, se sněžením, kroupami, apod.

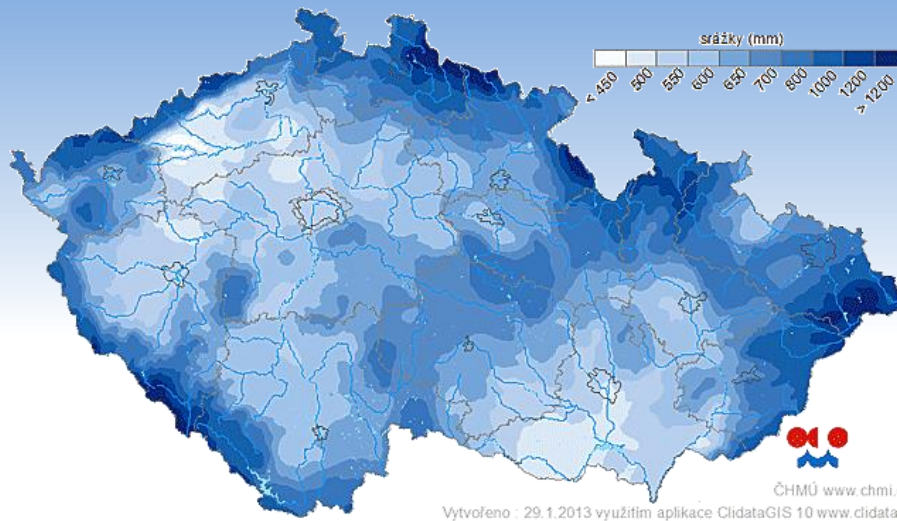
42

Meteorologická měření a pozorování



43

Meteorologická měření a pozorování



44

Meteorologická měření a pozorování



45

Meteorologická měření a pozorování



46

Meteorologická měření a pozorování

- **měření vlhkosti vzduchu**

- **psychrometr** (psychrometrická metoda založena na měření rozdílu teplot suchého a vlhkého teploměru – psychrometrický rozdíl), Augustův psychrometr
- **hygrometr** (vlasový vlhkoměr – měří změnu délky vlasu se změnou vlhkosti)

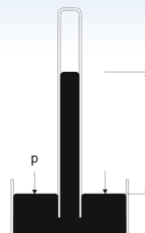


47

Meteorologická měření a pozorování

- **měření tlaku vzduchu**

- **rtuťový tlakoměr** (E. Toricelli, 17. stol., jednotka tlaku torr [mm]), **aneroid**, **barograf**
 - výška Hg sloupce ve skleněné trubici, nahoře uzavřené, dole ponořené do nádoby s Hg
 - odečtený tlak je třeba redukovat na teplotu 0 °C (tepelná roztažnost), nadmořskou výšku a tíhové zrychlení
 - normální tlak vzduchu $p_n = 1013,25 \text{ hPa}$ (= 760 torr)
 - význam měření tlaku pro předpovědi počasí



48

Meteorologická měření a pozorování



49

Meteorologická měření a pozorování

- měření přízemního větru [$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$]
 - měření ve výšce 7-10 m nad terénem
 - **větrná směrovka**
 - **anemometr** (Robinsonův miskový kříž)
 - Beaufortova stupnice (13 stupňů)



