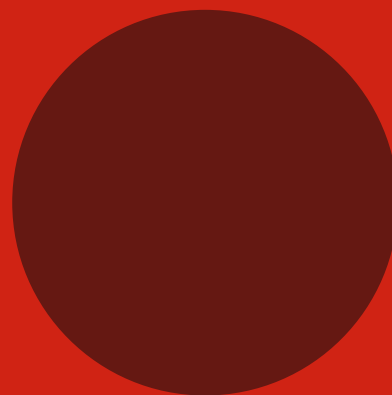
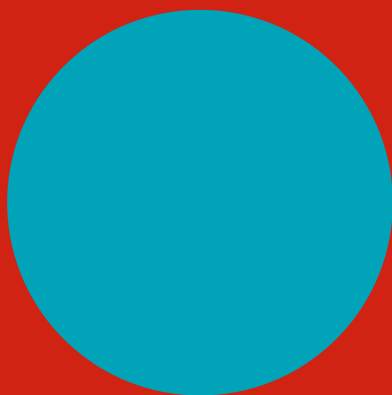


# svět:energie

ENCYKLOPEDIJE ENERGETIKY

## ENERGIE A ČLOVĚK





ENCYKLOPEDIE ENERGETIKY

# ENERGIE A ČLOVĚK





# OBSAH

Motor civilizace • František Honzák	7
Cesty blesků • Ivan Laube	17
Energetika živého • Šárka Speváková	31
Co dokáže život • Šárka Speváková	45
Vítězství a omyly • Ladislav Kačena	55
Energie a životní prostředí • Vladimír Petřík	65
Energie a město • Jiří Hrůza	75



# ÚVOD

V nitru, na povrchu a v nejbližším okolí planety Země neustále probíhají složité energetické pochody, které ovlivňují tvářnost planety a život jejích obyvatel. Země nejen přijímá energii z kosmického prostoru, ale sama energii též vyzařuje. Dokud bude tento rovnovážný stav zachován, není život na naší planetě ohrožen.

Bez energie by nebylo života, nevznikla by ani dnešní civilizace. Lidé se postupně naučili využívat energii vody a větru a později i páry; ta jim poprvé umožnila získat zdroj síly nezávislý na přírodě. Jako nejvýhodnější typ energie se ukázala energie elektrická, na kterou dnes převádíme často i jiné druhy energie. Čím lépe dovedeme využít energetické zdroje, tím větší máme naději na přežití. Totéž platí o všech živých tvorech na naší planetě. Studenokrevných, jejichž teplota se přizpůsobuje teplotě okolí, stejně jako teplokrevných, jejichž teplota je regulována zvláštním tělním mechanismem a umožňuje jim žít i v polárních oblastech.

Rozvoj naší technické civilizace s sebou přináší obrovský růst spotřeby energie. Ta nejen vyčerpává neobnovitelné zdroje energie na naší planetě (ložiska uhlí, ropy a plynu), ale navíc je příčinou poškozování životního prostředí. Teprve v posledních letech si lidstvo uvědomilo hrozící nebezpečí a stále usilovněji hledá cesty, jak uspokojit dva zdánlivé protiklady – hospodářský růst a obnovu a udržení kvalitního prostředí pro život lidstva. Budeme-li však chápat technický pokrok jako cestu k uspokojování rostoucích potřeb lidstva při zachování rovnováhy mezi člověkem a přírodou, nemusíme mít z budoucnosti zbytečné obavy a můžeme hrozícím katastrofám předejít.





# MOTOR CIVILIZACE

Člověk využíval energii odjakživa, ještě dřív, než si to byl vůbec schopen uvědomit. Bez životadárných paprsků Slunce by ostatně život na modré planetě nebyl ani možný. Sluneční energie je dodnes zdrojem života: umožňuje pomocí fotosyntézy přeměnu anorganických látek v organické a stojí na samotném počátku potravního řetězce. Na jeho konci, na vrcholku pyramidy, je opět člověk. Slunce však dodává i teplo a světlo a prostřednictvím rostlin a živočichů další zdroje – jak sílu svalů, tak energii paliv: dřeva, uhlí, ropy. V posledních desetiletích se objevily články i celé elektrárny, které přímo převádějí energii slunečního svitu na elektrickou. Jsou ovšem zcela závislé na svém zdroji a ten není k dispozici kýžených 24 hodin denně. Ostatně i další přirozené zdroje energie, které se člověk naučil využívat, souvisejí s energií Slunce, motorem celé naší sluneční soustavy: je to vítr a voda. Žhavé jádro Země má svůj původ v samotném vzniku sluneční soustavy při výbuchu supernovy.

## ENERGIE

Řekli jsme, že energie je motorem pokroku. Pak se ale nabízí otázka, proč začal člověk ve větší míře zdroje energie využívat vlastně až docela nedávno?

Základní důvody jsou dva: konzervativismus lidí na straně jedné a snadná dostupnost laciné energie z práce člověka a zvířat na straně druhé.

Než však budeme své předky obviňovat ze zaostalosti, uvědomme si, že:

- na rozdíl od nás dokázali žít v trvalé harmonii s přírodou,
- užívali vlastně pouze obnovitelné zdroje energie,
- užívali v podstatě bezodpadové technologie,
- předali nám (až do 19. století) nezdevastovanou přírodu.

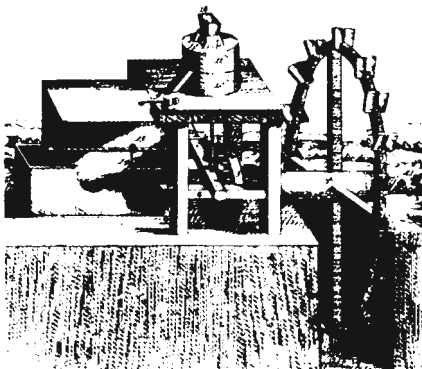
To vše se nám v průběhu necelých 200 let, co průmyslová revoluce začala nabírat celosvětové měřítko, podařilo postavit na hlavu. A hlavní zásluhu na tom má 20. století! Někdy se zdá, že cena pokroku je až příliš vysoká.

## REVOLUCE

Nehledě na četné revoluce v dějinách, které měly v té či oné zemi změnit sociální strukturu, proběhly v lidské společnosti ve skutečnosti revoluce pouze dvě. O jedné, průmyslové, jsme již mluvili. Prvním skokem však byla revoluce neolitická. Člověk se přestal spoléhat na dary přírody (lov a sběr), usadil se a začal pěstovat rostliny a chovat uživatelná zvířata. Jeho přirozený tradicionalismus se tím ovšem nezměnil. I dnes v době etapy vědeckotechnické revoluce

platí, že nejmenší sklon ke změnám mají obyvatelé venkova. Je to dáno tím, že tu byl odedávna rytmus prací sladěn s přírodními cykly a měl svou neměnnou podobu. Jakékoliv vychýlení ze strany přírody nebo člověka znamenalo neúrodu, hlad a často i smrt. A na venkově žila až do konce 19. století naprostá většina celé populace (v řadě zemí je tomu tak ostatně dosud). O nechuti ke změnám vypráví už historika ze starověké Číny.

V jednom z malých státeků žil rolník Wučang fu. Každý den za úsvitu vzal velký džbán a celý den s ním oddaně sestupoval do hluboké studny, aby nabral vodu pro závlahu svých políček. Za den stačil zavlažit jedno pole. Jel kolem učený Teng Si, zastavil a začal Wučangfua poučovat: „Existuje stroj, vzadu těžký a vpředu lehký, kterému se říká



Vodní kolo patří k prvním motorům

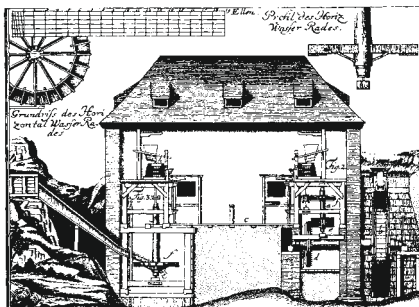
mostová studna. Tím lze za jediný den bez únavy zavlažit sto polí.“ Ale rolník mu odpověděl: „Můj Mistr mě učil: Jestliže vědění o strojích má své přednosti, pak má jistě také své vady.“ Nejde o to, že bych neznal mostovou studnu, ale nechci ji používat. Mohl byste, pane, pokračovat v cestě? Zaveduňuji své pole celým srdcem a nedokážu se změnit.“

Historika hovoří za vše. Jen bychom si měli uvědomit, že konzervatismus má i své kladné stránky. Stráží hodnoty společnosti a zaručuje její stabilitu. Dokonce, pokud není zkosnatělý, nebrání ani pokroku.

Druhým pádným „důvodem“ proti využívání zdrojů energie, které znal člověk již nejpозději na sklonku doby kamenné, byla snadno dostupná síla zvířat i přebytek lidí, ať otroků, či znevolněných rolníků.

Dokládá to i proslulý římský učenec

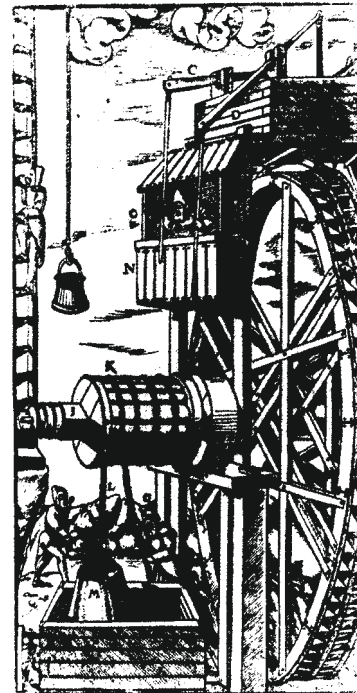
**Marcus Terentius Varro** (opíral se přitom o mnohem starší názory Aristotela), který rozlišoval tři typy nářadí: mluvící otroky, polomluvící zvířata a konečně němé, což bylo nářadí podle našich představ. Filosof **Aristoteles** však zároveň správně poznamenal, že kdyby: „člunky samy od sebe tkaly a paličky samy hrály na kytaru, nebylo by třeba otroků“. Ovšem těch bylo dost. A tak se většina objevů možného využití energie ve starověku (i dlouho poté) měnila jen



Mlýn s horizontálním (vlevo) a vertikálním (vpravo) vodním kolem

v hříčky a kuriozity. Výjimky byly dvě: energie vody, nejpозději od 3. tisíciletí př. Kr. využívaná především k závlaze (vodní kolo na čerpání, méně na mletí), a energie větru, sloužící jako pohon plachetnic v námořní dopravě. Zároveň byl člověk odedávna výborný pozorovatel a dokázal se v přírodě inspirovat. Když si všiml, jak vítr podporuje hoření, zavedl si umělé vítr měchy.

Bylo by také nespravedlivé přičítat tradicionalismus jen venkovanům. Hovoří se běžně o konzervativních Angličanech, ale právě v téhle zemi byla odstartována průmyslová revoluce. Ovšem přes množství vynálezů i v Anglii novoty v mnoha případech těžko prorážely stojaté vody. Svědčí o tom potíže s prvními dopravními prostředky poháněnými parou. I když silniční parovozy nedosahovaly zpočátku žádné závratné rychlosti a kočár s koňmi je hravě předjel, nové neznámé stroje budily takovou nedůvěru, že jejich provoz byl svázán řadou kuriózních pravidel. Opatrní zákonodárci nejen stanovili maximální rychlost (zhruba 6 km/h!), ale před vozem musel utíkat běžec s červeným praporkem a trubkou a upozorňovat solidní měšťany, že se blíží funicí parovůz. Provoz také musel probíhat ve stanovených denních hodinách. Teprve přenesení páry na koleje prolomilo omezení rychlosti a záhy nastal opačný efekt. Sázekmilovní Britové



Vodní kolo se uplatnilo také v dolech

se začali předstihovat v dosažené rychlosti. Neodradily je v tom ani výpočty ctihodných univerzitních (!) učenců. Ty totiž dokládaly, že při rychlosti větší než 46 km/h se cestující ve vlaku udusí následkem vzduchoprázdna, které mělo díky rychlosti ve vagónech vzniknout.

Podívejme se ale, jak se člověk postupně od počátku své historie učil ovládat jednotlivé zdroje energie.

## VODA

Voda představuje i dnes jeden z nejlevnějších a hlavně ekologicky nejčistších zdrojů energie.

Vodní proud byl užíván již v době kamenné zprvu ovšem jen k dopravě. Pokácený



Hydrocentrály jsou považovány za nejčistší zdroj energie – vodní elektrárna Slapy z ptáčího pohledu



Obří vodní kola jsou používána od starověku



Strojovna vodní elektrárny Orlik

a osekáný kmen stromu se na místo určení po vodě dopravil mnohem snadněji a dřív než po souši. Několik spojených kmenů už představovalo první vor, který se zároveň hodil k přepravě dalších nákladů například velkých kamenů na monumentální stavby (o tom, že ty nebyly jen výsadou Egypta svědčí například proslulé Stonehenge v Anglii). Ale teprve od 3. tisíciletí př. Kr., s rozvojem prvních civilizací v údolí Nilu či Mezopotámie, máme doklady užití vodního kola.

## VODNÍ KOLO

Tento první stroj využívající energii vody byl (na rozdíl od pozdějšího užití) zaměřen výhradně na čerpání vody pro zavlažování polí. Vodní kolo v té či oné podobě znaly zřejmě všechny civilizace Starého světa, nikoliv však Amerika. Energie vody k pohonu mlýna (rovněž prostřednictvím vodního kola) je však spolehlivě doložena až v 1. století př. Kr. u Římanů. Nejprve to bylo ovšem kolo horizontální, které mělo sice menší výkonnost, ale umožňovalo využít otáčení osy k mletí přímo, bez dalších převodů.

Vodní kolo bylo ještě dlouho poté hlavním motorem evropské civilizace. Vystřídal je až na sklonku 18. století parní stroj. Už od středověku (zřejmě pod vlivem Číny) bylo užíváno nejen k pohonu mlýnů, ale i bucharů, pil, dmychadel atd.

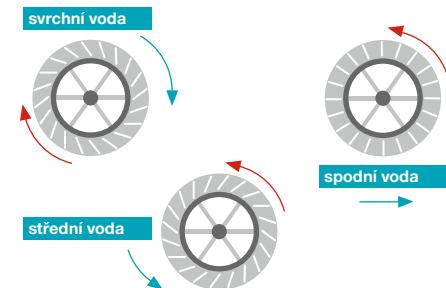
Podle charakteru toků se užívalo vodní kolo buď na svrchní, anebo spodní pohon, méně i na střední náhon.

Nešlo však jen o samotné využití energie. Stavbou jezů k zadržování vody, náhonů, nutnou regulací břehů i potřebou poměrně přesných součástí přispívalo využívání energie k rozvoji civilizace na straně jedné, i k ekologické kultivaci krajiny na straně druhé. Totéž se týká procesu splavňování řek a jejich propojování kanály (významně zejména v západní Evropě) pro dopravu. U nás se ovšem můžeme také pochlubit výjimečnými vodními díly jako byla 45 km dlouhá Zlatá stoka vybudovaná **Štěpánkem z Netolic** na počátku 16. století či později Schwarzenberský kanál spojující Vltavu s Dunajem.

Své využití našlo vodní kolo i v Evropě při čerpání vody – ne však k zavlažování, ale k odvodňování dolů. Pokud byl poblíž vodní zdroj, nahradilo kolo napojené na soustavu korečkového čerpadla, sacích ventilů či Archimedova šroubu úmornou, a hlavně nesmírně monotónní dřinu lidských či zvířecích svalů. Totéž se týkalo i vyvážení suroviny (uhlí, rudy) či hlušiny z hlubokých dolů.

## VODNÍ TURBÍNY

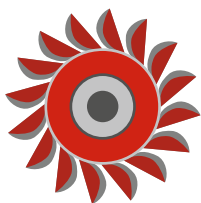
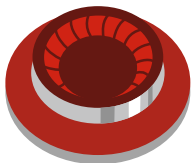
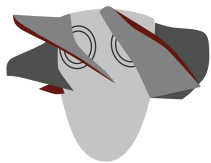
Jen zdánlivě se vývoj vodního kola zastavil až do 19. století, kdy se objevují přehrady



Vodní kola na svrchní, střední a spodní vodu

a s nimi i dokonalejší a účinnější vodní motory – turbíny. Princip turbíny byl totiž znám mnohem dříve a aplikován, především k čerpání vody, nejpozději v 16. století. Rozmach však nastal až na přelomu 19. a 20. století spolu s využitím tří základních typů turbín – Peltonovy, Francisovy a Kaplanovy. Ta poslední se zrodila za Kaplanova působení na technice v Brně, a její autor dlouho bojoval o uznání svých patentů.

Touha po stále větších výkonech vedla ke stavbě stále větších přehrad a i tady připravila svou past. Místo ekologicky čistého zdroje energie došlo v nejednom případě díky gigantomanii ke skutečné katastrofě. Příkladem za všechny je Asuánská přehrada v Egyptě. Zatímco původní, postavená Brity, respektovala úlohu Nilu, nová sovětská



Základní typy turbín (shora: Kaplanova, Francisova, Peltonova)

přinesla zkázu. Nejde jen o zničení nenahraditelných památek (zachráněn jich byl přes bombastickou reklamu i snahu mnoha odborníků jen zlomek). Přehrada však postavila především neprostupnou hráz zúrodňujícímu nilskému bahnu. Úrodnost půdy pod přehradou, kde ležela většina polí, rychle klesá. Dochází i k zanášení přehrady. Ekologická nerovnováha se projevila i v deltě řeky, kde chybí každoroční náplava a dochází k zasolování půdy. Vyhnuly tu mnohé formy fauny, a to nejen vzácné, ale i ty, které sloužily jako potrava prostých Egyptanů.

To je tedy rub ekologicky čistého zdroje energie. Jde se mu do značné míry vyhnout, pokud nebudeme, řečeno slovy Jirotkova Saturnina, „projektovat jednu elektrárnu na druhé, takže by nakonec voda v Labi už vůbec netekla, musela by být dávana do sudů a posílána do Hamburku vlakem“. Zkrátka nic se nesmí přehánět.



Energie moře zatím čeká na větší uplatnění

S rozvojem využití fosilních paliv (uhlí, zemního plynu i ropy) pro výrobu elektřiny ustoupila vodní energie alespoň u nás do pozadí. Ale například v Norsku či ve Švýcarsku a dalších zemích, kde jsou k tomu přírodní podmínky, kryje dodnes více než polovinu spotřeby elektřiny. I tak si zachovala řadu předností. Vedle ekologické nezávadnosti je to především obnovitelnost. Na druhé straně jsou vodní elektrárny závislé na dostatku vody, což se stává často problémem.

Ovšem náklady na jejich výstavbu tvoří sotva pětinu nákladů na stavbu tepelných elektráren. Hydroelektrárnám zůstala také dodnes důležitá úloha při vykrývání spotřeby energie ve špičkách. A jestliže tepelné elektrárny fakticky musí běžet pořád, vodní lze nejen zastavit, ale pomocí přečerpávacích elektráren (spouštěných v době přebytku proudu) i „nabít“, aby mohly podávat maximální výkon právě když je to třeba.

## MOŘE

Ačkoliv nejsme přímořský stát, i nás musí zajímat snaha o využití energie mořské vody. Jedná se o dva základní principy: jeden se snaží využít energie mořských vln, druhý pravidelného střídání přílivu a odlivu. Přes velkolepé projekty a množství důmyslných technických řešení však zatím energie vln

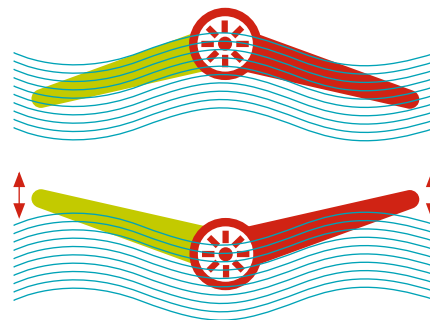


Schéma využití energie mořských vln

své zastánce zklamala. Investice nejsou ani zdaleka návratné. Naděje však umírá až poslední. Nejznámější je přílivová elektrárna La Rance ve Francii. I tady se náklady a přínos, výhody a nevýhody teprve vyhodnocují.

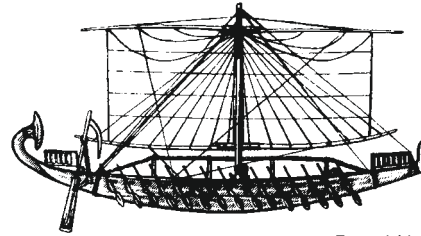
Velké řeky v České republice jsou v podstatě spoutané přehradami a využité – těžko by se našlo místo na postavení druhého Orlíku. Určitý potenciál má ještě budování přečerpávacích elektráren ve vhodných místech, kde může být horní i dolní nádrž s dostatečným převýšením – taková místa jsou ale většinou v chráněných oblastech. Možnosti jsou ještě ve stavbě malých vodních elektrárniček na malých tocích, existují dokonce úvahy o instalaci malých turbinek do vodovodních řadů.

## VÍTR

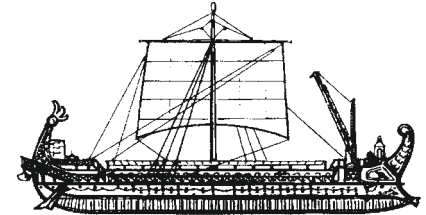
Mohlo by se zdát, že na rozdíl od vody (která koneckonců teče jen někde) je energie větru snadno dostupná všude a bude proto využívána mnohem více. Ale opak je pravdou. I když je také využívána odpradávná, až na výjimky sloužila především v lodní dopravě.

## PLACHTY

Výhodnost plachet poznal člověk rovněž ještě v době kamenné. Energie vodního proudu pohánějící vor skončila u ústí řeky.



Egyptská loď



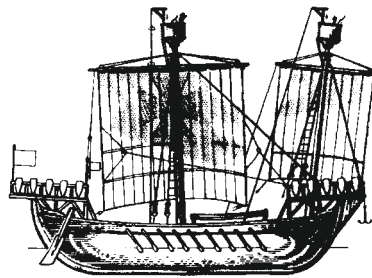
Římská loď

Poté nastoupila buď vesla, anebo za příznivých podmínek plachta. A tady jsme u toho hlavního.

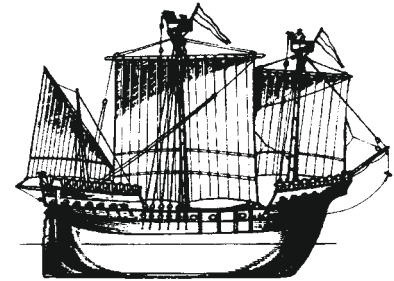
Vítr nejen nefouká stále, ale často i mění směr. Proto se ve velkých námořních bitvách starověku plachty zásadně skasávaly, aby rozmar počasí nemohl ovlivnit výsledek boje. I ve středověku znala Evropa dlouho jen tzv. latinskou plachtu, tj. v podstatě obdélník vytažený na stěžeň, který dovoloval využít především zadní vítr ve směru plavby a jen částečně i boční.

A tak teprve pod vlivem Arabů (a ti zase pod vlivem Číny) se přechází i k dalšímu druhu plachtoví a otočnému ráhnu, které dovoluje naplno využít nejen sílu bočního větru, ale při manévrování (křížování) i plout proti větru. I tak znamenalo při dlouhých plavbách oceánem bezvětří (a v některých tropických oblastech trvalo i týdny) těžko odstranitelnou hrozbu.

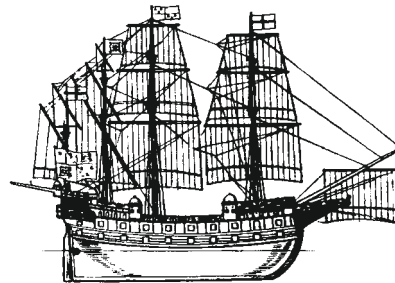
Proto v 19. století plachty vystřídal parní stroj a poté ještě různé další typy pohonů včetně atomového. Ale jak je vidět na japonském obřím tankeru myšlenka plachet zcela nezapadla.



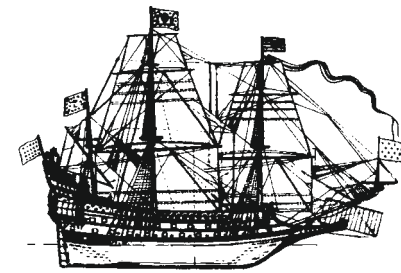
Normandská loď



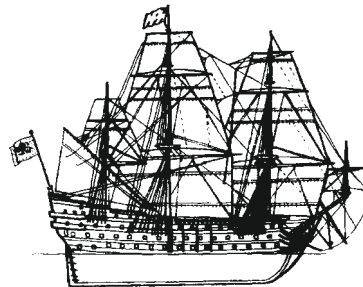
1470



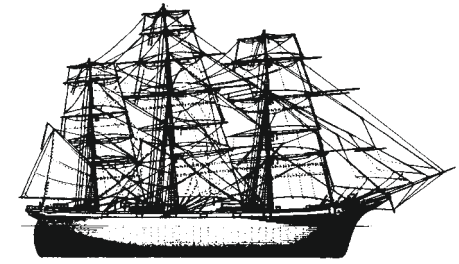
1514



1636



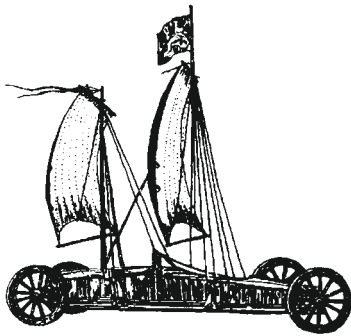
1690



1869

## KŘÍDLA

Zdá se, že ve využívání energie větru hrála úlohu průkopníka Čína. Zmínili jsme se už o jejím vlivu ve vodní dopravě, ale stejně tak

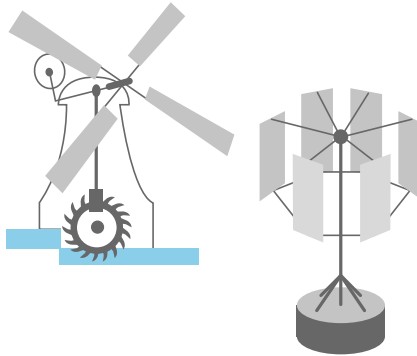


Holandský „pachtomobil“ ze 17. století

se soudí, že stála u zrodu větrných mlýnů. Ty se objevují v Evropě až na přelomu 1. a 2. tisíciletí po Kr. Dodnes je máme spjaty především s Nizozemím, kde také sloužily nejen k mletí mouky (odtud i název větrný mlýn), ale zejména k čerpání vody. Důmyslná soustava hrází, za nimiž byla pomocí energie větru přečerpávána voda do moře, umožnila podstatné zvětšení rozlohy země, jejíž značná část se nalézala níže než mořská hladina.

U nás jsou první větrné mlýny doloženy ve 12. století. Jejich domovem se staly především jihomoravské roviny. Je škoda, že v minulém století jejich charakteristická křídla zmizela – i když ne beze zbytku, někde ještě dominuje krajině kamenná věž. V zásadě se jednalo o dva druhy staveb. U tzv. sloupového mlýna se za větrem otáčela celá budova (musela ovšem být dřevěná a spočívala na silném centrálním nosném sloupu). Vyspělejší typ představovala pevná budova s otočnou hlavici střechy. Také původní plátěná křídla, kopírující v podstatě plachty, nahradily dřevěné lištové lopatky. (V Orientu znali i odlišný typ horizontálního větrného mlýnu).

Ve 20. století se i energie větru začala využívat k výrobě elektřiny. Podle výpočtů je možná účinnost u energie větru až 59 %, ale zatím se podařilo dosáhnout jen 45 %. Což



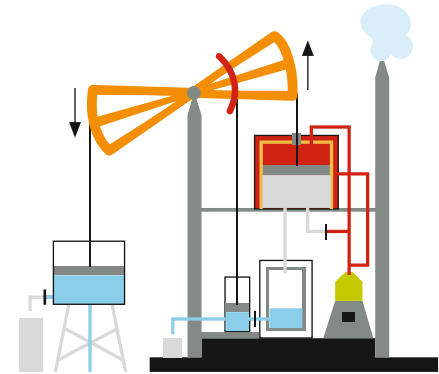
Větrné mlýny najdeme na mnoha místech světa

je ovšem v porovnání například s parním strojem, ale i parní turbínou, stále velmi mnoho. Bohužel však opravdu vhodných míst pro postavení větrných elektráren není moc.

Pokusy o vybudování gigantických „větrníků“ zatím také nebyly, přinejmenším ekonomicky, příliš výhodné. A tak i tady musíme ještě počkat, než se laciná, čistá a sama se obnovující energie stane podstatnější součástí našich zdrojů. Zatím ji, aspoň ti odvážnější, využívají ke sportu na kluzácích, rogalech, v balónech, ale také v sáních s oplachtěním. Že nejde o nic nového ukazuje oplachtěný vůz z Nizozemí z roku 1600.

## PÁRA

Ano, máte pravdu, pára vlastně není nic jiného než voda v jiném skupenství. Ale z hlediska využívání energie hrála a hraje přece jen podstatnější roli. Kromě jiného také proto, že k výrobě páry z vody je třeba další zdroj energie – palivo. Páry se také jako zdroje energie začalo užívat mnohem později než samotné vody, i když jistě už starověkou hospodyňku napadlo nad hrncem s vařící polévkou, že pokličku zvedá nějaká síla. Dlouho se však pára používala jen k očištění těla v lázních (proslulý stavitel

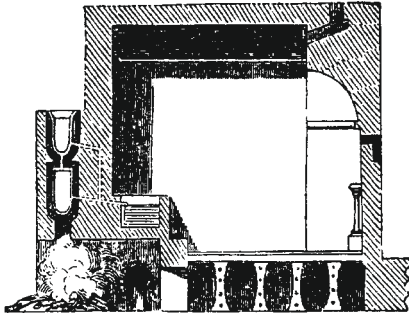


Newcomenův atmosférický parní stroj – přítel horníků

labyrintu **Daidalos** v ní prý uvažil krále Minoa, který ho pronásledoval až na Sicílii), po vynálezu římského jezdce **Gaia Sergia Orata** v 1. století př. Kr. i k vytápění lázní římským „ústředním topením“ – hypocaustem. Ale to jsme předběhli. Už o dvě století dříve v tehdejší středisků věd a umění Alexandrii se mechanik **Ktesibios** a proslulý **Archimedes** (287–212 př. Kr.) zabývali využitím tlaku vody i páry pro pohon různých strojů, mechanismů i hříček. Pozoruhodných úspěchů na tomto poli dosáhl na přelomu 2. a 1. století př. Kr. Heron Alexandrijský: jeho mechanismus na otevírání chrámových dveří sice sloužil k ohromení věřících nadpřirozeným úkazem, ale v podstatě šlo o obyčejný teplovzdušný motor. Ve svém díle *Mechanika* pak popsal i jednoduchý parní stroj.