50

Meteorologická měření a pozorování

stupeň	rychlost větru		tlak větru v kg/m^2 odpovídající měření v 10 m	slovní označení	znaky na souši	znaky na moři
	m/s	km/h				
0	0-0,2	0-1	0	bezvětří	kouř stoupá svisle vzhůru	moře je zrcadlově hladké
1	0,3-1,5	1-5	0-0,1	vánek	kouř už nestoupá úplně svisle, korouhev nereaguje	malé šupinovitě zčeřené vlny bez pěnových vrcholků
2	1,6-3,3	6-11	0,2-0,6	slabý vítr	vítr je cítit ve tváři, listí šelestí, korouhev se pohybuje	malé vlny, ještě krátké, ale výraznější, se sklovitými hřebeny, které se nelámou
3	3,4-5,4	12-19	0,7-1,8	mírný vítr	listy a větvičky v pohybu, vítr napíná prapory	hřebeny vln se začínají lámat, pěna převážně skelná. Ojedinelý výskyt malých pěnových vrcholků.
4	5,5-7,9	20-28	1,9-3,9	docela čerstvý vítr	vítr zvedá prach a papíry, pohybuje větvičkami a slabšími větvemi	vlny ještě malé, ale prodlužují se. Hojný výskyt pěnových vrcholků.
5	8,0-10,7	29-38	4,0-7,2	čerstvý vítr	hýbe listnatými keři, malé stromky se ohýbají	docela velké a výrazně prodloužené vlny. Všude bílé pěnové vrcholy, ojedinelý výskyt vodní tříšť.
6	10,8-13,8	39-49	7,3-11,9	silný vítr	pohybuje silnějšími větvemi, telegrafní dráty svíští, nesnadné jest používat deštník	velké vlny. Hřebeny se lámou a zanechávají větší plochy bílé pěny. Trochu vodní tříšť.
7	13,9-17,1	61-81	12,0-18,3	prudký vítr	pohybuje velkými stromy, chůze proti větru obtížná	moře se bouří. Bílá pěna vzniká lámáním hřebenů vytváří pruhy po větru.
8	17,2-20,7	74-88	18,4-26,8	bouřlivý vítr	láme větve, vzpřímená chůze proti větru je již nemožná	docela vysoké vlnové hory s hřebeny výrazné délky od jejich okrajů se začíná odtrhávat vodní tříšť, pásy pěny po větru
9	20,8-24,4	88-102	26,9-37,3	vichřice	menší škody na stavbách	vysoké vlnové hory, husté pásy pěny po větru, moře se začíná valit, vodní tříšť snižuje viditelnost
10	24,5-28,4	102-117	37,4-50,5	silná vichřice	na pevnině se vyskytuje zřídka, vyvrací stromy a níže domy	velmi vysoké vlnové hory s překlápějícími a lámajícími se hřebeny, moře bílé od pěny. Těžké nárazové valení moře. Viditelnost zřetelně omezena vodní tříšť.
11	28,5-32,6	117-133	50,6-66,5	mohutná vichřice	rozsáhlé zpuštění plochy	mimořádně vysoké pěnové hory. Viditelnost znehodnocena vodní tříšť.
12	32,7-?	133-?	66,6-??	orkán	ničivě účinky odnáší domy, pohybuje těžkými hmotami	vzduch plný pěny a vodní tříšť. Moře zcela bílé. Viditelnost velmi snižena. Nemí výtled.

51

Meteorologická měření a pozorování

• měření a pozorování oblačnosti

- pozorování stupně zakrytí oblohy oblačností
- měření výšky základny oblačné vrstvy (optický či laserový **ceilometr**)
- **nefometr** pro měření pokrytí oblohy oblačností

○	0/8 - jasno	◐	5/8 - oblačno
◑	1/8 - jasno	◒	6/8 - oblačno
◓	2/8 - skoro jasno	◔	7/8 - skoro zataženo
◕	3/8 - malá oblačnost	◖	8/8 - zataženo
◗	4/8 - polojasno	⊗	Nelze rozeznat



Laserový ceilometr CT25K.

52

Meteorologická měření a pozorování

- **měření výparu**

- množství vody [mm], které se odpaří z volné vodní hladiny za 24 h.
- **evaporimetr (výparoměr)** – odměrná nádoba zapuštěná do země



53

Meteorologická měření a pozorování

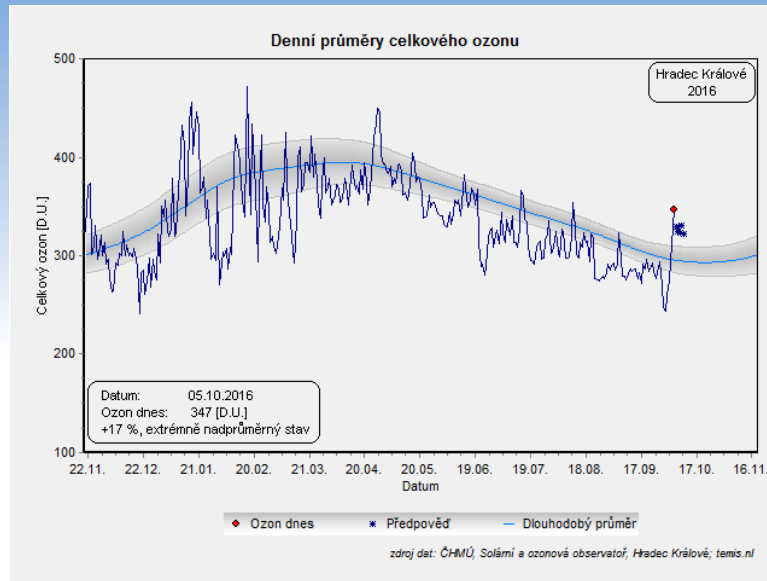
- **měření ozonu v atmosféře**

- **Dobsonova jednotka (DU)** – mohutnost ozonové vrstvy
- **1 DU** = 0,01 mm silná vrstva ozónu shromážděného ze sloupce ozónu nad daným místem u zemského povrchu za standardních podmínek (teplota 0 °C a tlak 1 atm)
- 1 DU = 0,01 mm vrstvy čistého ozónu za standardních podmínek
- **Dobsonův spektrometr** měří intenzitu slunečního UV záření o 4 vlnových délkách (2 jsou absorbovány ozonem a 2 nikoliv)
- ČR: aerologický ozonosondážní systém (Praha-Libuš) + fotometrické měření koncentrace ozonu (observatoř Hradec Králové)



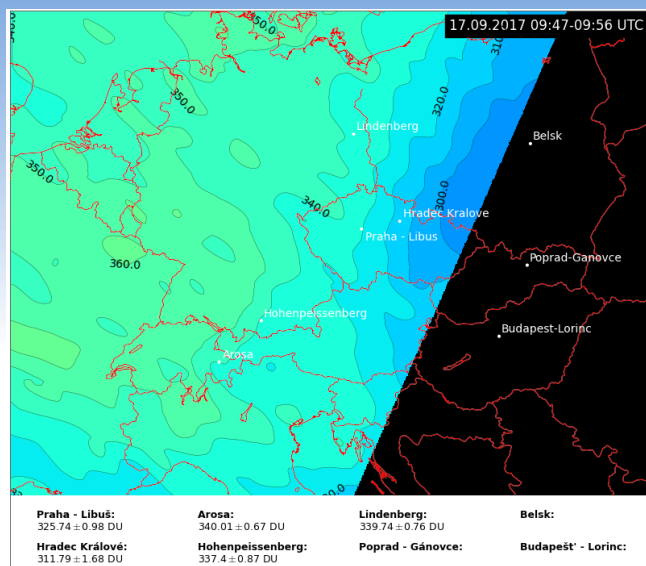
54

Meteorologická měření a pozorování



55

Meteorologická měření a pozorování



- výstup přístroje GOME2 (Global Ozone Monitoring Experiment-2)
- družice Metop s polární dráhou (EUMETSAT+NOAA)
- finská meteo. služba

56

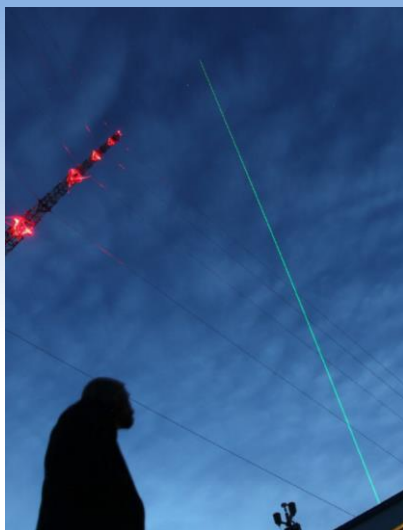
Meteorologická měření a pozorování

- **monitoring složení atmosféry, toků energie a látek v atmosféře**
 - atmosférická stanice Košetice / Křešín u Pacova
 - Ústav výzkumu globální změny AV ČR + ČHMÚ
 - národní monitoring výskytu a dálkového přenosu skleníkových plynů v atmosféře



57

Meteorologická měření a pozorování



58