## PARNÍ STROJ

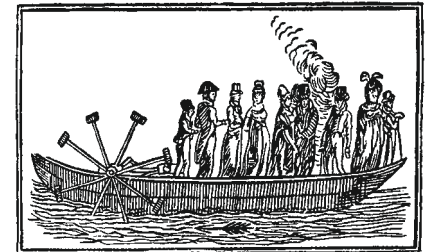
Myšlenka ovšem na dlouho zapadla. A tak teprve od 17. století došlo k znovuoživení pokusů využít sílu páry. Ital **Giovanni Branca** (1571–1645) přišel už roku 1629 s principem parní turbíny. Ovšem vývoj se měl až do konce 19. století ubírat jiným směrem. Hlavní zásluhu na tom měl autor tlakového hrnce **Francouz Denis Papin** (1647–1712/14). Hrnc se užívá v nepříliš změněné podobě dodnes, zato Papinův atmosférický parní



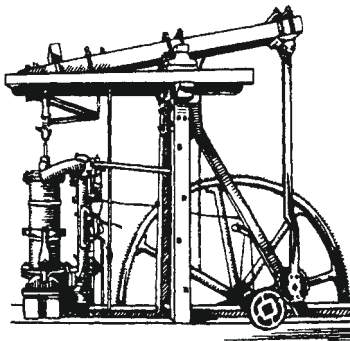
Římské lázně s hypocaustem



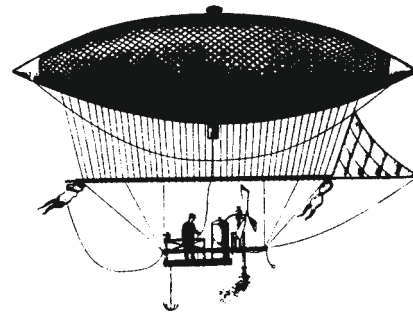
Parní lokomotiva



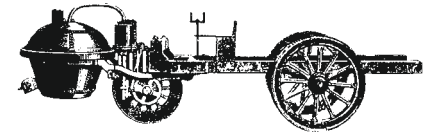
Božkův parní člun



Parní stroj – motor průmyslové revoluce – našel nejrůznější využití



Vzducholoď poháněná párou



Cugnotova parní tříkolka – praotec automobilu

stroj doznal postupně změn tolik, že by ho autor už těžko poznal.

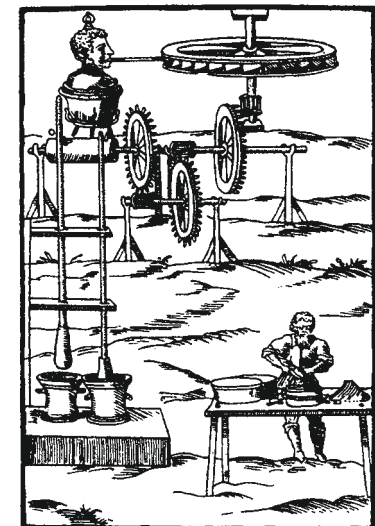
V jeho stopách kráčeli především Angličané: autor „ohnového stroje“ **Thomas Savery** (asi 1650–1715) a jeho mladší krajan **Thomas Newcomen** (1663–1729) se svým „přítelem horníků“. V obou případech šlo rovněž o atmosférické parní stroje, to znamená, že píst vykonával práci pouze když na něj působil tlak atmosféry. Další nevýhodou byla i prodleva, po kterou musel být ochlazován, nemluvě už o nadměrné spotřebě paliva. Díky ní byl chod strojů mimo doly prakticky nemožný. A tak dlouho očekávaným motorem průmyslové revoluce

(ta, jak jistě víte, začala v lehkém průmyslu, textilnictví) se stal až jednoduchý, ale o to geniálnější, vynález dvoučinného parního stroje **Jamese Watta** (1736–1819).

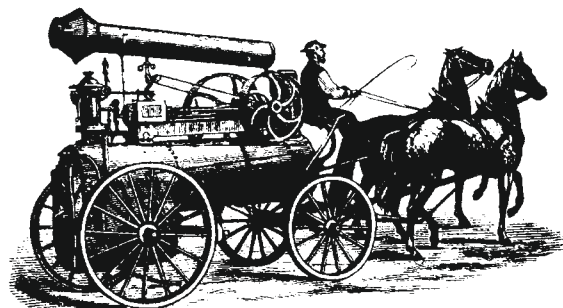
Předcházela mu už Wattův jednočinný stroj s kondenzátorem ochlazujícím páru, ale rozhodující zlom přineslo teprve využití obou pohybů pístu pro práci.

### PÁRA A POHYB

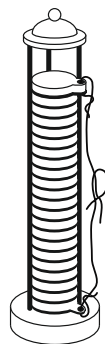
I když ani Francouzi nezháleli a **Nicolas Joseph Cugnot** (1725–1804) vyzkoušel svůj parovůz už v roce 1769, štafetu si Angličané nenechali vzít. Zdokonalený Wattův parní stroj aplikoval



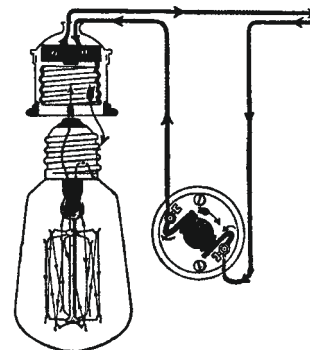
Brancova primitivní turbína



Někdy i parnímu stroji musela vypomoci koňská síla



Voltův sloup – první elektrický článek



Jedna z prvních žárovek

**Richard Trevithick** (1771–1833), průkopník využití vysokotlaké páry, na lokomotivu. Rozmach železniční dopravy poháněné parou pak zásadně ovlivnil úspěch **Georga Stephensona** (1781–1848), jehož lokomotiva Rocket dosáhla na svou dobu fantastické rychlosti (až 60 km/h). Věk páry na železnicích a vůbec v dopravě, ale především při pohonu strojů v továrnách, charakterizuje 19. století. Už ve 20. letech 19. století spočítal francouzský fyzik **Nicolas Carnot** (1796–1832), že maximální účinnost parního stroje může teoreticky tvořit necelých 20 % (v praxi však byla mnohem nižší!).

Ale ani nástup elektrické energie a spalovacích motorů neznamenal konec páry, jak by se mohlo na první pohled zdát. I když v automobilové dopravě parní automobily nakonec prohrály (na počátku 20. století ovšem dosahovaly rychlosti 100 km/h a rychlostní rekord 200 km/h překonal jako první parní vůz, nikoliv auto se spalovacím motorem), díky vynálezu parní turbíny **Charlese Parsonse** (1854–1931) z roku 1884 i jeho méně známého švédského kolegy **Carla Gustava de Lavala** (1845–1913) má dodnes pára základní podíl na výrobě elektřiny. Jak elektrárny na fosilní paliva, tak i atomové vyrábějí elektřinu prostřednictvím turbogenerátorů – elektrického generátoru na společné hřídeli s parní turbínou. Účinnost stoupá

z 5 % na počátku století až na dnešních 35–40 %.

## ELEKTŘINA

K „mladším“ druhům energie patří dnes všudypřítomná a zdánlivě samozřejmá elektřina. Šestihodinový výpadek proudu v New Yorku způsobený neposednou veverkou v transformátoru jasně ukázal až neuvěřitelnou závislost naší civilizace na elektrické energii. Elektřinu umíme vyrobit i využívat, i když vlastně nevíme, co je její podstatou.

## ELEKTRICKÝ PRAVĚK

Přítom elektřinu přinejmenším atmosférickou a živočišnou zná lidstvo také dlouho, ostatně slovo elektron je ze staré řečtiny. I pokusy s ebonitovou tyčí a liščíím ohonem jsou doslova voustaté. Od nich se však dlouho nepokročilo vpřed. Až věk osvícenců v 18. století znamenal počátek nové éry. Začala pokusy **Benjamina Franklina** (1706–1790) a našeho **Prokopa Diviše** (1696–1765) o „vysávání“ elektřiny z mračen a pokračovala taškařicemi abbého **Antoína Nolleta** (1700–1770), který elektřinu z krátce předtím vynalezené leidské láhve pouštěl do pluku královských mušketýrů či do 300 mníchů spojených kovovou obručí. Ale skutečný průlom zaznamenali tentokrát Italové:

**Luigi Galvani** (1737–1798) objevil a popsal tzv. živočišnou elektřinu. Jev inspiroval **Alessandra Volta** (1745–1827) k vytvoření prvního trvalého zdroje elektrického proudu. Oba Italové měli neméně zdatné kolegy a pokračovatele (s jejich jmény se ostatně vesměs setkáváme u různých veličin souvisejících s elektrickým proudem):

- Francouz **Charles Coulomb** (1736–1806) už roku 1784 našel vztah určující velikost síly mezi dvěma elektrickými náboji,
- Francouz **André Marie Ampère** (1775–1836) ve 20. letech 19. století položil základy elektromagnetismu a elektrodynamiky,
- Němec **Georg Simon Ohm** (1787–1854) formuloval roku 1826 zákon o závislosti elektrického proudu na napětí a odporu,
- Angličan **Michael Faraday** (1791–1867) objevil roku 1831 elektromagnetickou indukci a umožnil tak konstrukci elektromotoru. A s nimi další a další.

## MOTOR MODERNÍ CIVILIZACE

Za to, že se elektrická energie jako každodenní pomocník lidí a motor civilizace prosadila, děkujeme především dvěma mužům žijícím na přelomu 19. a 20. století. Americký vynálezce žárovky, ale především konstruktér prvního mohutného dynamo zásobujícího první veřejné elektrické osvět-

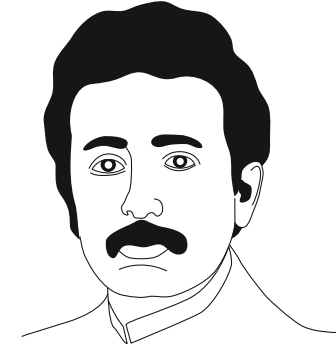




Reaktorový sál Jaderné elektrárny Dukovany



Sloup elektrického vedení – symbol věku elektřiny



Albert Einstein

lení, **Thomas Alva Edison** (1847–1931), je všeobecně známý. A to samozřejmě i díky řadě dalších patentů – jeho jméno je synonymem slova vynálezce. Trochu v jeho stínu je neméně schopný německý konstruktér **Werner von Siemens** (1816–1892). Edison podobně jako náš vynálezce a průkopník elektřiny **František Křižík** (1847–1941) hájil koncepci stejnosměrného proudu. Ale prosadil se střídavý proud, který obhajoval vynálezce generátoru Američan jihoslovanského původu **Nicola Tesla** (1856–1943).

Dnes „vševládnoucí“ elektrická energie dominuje všem ostatním. Energii vody, větru, energii fosilních paliv i páry. A nejen to, viděli jsme už, že i energie Slunce se dnes mění na elektřinu, která je fakticky univerzálním pohonem naší civilizace. Jen v silniční, letecké a lodní dopravě má ještě silného konkurenta – benzín a naftu. I zde se však stále více prosazuje elektromobil.

## ATOM

Energie získaná štěpením či slučováním atomových jader je nejmladší, a zároveň paradoxně v kosmu nejstarším zdrojem energie. Jakkoliv i pojem atom (atomos = = nedělitelný) pochází už ze starého Řecka, kde učený **Demokritos** (asi 460–370 př. Kr.)

zformuloval svou teorii, podle níž vesmír tvoří atomy a prázdno, je atomová energie až dítkem 20. století. Tajemství nejmenších částí hmoty se začalo odhalovat na sklonku 19. století a je spojeno se jmény učených sirů **J. J. Thompsona** (1856–1940) a **E. Rutherforda** (1871–1937) i jejich četných žáků a spolupracovníků. Současně se studiem struktury hmoty se postupně zjišťovalo, jaké jsou v ní ukryty neuvěřitelné zdroje energie. Není třeba zdůrazňovat, že svůj nezastupitelný podíl tu měl i největší fyzik 20. století **Albert Einstein** (1879–1955).

## OD TEORIE K PRAXI

Centrum atomového bádání se postupně z Anglie přesunovalo na kontinent a ve 30. letech se jím stalo především Německo, což bylo vzhledem k politickému vývoji velmi nebezpečné. Nacisté si však svými rasovými zákony sami vyhnali ze země řadu nejlepších mozků včetně Einsteinova. Ten také za 2. světové války vlastně inicioval u prezidenta USA Roosevelta vývoj atomové bomby z obavy, že hroznou zbraň budou mít dříve nacisté.

První pokusný jaderný reaktor byl v Chicagu spuštěn už roku 1942 a v létě 1945, po pokusu v arizonské poušti, dopadly na japonská města dvě první atomové pumy. Tato hrůzná tečka za 2. světovou válkou

vyvolala celosvětové hnutí za mírové využití atomové energie. Zároveň došlo k horečnému zbrojení velmocí, které se předháněly ve vývoji ještě ničivějších jaderných zbraní.

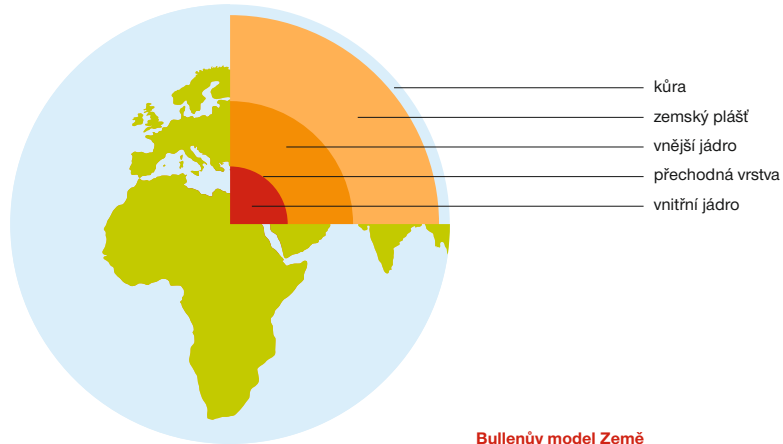
Od 50. let začala výstavba jaderných elektráren, ale energie jádra našla své uplatnění i jako pohon ponorek a ledoborců.

Nedořešeným problémem zůstává přechod k ekologicky čistému získávání energie fúzí vodíkových jader, tedy k procesu, který se každodenně odehrává před našimi očima na Slunci. Vyřešení otázky vysokých teplot a udržení celého procesu řízené termionukleární reakce pod kontrolou by odstranilo i všechny problémy zdroje paliva – vody je na naší planetě vzhledem k minimální spotřebě při této reakci na více let, než bude existovat naše sluneční soustava.

## ZÁVĚREM

A na závěr perličku: častokrát jsme uváděli míru využitelnosti energie. Zakončeme to tedy „optimistickou“ vyhlídkou na využívání energie, které bude skutečně sto procentní. Tenhle zázrak dokáže anihilace. Sloučením hmoty s antihmotou se veškerá hmota přemění na energii. Je otázka, zda nás to ještě – jako součást hmoty – bude zajímat.





Bullenův model Země

## CESTY BLESKŮ

**Naše poznatky o planetě Zemi svědčí o velmi složitých energetických pochodech odehrávajících se v jejím nitru, na jejím povrchu i v jejím nejbližším okolí, v atmosféře. Procesy látkové a energetické výměny mezi těmito třemi sférami a kosmickým prostorem jsou doprovázeny obrovskými energetickými projevy. Až dosud je systém Země-atmosféra energeticky v rovnováze, avšak v důsledku lidské činnosti hrozí situace, kdy se tato rovnováha naruší. To by mohlo vážně ohrozit existenci života na Zemi. Jako příklad lze uvést dnes už zakázané zkoušky jaderných zbraní v atmosféře nebo právě nyní tak diskutované používání chemických látek oslabujících ozónovou vrstvu či zvyšování obsahu CO<sub>2</sub> v ovzduší.**

### ENERGIE UVNITŘ PLANETY ZEMĚ

Poloměr Země měří 6 378 km. K přímému studiu naší mateřské planety však máme k dispozici jen její nepatrnou část, prakticky pouze povrch a podpovrchovou oblast dosažitelnou průzkumnými vrty.

O chemickém složení Země získáváme informace prostřednictvím produktů sopečné činnosti. Další poznatky získáváme jen nepřímo, například sledováním, měřením a vyhodnocováním seismických (zeměřesných) vln.

Země se skládá z několika obalů odlišných svým složením i vlastnostmi. Australský geofyzik Bullen rozlišil těchto obalů 7 a označil je písmeny A až G.

Podle této klasifikace se zemské jádro skládá z vrstvy G, což je **pevné vnitřní jádro**, a z vrstvy E, **tekutého vnějšího jádra**. Mezi nimi je přechodná vrstva F. Právě o slo-

žení zemského jádra nám nejvíce vypovídají seismické vlny. Vnější jádro propouští pouze podélné seismické vlny, zatímco příčné vlny zde zanikají. Tento jev je typický pro kapaliny. Dosud nevyřešeným problémem je určení chemického složení zemského jádra, protože v něm panují tak vysoké tlaky, že tu dochází k narušení elektronového obalu atomů. Je zde velká hustota, jaká je jinde na Zemi nedosažitelná.

Také v zemském plášti panuje v porovnání se svrchními zemskými obaly vysoký tlak a hustota se pohybuje v hodnotách 2× až 3× větších než je hustota hornin v zemské kůře. Ve spodním plášti mají seismické vlny nejvyšší rychlost v zemském tělese, 13,6 km/s.

V zemském plášti je v pohybu obrovské množství látek. Zahřáté horniny stoupají a jejich místo je zaplňováno chladnějšími horninami z vyšších vrstev. Na zemskou

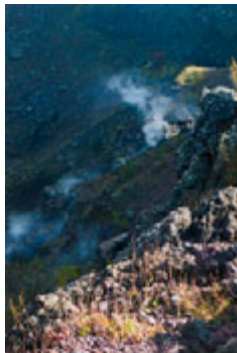
kůru a na její povrch tak působí mocné vnitřní vlivy. K nejnápadnějším z nich patří veškeré projevy **sopečné činnosti**. Kdyby se lidstvu někdy v budoucnu podařilo využít třeba jen část energie skryté v dosud činných sopkách, znamenalo by to obrovský krok kupředu.

Z technického hlediska nejde o otázky neřešitelné. Jejich řešení však s sebou nese příliš velké riziko.

K dalším projevům vnitřních sil Země patří pevninotvorné a horotvorné **pohyby zemské kůry**. Pevninotvorné pohyby jsou velmi pomalé, postihují rozsáhlé oblasti zemské kůry a jejich vertikální výška dosahuje nejvýše 3 km. Horotvorné pohyby jsou naopak poměrně rychlé (ovšem podle geologického chápání času). Postihují jen omezené oblasti zemské kůry a jejich výškový rozsah dosahuje až 12 km. Jejich výsledkem jsou všechna současná velká pohoří.



Výbuch sopky Merapi na Jávě v květnu 2006 vyhnal z domova tisíce lidí



Pohled na dno kráteru sopky Vesuv v Itálii, sopka stále dává najevo, že ještě neřekla poslední slovo



Podle jedné z vědeckých teorií je zemská kůra rozlámána přibližně na 10 bloků, tzv. **litosférických desek**, které se pohybují, „plavou“ na plastičtějším podkladu – **astenosféře**. Rychlosti těchto pohybů jsou řádově centimetry za rok. V dlouhých časových obdobích tak došlo k podstatnému přemísťování celých kontinentů. Dojde-li k setkání dvou takto se pohybujících desek, mohou vznikat zemětřesení. Právě na kontaktech, místech dotyku těchto desek, nacházíme pásma činných sopek s vysokou aktivitou.

Obrovská energie sopečných výbuchů měla vliv i na historii lidstva. Například výbuch sopky, ke kterému došlo kolem roku 1500 př. n. l. na ostrově Théra v Egejském moři, přivodil pád vyspělé kultury na Krétě a zničil mocnou námořní říši, která neměla v té době významnějšího soupeře. Asi nejproslulejší je výbuch Vesuvu, který roku 79 n. l. zničil městečka Herculaneum a Pompeje. Tragická událost znamenala na druhé straně pro archeology hotový poklad. Pod nánosy sopečného popela zůstalo po staletí uchováno úžasné svědectví o životě starověkého města.

V moderní době stojí za zmínku sopečný výbuch na ostrově Krakatoa v Indonésii, ke kterému došlo v roce 1883. Při tomto výbuchu byl vyvržen sopečný materiál o objemu 17 krychlových kilometrů. Ještě mnoho

měsíců po výbuchu koloval nejméněšší sopečný prach a popel ovzduším planety.

## ZDROJE VNITŘNÍ ENERGIE ZEMĚ

V hlubinách Země dochází nepřetržitě k přemísťování hmoty. **Těžší látky klesají ke středu Země** a lehčí se posouvají vzhůru.

Tento jev se dá názorně přiblížit jednoduchým pokusem: zatřepeme-li zkumavkou, v níž je několik různých kapalin, které se spolu vzájemně nemísí, začne se po chvíli na dně zkumavky usazovat kapalina nejhustší a nad ní postupně méně husté. Toto oddělování různě hustých látek je způsobeno zemskou přitažlivostí – gravitací. Při velmi vzdáleném přirovnání lze tento jev označit za volný pád, těžší horniny se přesouvají k těžišti Země a tím klesá jejich potenciální energie. Protože se však energie jako taková neztrácí, přeměňuje se na energii tepelnou a popsaný jev je tedy jedním z vnitřních zdrojů zemského tepla.

Tepelná energie se také uvolňuje při **přirozeném radioaktivním rozpadu** nestabilních **izotopů** některých prvků. Jde hlavně o uran <sup>238</sup>U a <sup>235</sup>U, thorium <sup>232</sup>Th a draslík <sup>40</sup>K.

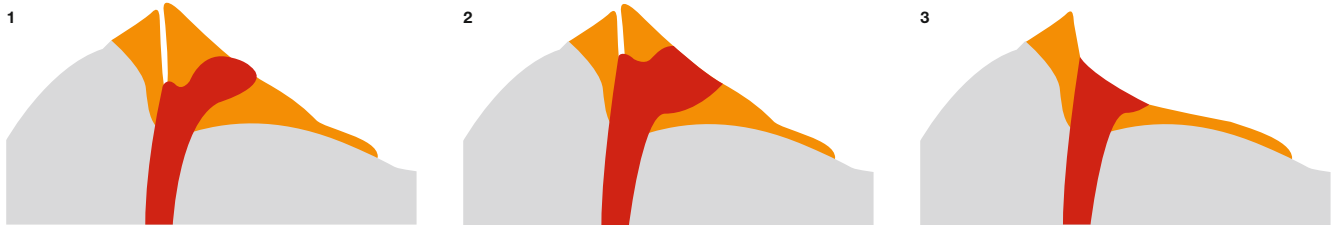
Teplotu můžeme měřit přímo jen na povrchu Země a v řádově kilometrových hloubkách v dolech a ve vrtech.

Ve větších hloubkách se teplota určuje z měření různých fyzikálních jevů a z jejich hodnocení na základě našich znalostí fyziky. Jednou z neúčinnějších metod je měření rychlosti šíření a dalších vlastností seismických vln při jejich průchodu zkoumaným prostředím.

Při povrchu Země není teplota hornin stálá. Do hloubky 1,5 až 2 m dochází k dennímu kolísání teploty, do 20 až 30 m kolísá teplota podle roční doby. Hluběji je teplota v jednotlivých místech stálá, roste pouze směrem do větších hloubek. Rychlost jejího růstu v jednotlivých oblastech vyjadřuje zvláštní jednotka geotermický stupeň.

**Geotermický stupeň** udává počet metrů do hloubky, kdy dojde ke zvýšení teploty o 1 °C. V Evropě je průměrná hodnota geotermického stupně 33 m/°C. To znamená, že teplota hornin vzroste o 1°C každých 33 m do hloubky. Hodnota geotermického stupně se se zvětšující hloubkou zvyšuje, ale potom začíná klesat.

Teplota tedy s hloubkou roste. Na hranici zemské kůry a pláště se teploty pohybují od 500 do 1000 °C, ve vnitřním jádře se teplota blíží 4 000 °C. Přenos tepla v horninách se vyjadřuje tzv. **tepelným tokem**. Velikost tepelného toku určíme jako množství tepla, které projde jednotkou plochy (např. metrem čtverečním) na zemském povrchu



Při výbuchu sopky Svata Helena byl vyvržen do okolí a do ovzduší její vrchol

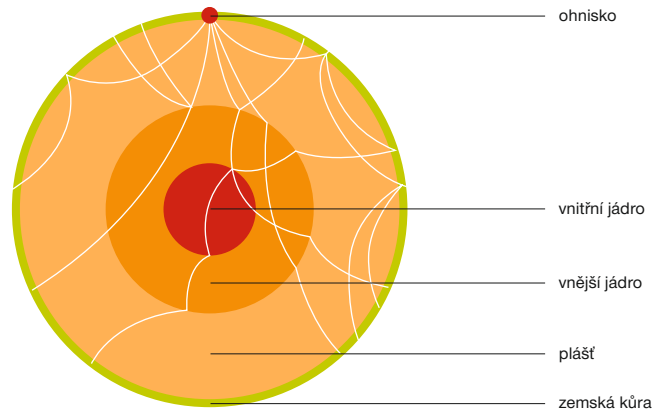
za určitou časovou jednotku. Tato velikost závisí na vzdálenosti od zdrojů zemského tepla pod povrchem a také na geologické stavbě oblasti. Proto se v oblastech s nedávnou vulkanickou (sopečnou) činností vyskytují vyšší hodnoty tepelného toku než v oblastech vulkanicky delší dobu uklidněných. Při zemském povrchu, popř. při hladině moře, je zemské teplo předáváno do atmosféry.

Vnitřní teplo Země může být v některých vhodných oblastech využíváno jako významný zdroj energie. Tato geotermální energie je obnovitelná a navíc zcela čistá, nenarušující životní prostředí. V neposlední řadě je i velmi levná. V největším rozsahu se jí využívá na Islandu, kde pro to existují přímo ideální podmínky. Voda a pára ohřátá v horkých „útrobách“ ostrova (Island je proslulý stovkami horkých pramenů vytékajících přímo až na povrch) vytápí domy, skleníky a roztáčí turbíny elektráren.

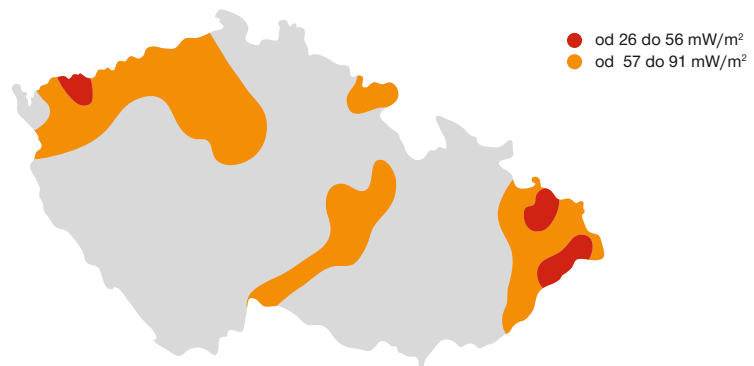
## MAGNETICKÉ POLE

Velmi významným silovým projevem majícím svůj původ v nitru Země je **zemské magnetické pole**.

Magnetické pole Země není stabilní. Podléhá změnám, jejichž periodičita (opakování) je řádově tisíce let. Protože geologické



Seismické vlny



Tepelný tok na území ČR



Při jasné obloze lze pozorovat pád bolidů (jasných meteoritů)

pochody v zemské kůře i v plášti jsou nesrovnatelně pomalejší, trvají řádově milióny let, předpokládá se, že magnetické pole vzniká v kapalném vnějším jádře. Tam, v důsledku rozdílných teplot, proudí hmoty rychlostmi několik kilometrů za rok. Proudění hmot ve vnějším jádře, které je v tekutém skupenství, probíhá jinak než ve spodním plášti, který je ve skupenství pevném.

Rozdíly v rychlosti pohybů těchto hmot a víry vznikající v jádře vyvolávají podobný účinek jako obrovské dynamo. Vytvářejí okolo Země magnetické pole. Změny v těchto pohybech způsobují stěhování zemských magnetických pólů a mají na svědomí i obrácení magnetické polarity, přepólování, ke kterému docházelo v geologické minulosti. To, že v daleké minulosti Země byla období, kdy jižní magnetický pól byl na místě dnešního severního pólu a naopak, nám dnes dokládá stavba a struktura některých hornin, vzniklých právě v této době.

Ke krátkodobým změnám magnetického pole dochází při příchodu elektricky nabitých částic ze Slunce. Ty někdy mohou způsobit dokonce i tzv. **magnetické bouře**, vyvolávající mimo jiné i poruchy v rozhlasovém vysílání. Magnetické pole Země má velký význam pro živé organismy. Jeho silové pole vytváří vrstvy elektricky nabitých částic v ionosféře a chrání tak povrch plane-



Typický vltavín

ty před přímým bombardováním částicemi kosmického záření.

Vznik zemského magnetického pole je stále ještě předmětem intenzivního vědeckého výzkumu. Není totiž zcela jasné, čím je vyvoláno proudění hmoty v zemském jádře. Tato problematika je velmi složitá, protože v jádře panují pro nás nepředstavitelné fyzikální poměry, např. tlak zde má stejnou hodnotu jako tlak vyvolaný při atomovém výbuchu.

## VNĚJŠÍ ČINITELÉ PŮSOBÍCÍ NA ZEMSKÝ POVRCH

Působení vnějších činitelů na modelování zemského povrchu je ze značné části způsobeno zemskou gravitací. Dalšími zdroji energie, které působí na povrch Země, je přitažlivost Měsíce a Slunce a energie slunečního záření.

Činnost vnějších činitelů je trojí: rušivá, přenosná a tvořivá. Napřed jsou horniny a tvary zemského povrchu rozrušeny, pak následuje přenos vzniklého materiálu a jeho usazení, sedimentace. **Zemská gravitace** je příčinou volného pádu sesuvů po svahu, pohybů vodních toků i pohybu ledovců. Má podíl na zvětrávání hornin a současně i na ukládání přeneseného materiálu, ať již větrem, vodou, ledem, nebo sesuvnými pohyby.

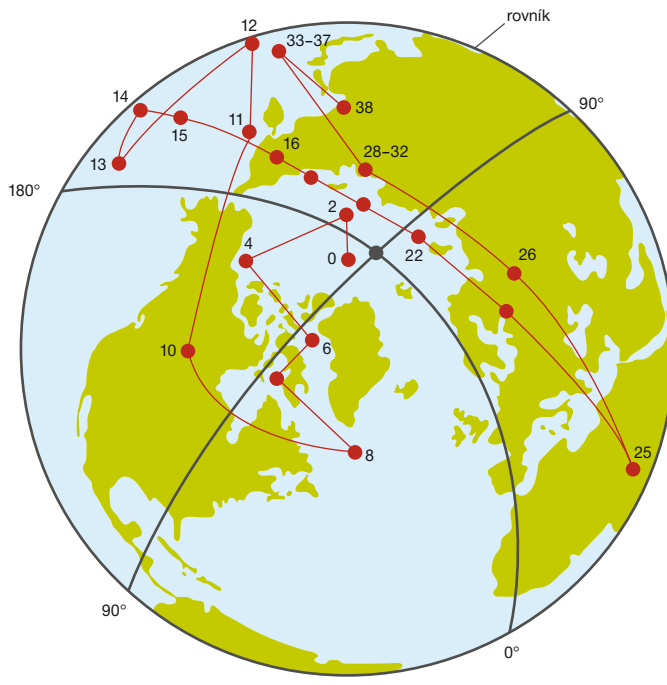
**Přitažlivost Měsíce a Slunce** způsobuje mořský příliv a odliv provázející rušivou činnost v pobřežních oblastech.

Energie slunečního záření způsobuje svým ohřevem mechanické zvětrávání hornin, které obsahují různé zbarvená zrnka či krystaly. Při změnách teploty se takovéto horniny drojí, protože jejich součásti (tmavší či světlejší) různě pohlcují světlo a teplo a v důsledku různé tepelné roztažnosti dojde k jejich oddělení. Totéž nastává při teplotách kolem 0° C v důsledku zamrzání vody. Led má objem o 1/11 větší než původní množství vody, a tak horniny trhá.

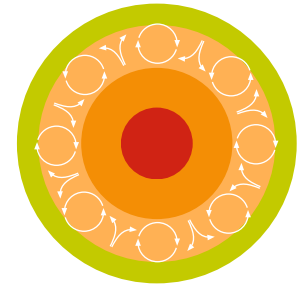
Mimořádným případem vnějších vlivů je **dopad velkých meteoritů, bolidů**. Při dopadu velkých těles dojde v místě srážky se Zemí působením velkého tlaku a teploty k přeměnění části hornin, vzniku hlubokých a rozsáhlých kráterů a k vyvržení určitého množství horninového materiálu do okolí. Podle jedné vědecké teorie právě takto vznikly populární a efektní vltavíny.

## MOŘE A OCEÁNY

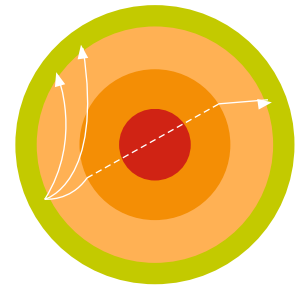
Typickými projevy pohybů mořské vody jsou **vlny** způsobené větrem a přílivové vlny způsobené gravitačním vlivem Měsíce a částečně i Slunce. Kolísání mořské hladiny činí na otevřeném moři kolem 1 m, blízko pobřeží



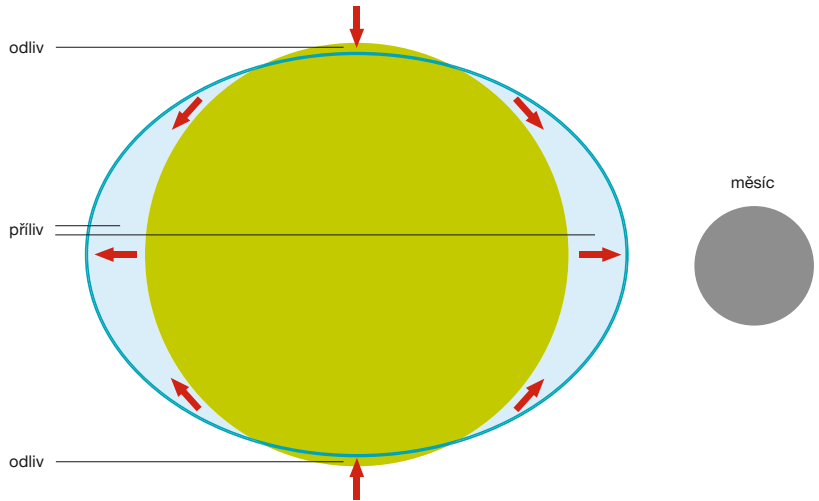
Cestování magnetického pólu na severní polokouli. Čísla znamenají tisíce let před naší dobou, nula označuje současnou polohu.



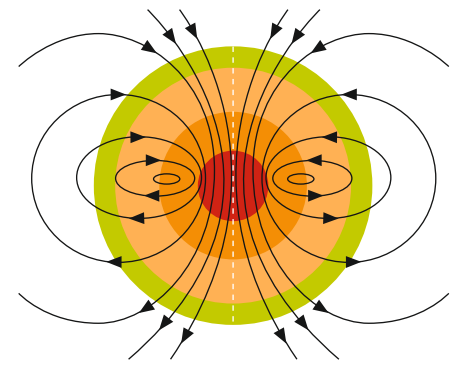
Konvekční proudění ve svrchním pláští Země



Průchod seismických vln Zemí



Příliv a odliv – schematicky zvětšeno



Magnetické pole Země vyjádřené siločarami



Sila příboje na břehu Středozemního moře



Když udeří tsunami

tato hodnota roste a v úzkých zátokách dosahuje i přes 10 m. Zvláštním případem jsou vlny zvané **tsunami**, které jsou vyvolány podmořskými sesuvy, sopečnou činností nebo zemětřesením.

Na otevřeném moři je výška těchto vln převážně menší než 1 m a jejich rychlost až stovky km za hodinu. Když však tato vlna dospěje na mělčinu k pobřeží, zvyšuje se a mění se v pohybující se stěnu, která má v některých případech výšku přes 10 m a zpusťší celé příbřežní oblasti.

Stejně jako řeky na pevnině, protékají moři a oceány po stále stejných trasách **mořské proudy**. Jsou způsobovány hlavně převládajícím směrem větru a rozdílnou teplotou a hustotou mořské vody. Převládající větry uvádějí do pohybu hlavně povrchovou vodu.

V rovníkových oblastech je mořská voda teplejší. Mořskými proudy je odváděna na sever a na jih a v některých oblastech výrazně ovlivňuje počasí. To platí například o Golfském proudu, který způsobuje, že pobřeží Portugalska má teplejší podnebí, než má ve stejných zeměpisných šířkách ležící východní pobřeží Ameriky. Existují však také

studené mořské proudy, vznikající v polárních oblastech. V nich se často vyskytují ledové kry ohrožující námořní dopravu. Tam, kde se studené a teplé proudy setkávají, se často vyskytuje mlha.

Obrovské množství vod se nepřemísťuje pouze podélným prouděním, ale také formou obrovských **vířů**. Jedná se o proudění vířivé. Tyto víry mají většinou průměr 200 až 400 km, mění svoji polohu, často se oddělují a pak zase splývají s hlavním proudem. Největší víry se nazývají **ringy** a rychlost proudění v nich je až 4 m/s. Životnost těchto vířů je několik měsíců. Změny v chemickém složení mořské vody, v koncentraci rozpuštěných látek a teplotní rozdíly společně s různými kontakty mořského pobřeží a dna jsou příčinou **elektrických bludných proudů**. Obdobný jev se vyskytuje i v pevné zemi, kde vzniká v důsledku kontaktů látek s různými elektrickými vlastnostmi.

## ATMOSFÉRA

Atmosféra je plynný obal planety, prostředí mezi pevným zemským tělesem a okolním kosmickým prostorem. Nejnížší vrstva atmo-

sféry je **troposféra**. Obsahuje 80 % celkové hmotnosti atmosféry a téměř všechnu atmosférickou vodu.

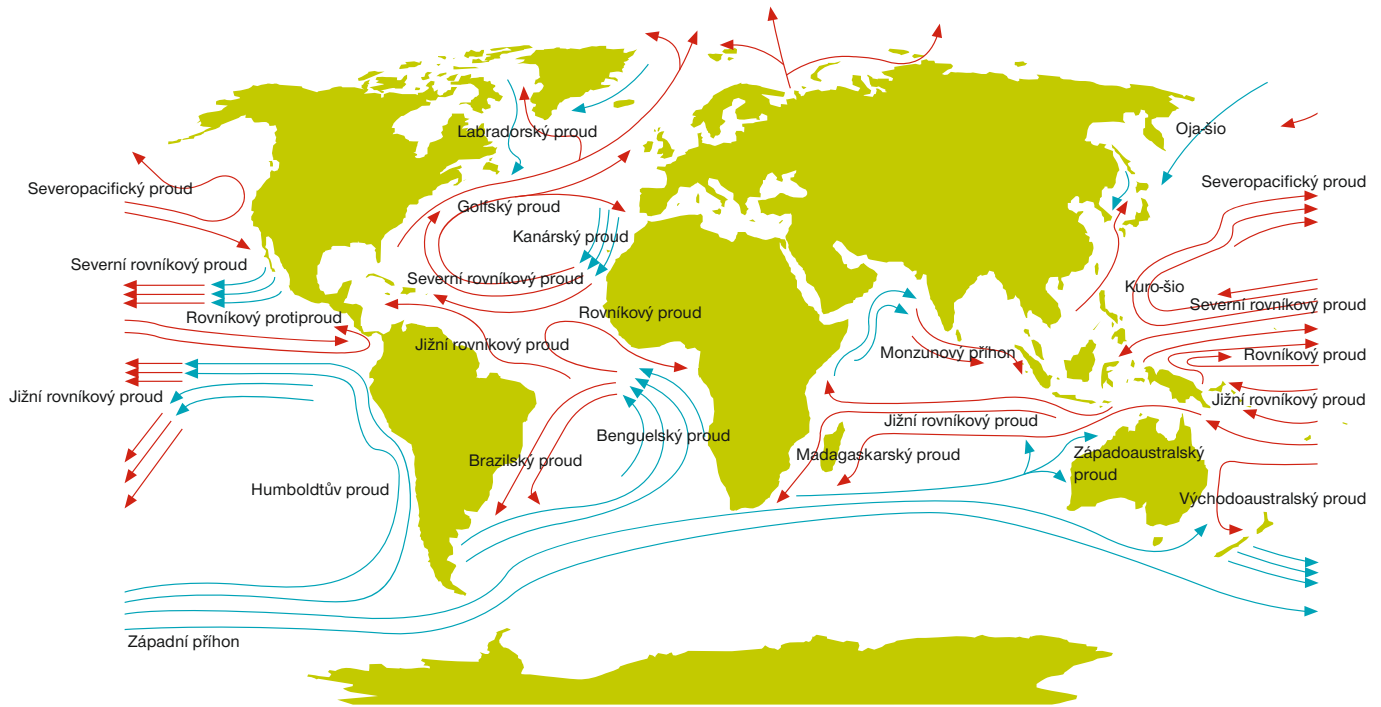
Vodorovným, svislým, podélným i vířivým prouděním vzduchu se vzdušné masy promíchávají a dochází tak také k výměně tepla a vodních par. Společně s dalšími jevy se tak v této vrstvě vytváří počasí. V troposféře klesá teplota vzduchu s výškou. Tento pokles činí v průměru 0,65 °C na 100 m výšky. Další vrstva, **stratosféra**, obsahuje 19 % hmotnosti atmosféry.

Právě v ní je zvýšený obsah ozonu O<sub>3</sub>, který pohlcuje životu nebezpečné ultrafialové záření přicházející hlavně ze Slunce. Přítomnost ozonu tak umožňuje existenci života na zemském povrchu.

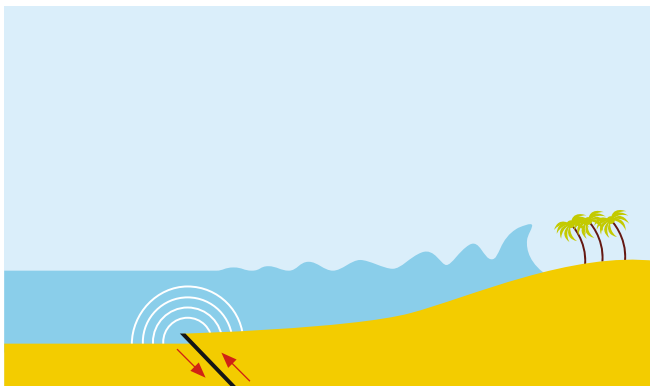
V nejvyšší vrstvě, v **exosféře**, je již tak nepatrný tlak, že molekuly vzduchu zde mohou unikát do kosmického prostoru. Teplota zde stoupá nad 1000 °C. Tento údaj však nelze chápat tak jako při povrchu Země, uvedená teplota má fyzikální význam ve smyslu pohybů molekul.

Oblast **mezosféry a termosféry** se nazývá **ionosféra**, protože obsahuje velké množství volných iontů. V hrubém přirovnání nám

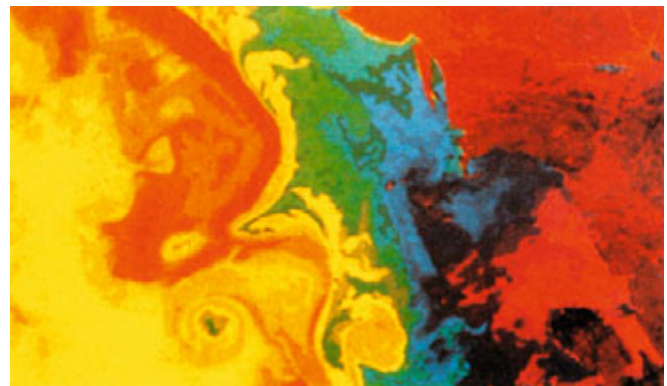




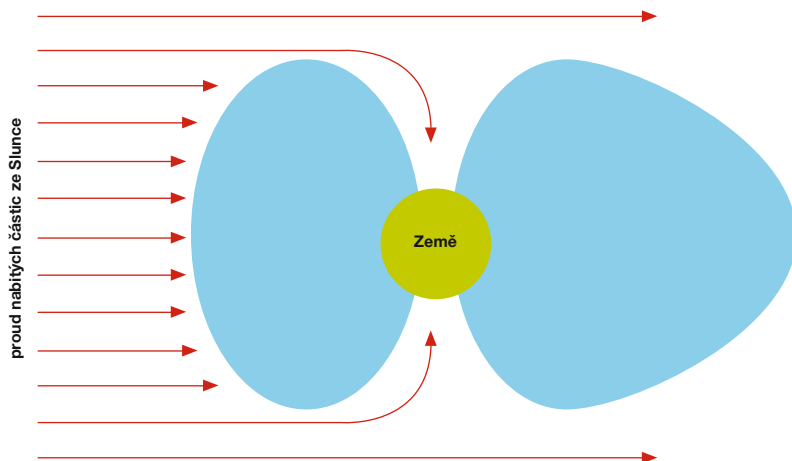
**Teplé (červeně) a studené (modře) mořské proudy**



**Posuny horninových bloků vyvolávají zemětřesení a obrovské vlny tsunami**



**Družicový snímek povrchu oceánu. Žlutá a oranžová barva představují vodu nejteplejší.**



Magnetosféra

to může připomínat kondenzátor přibližně kulového tvaru.

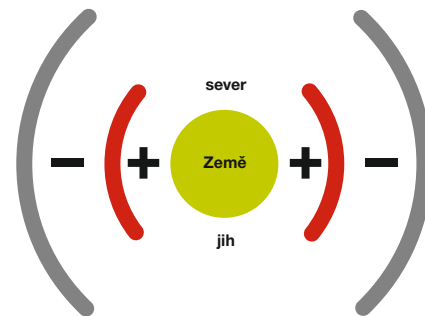
Vnitřní kulová vrstva, vlastně zemský povrch, je nosičem záporného elektrického náboje a vnější kulová vrstva, ionosféra, je nosičem náboje kladného. Ionosféra pak přechází do **magnetosféry**, kterou bombardují elektricky nabitě částice přicházející ze Slunce. Proto má magnetosféra tvar slzy, která je protažena ve směru od Slunce.

V okolí Země jsou, s výjimkou polárních oblastí, vrstvy s výrazně vyšším obsahem elektricky nabitých částic. Nejznámější z nich se nazývají Van Allenovy pásy a jsou velmi důležité, neboť odchyľují elektricky nabitě částice přicházející k Zemi z vesmíru. Proto se elektricky nabitě částice přibližují k zemskému povrchu pouze v polárních oblastech. Při výbuších na Slunci dochází k vyslání velkého množství těchto částic, z nichž část pronikne v polárních oblastech až do atmosféry a způsobuje zde velice efektní optické jevy nazývané **polární záře**. Protože to je vlastně proud elektricky nabitých částic, dochází při tom ke krátkodobým změnám magnetického pole Země, k již zmíněným magnetickým bouřím.

Vzduch je snadno stlačitelný, a proto jsou obrovské rozdíly mezi jeho hustotou při mořské hladině a v různých výškách. Tak např. ve výšce 80 km je tlak vzduchu roven jen 1/100 000 tlaku vzduchu při mořské hladině.

Různé fyzikální a chemické děje, které v atmosféře nepřetržitě probíhají a mění její stav, utvářejí **počasí**.

Na počasí má kromě teploty vzduchu a jeho znečištění podstatný vliv i atmosférická vlhkost. Voda se dostává do vzduchu převážně z povrchu moře ve formě vodní páry. Současně s ohřátým vzduchem stoupá do kilometrových výšek, původně teplý vzduch se ochlazuje a předává své teplo okolní atmosféře. Důležité je, že s klesající teplotou se snižuje množství vodní páry potřebné pro plnou nasycenost vzduchu. Např. při teplotě 20 °C je tato hodnota 17,3 g vodní páry na 1 m<sup>3</sup> vzduchu, při teplotě 0 °C již pouze 4,9 g. Pokud jsou ve vzduchu přítomna tzv. **kondenzační jádra**, tvořená prachem nebo kouřem, přebytečná vodní pára se na nich vysráží, dochází ke změně z plynného do kapalného skupenství, ke vzniku kapiček, ke kondenzaci.

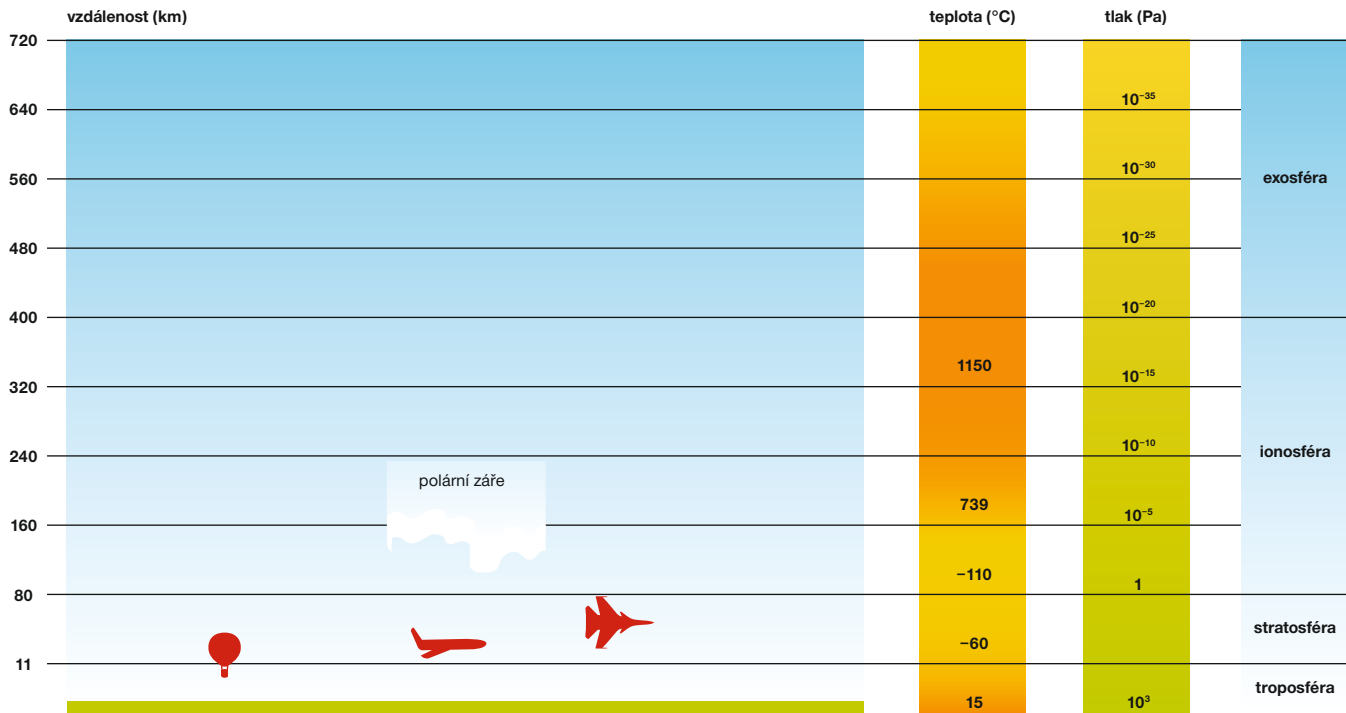


Van Allenovy pásy

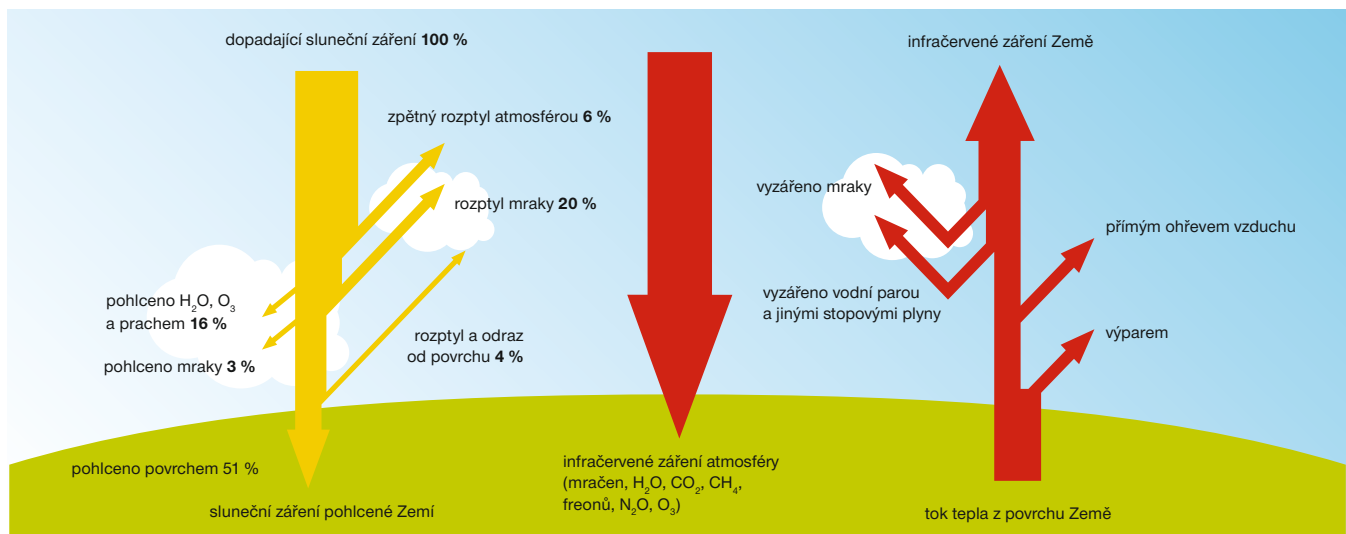
Stručně řečeno, začne pršet. Pokud nejsou kondenzační jádra ve vzduchu přítomna, kondenzace nenastane a relativní vlhkost je pak vyšší než 100 %. Teplota, kdy nastává kondenzace, se nazývá **rosný bod**. Pokud je hodnota rosného bodu nižší než 0 °C a je přitom splněna podmínka přítomnosti kondenzačních jader, může dojít ke změně do skupenství tuhého. Takto vznikají ledové krystalky – kroupy.

Intenzivní forma srážkové činnosti je **bouřka**. Bouřkou se rozumí souhrn různých elektrických a dalších jevů mezi oblaky druhu **Cumulonimbus** nebo mezi tímto druhem oblaků a zemským povrchem. Cumulonimbus, česky dešťová kupa, je bouřkový oblak, který má základnu ve výšce pod 2 km a jehož vrchol dosahuje nad naším územím obvykle do výšky 7 až 9 km, v tropických oblastech až do výšky 20 km. Za začátek bouřky považujeme první zahřmění bez ohledu na to, zda šlo o elektrický výboj mezi oblaky nebo mezi oblaky a zemí.

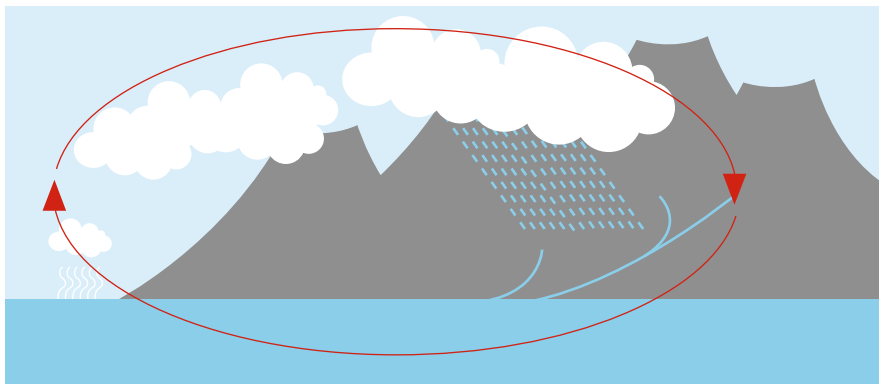
Pro bouřku jsou typické prudké nárazy větru, velké sestupné a výstupné proudění a silná srážková činnost, ať již ve formě deště, krup, nebo sněhu. Maximální zjištěná



Stavba atmosféry



Energetické proudění mezi Zemí a vesmírem v procentech



Koloběh vody

rychlost výstupného proudění uvnitř cumulonimbu byla 85 m/s (306 km/h) a maximální naměřený náraz větru uvnitř výstupného proudu 36,5 m/s (131,4 km/h). Energetické jevy, které jsou elektrické povahy a jsou zvláště významné během bouřek, jsou způsobeny elektrostatickým napětím v troposféře nebo mezi troposférou a zemí. Vybitím tohoto napětí vznikají **blesky**.

Tyto jevy zajímaly člověka odedávna mimo jiné i z toho důvodu, že blesky způsobují nejen velké hmotné škody, ale jsou i smrtelně nebezpečné. Vždyť podle statistik zahyne na světě každoročně v důsledku úderu blesku mnoho lidí.

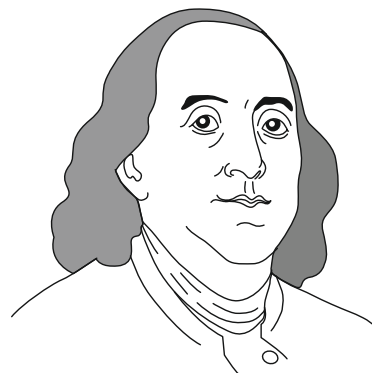
Blesk je světelný jev doprovázející elektrický výboj mezi centry kladných a záporných elektrických nábojů jednoho nebo více oblaků nebo mezi oblakem a zemí. Většinou se záblesk skládá z pěti až deseti jisker procházejících za sebou v tak malých časových intervalech (setin sekundy), že nám opticky splývají v jeden jev. Tyto elektrické jiskry zahřívají na své dráze vzduch, ten se rozpíná a smršťuje a tak vzniká tlaková vlna, způsobující **hrom** čili **zahřmění**.

Světlo se šíří přibližně milionkrát rychleji než zvuk, a proto je mezi pozorováním blesku a zahřměním časový rozdíl. Rychlost zvuku je při běžné teplotě asi 340 m/s. Tohoto po-

znatku můžeme využít ke zjištění vzdálenosti bouřky od našeho stanoviště. Od okamžiku zpozorování blesku odečítáme sekundy do okamžiku zahřmění. Jedna sekunda nám udává vzdálenost přibližně 1/3 km.

Elektrický charakter blesku prokázal v roce 1752 americký politik a přírodovědec Benjamin Franklin. Na základě svých poznatků pak zkonstruoval první **bleskosvod**. O dva roky později, zcela nezávisle na Franklinovi, postavil první bleskosvod v Čechách farář **Prokop Diviš**. Diviš se svým bleskosvodem vlastně snažil o odsávání elektřiny z bouřkových oblaků a tím o zamezení vlastních elektrických výbojů. Místní vesničané však naopak dospěli k názoru, že Divišova „mašina povětrnostní“ bouřky spíše přitahuje a rozbílí ji.

Kromě uvedených elektrických výbojů jsou občas pozorovány i další energetické jevy, z nichž rozhodně nejpůsobivější je tzv. **kulový blesk**. Jedná se o dosti vzácně pozorované svítící kulovité útvary různých velikostí a s různými projevy, jako jsou např. reakce na elektricky vodivé materiály, či jejich různý průběh zániku, který někdy proběhne bez následků a jindy končí výbuchem. Jde o jev, jenž doposud nebyl uspokojivě fyzikálně vysvětlen. Někteří vědci jej dokonce zařazují do oblasti science – fiction.



Benjamin Franklin

## VYZAŘOVÁNÍ ZEMĚ A ENERGETICKÝ VLIV KOSMICKÉHO OKOLÍ

Atmosféra se chová vůči vnějším vlivům jako filtr. Odráží, rozptyluje a pohlcuje různé druhy záření, které přicházejí k Zemi z kosmického prostoru. Část infračerveného a ultrafialového záření je pohlcena, kosmické záření je částečně pohlcováno a částečně odráženo.

Atmosféra však nepřijímá pouze záření přicházející z kosmického prostoru, hlavně ze Slunce, ale také tepelné záření přicházející z hlubin Země. Část takto přijaté energie se přeměňuje na pohybovou energii větru, a tak dochází k přenosu tepla prouděním vzduchu, hlavně ve vertikálním směru.

Propustnost atmosféry je pro různé druhy záření odlišná. Ultrafialové záření je silně filtrováno již ve velkých výškách ve stratosféře, kde je zvýšený obsah ozonu. Koncentrace ozonu je ve stratosféře 5 000× větší než při zemském povrchu, kde se ozon také vyskytuje, hlavně jako důsledek průmyslové činnosti.

Hodnota koncentrace ozonu ve stratosféře neustále kolísá. Ve dne je tato koncentrace větší než v noci a dále se mění v závislosti na ročních dobách. Minimální je na podzim a maximální na jaře.



Prokop Diviš



Polární záře nad Aljaškou



V každém blesku je ukryta obrovská energie

Ve středních a vyšších zeměpisných šířkách je tato koncentrace vyšší než v rovníkovém pásmu. Hlavně v polárních oblastech je v posledních letech pozorováno značné oslabení ozonové vrstvy. Tento jev – ozonová díra – je pozorován na obou polokoulích, dnes už i v obydlených zeměpisných šířkách. Ničení atomů ozonu a tím snižování jeho koncentrace je způsobeno hlavně výfukovými plyny letadel, freony a znečištěním atmosféry. Ochrana ozonové vrstvy je velice důležitá, protože při poklesu obsahu ozonu ve stratosféře by docházelo k většímu ozáření zemského povrchu ultrafialovým zářením a následkem toho k většímu počtu výskytů rakoviny kůže a očních chorob. Při trvalém snížení ozonové koncentrace by byl přímo ohrožen život na Zemi. Proto bylo mezinárodně dohodnuto omezování a nakonec i zastavení používání freonů.

Atmosféra také funguje jako filtr proti elementárním částicím přicházejícím z vesmíru, molekulám a větším pevným částicím. Převážná většina pevných částic se při vstupu do atmosféry třením o vzduch natolik zahřeje, že shoří, a jen malá část větších částic dopadne na zemský povrch.

Kromě přísunu hmoty z kosmického prostoru dochází však také k jejímu úniku z atmosféry do kosmického prostoru. Naše atmosféra tak ztrácí hlavně vodík a helium.

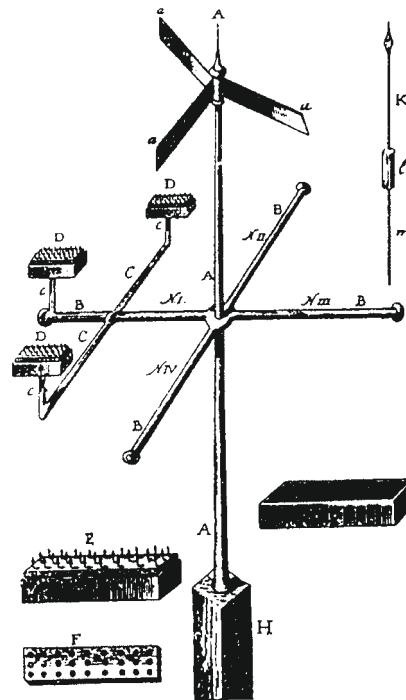
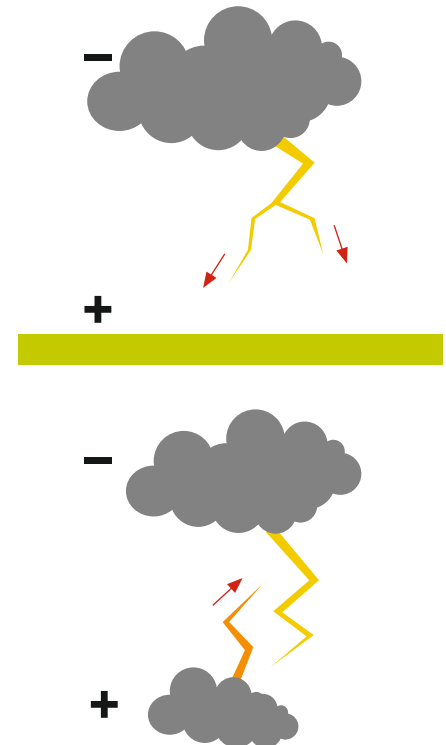
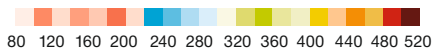
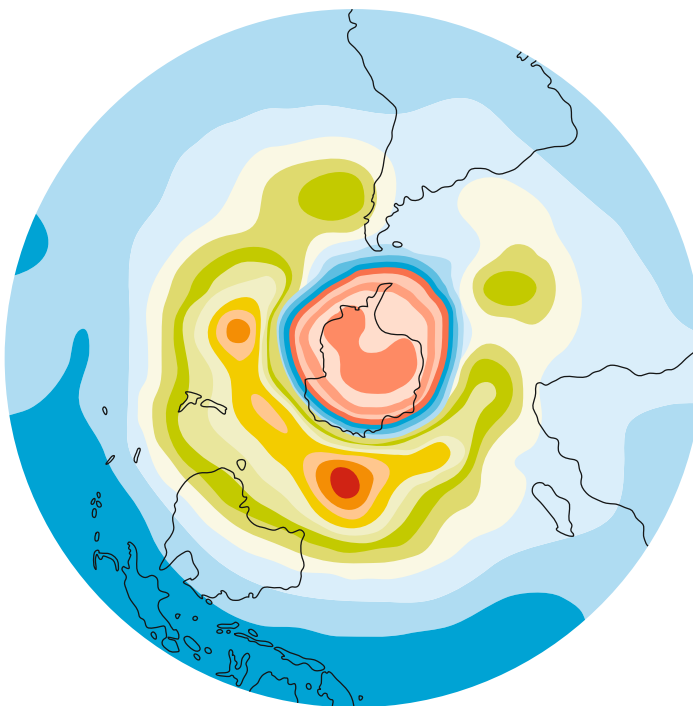


Schéma Divišova bleskosvodu



Elektrický výboj může proběhnout mezi mrakem a zemí nebo mezi mraky navzájem



Ozónová díra nad jižní polokoulí. Červenou barvou jsou označena místa největšího zeslabení.

Energetická bilance mezi příjmem a výdejem záření v atmosféře je však v rovnováze. To znamená, že množství atmosférou přijaté energie se rovná množství energie atmosférou vydané. Toto tvrzení platí i pro soustavu pevná Země – atmosféra.

V průběhu desetitisíců a statisíců let se však energetické poměry uvedené soustavy postupně mění. Jedna teorie tvrdí, že jde o kolísání podnebí v důsledku horotvorných pochodů. Pevnina se zvedá a současně se zmenšuje plocha moří. Teplota na pevnině klesá, zvětšují se tepelné rozdíly mezi pevninou a oceány, což vede k větší výměně

vzduchových hmot a k většímu množství srážek. Protože se pevnina ochladila, jsou tyto srážky převážně sněhové. Po určitém čase nastane doba ledová, jak jich už několik historie naší planety pamatuje.

Jiné teorie však uvažují o kosmických příčinách ledových dob. Jsou uvažovány změny vzdálenosti Země od Slunce, změny sklonu zemské osy či průchod sluneční soustavy oblaky kosmického prachu.

Velké podnební změny by vyvolalo zmenšení obsahu oxidu uhličitého  $\text{CO}_2$  v atmosféře, které by vedlo ke zvětšení vyzařování do kosmického prostoru. Zvětšení obsahu  $\text{CO}_2$

by naopak způsobilo přehřátí atmosféry, **skleníkový efekt**. V případě podstatného vzrůstu sopečné činnosti by docházelo k většímu odfiltrování infračerveného záření v důsledku znečištění atmosféry, a protože k nám toto záření přichází ze Slunce, došlo by naopak k celoplanetárnímu ochlazení.



Eroze terénu způsobená vodou

**LA MEDICINA  
STATICA**

**DI SANTORIO DE' SANTORJ**

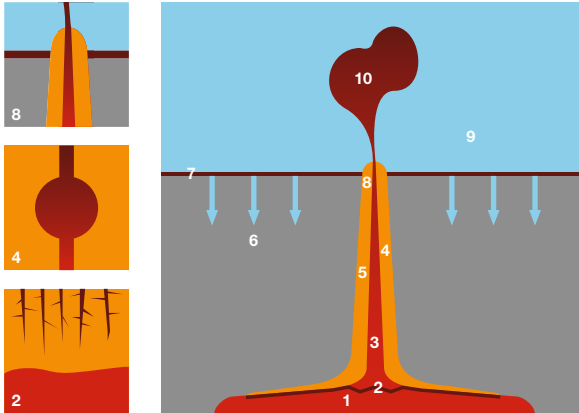
**DA CAPO D'ISTRIA**

**Pubblico Professore nell'Università  
di Padova.**

**Divisa in Sette Sezioni: co' Comentarj  
di MARTIN LISTER Medico Ingle-  
se, e i Canoni della Medicina de' Soli-  
di di GIORGIO BAGLIVI Professo-  
re di Medicina nello Studio di Rom**

**AGGIUNTIVI**





- 1 magma
- 2 rozpučené rozhraní
- 3 směšovací oblast
- 4 průtokový reaktor
- 5 reakční oblast
- 6 studená mořská voda
- 7 sedimenty
- 8 hydrotermální val
- 9 oblast nižší teploty (40 °C)
- 10 vysokoteplotní proud (350 °C)

**Horký podmořský pramen, kde také mohl vzniknout život. V rozpučeném rozhraní mezi horkou lávou a ztuhlým dnem se slučují prvotní organické látky. V puklinách probíhá samoorganizace a tak vznikají předchůdci dnešních bakterií, schopní jakési látkové výměny. Uvnitř valů na rozhraní s praoceánem může za příznivých světelných podmínek proběhnout fotosyntéza.**

# ENERGETIKA ŽIVÉHO

**Všichni živočichové i rostliny se skládají ze stejných prvků tvořících cukry, tuky a bílkoviny. Tyto látky slouží rovněž jako zdroj energie. Všechny životní děje v těle lze převést na přeměnu energie, nazývanou celkový metabolismus. Chemickou energii potravin tak lze převést na energii mechanickou, elektrickou i světelnou. Velikost metabolismu se liší u studenokrevných a teplotokrevných živočichů, závisí i na jejich hmotnosti, teplotě okolí, pracovním zatížení, množství a druhu potravy, způsobu a rychlosti pohybu i na překonávání odporu prostředí.**

## CO JE ŽIVOT?

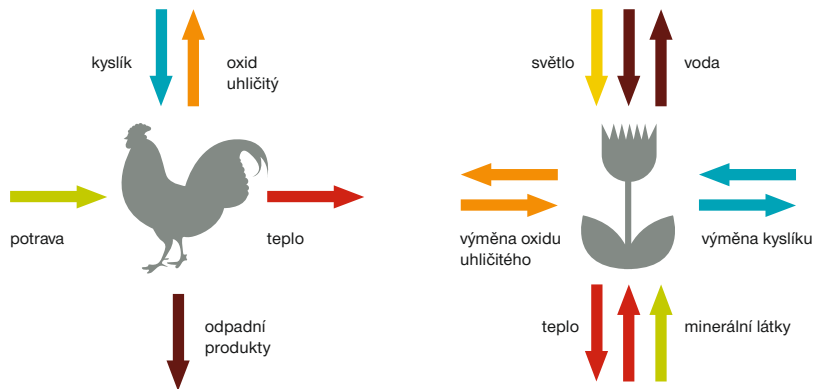
Otázku „Co je život?“ si kladou mnozí, ale dodnes na ni žádný vědec s konečnou platností nedokázal odpovědět. Živé organismy prý lze poznat především podle toho, že se umí rozmnožovat. Všechny ostatní projevy, jako je schopnost strávit potravu, udržovat teplotu těla, umět se pohybovat, nebo reagovat na dráždění atd. nejsou tak podstatné.

Život na naší planetě vznikl někdy v době mezi 4,5 miliardou let, kdy se naše planeta formovala, a 3,5 miliardou let, dobou, z níž pocházejí zkameněliny již poměrně vyvinutých forem života. Tento vývoj od prvků, vytvořených v mezihvězdných prostorách, až k člověku, pohlížejícímu zpět na hvězdy, byl dlouhý, složitý a na naší planetě možná i nevyhnutelný. Život, jak jej známe, vyžaduje totiž planetu obíhající kolem hvězdy v určité vzdálenosti (aby se voda mohla

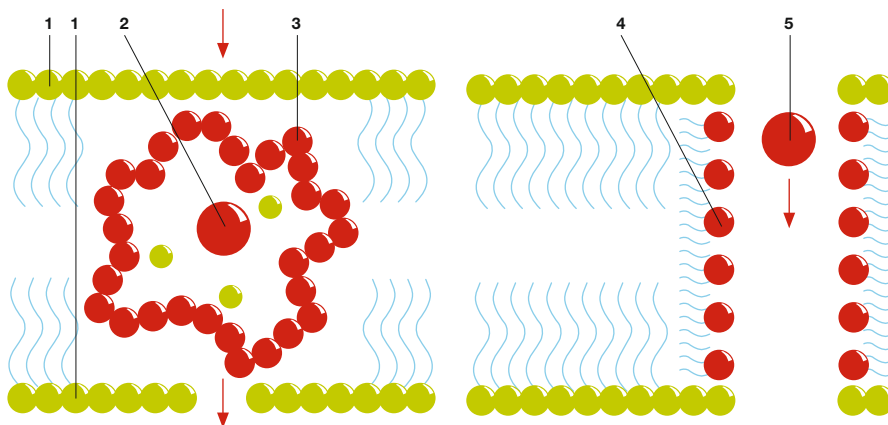
vyškytovat v kapalném stavu), vyžaduje rovněž bohatou zásobu chemikálií i energie. Původní atmosféra obsahovala plyny jako oxid uhelnatý (CO), oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>), vodu (H<sub>2</sub>O) a čpavek (NH<sub>3</sub>), vyvrhované sopkami. Ultrafialové záření a zásahy blesků je přeměnily na aminokyseliny, tedy organické kyseliny nutné k výstavbě bílkovin. Prvotní dědičný materiál pomocí bílkovin postupně vytvořil buňky, první živé organismy, jež svými životními pochody změnily původně nedýchatelnou atmosféru na atmosféru živému organismu příznivou, složenou z kyslíku a dusíku. Se vznikem ozónové vrstvy, zadržující ultrafialové záření ničící život, se další organismy mohly postupně rozšířit na suchou zem, kde se vyvinuly ve své složitější a pokročilejší formy.

**Všichni živočichové i rostliny – tedy bakterie, rákos, tchoři i člověk – se skládají**

**ze stejných prvků**, z nichž základní je uhlík (C). Dále převažují vodík (H), kyslík (O) a dusík (N). Tyto prvky tvoří základní biologické sloučeniny – **cukry, tuky, bílkoviny** a nukleové kyseliny. Nukleové kyseliny jsou nositelkami genetických pokynů (dědičnosti). Ostatní sloučeniny mají stavební funkci a jsou **zdrojem energie** organismů. Bílkoviny tvoří také podstatu **enzymů**, biologických katalyzátorů, které umožňují obdobné chemické reakce u většiny organismů, aniž by se samy změnily. Jejich úloha je nesmírně důležitá proto, že snižují teplotu, za níž se reakce uskutečňují. Pokud by neexistovaly, musela by teplota mnohdy dosahovat několik stovek stupňů, jinak by reakce neprobíhala vůbec. Kdybychom enzymy neměli, životní pochody, mezi něž patří trávení nebo udržování tělesné teploty, by nebyly možné.



Uzavřeme-li živý organismus, zahyne. Proto musí být zabezpečena výměna látek a energií s okolím.



Komunikačním rozhraním živých organismů s okolím jsou buněčné membrány. Jsou tvořeny cca 5 nm silnou fosfolipidovou dvojvrstvou (1), do níž jsou zanořeny (nebo k ní připojeny) proteiny. Přestup jednoduchých látek přes membránu se děje buď pasivně, tj. prostou difúzí (molekula (2) se sama „prodrává“ skrze lipidovou dvojvrstvu) nebo usnadněnou difúzí kdy prostupu pomáhá protein (3) uvnitř membrány. Čím je molekula menší, tím rychleji prostupuje. Nejpropustnější je membrána pro malé molekuly bez náboje ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ), o něco méně pro vodu  $\text{H}_2\text{O}$ . V membráně jsou také „kanály“ (4), bílkoviny, které ve středu své molekuly mají otvor a řízeně propouštějí (nebo nepropouštějí určitý iont (5)).



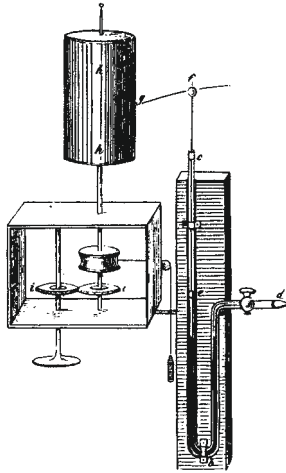
Posoupnost uspořádání mnohobuněčných organismů. Činnost každé hladiny závisí na její organizaci i na organizaci hladin nižších.

Způsob, jakým živé organismy s energií hospodaří, je však neobvyklý. Odporuje některým zásadám, které platí pro neživou přírodu. Zde víme, že systém (třeba kádinka naplněná vodou a doplněná o krystalky soli) ponechaný sám sobě zaujme stav o nejmenším obsahu volné energie a současně klesne jeho uspořádanost. Sůl se rozpustí a její

molekuly již nenajdeme na dně uspořádané do krystalků, ale jsou rozptýleny všude ve vodě – říkáme, že systém je méně uspořádaný. Tento nepořádek ale příroda pokládá za velmi ladný a dává mu přednost – nepořádek je velmi pravděpodobný.

Zcela opačně je tomu u živých organismů. Například strom během času roste, ob-

sah volné energie v něm stoupá můžeme se o tom přesvědčit spálením různě starých stromů. Starší strom poskytne mnohem více dřeva, a tedy i tepla. Tělo živých organismů se staví z původně roztroušených atomů, vytváří složité molekuly a ty pak ještě složitější orgány – uspořádanost tedy stoupá. Dochází k tomu proto, že na rozdíl od



Kymograf Carla Ludwiga z roku 1846. Přístroj je schopný převést změny tlaku a jiné pohyby v organismu na vlnitou křivku, zaznamenávanou perem na papír. Tento přístroj velmi přispěl k rozvoji fyziologie.

neživé přírody tyto organismy **nepředstavují uzavřené systémy**, ale neustále něco od přírody odebírají a něco do ní vracejí: stromy vyžadují vláhu, živiny a oxid uhličitý, vylučují kyslík. Živočichové vyžadují přísun vody, bílkovin a kyslíku a vylučují jejich zplodiny poté, co je stráví. Kdybychom živé organismy drželi naprosto uzavřené třeba pod skleněným poklopem, zahynuly by.

## STAVBA PROZRAKUJE ÚKOL: ORGÁNY TĚLA

**Moře**, z něhož pochází všechno živé, svými stálými vlastnostmi (dokáže rozpouštět mnoho látek i udržet stabilní teplotu), představovalo dokonalé prostředí pro rozvoj života. Jednak tvořilo **živný roztok**, ze kterého prvotní organismy odebíraly látky potřebné na svou výstavbu a údržbu, jednak bylo **odpadovým zařízením**, do kterého odevzdávaly nevyužitelné produkty.

Významný stupeň ve vývoji představoval vznik buněčné **membrány**, pružné tenké blány, která díky svým vlastnostem dokázala



## LA MEDICINA STATICA

DI SANTORIO DE' SANTORJ  
DA CADO D'ISTRIA

Publico Professore nell'Università  
di Padova.

Divisa in Sette Sezioni: co' Comentarij  
di MARTIN LISTER Medico Inglese,  
e Canonico della Medicina de' Soli  
di GIORGIO BAGLIVI Professore  
di Medicina nello Studio di Roma.

### AGGIUNTI

Gli Aforismi d' Ippocrate, e i suoi Prefigi:  
nelle due lingue, Latina ed Italiana  
con molte altre cose che saranno  
notate nella pagina seguente.

IDEA, e FATICA  
DELL' ABATE CHIARI  
Da Pisa.

IN VENEZIA MDCCXLIII.  
Appreso Domenico Occhi.

CON PRIVILEGIO.

C. n. 26

Mezi průkopníky fyziologie, kteří zaváděli fyzikální metody do medicíny, patřil i Santorio Santorio (1561–1636). Jako první zkoumal množství látek, jež vznikají při látkové výměně.

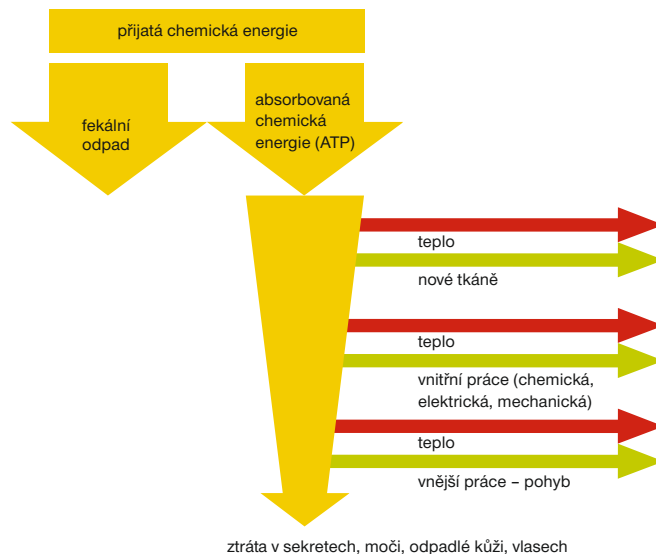
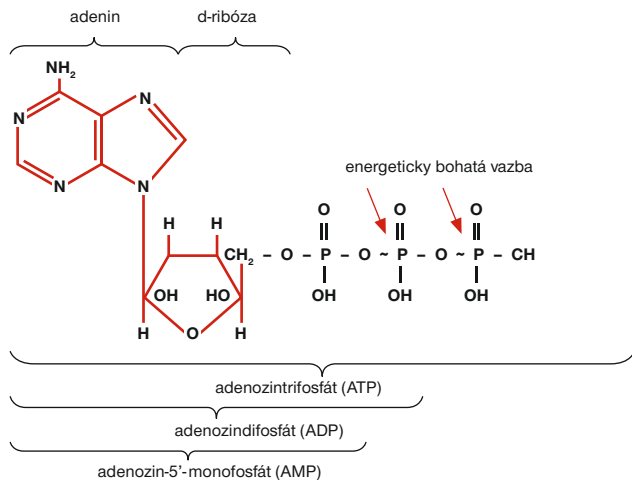
vybírat nevhodnější látky, a tím vytvořit uvnitř buněk prostředí, jež se lišilo od prostředí vnějšího. Zatímco tedy v mořské vodě převládaly ionty sodíku ( $\text{Na}^+$ ) a chlóru ( $\text{Cl}^-$ ), uvnitř buňky se začaly hromadit především ionty draslíku ( $\text{K}^+$ ), hořčíku ( $\text{Mg}^{2+}$ ) a ionty fosfátové ( $\text{PO}_4^{2-}$ ).

I u **vícebuněčných organismů** se uchovalo rozdílné složení vnitřního a vnějšího prostředí, změnil se však poměr objemu tekutin v buňce a mimo ni opačně, než tomu bylo u jednobuněčných organismů žijících v moři, kde se mimo buňku vlastně nacházel celý oceán. Uvnitř buněk se u živočichů nachází více vody, například u dospělého člověka vážícího 75 kg činí obsah tekutiny v buňkách asi 30 litrů, zatímco množství krve a lymfy, jež prochází mízními uzlinami, jen asi polovinu.

Vznik mnohobuněčných organismů tedy vedl k vzrůstu těla, což znamenalo prodloužení cesty od povrchu těla k vnitřním orgánům. Tak se značně zkomplikovala výměna látek, kterou buňky uložené hluboko v těle ke svému životu potřebují.

Diffúzní pochody (samovolný pohyb látky z místa vyšší koncentrace na místo nižší koncentrace), které stačily u jednobuněčných organismů, jsou totiž poměrně pomalé a zde již nevyhovovaly. Proto bylo nutné vytvořit zvláštní zařízení – **orgány**, které zajistily, aby vnitřní části těla nebyly ochuzovány o kyslík, výživné a minerální látky a aby se nehromadily zplodiny, jako je oxid uhličitý, kyseliny a čpavek. Vznikly **červené krvinky**, mající za úkol přenášet kyslík a oxid uhličitý, a **dýchací orgány**, umožňující rychlý příjem kyslíku nebo vylučování oxidu uhličitého. Vyvinula se **trávicí soustava** na zpracování potravy. Pro odstranění nežádoucích pevných a kapalných produktů nebo zase k zadržení užitečných látek se vyvinula především **játra** a **ledviny**. **Srdce** jako oběhové čerpadlo začalo udržovat všechnu tekutinu mimo buňky v neustálém pohybu.

Člověk tedy sdílí se všemi ostatními živočišnými druhy společnou historií vývoje a stejné zákony fyziky a chemie, stejné principy dědičnosti a je tedy částí království



**Chemické složení velkých molekul obsahujících energeticky bohaté fosfátové vazby**

**Využití chemické energie v těle. Část potravy se nevstřebá a je proto rozložena střevními bakteriemi nebo vyloučena jako fekálie. Část se projeví jako teplo vznikající při metabolismu, další část se uloží ve tkáních nebo využije na chemickou, elektrickou nebo mechanickou práci.**

zvířat. Navíc všechny základní biologické procesy, které jsou nazývány „život“, sdílejí všechny živočišné druhy. Jevy, které vedou k tlukotu srdce, se zásadně neliší u ryby, žáby, hada, ptáka nebo opice, stejně jako elektrické impulzy v lidském mozku nejsou zásadně jiné ani u kraba nebo potkana.

Chceme-li proniknout do způsobu, jak pracují orgány živočichů i lidí, musíme si jejich činnost rozložit na poměrně jednoduché fyzikální a chemické děje, jako je filtrace, difuze nebo přenos tepla. Pro pochopení jejich koordinace si musíme osvojit pojmy známé z řídicích procesů, jako je signál, ústředí, přímé a zpětnovazebné působení – musíme tedy znát kybernetiku. Naše znalost činnosti živého organismu, kterým se zabývá věda zvaná **fyzilogie**, tedy do značné míry závisí na rozvoji ostatních věd. Určitý rozdíl však zde máme.

Fyzikální systémy vytvořené člověkem, jako třeba počítač nebo naváděcí systém

pro střely, mohou být natolik přesné, že u nich za normálních podmínek můžeme dosáhnout předpovězeného výsledku. Živočiškové však musí fungovat za neustále se měnících rozmarů přírody a při ne zcela přesné dědičnosti. Nastává nutnost udržet poměrně stálé prostředí uvnitř těla – **homeostázu**. Činnost všech tkání a orgánů musí být regulována a vzájemně propojena tak, aby jakákoliv změna ve vnitřním prostředí (třeba způsobená horkem nebo zimou) automaticky vyvolala takovou odpověď, která by tuto změnu zmenšila.

U jednobuněčných forem života stačily k udržení homeostázy regulační děje uvnitř jednotlivých buněk. U větších organismů se však musely vyvinout přesložitější regulační mechanismy, které byly schopné řídit a propojovat činnost buněk ve prospěch celku. Proto se vyvinula **spojení**, která umožnila přenášet informace na poměrně dlouhou vzdálenost. Jejich přenos zprostředkují mo-

lekuly tři soustav: **endokrinní**, která využívá hormony pro řízení látkové výměny, **nervové** s neuropeptidy, určenými pro přenos a zpracování informací, a **imunitní** s cytokiny, řídicími obranné pochody.

**ŽIVOT POTŘEBUJE ENERGII**

Všechny životní děje v živých organismech lze převést na přeměnu látek a energie, nazývanou celkovým metabolismem. **Metabolismus** znamená přeměnu látek nebo energie v živém organismu tak, aby je mohl využít. Přeměna chemické energie živin, které přijímáme v potravě, probíhá v organismu zpravidla ve dvou stupních. Prvním stupněm je vytvoření adenosintrifosfátu (ATP) v buňkách, látka, která obsahuje energeticky bohaté vazby. Takto nyní může být energie úsporně skladována tak dlouho, dokud ji buňka nebude zase potřebovat. Druhým stupněm je štěpení ATP a uvolňování



- U lékaře se setkáváme s některými metodami, které mapují elektrické pole srdečního svalu. Nejznámější elektrokardiograf – EKG. Elektromagnetické vlnění vzniká i v mozku. Podle frekvence se rozeznávají vlny:
- delta (1 až 3 Hz, hluboký spánek),
  - theta (4 až 7 Hz, hluboká meditace a tvořivá představitivost),
  - alfa (8 až 12 Hz, uvolnění bez ospalosti, plynulé myšlení),
  - beta (13 až 30 Hz, bdělé vědomí, starosti a strach).

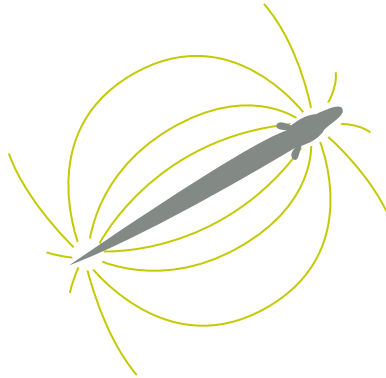
takových druhů energie, které jsou potřebné pro životní pochody.

Jako všechny stroje na přeměnu energie i živočišné produkují **odpadní teplo**, a proto jsou účinnější na méně než 100 %. U některých zvířat a člověka je ale toto teplo vytvářeno úmyslně. Dostačuje právě k tomu, aby zvýšilo teplotu tkání na úroveň, která značně urychluje chemické reakce. Uvnitř organismu se vedle tepla vytvářejí i **jiné formy biologicky využitelné energie**.

**Mechanická energie** se využívá při přelévavém měňavkovitém pohybu, při pohybu brv a bičíků a především při svalové práci. Slouží k udržování stálé polohy těla a k pohybu.

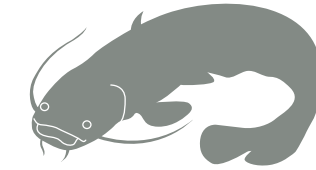
**Osmotická energie**, potřebná k prolínání látek buněčnou membránou z míst nižší koncentrace do míst vyšší koncentrace, se uplatňuje při dopravě různých látek.

**Elektrická energie** vzniká při změnách propustnosti biologických membrán na úkor

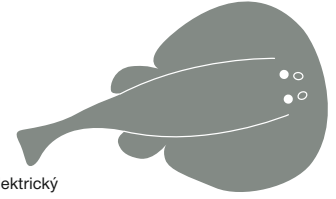


elektřický paúhoř

Sumec elektrický (rod *Malopterus*), paúhoř elektrický (rod *Electrophorus*), parejnek elektrický (rod *Torpedo*) jsou příkladem ryb a paryb se speciálními orgány, které dovedou přeměnou chemické energie vyvíjet elektrinu. Základem je destička svalové tkáně tzv. elektroplax. Každá ploténka je připojena na nerv. Tyto ploténky jsou v elektrickém orgánu uspořádány ve sloupcích, čímž dochází ke sčítání jejich potenciálů. Akční potenciál jedné ploténky je 0,14 V. Čím větší je počet těchto jednotek, tím mohutnější výboj může živočich vydávat. Nejsilnější výboj (až 600 V) může vydávat paúhoř elektrický (rod *Electrophorus*), který má podél páteře uloženo pět až šest tisíc plotének. Elektrické pole využívají k vyhledávání a omračení kořisti a k obraně.



elektřický sumec



parejnek elektrický

energie osmotické. U většiny živočichů se objevuje v nepatrném množství, ale neobešli bychom se bez ní při šíření vzruchu po nervových a svalových vláčkách. U některých ryb vzniká ve větším množství a má význam pro jejich orientaci ve vodě, k lákání nebo dokonce omračování kořisti.

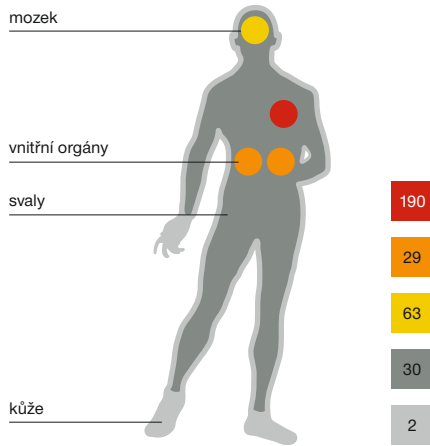
**Světelná energie** se produkuje v nepatrném množství u světélkujících živočichů. Podstatou bioluminiscence je oxidace určitých látek (alkoholů, aldehydů apod. – souhrnně nazývaných luciferiny) za pomoci enzymů (luciferáz), které jejich oxidaci katalysují.

Produkt reakce je v elektronově excitovaném stavu a přechází do základního stavu emisí fotonů. Jako viditelné záření se při reakci uvolní až 96 % energie (žárovky by mohly závidět). Světélkování známe z letních nocí, kdy se můžeme těšit ze signalizace světlušek nebo od řady mořských a hlubokomořských živočichů.

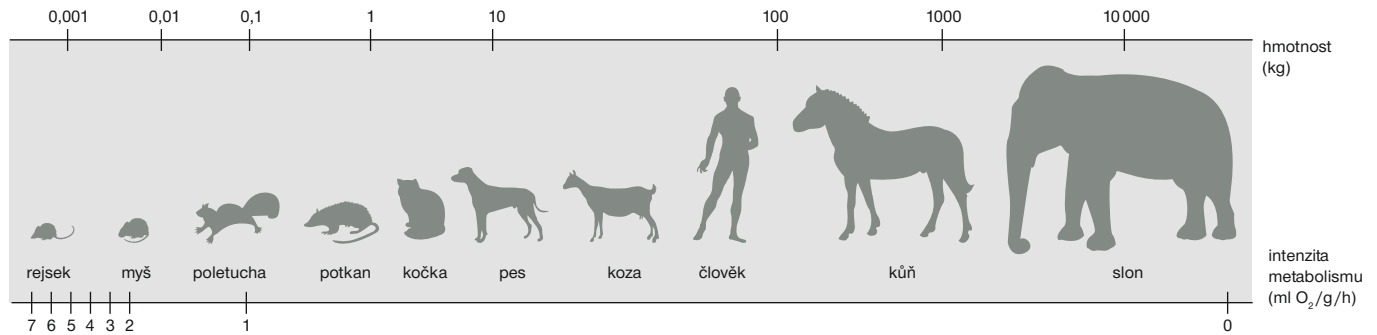
## METABOLISMUS V KLIDU

V klidu, když živočich odpočívá, potřebují jeho buňky energii hlavně na **udržení svého stálého složení a na novou tvorbu „opotřebených“ bílkovin**. Různé orgány potřebují i energii na **plnění svých úkolů**, například na stahy srdce a dýchacích svalů. Mezi nejaktivnější orgány patří právě srdce a ledviny. U člověka srdce produkuje zhruba 188 J (J = joule, jednotka práce) na sto gramů tkáně za minutu, ledviny 29 J, što jen 2,1 J. Velikost spotřeby energie jednotlivých orgánů je různá i u různých živočichů. Například svalovina menších zvířat vykazuje poměrně větší podíl na celkové látkové přeměně než u živočichů větších: krysa 64 %, pes 37 %, člověk 32 %.

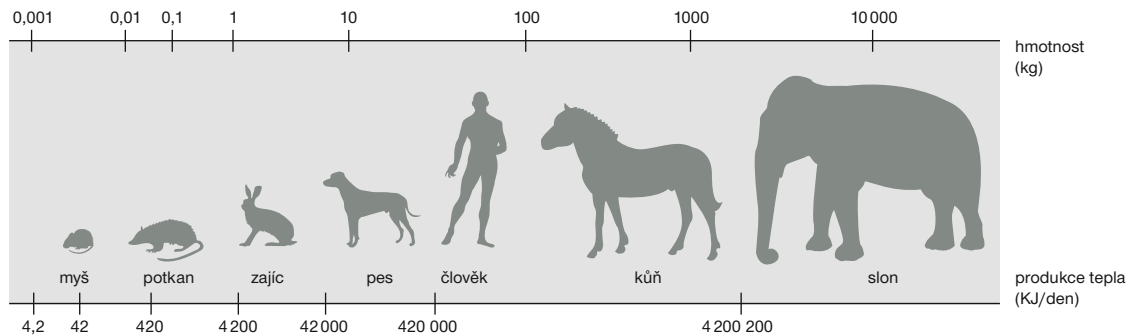
Metabolismus zahrnuje vlastně všechny reakce probíhající v organismu. Můžeme jej rozdělit na dvě části: **anabolismus**, kdy se z jednoduchých stavebních kamenů vytvářejí složitější molekuly, a **katabolismus**,



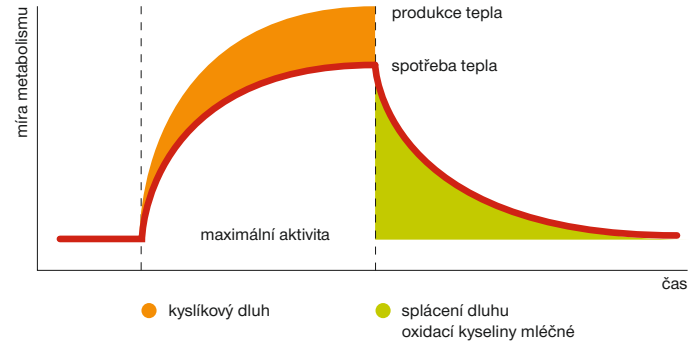
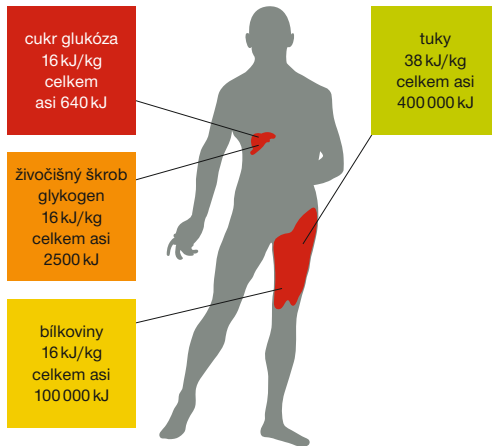
Produkce tepla v J/100g/min v různých oblastech těla člověka (v klidu)



Vztah mezi hmotností a mírou metabolismu (danou spotřebou kyslíku na jednotku hmotnosti za hodinu) u savců v klidu. Vyplyvá z něj, že čím větší je živočich, tím nižší může být jeho metabolismus na jeden gram za hodinu.



Závislost míry metabolismu na hmotnosti živočichů



Usilovná krátkodobá svalová práce si může vynutit takovou spotřebu energie, že plíce ani srdce nejsou schopny dodat dostatečné množství kyslíku. Pak musí svaly pracovat převážně bez něj. Během této přechodné doby se cukry štěpí, ale neúplně, a v krvi a tkáních se hromadí zplodiny, především kyselina mléčná. Při ukončení práce při zotavování však přechodně přetrvává zvýšená potřeba kyslíku, která odpovídá množství kyslíku, jež organismus nemohl předtím spotřebovat. Říká se proto, že organismus musel pracovat na kyslíkový dluh.

kdy se složité molekuly štěpí na jednoduché. Anabolismus vyžaduje dodávání energie a bývá spojen s opravou, regenerací a růstem.

Velikost metabolismu živočichů se zásadně liší u **studenokrevných**, kdy jejich teplota závisí na teplotě okolí, a **teplokrevných**, kteří si zachovávají svoji stálou teplotu bez ohledu na okolí.

U studenokrevných je velikost metabolismu na kilogram zhruba desetkrát nižší než u teplokrevných a hlavně je v každé teplotě okolí jiná – se stoupající teplotou stoupá. Při zvýšení teploty o 10 °C se zvýší dvojnásobně až trojnásobně. Závislost biologických dějů na teplotě má však typický průběh jen v rozmezí 0 až 40 °C při vyšší teplotě se enzymy poškodí a metabolismus opět klesá. Při delším pobytu studenokrevných v určité teplotě se jejich životní pochody přizpůsobují.

U teplokrevných živočichů hovoříme o **bazálním metabolismu**, což je tvorba tepla celého organismu v klidu, v příznivém rozmezí teplot okolí a nalačno. Tento bazální metabolismus se vyskytuje u živočichů a člověka jen výjimečně, neboť málokdy žijí v úplném klidu. Většinou se mění podle stavu

organismu, podle jeho pracovního zatížení, podle změn teploty okolí a v závislosti na příjmu potravy – prostě situace je mnohem složitější. Snížená teplota okolí vyžaduje více energie na vyrovnávání ztrát. Toto zvýšení je u všech živočichů přibližně stejné a činí asi čtyřnásobek bazálního metabolismu.

## PODÍL PRÁCE NA VÝŠI METABOLISMU

Produkcí tepla značnou měrou **zvysuje činnost svalů**, což můžeme velmi často pozorovat sami na sobě. U člověka může pohyb pažemi zvýšit metabolismus více než dvakrát, intenzivní chůze a běh třikrát až desetkrát. U různých druhů savců stoupá metabolismus stejně a v průměru až desetinásobně převyšuje hodnoty bazálního metabolismu. U trénovaných sportovců při špičkových výkonech však bylo naměřeno zvýšení produkce tepla až více než dvacetinásobně.

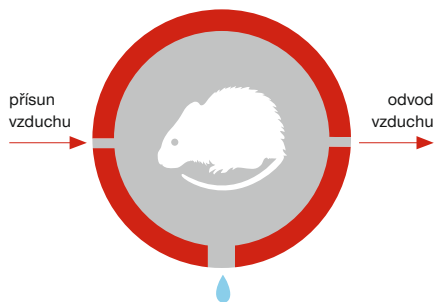
Energii nezbytnou pro život získávají živočichové z cukrů, tuků a bílkovin. Díky kyslíku ze vzduchu se tyto látky rozkládají na oxid

uhlíčitý a vodu. Bílkoviny uvolňují navíc ještě páchnoucí čpavek. Cukry, tuky i bílkoviny se mohou vzájemně zastupovat, v klidu nepřevažuje spotřeba žádné ze základních látek, jenom mozek využívá převážně jednoduchý cukr. Při krátkodobé práci jsou hlavním zdrojem energie složitější cukry (škroby), při dlouhodobé zátěži se nejvíce uplatňují tuky.

Bílkoviny dokáží energii dodávat nejvíce (zvýšení metabolismu až o 30 %), cukry a tuky v menší míře (zvýšení metabolismu o 5 až 10 %).

Metabolismus se může také zvyšovat při horečce, a to asi o 14 % při zvýšení teploty těla o 1 °C, mění se v průběhu vývoje a při hladovění, stoupá při těhotenství a kojení například u březích králiků asi o 30 %. U dospělé kravy klesá úroveň metabolismu asi na 40 % úroveň pozorované u novorozeneckých krávy.

Při nedostatku potravy organismus postupně využívá energie uložené ve tkáních. Nejdříve jsou povolány cukry – jejich zásoba v játrech se vyčerpá během 24 hodin, pak se začnou používat bílkoviny a tuky. Později se mobilizují tuky z tukových zásob a tkáňové bílkoviny.



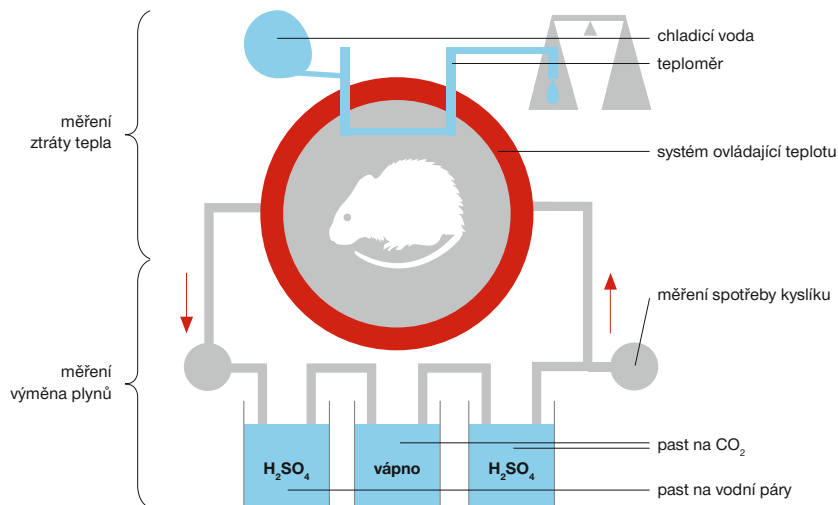
Pokud se živočich nepohybuje, všechna energie uvolněná metabolismem vytváří teplo. Toto teplo se měří metodou zvanou přímá kalorimetrie. Při měření se zvíře umístí do dobře izolované komůrky a jeho ztráta tepla je dána zvýšením teploty známého množství vody. První a nejjednodušší kalorimetr byl sestaven v roce 1780 Antoinem Lavoisierem a Pierre de Laplace, kdy teplo dodané zvířetem roztávalo led umístěný kolem komory. Přímá kalorimetrie se používá nejčastěji u ptáků a malých savců, kteří mají vysokou míru metabolismu. U velkých zvířat s nízkou mírou metabolismu by nebyla dostačující, a proto se používá nepřímá kalorimetrie.

Největší ztráty vznikají v játrech a ve slezině, nejmenší v mozku a v srdci, orgánech absolutně nezbytných pro život. Smrt nastává u člověka asi po čtyřech týdnech úplného hladovění, kdy hmotnost klesá na polovinu. Při nedostatku vody dochází ke smrti mnohem dříve, asi za jeden týden.

## ŘEKNI, CO JÍŠ...

Živočiškové se svou výživou výrazně liší od rostlin. Rostliny jsou totiž schopny vytvářet složité organické látky z jednoduchých anorganických. Zvířata se pak živí rostlinami nebo jinými živočichy.

Podle toho, zda se živočiškové živí jen některým druhem potravy, nebo různými druhy, je můžeme dělit na **monofágní** a **polyfágní**. Monofágní výživa jen jedním druhem potravy se objevuje nejčastěji u hmyzu, například u bource morušového. Většina organismů je však v podstatě polyfágní, jsou schopni pozřít různé druhy potravy. Pak ješ-



Nepřímá kalorimetrie. Zvíře je uzavřeno do komůrky, kde je uchovávána stálá teplota. Teplo vytvořené zvířetem je odvozeno z tepla pohlceného chladicí vodou a ze spotřeby kyslíku, který se přivádí z tlakové lahve. Vydýchaný oxid uhličitý ( $\text{CO}_2$ ) a voda ( $\text{H}_2\text{O}$ ) se pohlcují v kyselině sírové ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) a v natronovém vápně.

tě můžeme živočichy rozdělit na **býložravce** (tur domácí), **masožravce** (lev) a **všežravce** (člověk). Zvláštní skupinu živočichů tvoří **endoparaziti** představovaní známou tasemnicí. Za potravu jim slouží látky již zpracované hostitelem buď v jeho trávicí trubici, nebo v krvi. U masožravců převažují v potravě bílkoviny (popřípadě i tuky), u býložravců převažují cukry. Člověk, který se živí smíšenou potravou, získává asi 15 % energie z bílkovin, 30 % z tuků a 55 % z cukrů. Při celkovém energetickém výdeji 11 723 kJ za den toto množství přibližně odpovídá 370 g cukrů (6 280 kJ), 100 g bílkovin (1 674 kJ) a 100 g tuků (3 768 kJ).

Živočišný organismus však nemůže využít veškerou energii z požitě potravy. Slouží mu jen ty části, které dovede zpracovat, nestrávený zbytek vychází z těla jako výkaly. Schopnost využívat různé druhy potravy ale může být u různých živočichů rozdílná, zvláště při zpracování celulózy ze dřeva a slámy nebo při trávení vosků. Celulózu umí strávit

zejména přežvýkavci, ale i hlemýždi a termiti. **Stravitelnost** se vyjadřuje v procentech využitého množství potravy a činí u cukrů asi 98 %, u tuků 96 % a u bílkovin 92 %.

## POHYB A VÝDEJ ENERGIE

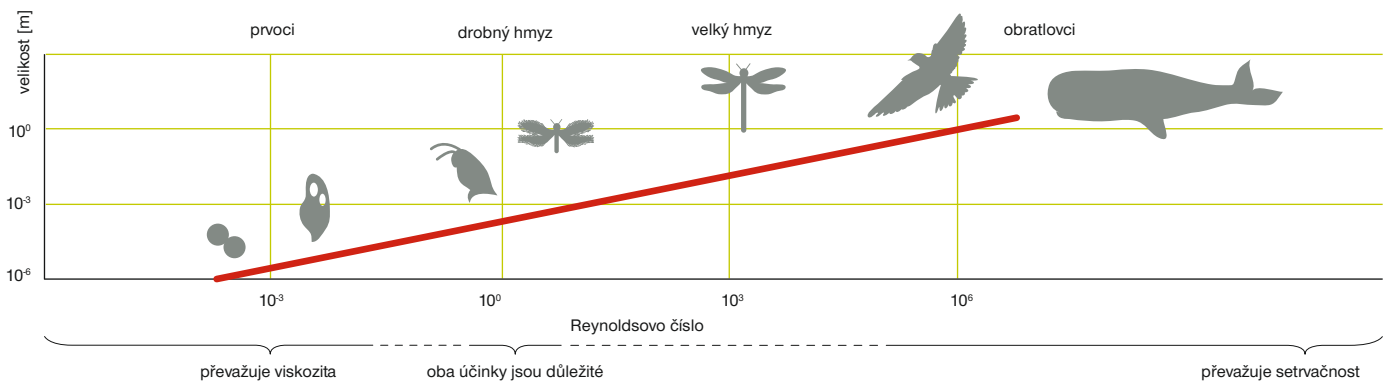
Pohyb je tak těsně spojen se životem, že se mnohdy považuje za jeho důkaz. Pohyb slouží k **chytání kořisti**, k **přesunu k živinám** nebo k **úniku** z nepříznivých podmínek. Umožňuje vyhledat partnera vhodného k rozmnožování.

Při vývoji života vzniklo mnoho různých „motorů“. Například některé bakterie se pohybují pomocí bičíku, tvořeného dlouhým zahnutým zvláště vláknem, které prochází stěnou buňky jako ložiskem, v němž se otáčí jako značně protáhlý lodní šroub. Na základně bičíku v membráně je „rotor“ tvořený prstencem šestnácti bílkovin, pod ním je „stator“, stejný věnec pevně spojený s buněčnou stěnou. Rotační pohyb vzniká prouděním

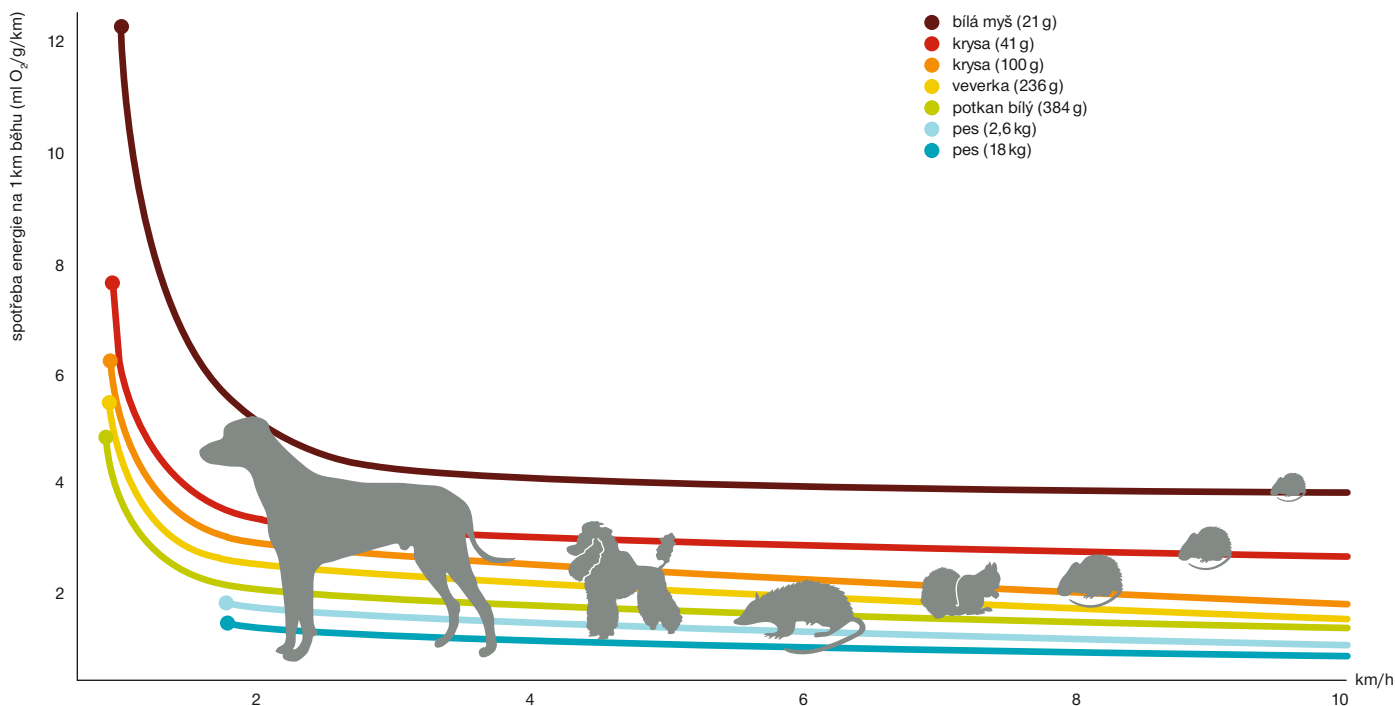




Energetická náročnost různých druhů pohybu závisí spíše na způsobu pohybu než na druhu organismu



Závislost velikosti zvířete a Reynoldsova čísla, které zahrnuje všechny charakteristiky tekutiny při různých rychlostech pohybu. Malí živočichové, kteří se pohybují pomalu, mají malá Reynoldsova čísla, protože při malých rychlostech převažuje viskozita. U bakterií se dokonce voda stává natolik viskózní, že je srovnatelná se zkušeností člověka, který by plaval ve vlažném dehtu. Větší zvířata mají při pohybu vyšší Reynoldsovo číslo, neboť převažuje setrvačnost. Z toho vyplývá, že se mohou pohybovat rychleji.



Spotřeba energie na pohyb při různých rychlostech u savců různých velikostí. Spotřeba na jeden kilometr se snižuje a ustaluje s rostoucí rychlostí.

protonů představovaných ionty vodíku  $H^+$  z vnějšku membrány dovnitř. Na jednu otáčku se jich spotřebuje 256. Bičik je tedy skutečně poháněn elektrickým proudem. To, jak vzniká krouticí moment, se patrně neliší od principu šestnáctipólového elektromotoru.

Pohyb ovlivňuje především **setrvačnost**, která je úměrná hmotnosti. Čím větší je živočich, tím větší je jeho setrvačnost. Velcí živočichové proto musejí vynaložit mnohem více energie, aby se rozeběhli i aby se zastavili. Malí živočichové (stejně jako malá auta) vyžadují méně energie ke zrychlování i zpomalování, a proto se mohou v mžiku rozeběhnout i zastavit, zatímco velcí živočichové mají velkou rozeběhací i brzdovou dráhu.

Pohyb je dále ovlivňován **odporem prostředí**, tedy vlastnostmi vzduchu nebo vody. Velká hustota a viskozita, jež je mírou

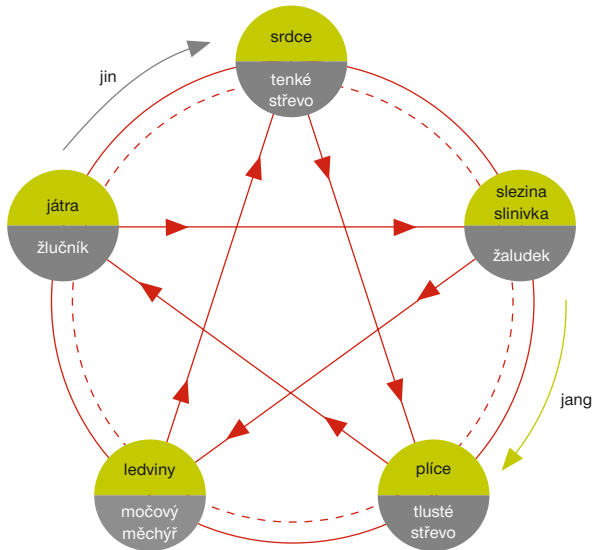
tření, působí proti směru pohybu. Odpor rovněž závisí na čelné ploše, která proráží tekutinu, a na tvaru pohybujícího se tvora. Pro živočicha daného tvaru je odpor úměrný ještě jeho povrchu a jelikož větší zvířata mají na svou hmotnost menší povrch, jejich odpor na jednotku hmotnosti je menší než u malých zvířat. Tyto rozdíly jsou samozřejmě mnohem větší ve vodě než na vzduchu.

## POHYB V RŮZNÝCH ŽIVLECH

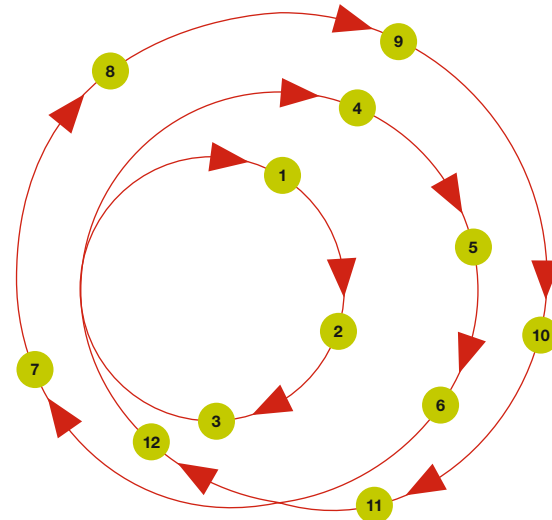
Mnozí **vodní** živočichové jsou vybaveni vznášecími měchýřky, které jim umožňují setrávat v určité hloubce, aniž by museli vynakládat mnoho energie. Vysoká hustota vody, která jim umožňuje plavat, však také vytváří velký odpor. Proto mu musí uzpůsobit tvar svého těla.

Vzhledem ke své hmotnosti velcí vodní živočichové mohou vyvinout větší rychlost než malí stejného tvaru. Přesto mohou dosáhnout jen rychlosti letu malých ptáků. Je zajímavé, že poměr vynaložené síly a odporu kapaliny umožňuje všem vodním zvířatům jakékoli velikosti dosáhnout rychlosti asi 10 až 15 délek těla za sekundu, takže trepka dosáhne asi 0,01 km/h, zatímco tuňák 75 km/h. Plavání je nejméně energeticky náročné.

Na rozdíl od vody **vzduch** příliš nenadnáší, takže všichni letci musí překonávat přitažlivost zemskou aerodynamickým nadnášením. Díky menšímu odporu vzduchu však mohou ptáci vyvinout mnohem vyšší rychlosti. Ve vzduchu zase nejsou schopni se vznášet jen velmi malí létací živočichové, menší než vážka. Drobný hmyz jako mouchy a komáři pro svůj malý



**Energetická růžice. Naznačuje okruhy vztahů a vzájemné vlivy orgánů.**



**Spirála energie podle představ Čiňanů**

- |                   |                      |
|-------------------|----------------------|
| 1 srdce           | 7 žlučník            |
| 2 tenké střevo    | 8 játra              |
| 3 močový měchýř   | 9 plíce              |
| 4 ledviny         | 10 tlusté střevo     |
| 5 vládce srdce    | 11 žaludek           |
| 6 trojitý ohříváč | 12 slinivka, slezina |

moment setrvačnosti musí neustále mávat křídly, aby se dostali dopředu.

Pohyb na **zemi** je energeticky nejvíce náročný. Pro běh jsou používány jiné svaly než pro plavání a tento rozdíl znamená mnohem menší účinnost. Těžiště se totiž při každém kroku pohybuje nahoru a dolů, a svaly musí proti tomuto pohybu působit, čímž vytvářejí „zápornou práci“.

## VŠICHNI PODLE STEJNÝCH ZÁKONŮ

Živé organismy i neživé systémy jsou součástí téhož vesmíru; musí se proto řídit stejnými zákony. Pravidla, která platí pro spalování, proudění, létání či sdílení tepla u neživé přírody nebo výtvorů člověka, se budou shodovat s pravidly, která najdeme i u živých tvorů.

## ORIENTÁLNÍ POJETÍ

Poněkud jiný pohled na energetické děje v organismu nabízí učení Dálného Východu. Živý tvor pro staré čínské mudrce představuje vtělenou energii, která žije a je oživena sama sebou, protože „člověk a nebe jsou stejné podstaty“. Člověk jako všechno ostatní je přitom neustále účasten vesmírného rytmu jin a jang. **Čchi** – určitá forma energie – orientuje hmotu směrem k životu a někdy bývá překládána i jako éter nebo plyn, v jiných souvislostech jako dech. Čchi je tradičním výrazem pro tu sílu, která se skrývá v atomu, v živé bytosti, ale i v celém kosmu. Pro tradiční mudrce a zároveň lékaře umožňuje jakési vzájemné propojení.

Zákony pro pohyb vesmírných těles i pro pohyb energie v organismu jsou stejné. Energie, která udržuje vesmír pohromadě

a zároveň zajišťuje jeho rozpínání, existuje i v nás (v Indii jí říkali „**prána**“, v Japonsku „**ki**“). Člověk ji ale může ovlivňovat pomocí myslí, pohybu, masáží, dechu, stravy, jehel, nahřívání či léků a klystýrů. Jako každá energie i tato má svůj kladný i záporný pól. Tyto póly a rytmy tvoří rovnovážný stav. Jsou nazývány v čínské oblasti „**jang**“ neboli mužský princip a „**jin**“, ženský princip (v Indii jako „**purša**“, mužská oplodňující energie, a „**prakruti**“, ženská tvořivá energie). Nemoci jsou pak chápány jako chyby v rozdělení této síly. Naopak rovnováha mezi těmito principy je jistotou stálosti.

Každá vnitřní porucha se promítá na povrch a naopak. Proto mohou **aktivní body** nalézající se na určitých drahách v těle působit i při poruchách vzdálených a uložených hluboko. Toho využívá **akupunktura**.

Současná měření ukazují, že aktivní body jsou v podstatě miniaturní zdroje elektrického proudu a že souvisejí s elektromagnetickým polem, které nás obklopuje.

Body mění své vlastnosti v elektrickém a radioaktivním poli, ale i pod vlivem tepla či světla. Živočich tedy není objektem uzavřeným v kůži, ale je otevřeným systémem schopným komunikovat s okolím na energetické úrovni, ač o tom mnoho nevíme. Kůže jen slouží jako izolant, zabraňující nekontrolovaným energetickým impulsům. Aktivní bod je podle současných zjištění elektricky velmi zajímavý. Jeho proud má hodnotu kolem tří mikroampérů a jeho záporný pól je orientován směrem k povrchu těla. Proto se třeba po bouřce cítíme tak dobře. Před bouřkou se na povrchu mraků nachází vrstva kladně nabitých iontů, tvořících opačný pól k našemu organismu. Takový mrak je pak pro nás jakýmsi vysavačem energie. S kladně nabitými ionty se setkáváme v krajinách silně znečištěných spadem a exhalacemi. Záporné ionty vládnu na horách, v blízkosti moře či proudících vod. Aktivní bod má desetkrát menší elektrický odpor než jeho okolí a je tedy podstatně vodivější než kůže. Snížení či zvýšení odporu bodu za běžných podmínek představuje známku, že se s orgánem nebo organismem něco děje. Doba, kdy

se porucha projevuje pouze na úrovni energetické, je poměrně dlouhá a během ní ještě můžeme snadno předejít propuknutí nemoci.

Indové si představovali hadí sílu „**kundalini**“, která znamená vrcholnou lidskou energii. Spí stočena v oblasti kostrče. Je-li probuzena a usměrněna vzhůru, stoupá po páteři a nabíjí jednotlivá energetická centra – **čakry**. Energie koncentrovaná v těchto čakrách se nazývá **šakti**. Nejvíce je využita při konání nadpřirozených činů.

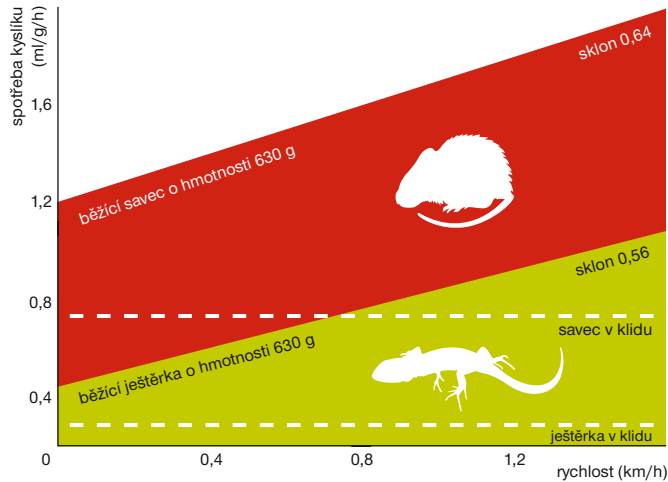
U meditujících jogínů jako by pak přestávaly platit fyziologické zákonitosti. Tibetští mnichové, kteří zvládnou cvičení thumo, dokáží vytvořit tolik tělesného tepla, že přežijí delší pobyt v mrznoucí vodě. Dovedou usušit nahým tělem zmrzlá prostěradla ve větru a sněhu. Někteří jogíni a jejich evropští žáci prý dokáží zastavit chod vlastního srdce (což pozorovali lékaři i na EKG). Jogíni se nechávali pohřbívat zaživa a po mnoha dnech jejich stav připomínal zimní spánek zvířat. Někteří jogíni dokáží konečnickem nasávat vodu, což potvrdily i rentgenové snímky. Díky povolení dalajlámy bude nyní několik vědců studovat v Tibetu tyto dva a půl tisícileté meditatívni tradice.



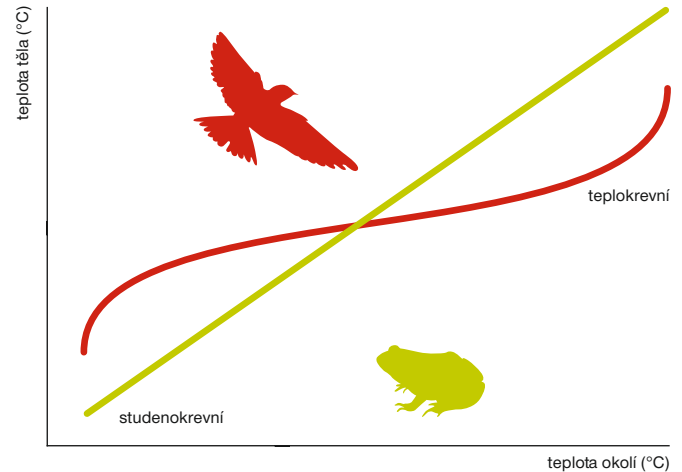
Výdej energie při sportu je patrný na první pohled







Spotřeba kyslíku u savce a ještěrky srovnatelných velikostí. S narůstající rychlostí pohybu vykazují oba její obdobné přírůstky. K extrapolaci na nulovou rychlost savec vykazuje vyšší spotřebu (a tedy míru metabolismu) oproti odpočinku než ještěrka.



Vztahy mezi teplotou těla a teplotou okolí u teplokrevných a studenokrevných (obecně)

## CO DOKÁŽE ŽIVOT

Zvířata lze někdy s určitou mírou nadsázky považovat za živé stroje. Jako průmyslová zařízení i ona vyžadují energii, aby mohla vykonávat práci. Navíc však tuto energii využívají k tomu, aby sama automaticky prováděla údržbu svého těla, a to na všech úrovních – molekulární, tkáňové i orgánové. A čím lépe dovedou využít energetické zdroje, tím větší mají naději na přežití. Různá zvířata v různých prostředích to řeší různě.

### STUDENOKREVNÍ A TEPLOKREVNÍ – CO URČUJE TEPLOTU TĚLA?

Studenokrevnost a teplokrevnost nabízí živočichům v odlišných podnebních odlišné výhody. V tropech studenokrevní plazi úspěšně dostihují nebo dokonce předčí savce v hojnosti druhů i množství jedinců. Tohoto úspěchu zřejmě dosahují díky větší úspoře energie, neboť ji nemusí věnovat na zvýšení teploty těla a mohou ji vynakládat na rozmnožování a jiné aktivity umožňující jejich přežití. V mírných a studených podnebních jsou však mnohem méně úspěšní. Čím dále postupujeme od rovníku, tím více

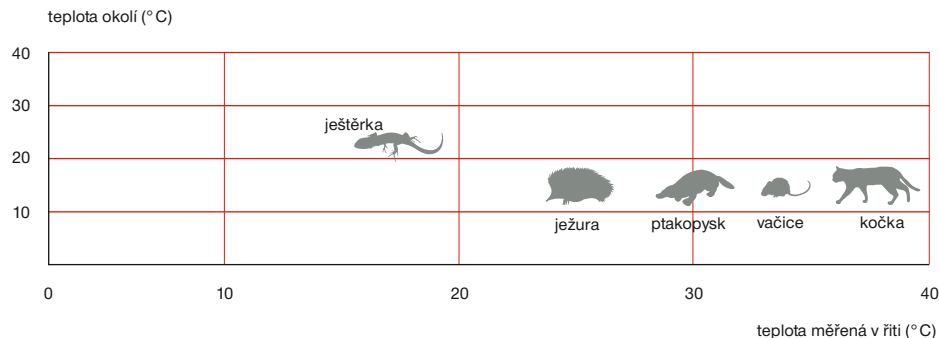
převládají teplokrevní. V polárních oblastech se již plazi ani hmyz nevyskytují. Teplokrevní ovšem v chladném podnebí vyzárají teplo do prostředí, čímž dochází ke zbytečným ztrátám. Proto vyvinuli různé způsoby, jak se tomu bránit.

### TEPLOTA TĚLA

Teplota těla živočichů, ať studenokrevných nebo teplokrevných, závisí na množství tepla vznikajícího na jednotku jeho hmotnosti. Jelikož se tkáň skládají převážně z vody, tepelná kapacita v teplotním rozmezí 0 až +40 °C činí přibližně 4,2 J/1 °C/g, tedy množství tepla, které musí vyrobit

jeden gram tkání, aby zvýšil svou teplotu o jeden stupeň. Z toho vyplývá, že čím větší zvíře, tím větší je produkce tepla. Změny teploty organismu pak závisí na produkci tepla pomocí metabolismu, na příjmu tepla z okolí a na jeho ztrátě do okolí. Samotnou výrobu tepla ovlivňuje **chování** (třeba cvičení, vyhřívání na slunci), **autonomní mechanismy** (zvýšené využití uložených energetických rezerv, průtok krve povrchem, pocení) a **adaptivní mechanismy** (aklimatizace a hormonální změny), které jsou jednak pomalejší než předchozí mechanismy, jednak vedou ke změně základního metabolismu.

Přenos tepla do živočicha nebo z něho závisí na třech faktorech:



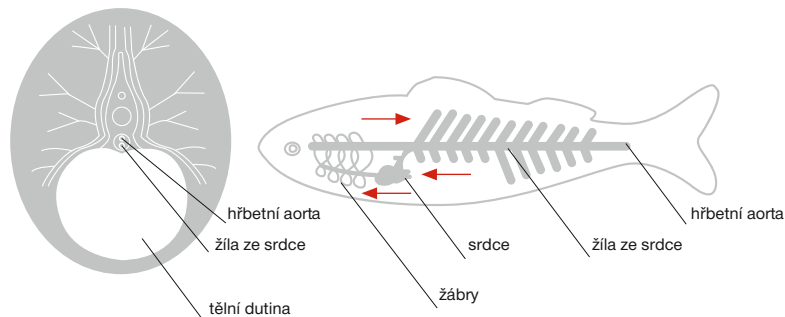
**Vztahy mezi teplotou těla a vnější teplotou u různých druhů savců a studenokrevných. Vačnatci a savci z řádu ptakořitných vykazují dočasné teplotokrevné a studenokrevné chování.**

**1. Na velikosti povrchu těla.** Plocha připadající na určitou hmotnost se zmenšuje se zvýšenou hmotností těla. U malých zvířat tak na drobné tělíčko připadá velká plocha kůže, čímž dochází k velkému odlivu tepla – musí se mnohem více pohybovat, aby si vyrobila dostatečné množství tepla.

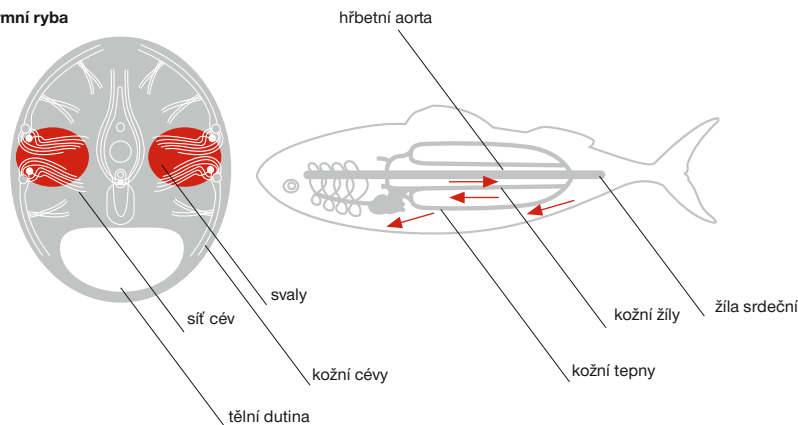
**2. Na teplotním rozdílů.** Čím je teplota zvířete bližší teplotě prostředí, tím méně tepla se vyžáří z jeho těla.

**3. Na tepelné vodivosti povrchu.** Povrchové tkáně studenokrevných jsou vysoce tepelně vodivé, a proto mají stejnou teplotu jako jejich okolí. U teplotokrevných se ke zmenšení vodivosti vyvinulo peří, kožich nebo tuk. Tato izolace rozkládá teplotní rozdíl těla a okolí na několik milimetrů až centimetrů tak, aby teplotní spád nebyl příliš prudký a ztráty byly menší. Peří i kožich navíc zachycují vzduch, který má malou tepelnou vodivost a zmenšuje prostup tepla.

ryba



heterotermní ryba

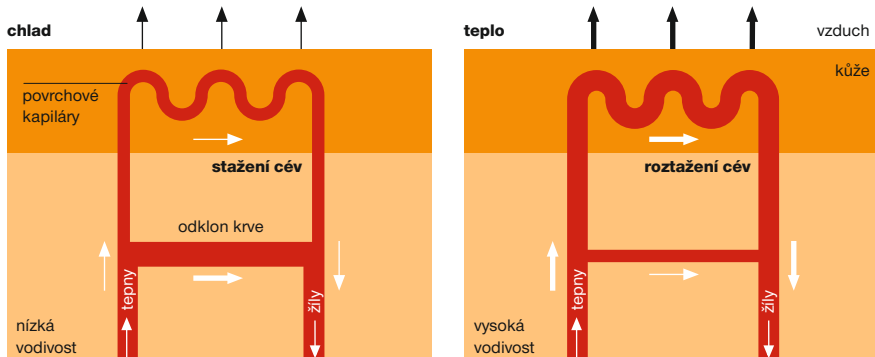


## STUDENOKREVNÍ VE STUDENÉM PROSTŘEDÍ

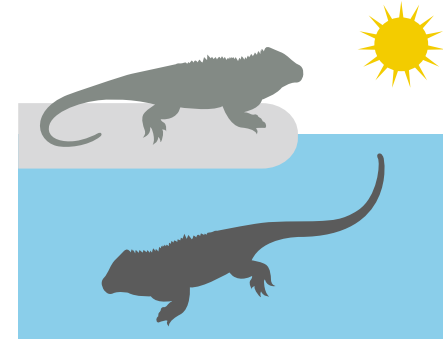
Pokud jsou svaly a orgány plazů, ryb či hmyzu vystaveny teplotám pod bodem mrazu, mohou být jejich tkáně poškozeny tvořícími se ledovými krystalky. Tvorba

**Plán těla typický jednak pro heterotermní, jednak pro studenokrevné ryby. Studenokrevná ryba má největší cévy umístěny centrálně, zatímco ryba s částečnou teplotokrevností je má umístěny pod kůží a využívá protiproudého výměníku. Žádné teplo zevnitř těla není ztraceno, když už není možné zabránit ochlazení při průchodu krve žábry.**





Role průtoku krve kůži při regulaci tepelné vodivosti povrchu těla. Při okolním chladu je krev odváděna z povrchu, při vysokých teplotách proudí krev k povrchu, kde se vyrovnává s teplotou okolí.



Různé způsoby oteplování a ochlazování leguána žijícího na Galapágách. Leguán vyhřívající se na pobřeží absorbuje teplo ze slunečních paprsků. Roztažené kožní cévy a zrychlený tep srdce umožňují účinnou cirkulaci a ohřívání krve. Ztráta tepla pod vodou je omezoována minimálním průtokem krve kůži.

krystalů uvnitř buněk bývá obvykle smrtelná, neboť mohou propíchnout buňku a zničit ji. Tento problém je u některých brouků minimalizován tím, že v tekutině mimo buňky jsou obsaženy látky urychlující tvorbu krystalů, a proto zmrzne rychleji než tekutina uvnitř buněk. Mimobuněčná tekutina se pak zkoncentruje natolik, že odsaje vodu z buněk, čímž sníží jejich bod tuhnutí. Larva pakomára Chironomus například obsahuje nezmrzenou tekutinu ještě při  $-32\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Zatím však žádný živočich nepřežil naprosté zmrazení veškeré buněčné vody. Některé tělní tekutiny také obsahují nemrznoucí látky. Parazitická vosa *Brochon cepti* si vytváří glycerol, jehož koncentrace se v zimě zvyšuje. Glycerol snižuje bod tuhnutí na  $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$ , ale je známo, že larvy přežily ochlazení až na  $-47\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Krev arktických ryb *Trematomus* zase obsahuje glykoproteinovou nemrznoucí směs, která je 200 až 500× účinnější než sůl. Snižuje teplotu, za které se ledové krystalky zvětšují, ale nesnižuje teplotu, za které tají. Tento mechanismus dosud nebyl plně objasněn.

Pokud nejsou přítomna krystalizační jádra, mohou někteří živočišné podstou-

pit i podchlazení. Určité druhy ryb přebývají u dna arktických fjordů, a přestože žijí v neustálém podchlazení, nezmrznou. Když se však dostanou do styku s krystalizačním jádrem, celé jejich tělo během mžiku ztuhne a ryba umírá. Aby přežila, musí se držet u dna, kde se led nevyskytuje.

## STUDENOKREVNÍ V HORKU

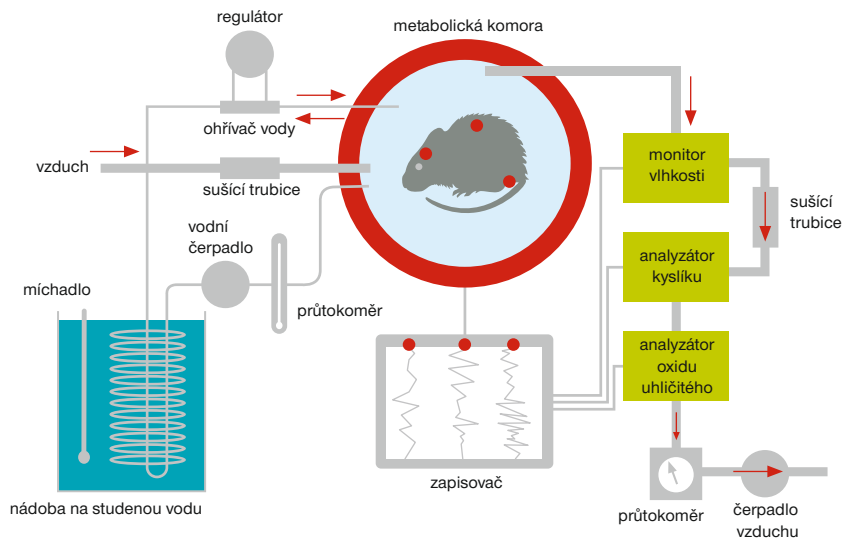
Společnou taktikou plazů je vystavovat tělo podle potřeby slunci nebo stínu. Některé druhy užívají i jiné prostředky. Na Galapágách například teplota těla leguána *Amblyrhynch* může stoupat při zahřívání na slunci dvakrát rychleji než klesat při potápění ve vodě, čehož dosahuje regulací srdečního tepu a průtoku krve k povrchovým tkáním.

Nedokáže-li živočich regulovat svou teplotu, může zahynout. Pro chobotnici je tělesná teplota už při  $36\text{ }^{\circ}\text{C}$  smrtelná. Rak říční hyne z přehřátí, jestliže se jeho tělo ohřeje na  $38,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Hadi a ještěrky se před sluncem v pouštích schovávají v písku nebo zalézají do větvi, kde profukuje větřík. Mezi šupinami jejich kůže byly navíc nalezeny mikroskopické dutiny, které mohou mít funkci tepelné izolace.

U některých živočichů se v nepříznivém období života, třeba za sucha, naopak pronikavě snižuje metabolismus i tělesná teplota. Určitý druh hmyzu zastavuje svůj vývoj a nastává diapaauza, ať již ve stadiu vajíčka či kukly, imaga a někdy i larvy. Nástup diapaauzy je pak určen podmínkami, v jakých hmyz žil, především délkou světelné části dne a kvalitou potravy. Před dokončením diapaauzy, pokud se podmínky zlepšily, se buněčné struktury související s oxidačním metabolismem obnovují. Někteří vědci dokonce předpokládají, že organismy v podobném stavu mohly přečkat i drsné podmínky vesmírného prostoru a procestovat obrovské vzdálenosti. Naše mladá planeta pak jimi mohla být naočkována. Tento přístup ke vzniku života na Zemi bývá označován jako **panspermický**.

## TEPLOKREVNÍ

U většiny savců a ptáků je tělesná teplota regulována přesným homeostatickým mechanismem, který mění produkci tepla i jeho ztráty tak, aby se uchovala stálá tělesná teplota. Teplota **jádra organismu** (bazální teplota) je udržována na  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  až



**Přístroj měřící citlivost hypothalamu na teplotu a termoregulační odpověď na změny hypothalamické teploty. Hypothalamická teplota je měřena termodou (tepelnou elektrodou) implantovanou do hypothalamu a omývanou vodou. Míra metabolismu a ztráta vody odpařením je měřena analýzou protékajícího vzduchu co do obsahu vody, kyslíku a oxidu uhličitého. V metabolické komůrce je uchovávána konstantní teplota.**

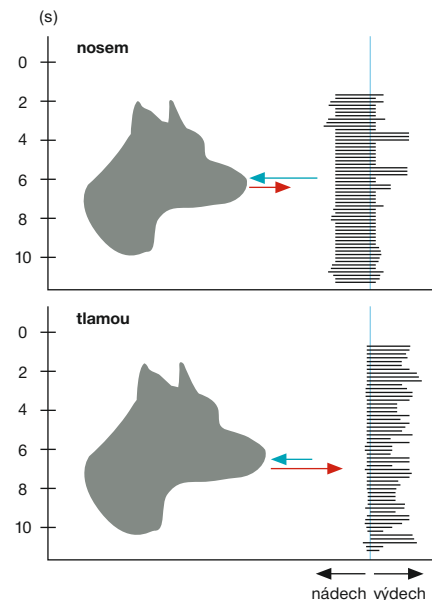
40 °C u savců a 37 °C až 41 °C u ptáků. Teploty povrchových tkání končetin bývají méně stálé a někdy se blíží až teplotám prostředí – od bazální teploty se mohou lišit až o 30 °C.

Bazální produkce tepla bývá pro různé druhy zvířat dané velikosti zhruba stejná, ale vždy 3 až 10krát vyšší než u studenokrevných živočichů srovnatelné velikosti měřené při podobných teplotách těla.

Informace o teplotě v různých oblastech těla (v mozku, páteři nebo kůži) poskytují neurony nebo nervová zakončení citlivá na teplotu, která odvádějí tyto údaje do termostatického centra v mozku hypothalamu. (Tento princip objevil **H. G. Babour** v roce 1912 při sérii pokusů, kdy implantoval malé elektrody s říditelnou teplotou do různých částí mozku králíka.) Nervová vlákna opouštějící hypothalamus se zase spojují s ostatními částmi nervového systému, které regulují výrobu a ztrátu tepla.

Například nárůst bazální teploty o pouhých 0,5 °C způsobí tak obrovské povrchové roztažení cév, že se průtok krve do kůže zvýší až sedmkrát, což se projeví zčervenáním. Vliv hypothalamického termostatu na výměnu tepla povrchem těla je taktó u některých zvířat až dvacetkrát vyšší než reflexivní přizpůsobení vyvolané povrchovými teplotními čidly. Hypothalamické „přestřelení“ je důležité, neboť se musí přesně regulovat teplota mozku. Bez hypothalamického termostatu by u vnitřně přehřátého zvířete, které se pohybuje v chladném prostředí, nebyl vyvolán průtok krve na povrch ke kapiláram a teplota jádra těla by nebezpečně stoupala.

U některých teplokrevných, zvláště u malých zvířat vystavených rychlému ochlazení při nízkých okolních teplotách, se teplota hypothalamického termostatu nastavuje různě podle okolní teploty. U krysy je pokles okolní teploty rychle následován zvýšením

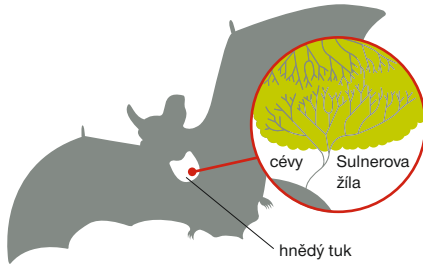


**Regulace množství vlhkosti a tepla ve vdechovaném vzduchu u psa. Při dýchání nosem přijímá pes mnohem více vlhkosti než vydává, při nadechování tlamou je tomu naopak.**

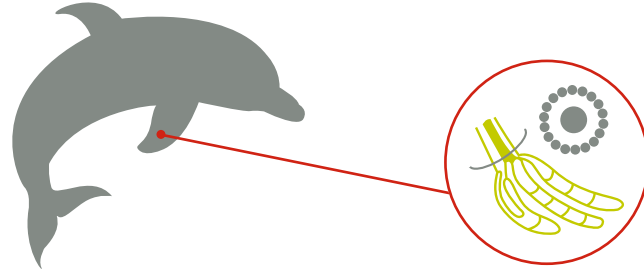
nastavené teploty. Tím stoupne produkce metabolického tepla v očekávání zvýšených ztrát tepla do okolí.

Pokud se teplota prostředí pohybuje v rozmezí termálně neutrální zóny, je třeba vynaložit jen málo regulační námahy. Stačí pouze drobné změny v teplotní vodivosti povrchu, jakými jsou změny průtoku krve kapilárami, změna polohy vystavených částí těla slunci nebo načechrání peří či srsti. U lidí se tato drobná změna projevuje třeba husí kůží.

Nejnižší okolní teplota, při níž ještě může být teplota těla regulována bez zvýšené produkce metabolického tepla, se nazývá **spodní kritickou teplotou**. V této zóně se produkce tepla zvyšuje tak, aby vyrovnala ztráty do okolí, čímž teplota těla zůstane stejná. Pokud však teplota okolí klesne pod zónu metabolické regulace, kompenzační mechanismy selžou, tělo se ochladí a míra metabolismu se prudce sníží. Organismus se dostane do stavu podchlazení, a pokud



Oblasti uloženého hnědého tuku bývají nalezeny mezi lopatkami netopýrů i u mnoha jiných savců. Během oxidace tohoto tuku je lze zjistit díky infračervenému vyzařování jako teplejší oblast.



Protiproudý výměník tepla u delfinů. Tepenná krev, pocházející z nitra těla, je teplá, a naopak – krev vracející se žilami z okrajových tkání je velmi studená. Krev z těla proudí do tepen končetiny, které leží hned vedle žil vracejících krev. Při průchodu těsně vedle sebe se teplá tepenná krev ochlazuje a předává teplo vracející se žilné krvi. Když tepenná krev dosáhne povrchu, je předchlazená natolik, že se ztratí jen málo tepla. Žilná krev je zase ohřata téměř na teplotu těla.

tyto podmínky přetrvávají déle, metabolismus se sníží ještě více a zvíře zahyne. Například pes umírá, pokud jeho tělo vystydne na 22 °C, myš až při 18 °C. U lidí byly zaznamenány případy dětských pacientů, kteří přežili snížení tělesné teploty na 16 °C, ač lze zemřít již při 35 °C. Jeden novorozenec byl nalezen živý ještě po pěti hodinách v mrazicím boxu. Ještě odolnější jsou ptáci, u nichž smrt nastává, klesne-li jejich tělesná teplota na pouhých 5 °C.

**Termálně neutrální zóna** se celá nachází pod normální teplotou těla. U **horní kritické teploty** totiž nemohou být pasivně zvýšeny teplotní ztráty, neboť povrchová izolace je již tak minimální. Další zvyšování teploty proto zvyšuje teplotu těla a musí být zapojeny mechanismy teplo rozptylující, jakými jsou pocení nebo vyplazování jazyka. Bez ztráty tepla odpařováním by teplota nad termálně neutrální zónou vedla k přehřátí až k smrti, u myši by například musela teplota tělíčka dosáhnout 45 °C. U lidí byl ale zaznamenán případ dvaapadesátiletého černocho z USA, kterého přijali do nemocnice s úpalem a tělesnou teplotou 46,5 °C. Po 24 dnech byl propuštěn v dobrém stavu. Bylo zjištěno, že nejvyšší teplota suchého vzduchu, kterou vydrží nazí lidé, činí 204 °C. Oblečení lidí vydrží až o 60 °C více (na smažení řízků stačí 163 °C).

## JAK PŘEŽÍT ZIMU

U teplokrevných existují pouze tři možnosti, jak čelit zvětšeným tepelným ztrátám:

1. zlepšit izolaci těla,
2. zvýšit tepelnou produkci uvnitř těla,
3. snížit teplotní rozdíl mezi tělem a prostředím poklesem tělesné teploty pod normál.

**Izolační schopnosti** zvětšují u zvířat chlupy nebo peří na povrchu těla, stejně jako tlustší tukové vrstvy, které nejsou protkány cévami. Napomáhá i omezení průtoku krve kůží. Tato opatření se projeví rozšířením zóny termoneutrality, v níž se ještě nezapíná termoregulace a zvětší se rozsah teplot, ve kterých může organismus přežít při nezměněné produkci tepla. S touto první možností přizpůsobení se setkáváme u arktických živočichů nebo u zvířat, která střídají „letní“ a „zimní“ srst – jejich lepší izolace brání úniku tepla i v teplotách kolem -40 °C.

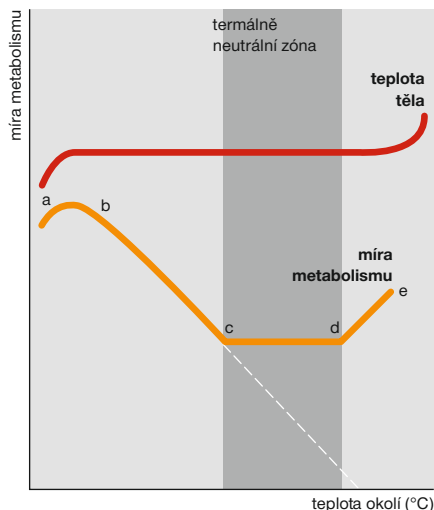
Izolační účinek se také liší podle ročního období (změna srsti) a zeměpisné šířky. Navíc podle Bergmanova pravidla se druhy přebývající v chladném klimatu (lišky, kojoti, jeleni) vyskytují ve větších velikostech než jejich příbuzní v mírném pásu. Vrána, která má domov v Norsku, je dvakrát větší než vrána ze Sinajského poloostrova. Vysvětlení tohoto faktu je prosté: velké tělo snadněji

udrží teplo a má menší specifickou ztrátu tepla.

U lidí – když odhlédneme od funkce oblečení – nepřichází příliš v úvahu zlepšení povrchové izolace zvýšením kvality srsti. Mohou se však přizpůsobit zimě snížením povrchové tělní teploty, což je způsobeno omezeným průtokem krve v podkožních oblastech. Takto se přizpůsobují běloši žijící delší dobu v chladu. Některé etnické skupiny vzdorují zimě i velkým poklesem centrální teploty a nižší produkci tepla po adaptaci, což bylo pozorováno i u bělochů adaptovaných na chlad v laboratorních podmínkách. Něnci a Eskymáci, národy, které trvale žijí v mrazivých oblastech, se přizpůsobily svou fyziologií – oči se přeměnily v čárky, nosy se zanořily do obličejů, aby zbytečně nevyčnívaly a nebyly vystaveny vánicím.

## TŘESOVÁ A NETŘESOVÁ TERMOGENEZE

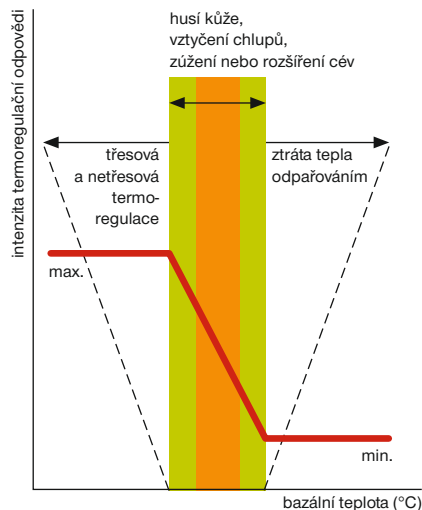
Druhou strategií – **zvýšení tepelné produkce** – využívají někteří drobnější savci, jejichž poměrně velký tělní povrch se izoluje od vnějšího prostředí obtížněji. Rozvinula se u nich netřesová výroba tepla díky hnědé tukové tkáni, doplňující teplo vznikající při svalovém třesu.



Míra metabolismu a teplota těla teplokrevných při různých okolních teplotách. Před nebo za termálně neutrální zónou (pokud má teplota těla zůstat konstantní) musí míra metabolismu stoupat, aby buď zvýšila produkci tepla (křivka b-c), nebo aby zvětšila aktivní rozptyl tepla odpařováním (část d-e). Uvnitř termálně neutrální zóny je teplota těla zcela regulována změnou teplotní vodivosti jeho povrchu, což v podstatě nevyžaduje změny metabolismu. Při teplotách okolí nižších než b již termogeneze nemůže nahradit teplo těla, které se ztrácí do okolí.

**Netřesová termogeneze** je tedy výkonným termoregulačním mechanismem, který se uvádí v činnost působením chladu a vyskytuje se u všech savců, nejvíce u mláďat. V dospělosti mizí, může být však znovu vyvolán chladovou adaptací. Největším dílem se na této termogenezi podílí malý hnědavý orgán tukového charakteru, který se nachází u většiny savců mezi lopatkami, ale i roztroušeně na různých místech těla. Tato tuková tkáň je doslova napěchována **mitochondriemi** a **oxidačními enzymy** a má více než stokrát větší kapacitu produkce tepla než jiné orgány.

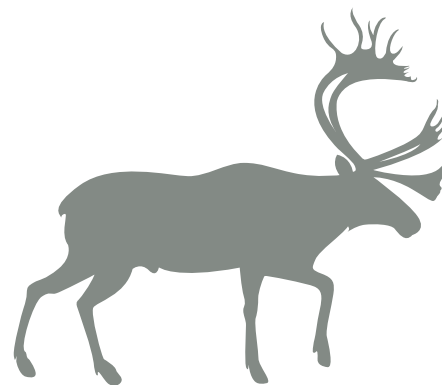
Vývoj hnědé tukové tkáně je možné vyvolat i nadměrným příjmem potravy. Energie z potravy se neukládá jako zásoby, ale vyvě-



Vztahy mezi stupněm termoregulační odpovědi a bazální teplotou. V rozmezí malých změn (zelená oblast) od nastavené teploty (oranžová oblast) vyžaduje regulace pouze změny ve vodivosti povrchu buď změnou prokrvení kůže, nebo izolaci pomocí kožichu či peří. Nad a pod tímto rozmezím musí nastat aktivní výroba tepla.

trává z těla. Tento jev je zatím účinný pouze u malých živočichů, člověk má hnědého tuku málo.

Termogeneze při nízkých teplotách okolí znamená spalování energetických zásob záměrně tak, aby se veškerá chemická energie přeměnila na teplo. Uvolňování energie je proces přísně regulovaný, což má svůj zásadní biologický význam – každá nadbytečně uvolněná energie by mohla zvýšit teplotu v buňce nad vhodnou úroveň a pak by každý příjem potravy znamenal smrtelné nebezpečí. Nekomrovaně vzniklé teplo by mohlo porušit buněčné membrány a mohlo by dojít i ke srážení tělních bílkovin. Organismus by se mohl doslova uvařit.



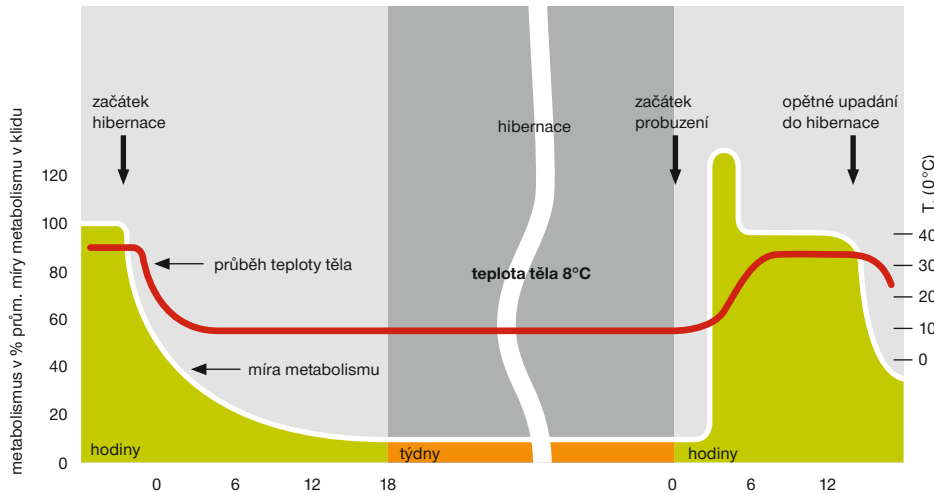
Nemají-li nic lepšího, žijí se sobi v zimě jen zmrzlým lišejníkem a sněhem. Kdyby se na lišejníku vyhrabaném zpod sněhu pásla kráva, omrzla by jí tlama. Severský sob má čumák porostlý hustou vlasovou poduškou. Tvrdé štětiny mu rostou i mezi kopyty. V zimě klesá teplota jeho nohou pod 10 °C. Sobi srst má navíc tu vlastnost, že její chlupy jsou duté a jejich koncečky v zimě jakoby zduří, zesílí a srst vypadá jako jednodílný pancíř, kterým nemůže vítr proniknout. Sob má navíc ještě třetí část plic, která představuje jakási kamínka zahřívající soba zevnitř spalováním tuků za pomoci vdechovaného kyslíku.

Přestože je jasné, že svou schopnost vzdorovat chladu se jedinci výrazně liší, fyziologická podstata této odolnosti není stále jasná.

Někteří otužilci snášejí bez úhony dlouhodobý pobyt ve studené vodě.

Například korejské potápěčky zvané ama, které sbírají perlorodky v chladných mořských vodách.

Různé domorodé populace žijí trvale a bez újmy na zdraví za velmi nepříznivých podmínek: alacalufští Indiáni v Ohňové zemi používali donedávna primitivní přibytky, které zapadaly sněhem, a plavili se na člunech zaplavovaných studenou vodou, australští domorodci běžně spali nazí na holé zemi při teplotách okolo nuly.



Metabolické vztahy během upadání do zimního spánku a během buzení u veverky uchovávané v komůrce za teploty 4 °C

## TĚLNÍ TERMOSTAT

Třetí možnost spočívá ve schopnosti **snížit nastavení „tělního termostatu“**, takže tělesná teplota je udržována na nižší úrovni, než je obvyklých 37 °C. Sníží se tím teplotní rozdíl mezi tělem a prostředím a díky tomu se zmenší tepelné ztráty. Krajním příkladem tohoto přizpůsobení je zimní spánek (**hibernace**), který pozorujeme u některých savců. Nejvíce zástupců najdeme mezi hlodavci (křeček, plch, sysel, svišť, myšivka). Z dalších řádů savců hibernují netopýři a někteří hmyzožravci (ježek). Z ptáků hibernují lelkové, rořysí a kolibřici. Hibernace se vyznačuje snížením metabolismu až na jednu setinu původní hodnoty a poklesem tělesné teploty až na 5 °C. I za těchto podmínek je však zachován normální průběh všech důležitých životních pochodů, není tedy pasivním přizpůsobením, ale nervově a hormonálně regulovaným dějem.

Často uváděný medvěd je však pouze nepravým zimním spáčem. Upadá jen do dlouhého zimního klidu, při němž se látková výměna jen mírně zpomaluje a tělesná teplota

neklešá. Je snadné medvěda probudit a lovci toho využívají. Proč ale neexistují mezi velkými zvířaty praví hibernátoři? Především mají menší potřebu šetřit palivem, neboť jejich míra metabolismu je vzhledem k jejich zásobám relativně nízká. Buzení by také vyžadovalo prodlouženou metabolickou spotřebu navíc a bylo vypočítáno, že velký medvěd by potřeboval alespoň den až dva, aby se zahřál z hibernační teploty 5 °C na normálních 37 °C.

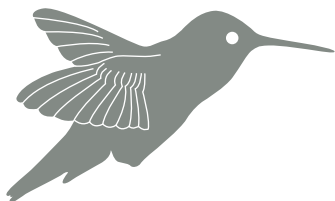
Za období hladovění se u mnoha ptáků a malých savců v průběhu dne objevuje nehybnost, kdy jejich teplota a míra metabolismu klesá. Samozřejmě se tu vyskytuje riziko s nehybností spojené – zvířata mají omezenou možnost uniknout před dravcem. Proto se k němu uchylují, jen když jsou energetické zásoby velmi nízké. Celkový metabolismus živočichů vůbec vykazuje v průběhu dne cyklické změny. Většinou jsou dědičně podmíněny, ale jednotlivá maxima a minima je možno ovlivnit různými ději v prostředí – změnou rytmu osvětlení, dobou příjmu potravy, v některých případech i změnou

teploty. Denním rytmickým změnám podléhá vedle celkového metabolismu i pohybová aktivita, tělesná teplota a dokonce i aktivita některých enzymů. U člověka je minimum tělesné teploty v ranních hodinách a maximum navečer. Vedle **denních** rytmů existují spontánní rytmy **měsíční** (menstruační cyklus) a **sezónní** (tahy ptáků, hibernace).

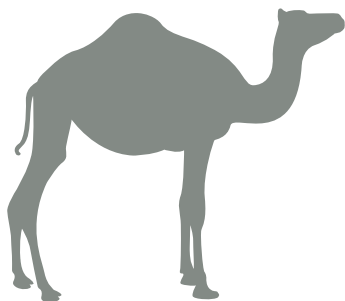
## JAK PŘEŽÍT HORKO

Z **Allenova klimatického zákona** plyne, že čím blíže k tropům zvířata žijí, tím mají delší ocas, koncové části těla uši, zobáky a končetiny. Čím teplejší je podnebí, tím mají na těle více rozličných výrůstků: chocholek, růžků, límců a jiných ozdob. Není to žádná zbytečnost – dlouhý ocas a uši pomáhají vzdorovat přehřátí tím, že zvětšením povrchu těla zvyšují ztráty tepla.

Vzpomeňme na zajíce a králíky. I sloni si chladí tělo tím, že mávají ušima. Sloní uši tedy představují jakési výměníky tepla. Ale jenom to by k ochlazení nestačilo – na celém velkém povrchu tlusté sloní kůže se



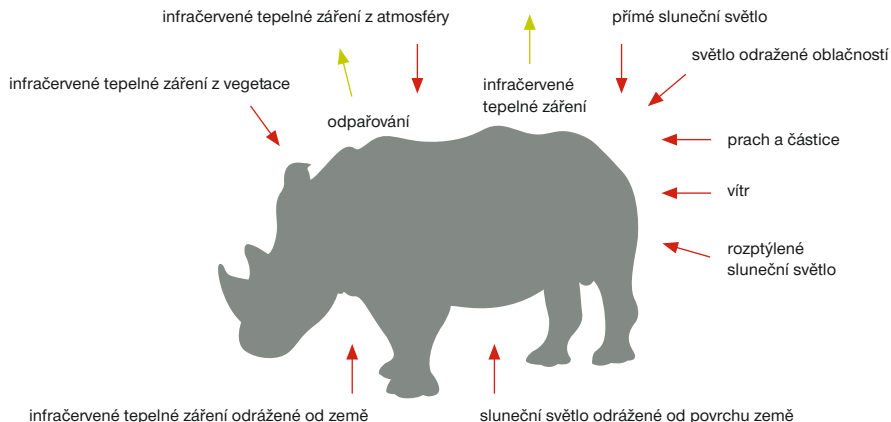
Nejmenší pernaté stvoření – kolibřík – je schopno každý den upadat do jakési letargie. Přeneseme-li klec s kolibříky do stínu, ptáčci se hned zavěsí na strop klece a zavřou oči. Jejich malé tělíčko vystydně. Neprojevují žádné známky života, dokud je opět nevyneseme na slunce. V jeho paprscích však rychle ožívají.



nenachází ani jediná potní žláza, proto se při přehřátí snaží ukryt do stínu nebo se polévají vodou. Není-li však stín a k vodní nádrži je daleko, zasunují chobot do tlamy, naberou si sliny a zavlažují si hlavu, plece a hrud'.

Myši si ulevují od vedra stejným způsobem: tlapkami si roztírají sliny po drobném tělíčku. Tento postup jim přináší rychlou úlevu – vláha ze srsti se vypařuje dvakrát rychleji než ze sloní kůže.

Fyziologicky shodná se zimním spánkem je letní **estivace**, která se vyskytuje hlavně u stepních a pouštních savců v období přechodného nedostatku čerstvé potravy



Výměna tepla mezi zvířetem a prostředím

Den začínají velbloudi s velkou tepelnou ztrátou, což jim umožňuje pohlcovat množství tepla během dne, aniž by dosáhli nebezpečných teplot. Nechávají svou teplotu během dne a noci kolísat, proto nepotřebují tolik vody na ochlazování pocením. Je-li potravy dostatek, přemění velbloud strávené cukry v tuk a ten se ukládá do hrbu. Tento sklad není jen zásobárnou energie pro případ nedostatku potravy, ale i malou nádrží vody, neboť při spalování tuku se v organismu vytváří metabolická voda: 100 g tuku poskytne 107 g vody. Proč je vlastně velbloud hrbatý a tuk není rovnoměrně rozložen pod kůží? Rovnoměrná vrstva tuku by totiž tepelně izolovala a organismu by hrozilo přehřátí. Ochlazení by pak znamenalo velkou ztrátu vody. Po úmorném pochodu se velbloudi vrhají k prameni a pijí bez přestávky – na jedno napití požou více než sto litrů vody. Žádný jiný savec by tak koncentrovaný příjem vody nevydržel, ale červená krevní tělíska velblouda vodu vstřebávají a jejich objem se přitom zvětší víc než dvojnásobně. Když pak přijde nouze, velbloudí erytrocyty odevzdávají vodu strádajícímu tělu. Z toho plyne, že ve velbloudím těle kromě hrbů plní úlohu „sudu“ také krev.

a vody. Do tohoto stavu upadají někteří obratlovci i bezobratlí, aby se vyhnuli vysokým okolním teplotám nebo nebezpečí vysušení. Někteří malí savci, jako třeba určité druhy veverek, přečkají léto v norách, přičemž jejich teplota dosahuje okolní teploty.

## KDO JE ČLOVĚK?

Způsob, jakým my i naši živočišní druhové čelíme nejrůznějším přírodním nástrahám, může naznačit mnohem více, než je na první pohled patrné. Věda, která se zabývá při způsobením a funkcí organismů za různých

okolností – **fyzilogie**, osvětlí, jaké fyzikální i chemické děje v nás probíhají a jak se objeví v orgánech a tkáních. Naznačí, jak jsou propojeny s další vědou – genetikou – a jak tyto poznatky lze aplikovat v medicíně lidské i veterinární, která se vyvíjí hlavně metodou pokusů a omylů. Tyto vědy nám pomáhají dobrat se porozumění tomu, kdo jsme a jaké je naše místo v tomto světě.



Hibernující zvířata se pravidelně budí, aby vyprázdnila močový měchýř. Během hibernace je hypothalamový termostat nastaven na 20 °C, při venkovních teplotách mezi 5 až 15 °C udržují mnozí spáči svou teplotu pouze 1 °C nad ní. Jestliže se teplota sníží na nebezpečně nízkou úroveň, zvíře zvýší míru metabolismu nebo se vzbudí. Tělesné funkce se nesmírně zpomalí, cirkulace krve se sníží na 10 %, ačkoli hlava a hnědý tuk jsou prokrvovány více než ostatní orgány. Srdeční tep se sníží. Míra metabolismu u zemní veverky spadne na 70 % normálu, její teplota klesne na 8 °C. Přechod do hibernace trvá 12–18 hodin, vzbuzení méně než 3 hodiny. Ježek, který vdechne a vydechne v létě 40 až 50krát za minutu, v zimě dělá jen jediný vdech za minutu. Jeho srdíčko sotva bije.







Darwinova karikatura z časopisu „Hornet“ z 22. 3. 1871



Dobová karikatura Newtonova výkladu gravitace



Truhlářská dílna (staroegyptský model)



Kola a hřídel se staly kořenem dalších vynálezů

## VÍTĚZSTVÍ A OMYLY

Rozvoj lidského poznání přináší kromě jiného technický pokrok a naopak – vliv je tu vzájemný. K mezníkům v poznání dospíval člověk dílem náhodou, dílem cílevědomým úsilím. Dříve obvykle individuální činností osamělých vědců a vynálezců, nyní jejich soustředěním do vědeckých týmů. Ptát se, zda na počátku byla myšlenka nebo čin, by bylo podobné sporu o prvenství slepice nebo vejce. I když vědecké bádání obvykle postupuje cestou vyvracení nebo potvrzování hypotéz (domněnek, předpokladů).

### TECHNICKÝ POKROK A LIDSKÉ POZNÁNÍ

V celé historii lidstva tu proti poznávacímu úsilí stály vedle celkem známých politickomocenských překážek přirozené bariéry psychologické: strach z neznáma, z nepoznaného a tajemného, nevíra ve vlastní síly, obavy z vlastní zodpovědnosti, ze svobodného lidského ducha, touha utéci se do náruče vyšší síly a moci. A koneckonců i obyčejná pohodlnost a nechuť měnit zaběhané zvyky. Pravda, byla to také pokora před neobyčejně důmyslným systémem a účelností přírodních jevů a zákonů a před gigantickými silami přírody. Většinou tu však bylo asi obojí zároveň: touha odhalit nebo alespoň poodhalit některá z tajemství příro-

dy z jedné strany a obavy z nepoznaného i faustovská tíha poznání z druhé strany.

Lidské poznání je – zdá se – neohraničeným, nikdy nekončícím procesem realizace některých z hlavních tužeb lidského ducha: zvědavosti, tížádsti, touhy překonat sebe sama, ale též snahy vyrovnat se s minulou, stávající nebo předvídanou situací. Bílá místa na mapě obecného poznání sice postupně mizí, vždy je však možné toto poznání dále prohlubovat a zjemňovat.

Během poznávacího procesu musí člověk zpravidla za svá vítězství platit nezřídka i svým životem. Často se také musí vracet zpět ze slepých cest omylů. Nespočet příkladů tu přináší např. úsilí o vynález perpetua mobile. Usutečnitelná a lidstvu

prospěšná myšlenka však dříve nebo později vždy pohne vývojem vpřed, třebaže v budoucnu může být zase překonána. Jen v tomto smyslu lze hovořit o vítězství lidského ducha. Od „osvícenského“ 18. století se sice mluví o tom, že člověk je pán tvorstva a jako takový vede svůj vítězný boj s přírodou, ale některé důsledky civilizačního vývoje, jak se projevily ve 20. století v podobě ekologických katastrof, kolapsů a zneužití techniky, nás vedou k přesvědčení, že člověk a příroda musí žít v jednotě a harmonii (vzájemné podpoře a užitečnosti), ve které nesmí být vítězů ani poražených.

Konečně je třeba připomenout, že ani ztotožnění se s myšlenkou nezadržitelnosti technického pokroku neodstraní bolestnost



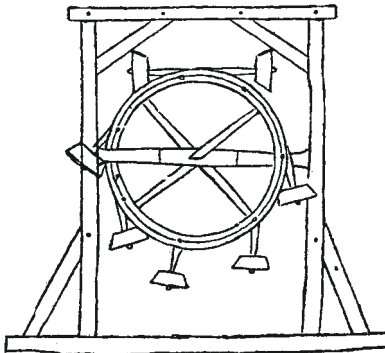
Pasteurova laboratoř

a náročnost změn, úzkost z pochybností a tíživost nových problémů, jež tento pokrok zpravidla přináší, nehledě už na věčně nespokojené hlasy protivníků, kteří svým odporem odčerpávají zpravidla více energie, než je třeba na řešení samotných problémů.

## ZRYCHLOVÁNÍ TECHNICKÉHO POKROKU

Technický pokrok jeví v dějinách lidstva tendenci k neustálému zrychlování. Těžko říci, zda se to týká též ostatních oblastí lidského života – např. v oblasti morálky lze s úspěchem pochybovat o nějakém pokroku vůbec. Jisté je, že technický pokrok je závislý především na rozvoji přírodních věd, a také na společenské poptávce, na potřebách společnosti a jejím ekonomickém a politickém stavu i dalším směřování.

Pro technický pokrok mělo dominantní úlohu mezi přírodními vědami postavení fyziky. Ve 20. století se fyzika stala jednou z nejčelnějších věd. Nárůst technických a přírodovědných znalostí se zrychlil tak, že dnes prý vzroste každých pět let na dvojnásobek. Přesto je technických i přírodovědných znalostí stále málo a stále nestačí společenské poptávce. Energetika je toho názorným příkladem, ale spoustu jiných najdete třeba v dopravě, medicíně i jinde.



Nejstarší perpetuum mobile v Evropě (kolem roku 1235) pochází z náčrtníku Villarda z Honnecourtu

Vzpomeňme třeba zatím marného boje proti rakovině a nové zhoubné chorobě 2. poloviny 20. století – AIDS.

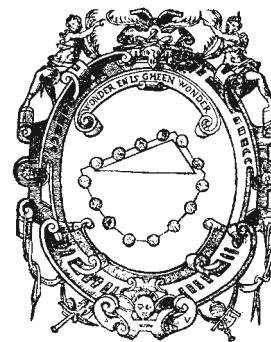
## OBLÍBENÉ OMYLY V TECHNICE: PERPETUUM MOBILE

„Oblíbené“ omyly se vyskytují téměř ve všech oblastech lidské činnosti. Důvody lze jen odhadovat. My si ukážeme, jak se takové lpění na omylech projevuje v jednom problému technické povahy, který má úzký vztah k energetice.

Definice perpetuum mobile praví, že jde o stroj, který, byl-li jednou uveden do pohybu, sám od sebe v něm setrvává, případně je schopen konat ještě užitečnou práci, nebo podle jiné definice stroj, který pracuje nebo přeměňuje energii beze ztrát.

Idea samohybného stroje – jakkoli se zdála být hříčkou – měla velice praktickou podstatu a její uskutečnění by předčilo všechny dosavadní objevy: zbavilo by lidstvo jednou provždy strachu z nedostatku energie a usnadnilo práci mnoha lidí. Pravda, v průběhu nepřetrávajících pokusů o vynalezení takového stroje se vyskytly i problémy:

- stárnutí materiálu a opotřebení součástí stroje,
- nutnost počátečního pohybového impulsu,
- otázka pracovní užitečnosti stroje.



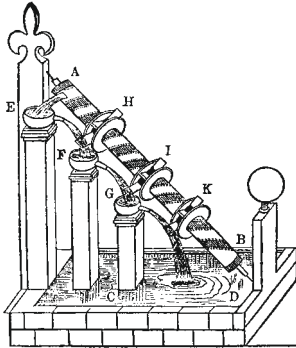
Erb perpeťáků

Jenže to vše bylo nepodstatné ve srovnání s tím, že celá myšlenka je v rozporu s jedním z nejzákladnějších zákonů fyziky. To však zpočátku málokdo tušil.

Nejstarší známou zprávou o perpetuum mobile je jeho popis v jedné básni matematika, astronoma a básníka indického původu **Bháskary**, napsané kolem roku 1150 po Kr. a dochované v arabských rukopisech z 16. století. Na prvním samohybu je pozoruhodné použití kola jako základního prvku. Staroindičtí filozofové učili, že pravidelně se opakující děje, uzavřené do pomyslného kruhového cyklu, hrají velmi důležitou úlohu v životě člověka a jsou symbolem věčnosti a dokonalosti. V staroindickém vědském náboženství bylo kolo pokládáno za znak božství a všeobecně se pak stalo symbolem pohybu.

V Evropě byl původcem myšlenky na sestrojení samohybného stroje středověký francouzský architekt **Villard z Honnecourtu** na počátku 13. století. **Villard** však dobře věděl, že není první, kdo se pokouší o sestrojení absolutně dokonalého stroje.

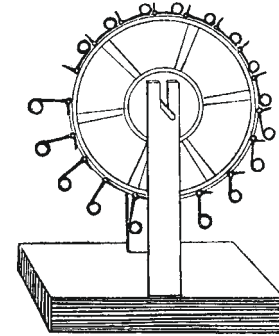
Hojné byly pokusy o sestrojení perpetuum mobile u renesančních inženýrů a mechaniků. Patřila k nim i zvučná jména, např. **Leonardo da Vinci**, který však vyslovil ohledně samohybných strojů pochybnosti i zdůvodnění negativních závěrů svých pokusů.



Spojení Archimédova šroubu s lopatkovými koly



Julius Robert Mayer



Jiný typ Willardova kola

Dobou vrcholného rozkvětu perpetua mobile bylo období pozdní renesance v Evropě, kdy mechanice stejně jako astrologii, astronomii a alchymii přály vládařské dvory i filozofové. Kámen mudrců a perpetuum mobile se staly cílem snah formující se vědy (je známo, že samohybnou „machynku“ se snažil zkonstruovat a zdůvodnit i **J. A. Komenský**).

Druhy perpetuů mobile se rozlišují obvykle podle fyzikálního jevu, na kterém jsou založeny, např. působení zemské tíže, magnetismu, vztlaku těles v kapalinách, vzlinavosti kapalin, elektromagnetismu atd. Hlavní druhy jsou samohyby mechanické, hydraulické (kapalinové), magnetické a elektromagnetické, ty se pak všelijak kombinují.

Fungování perpetuů mobile bylo přirovnáváno k projevům přírody, jako je pohyb planet a vesmírná mechanika vůbec, koloběh vody v přírodě, fungování tlakoměru nebo magnetické strelky apod. Můžeme se právem domnívat, že tyto přírodní jevy mohly být inspirací a rozhodně byly nejdéle odolávajícím „důkazem“ jeho skalních zastánců. Skutečné hledače perpetua mobile je třeba odlišovat od hojných podvodníků, kteří těžili z důvěry majetných mecenášů a obdivovatelů.

Spor o perpetuum mobile vyvrcholil v 2. pol. 18. století, kdy tlak vyvíjený na nej-

vyšší vědecké instituce přinutil v roce 1775 Královskou akademií věd v Paříži k rozhodnutí, aby napříště nepřijímala do vědeckého projednávání žádné návrhy a žádosti o přiznání patentu tohoto druhu: „Ani kdyby jeho trvání (pohybu stroje, pozn. autora) nebylo ovlivňováno třením a odporem prostředí, mohla by síla vyvolat jen takový účinek, jehož velikost odpovídá příčině.“

Definitivní jasno do věci měl však vnést až objev zákona o zachování energie v roce 1842, kdy si německý fyzik a lékař **Julius Robert Mayer** (1814–1887) všiml analogie mezi kinetickou (pohybovou) energií získanou tělesy padajícími pod vlivem tíže a teplem uvolněným stlačenými plyny. Prostřednictvím mechanického ekvivalentu tepla došel k zobecnění, že **energie ani nevzniká, ani nezaniká, že se jen přeměňuje z jedné formy v jinou**. Tak byl objeven nejdůležitější zákon mechaniky. Mechanický ekvivalent tepla vyjádřil číselně vztah mezi jednotkou tepla a jednotkou mechanické práce. Brzy nato týž objev učinili anglický amatér **James Joule** (1818–1889) a německý fyziolog a fyzik **Hermann von Helmholtz** (1821–1894).

Jasno ve věci tedy už bylo, ale na nadšenec snící o vynálezu věčně se pohybujícího stroje bez potřeby energie to jaksi nepůsobil. Nevěříte? Ještě v letech 1970–1973

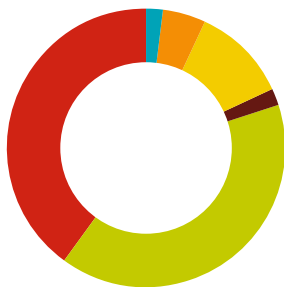
docházelo Úřadu pro objevy a vynálezy v Praze až 50 nových návrhů na perpetuum mobile ročně. Mezi jejich autory najdeme i jména odborných pracovníků velkých průmyslových závodů a výzkumných ústavů, často s akademickými a vědeckými tituly.

## POD POKLIČKOU TECHNICKÉHO VÝVOJE

### NAHLÉDNUTÍ PRVNÍ

Svět je barevný, nikoli černobílý. Takoví jsou i lidé a problémy, které musí řešit, aby uspokojili své rostoucí potřeby. Ani technický vývoj neprobíhá obvykle jednoduše a hladce.

Žádná řešení nejsou dokonalá a na věčné časy. Zpravidla jsou během dalšího vývoje upravována nebo zcela měněna. Vývoj je neustálá korekce a hledání momentálně nejlepších řešení. Stejně jako žádná teorie nemůže být konečnou, definitivní, a dříve nebo později bývá nahrazena novou, lze i každé technické řešení prohlásit za dočasné, ačkoli se z hlediska minulosti jeví jako zlepšení a z hlediska současnosti jako nejlepší varianta. V okamžiku zavedení do praxe už většinou existují představy, jak ho překonat, a jejich uskutečnění je dnes vědecky, a proto dosti přesně, předvídáno a předpovídáno.

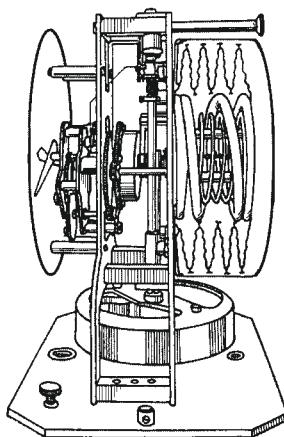


● Oceánie 2,2 %      ● Afrika 2,1 %  
● Jižní Amerika 4,8 %      ● Severní Amerika 40 %  
● Asie 11,1 %      ● Evropa 39,8 %

**Vozidla na kontinentech. Koncem osmdesátých let jezdily čtyři pětiny vozidel na světě v Severní Americe a v Evropě. Samotná oblast Los Angeles měla dvojnásobný počet automobilů než Čína, Indie, Indonésie, Pákistán a Bangladéš dohromady. Asijské země však brzy USA i Evropu překonají.**

Uvedme si příklad ze současnosti: Lidstvo bude podle předpovědi odborníků potřebovat stále více elektrické energie, i když půjde cestou jejich úspor. Nelze totiž předpokládat, že by se zřeklo civilizačních vymožeností, naopak – bude zesilovat tlak na ekonomické vyrovnávání všech zemí světa směrem k těm nejvyspělejším, které ovšem samy svůj civilizační vývoj rovněž nezastaví. (V České republice po dočasném poklesu spotřeby elektřiny v letech 1990–1993 od roku 1994 její spotřeba zase roste a předpokládá se, že v dohledné době přes ekonomickou krizi i všechny snahy o její úspory i nadále poroste.)

Pokrytí růstu potřeb elektřiny řešilo v 2. pol. 20. století mnoho ekonomicky vyspělých zemí světa budováním jaderných elektráren. Většina energetických odborníků se totiž shodovala v tom, že jaderné elektrárny jsou jak z hlediska ekonomického, tak ekologického nejlepší variantou pro podstatné zvýšení výroby elektřiny. (I dnes ve srovnání s nejmodernějšími technologie-



**Hodinový stroj udržovaný v chodu změnami teploty v místnosti. K natahování hodinového péra stačí kolísání teploty v rozmezí 1 až 2 °C. Látka citlivá na tyto teplotní změny je etylchlorid; je jím naplněn plochý váleček důmyslně přenášející roztažnost plynu na hodinový stroj (moderní švýcarská výroba).**

mi elektráren na fosilní paliva mají přednost v tom, že nepřispívají k pravděpodobnému vytváření skleníkového efektu).

Koncem 80. let nastala v rozvoji jaderné energetiky určitá stagnace, ale její vývoj není ukončen: jednak se výstavba jaderných elektráren přesunuje z evropských do asijských zemí (Čína, Indie, Korea aj.), jednak se připravují nové, bezpečnější a vyspělejší technologie.

Nepřetřžitě se také optimalizuje odpověď na otázku, co dělat s použitým jaderným palivem. Dávno již byla opuštěna myšlenka, že by se tento odpad vystřeloval do kosmu. Odborníci se dohodli na jeho ukládání do tzv. konečných úložišť pod zem, samozřejmě ve speciálních kontejnerech a na pečlivě vybraných místech. Některé země (USA, Švédsko, Finsko, Německo aj.) jsou s přípravou těchto úložišť již velmi daleko. Část použitého paliva se přepracovává a zároveň se již pracuje na vývoji dalšího využití použitého jaderného paliva. Velmi slibný projekt vymysleli vědci z Americké národní laborato-



**Záchranný „poplávek“ kapitána Barathona (1895)**

ře v Los Alamos ve státě Nové Mexiko. Jím navržený tzv. transmutační reaktor by měl spalovat dnešní použité palivo, přeměňovat je na odpad s krátkým poločasem rozpadu a přitom ještě vyrábět elektřinu. Výzkumný prototyp tohoto reaktoru by mohl být postaven do deseti let. Na tomto projektu se podílejí také čeští vědci v Ústavu jaderné fyziky v Řeži.

## NAHLÉDNUTÍ DRUHÉ

Výrazným znakem současného technického vývoje je rychle narůstající masovost využití přírodovědných objevů a technických vynálezů a prudce se zvyšující razance dopadů některých z nich na životní prostředí, bohužel, ne vždy v kladném smyslu. Vzpomeňme např. na „automobilové šílenství“, tvář krajiny zatížené těžbou surovin, koncentrací těžkého průmyslu apod.

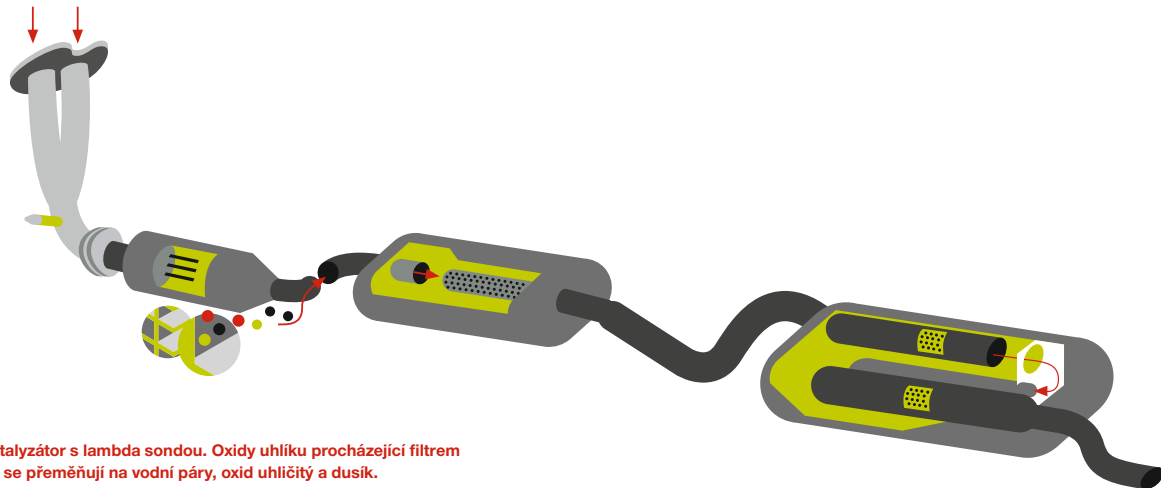
Lidstvo dnes dospělo k objevům a vynálezům, které ohrožují existenci nejen člověka samého, ale všeho živého na Zemi. Klad se mění v zápor, ukazuje se, že i technika



Energeticky náročné provozy těžkého průmyslu



V dopravní špičce praskají komunikace ve švech



Třícestný katalyzátor s lambda sondou. Oxidy uhlíku procházející filtrem katalyzátoru se přeměňují na vodní páry, oxid uhličitý a dusík.

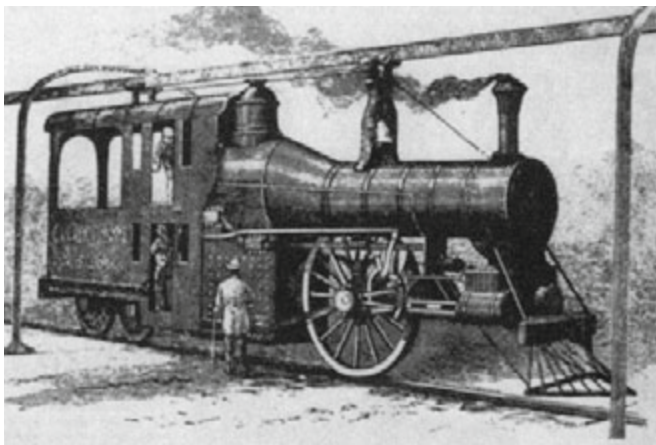
má své „meze růstu“. Nesmírně stoupla odpovědnost společnosti za uskutečnění myšlenek objevitelů a vynálezců, kteří pracují na její objednávku nebo v předtuše jejich potřeb. Je stále očividnější, že bez dodržování jistých zásad technického vývoje při spolupráci všech zemí světa se dnes už neobejdeme.

## ZÁSADY SOUČASNÉHO TECHNICKÉHO VÝVOJE

Poučením z důsledků vlastní činnosti na Zemi, zejména za posledních 100–150 let, dospělo lidstvo k některým zásadám, které je třeba v technickém vývoji dodržovat. Pokusme se je nyní shrnout do šesti nejdůležitějších a globálně platných bodů:

**1. Řešení každého většího technického problému má dnes většinou komplexní charakter** (charakter složitého souboru vazeb) **a globální dopad** (působnost ve velmi širokém, někdy celosvětovém, měřítku).

Z toho vyplývá, že musí být uplatňována snaha o společné postupy, limity, normy apod.



„Jednonohá“ lokomotiva Boyntonova

Jako příklad můžeme uvést třeba mezinárodní dohody o zákazu výroby tzv. freonů, používaných do sprejů a chladniček; jsou totiž patrně hlavní příčinou řidnutí ozonu v horních vrstvách atmosféry, což má zase za následek pronikání ultrafialového (UV) záření, ohrožujícího vše živé na Zemi.

Energetiky se týká mezinárodní úsilí o snížení emisí oxidu siřičitého  $\text{SO}_2$  (mimo jiné hlavního původce tzv. kyselých dešťů, které ničí vegetaci, zejména lesy), oxidů dusíku NO a naposledy i oxidu uhličitého  $\text{CO}_2$ , který přispívá ke skleníkovému efektu (má patrně za následek postupné oteplování naší planety).

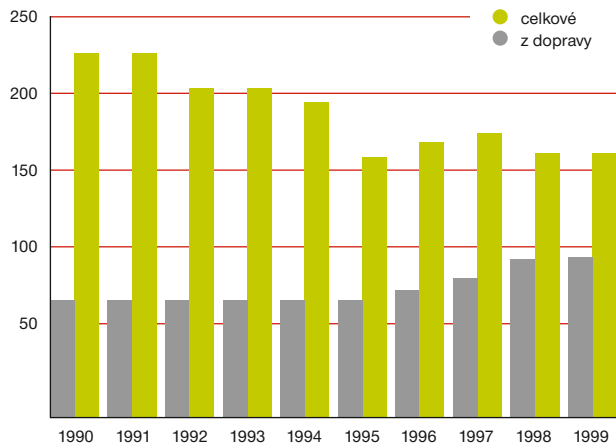
## 2. I v technice, chemii apod. platí zásada, že chceme-li něco získat, musíme něco jiného obětovat.

Je třeba pečlivě vážit zisk i obět. Tak např. zápory automobilové dopravy, založené dnes hlavně na spalování benzínu a nafty v motorech automobilů, nedokázaly zatím lidstvo přimět k omezení výroby automobilů: Přitom emise výfukových plynů, které výrazně přispívají např. k vytváření dusivého smogu, často zcela neúnosný hluk

projíždějících aut, zábor místa parkováním, ničení přírody stavbou nových a nových silnic a přímé fyzické ohrožení lidí i zvířat jezdoucími vozidly patří k nejtěžším dopadům na naše životní prostředí. Pokusy o ekologicky čistý pohon (elektromobily, automobily na vodíkový pohon apod.) nemají zatím naději na širší uplatnění. Úspěšnější je cesta zmiřňování obtíží – zavádění katalyzátorů, bezolovnatého benzínu, stále dokonalejších bezpečnostních úprav karosérie a brzdného systému, nových pravidel silničního provozu omezujících rychlost jízdy, soustředění parkování pod zem a do okrajových čtvrtí měst, zřizování pěších zón v městských centrech, budování okružních magistrál atd. Obrovské rychlosti „množení“ automobilů se tím však sotva dokáže čelit.

## 3. Je nutné všemi silami brzdit zvyšující se nároky na suroviny, množství energie a prostor (extenzivní rozvoj) a postupně přecházet k opětnému nastolení rovnováhy mezi lidskou civilizací a přírodou.

Tvrdě udržitelný rozvoj je možný jen při zachování příznivého prostředí pro budoucí generace, včetně dostatečných zdrojů surovin a energií.



Porovnání celkových emisí uhlovdíků ( $\text{CO}_2$ ) a emisí  $\text{CO}_2$  z dopravy (v tisících tunách). Zdroj: Ministerstvo životního prostředí ČR.

Jedním z nevyraznějších projevů této zásady jsou snahy o úspory surovin a energií, které jdou takřka vždy ruku v ruce s ekologizací našeho chování. Aby nezůstaly pouhým přáním, musí být pro ně vytvořeny odpovídající ekonomické podněty – prostě musí se vyplatit výrobcům i zákazníkům. Příklady úsporných opatření lze pozorovat ve všech sférách našeho života a všichni jsme nejen jejich svědky, ale i každodenními účastníky. Jde např. o snížení surovinové a energetické náročnosti výroby strojů, přístrojů a nástrojů při zachování, či spíše zvýšení jejich kvality. K úsporám energií a energetických surovin přispívá zateplování starších panelových i jiných domů, dokonalejší tepelná izolace novostaveb, správná volba, instalace i způsob vytápění, zavádění detektorů a automatických regulátorů vytápění, měřičů spotřeby teple vody. Když kupujeme auto zajímá nás stále více spotřeba paliva, při koupi elektrických spotřebičů je důležitý jejich příkon proudu, při praní a vaření nejušpornější postupy při zacházení s pračkou nebo sporákem, s prádlem a potravinami.

Další kupa úsporných opatření se týká přímo energetiky. Jde např. o podporu čerpání



Horní část tokamaku Compass



Letadlová loď s atomovým pohonem

energie z obnovitelných zdrojů (u nás jde hlavně o zřizování malých vodních a větrných elektráren a využívání přímé sluneční energie a energie z biomasy); přebudování výtopen na teplárny, kde dochází k efektivnějšímu využití tepla nejen pro dálkový rozvod teplé vody nebo páry, ale souběžně i pro výrobu elektřiny.

Jedním z hlavních problémů plnění shora uvedené zásady je spalování uhlí. To započalo v masovějším měřítku s průmyslovou revolucí kolem roku 1760, pokračovalo pak stále se zrychlujícím tempem (postupně nabíhajícími „spotřebiteli“ byly zvláště parní stroje, vysoké pece, uhelné elektrárny, domovní topeniště, výtopy a teplárny) a vyvrcholilo na konci 2. desetiletí 20. století, kdy uhlí bylo zdrojem až 80 % spotřebovávané energie na světě. Od té doby procento spotřeby energie z uhlí v poměru k energii z jiných zdrojů (zejména ropy, plynu a později „jádra“) stále klesá. Zpočátku byla důvodem především mnohem vyšší efektivnost nových zdrojů, v posledních desetiletích i ekologizace výroby tepla. Při málo efektivním spalování uhlí v elektrárnách jsou starosti s odstraňováním škodlivin z emisí.

Ropa a plyn jsou v tomto směru výhodnějším palivem, ale i ony produkují při spalování oxid uhličitý  $\text{CO}_2$ , který se z jejich emisí odstranit nedá. Pouze jaderné elektrárny tento problém nevytvářejí. Díky nim může být uhlí ušetřeno pro jiné účely, jeho těžba omezena, aby zbylo i pro budoucí generace.

#### **4. U každého většího technického projektu musíme zvažovat nejen ekonomické a technicko-organizační faktory, nýbrž i jeho vliv na životní prostředí a přijatelnost pro veřejnost.**

Zastavme se u posledního faktoru. Informováním veřejnosti pomáhají odborníci odstranit už zmíněnou bariéru strachu pramenícího z nevědomosti, ovšem zároveň zvyšují odpovědnost veřejnosti za zavedení projektu do praxe. Proto veřejnost přímo nebo nepřímo vyzývají k vyjádření postoje k němu. Usilují přitom samozřejmě o její souhlas.

Jak ovšem ukazuje praxe, uplatňuje se při takovém přístupu někdy nepřehledná spleť zájmů různého druhu a různých skupin, takže nalezení cesty k tomu nejprospěšnějšímu pro většinu, včetně matky Přírody, není vždy jednoduché.

#### **5. U složitějších technických zařízení je nutné počítat s bezděčným selháním lidského faktoru v oblasti řízení a obsluhy a čelit takovému selhání v první řadě technickými prostředky zabudovanými už v těchto zařízeních a fungujícími automaticky. Člověk a automatické systémy se prostě musejí při řízení navzájem kontrolovat.**

I když víme, že se od určitého stupně zdokonalování technických zařízení stává jejich další zlepšování nerentabilním, na jejich bezpečnost včetně obrany před selháním lidského faktoru se zvýšené náklady většínou vyplatí, a to nejen z podstaty věci, nýbrž i kvůli získání důvěry veřejnosti. Vidíme to dnes např. v dopravě (letadla, automobily atd.) nebo právě ve vývoji jaderných elektráren, které procházejí nepřetržitým procesem zdokonalování bezpečnosti. Veškeré chyby, poruchy a havárie, byť zdánlivě zcela bezvýznamné, se okamžitě vyhodnocují a vyvozují se z nich poučení pro řízení a konstrukční zlepšení, jež se registrují v mezinárodně přístupné počítačové databázi.

Na druhé straně je třeba technická díla chránit před záměrným poškozením, zničením nebo zneužitím. Jeho cíle mohou



Velín Jaderné elektrárny Temelín

být různé (třeba i zdánlivě ušlechtilé), následky katastrofické. Takováto ochrana sice byla potřebná v dějinách vždy, avšak se stoupající razancí možného dopadu následků havárií technických zařízení a také s rostoucí cenou těchto zařízení potřeba jejich ochrany natolik stoupla, že se někdy stává prvořadým problémem. Ačkoliv vlastně není ve své podstatě věcí techniků, proniká tak nutně do jejich projektů. Nejde tu jen o jaderné elektrárny, ale třeba i o přehrady na vodních tocích, prostředky hromadné dopravy (metro, letadla apod.), o ochranu drahých počítačů před záměrným infikováním počítačovým virem atd.

#### 6. Nelze jít dále cestou zachování míru prostřednictvím závodů ve zbrojení a vývoje stále silnějších zbraní.

I zde se projevují známé „meze růstu“. Je nutno postupně zlikvidovat a dále nevyvíjet ani nevyrábět zbraně hromadného ničení.

První významné kroky k tomu byly již učiněny. K nejdůležitějším patří dohody zemí OSN o likvidaci a zákazu chemických

a biologických zbraní a mezinárodní dohody o částečné likvidaci a nešíření jaderných zbraní (tj. nerozšiřování počtu zemí, které tyto zbraně vyrábějí a vlastní). Na základě programu „Megawats instead of Megatons“ přepracovávají USA a Rusko vojenské hlavičky na jaderné palivo pro elektrárny.

### PLÁNOVÁNÍ TECHNICKÉHO VÝVOJE

Dnes už není technický vývoj ponecháván jen náhodě, nýbrž je plánován desítkami vědeckých týmů na desítky, ba stovky let dopředu. Samozřejmě nejde o stanovení nějakých norem, nýbrž – jak už bylo řečeno i ukázáno – o předvídaní a předpovídání (prognostiku) a stanovení celkového směřování vývoje (konceptci). Přitom se berou v úvahu, kromě výše shrnutých zásad, některé významné stránky obecného vývoje lidstva v současnosti a konkrétněji pak i vlastní země. Z těch obecných se nám jako nejpodstatnější jeví:

- **Počet obyvatel této planety roste stále rychleji, hlavně „díky“ tzv. rozvojovým zemím;** proto stejně rychle narůstají i nároky na uspokojování základních životních potřeb obyvatel těchto zemí, především na potraviny.
- **Rozvojové země se snaží v životní úrovni co nejdříve dohnat země vyspělejší;** v tomto směru se k nim přiřazují i země bývalého „východního bloku“. Vyrovnání bude možné patrně jen s výraznou materiální pomocí ekonomicky nejvyspělejších zemí.
- **I tzv. rozvinuté země dosud procházejí stadiem hladu po konzumu a komfortu (spotřebě a pohodlí),** a to přes úsporné programy týkající se surovin a energií a programy typu „Bud' fit“ zahrnující i tzv. racionální výživu a návrat ke zdravému pohybu.

Pro dokumentaci několik údajů:

V současnosti žije na celé planetě něco málo přes šest a půl miliardy lidí. Každý den se narodí 365 000 dětí, z toho 57 % v Asii,





Lidí na naší planetě neubývá, naopak je nás stále víc. Do roku 2050 nás bude přes devět miliard.

26 % v Africe, 9 % v Latinské Americe a 5 % v Evropě. Když odečteme 155 000 lidí, kteří každý den zemřou, přirozený denní přírůstek na celé Zemi bude 210 000 obyvatel (což je například zhruba počet obyvatel okresu Olomouc). Počet sedmi miliard lidí tak bude překročen okolo roku 2013.

Drtivou část tohoto počtu lidí na Zemi tvoří obyvatelé rozvojových zemí. Pokud by byla zachována současná míra plodnosti, tak by na planetě žilo v roce 2100 44 miliard lidí, v roce 2150 244 miliard lidí a v roce 2300 by tento počet dosáhl neuvěřitelných 1,34 bilionu lidí, což je 200krát více než dnes. Nezmění-li se radikálněji současné postoje k plánování rodiny v rozvojových zemích, může se do konce příštího století zvýšit počet obyvatel světa až trojnásobně, bohužel značně nerovnovážně.

Ve studii, zveřejněné v časopise *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vědci uvádějí, že globální emise oxidu uhličitého rostou rychleji než v předpovědích nejhoršího možného scénáře, obsaženého ve zprávách OSN o podnebních změnách

z roku 2007. Vzrůst emisí  $\text{CO}_2$  za první čtyři roky tohoto století je také vyšší než v devadesátých letech – o 3,1 % v letech 2000–2004, zatímco v devadesátých letech to bylo v průměru jen 1,1 % ročně.

Podle odborníků je zvyšující se množství emisí především důsledkem rostoucí energetické intenzity hospodářské činnosti a má na ně dopad i rostoucí počet obyvatel a rostoucí ekonomika. Američtí, britští, australské a francouzské autoři studie zjistili, že k největšímu růstu emisí uhlíku dochází v rychle rostoucích ekonomikách v rozvojových zemích, zejména v Číně.

Podle statistických údajů OSN se počet motorových vozidel ve světovém průměru zvyšuje ještě asi 3× rychleji než počet obyvatel! V roce 2030 se dá počítat přibližně s 1 miliardou, v roce 2050 téměř se 3 miliardami vozidel.

Z uvedeného je zřejmé, že rozhodování odborníků vytvářejících koncepci technického vývoje nemohou ovlivňovat jen faktory ekonomické, technicko-organizační a ekologické. Kdybychom se pokusili takovou

koncepci zformulovat co nejstručněji, mohli bychom, podle našeho názoru, vybírat asi mezi následujícími alternativami základního směřování dalšího technického vývoje:

- Technika by měla mít neomezené možnosti vývoje (s výjimkou zbraní hromadného ničení), protože nemůže za to, že ji člověk často zneužívá.
- Vývoj techniky by měl být regulován tak, aby lidstvo bylo nuceno nejen ustálit svůj počet na optimální úrovni, ale též omezit své materiální nároky na míru mnohem nižší, než mají ekonomicky nejvyspělejší země dnes.
- Vývoj techniky by měl být regulován tak, aby bylo možné vyrovnání životní úrovně obyvatel všech zemí světa při trvalém rozvoji lidské společnosti.



# ENERGIE A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

**„Dnes už si musí být každý vědom, jakou roli hraje energie nejen ve vědě, ale i v průmyslu, v politice a v řešení sociální problematiky. Od kolébky až do hrobu jsme všichni závislí na přírodě a jejich nepřetržitých dodávkách energie ve všech formách. Pravda, často se zdá, že energie hraje v rozvoji lidstva nepodstatnou roli, stejně jako se může zdát, že proud vzduchu hraje podřadnou roli ve varhaníkově hře. Zůstává však skutečností, že selže-li přísun energie, moderní civilizace se zhroutí stejně rychle, jako umlkne varhaník, jehož varhany připravíme o vzdušný proud.“ To napsal Frederick Soddy, nositel Nobelovy ceny, v roce 1912.**

## MEZE RŮSTU

Není jisté třeba přinášet důkazy o tom, že jeho slova se potvrdila a civilizace dvacátého století se opravdu rozvíjela tak, že se pro její pojmenování často užívalo názvu energetická civilizace. Překotný rozvoj požírající kvanta energie přinášel i efektivnější, elegantnější a úspornější způsoby jejího získávání, přenosu i užití. Avšak způsob lidského rozvoje, směřování lidské civilizace s jejími nekončícími nároky na energetickou spotřebu a tím i spotřebu zdrojů dobývaných bez ohledu na důsledky z těla vlastní planety, přinášel stále zřetelnější příznaky toho, že je to způsob a směr, který se musí změnit, nemá-li skončit nenapravitelnými jizvami na tváři Země nebo dokonce katastrofou. Objeví se ekologové se svými výstrahami a varováními.

Civilizace nezměnila lidský život jen v kladném smyslu, ale má také záporný vliv

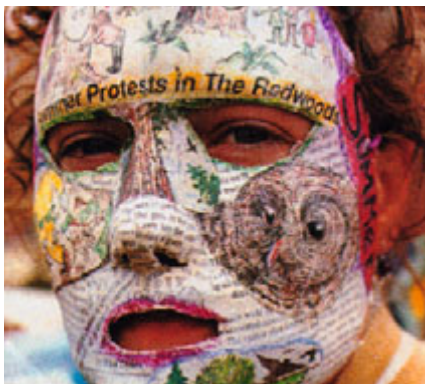
na celé přírodní prostředí. Důsledky těžby černého a zvláště hnědého uhlí, dopravy ropy po mořských trasách, výroby elektřiny v tepelných elektrárnách využívajících druhořadé palivo patří mezi ty horší, které kdy lidé způsobili. Stačí vzpomenout na krajiny devastované povrchovou těžbou uhlí, na ovzduší znečištěné oxidem siřičitým z tepelných elektráren, na kyselé deště jako důsledek exhalací ze všech spalovacích procesů, na ropné skvrny na mořích, na smog a zápach ve městech...

## NAŠE SPOLEČNÁ BUDOUCNOST

Prvým výrazným varováním, které (na rozdíl od některých předchozích) vzbudilo pozornost celého světa, byla publikace Meze růstu připravená tzv. Římským klubem a vydaná v roce 1972. Zpráva Římského klu-

bu ukázala a snažila se doložit, že obrovský ekonomický rozvoj započatý zejména v letech po druhé světové válce nemůže trvat věčně, že svět přijde o své přírodní zdroje a životní prostředí planety bude otráveno a zničeno. Ohlas knihy Meze růstu a vysoká prestiž Římského klubu (v současnosti sdružuje stovku osobností z 53 zemí, jedním z členů je i **Václav Havel**), určitě přispěly k tomu, že v roce 1972 svolala Organizace spojených národů do Stockholmu první velkou konferenci o životním prostředí.

Římský klub byl založen v roce 1968 a sdružuje nezávislé osobnosti zastupující širokou škálu kultur, ideologií, povolání a oborů, jejichž jednotící myšlenkou je zájem o budoucnost lidstva. Základní tezí Římského klubu v oblasti životního prostředí je názor, že poškození přírody člověkem dosahuje již takové míry, že ohrožuje samotnou existenci lidstva. I když naše znalosti



Často výstředně a provokativně připomínají naše dluhy vůči životnímu prostředí členové nejrůznějších ekologických hnutí, organizací a sdružení. Jejich postoje a argumenty bývají někdy jednostranné, maximalistické a radikální. Také v Čechách jich působí několik.

o skleníkovém efektu a ozónové díře jsou stále ještě nedostatečné, je povinností všech vlád, ale i jednotlivců, chovat se tak, aby se zabránilo velkoplošnému znečišťování, které poškozují vodu, vzduch, půdu a zdraví lidí. Problém životního prostředí je úzce svázán s problémy energetiky, populační exploze a v rozvojových zemích též s problémy chudoby a zaostalosti.

V burčující tradici publikací, jakými byla kniha Meze růstu, pokračovala pak třeba tzv. Brandtova zpráva publikovaná pod vedením německého politika **Willyho Brandta** v roce 1980, anebo zpráva Global 2000 připravená ve Spojených státech pro prezidenta **Cartera** přibližně ve stejné době.

Mimočodem – žádný z těchto textů se nesměl v socialistickém Československu dostat k čtenářům a všechny kolovaly jen v opisech. Meze růstu přeložil pro samizdat ekolog a pozdější první český ministr životního prostředí **Bedřich Moldan**, k oficiálnímu vydání této dnes už klasické knihy se však až dosud žádné české nakladatelství ani ekologická instituce neodhodlaly.

V dubnu 1987 zveřejnila Světová komise pro životní prostředí a rozvoj zřízená Organi-



Území po těžbě surovin někdy připomíná měsíční krajinu

zací spojených národů výsledky své činnosti od roku 1983. Byla to obsažná zpráva (v českém překladu, který vyšel o čtyři roky později, má kniha na tři sta stran) s názvem Naše společná budoucnost. Říká se jí také „zpráva **Brundtlandové**“ podle norské ministerské předsedkyně, která práci komise vedla. Komisi tvořilo 21 zástupců ze všech oblastí světa – vědců, státních úředníků a politiků, kteří dříve než skončili svou práci, vydali dlouhou řadu předběžných studií a pořádali na všech pěti kontinentech mnoho veřejných slyšení. Na podzim roku 1987 předložila komise Brundtlandové svou zprávu Naše společná budoucnost 42. zasedání Valného shromáždění OSN. V textu této zprávy se poprvé objevil výraz **trvale udržitelný rozvoj**.

### CO JE TO TRVALE UDRŽITELNÝ ROZVOJ?

Zpráva Brundtlandové dospěla k závěru, že před lidmi na celé planetě stojí šest hlavních společných úkolů, kterým musíme věnovat největší pozornost, chceme-li se jako lidstvo dál rozvíjet a neskončit v pasti ekologické katastrofy. Jsou to:

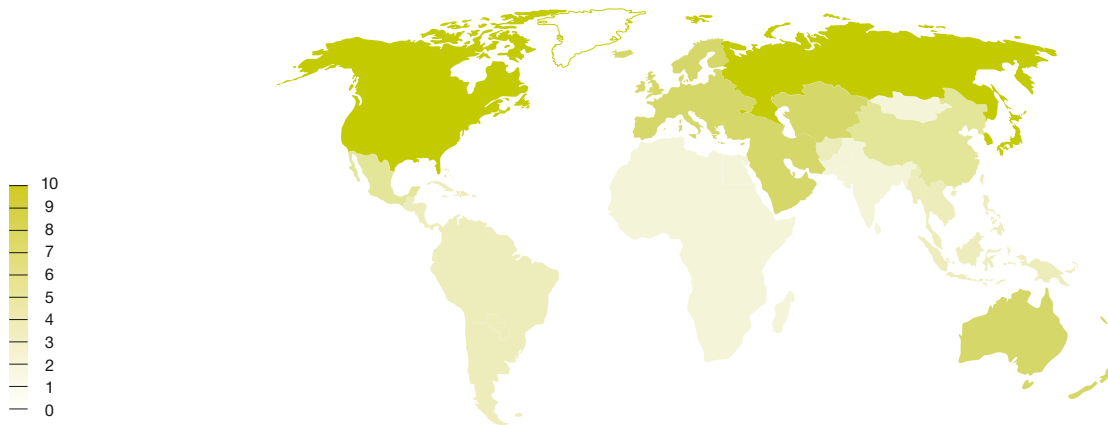
- omezení růstu lidské populace,

- zajištění výživy a jejich zdrojů,
- uchování živých přírodních zdrojů a péče o ně,
- rozvoj spolehlivých, bezpečných a ekologických zdrojů energie,
- hledání ekologičtějších průmyslových technologií,
- rozvoj měst a lidských sídel.

Energii a energetice se v Naší společné budoucnosti věnuje velká pozornost a rozsáhlá kapitola je ve zprávě věnována rozvoji energetických zdrojů.

Pokusme se nyní stručně říci, co zpráva Brundtlandové považuje za „trvale udržitelný rozvoj“, co se skrývá za termínem, na jehož obsahu se shodly Spojené národy.

Ve zprávě se říká, že lidstvo je schopno rozvíjet se trvale udržitelným způsobem a může zajišťovat své současné potřeby, aniž tím omezí možnosti příštích generací uspokojovat jejich potřeby. Představa trvale udržitelného rozvoje ovšem zahrnuje určitá omezení. Nejsou to však omezení připomínající nějaké zákazy. Spíše vycházejí ze současného stavu plýtvavé techniky, špatného a kořistnického vztahu lidské společnosti



Spotřeba primární energie ve světě v toe (tun ropného ekvivalentu na osobu). Zdroj: IEA.

k přírodním zdrojům a ke schopnostem přírody vypořádávat se s vlivy lidských zásahů.

Technika a organizace společnosti se podle zprávy Brundtlandové mohou přispůsobovat a zdokonalovat tak, že otevřou cestu k nové, ohleduplnější epoše hospodářského růstu.

Pro trvale udržitelný globální rozvoj je nezbytné, aby ti bohatší přijali životní styl, který odpovídá ekologickým možnostem planety – například možnostem výroby a spotřeby energie. Jinými slovy by se měli uskrovnit a co se spotřeby energie týče – tu by měli ti bohatší podstatně snížit. Předpokladem pro trvale udržitelný rozvoj je také soulad mezi růstem světové populace na jedné straně a možnostmi, které má celý ekosystém Země pro její obživu na straně druhé. Je proto třeba průměrný světový růst populace zpomalit.

„Trvale udržitelný rozvoj není ovšem neměnným stavem harmonie, nýbrž procesem změn, v němž se využívání zdrojů, zaměření investičního a technického rozvoje i vývoj organizování společnosti uvádějí v soulad se současnými i budoucími potřebami lidí. Nepředstíráme, že takový postup je snadný nebo přímočarý. Bude zapotřebí přistoupit

i k bolestivým rozhodnutím. Trvale udržitelný rozvoj se neobejde bez naší společné vůle,“ říká se ve zprávě.

## ENERGIE V NAŠÍ SPOLEČNÉ BUDOUCNOSTI

Při četbě knihy Naše společná budoucnost (v roce 1991 ji v českém překladu vydalo nakladatelství Academia), která je vlastně naším společným pohledem (text byl přijat valným shromážděním OSN) na nejdůležitější celosvětové problémy poškozovaného životního prostředí, si uvědomíme, že i když získávání energie způsobuje těžké šrámy na těle naší planety, v globálním pohledu nepatří problémy energetiky k těm nejdramatičtějším. V celosvětovém měřítku jsou to především rychlý růst populace na Zemi a s ním spojené problémy chudoby a hladu a hledání cest k jejich zmírnění, co způsobuje největší starosti ekologům – tyto jevy hrozí také největším nebezpečím destruktivních zásahů do životního prostředí.

My žijeme v zemi, které populační exploze ani hlad a nouze nehrozí. Patříme k bohatším zemím a jednou z možností, jak pomoci životnímu prostředí nejen bezpro-

středně kolem nás, ale i z globálního hlediska, je hledat nové cesty v energetice.

Co o nich říká zpráva Brundtlandové? Bezpečná a ekologicky ušlechtilá energetická strategie má pro trvale udržitelný rozvoj klíčový význam. Zatím jsme ji však nevyalezli. Rychlost růstu spotřeby energie v poslední době roste, industrializace, vývoj zemědělství a rychle rostoucí populace v rozvojových zemích budou vyžadovat mnoho energie. Průměrný obyvatel průmyslově vyspělého státu dnes spotřebuje osmdesátkrát více energie než obyvatel Afriky jižně od Sahary. Příští rozvoj světové energetiky by měl proto zajistit uspokojení podstatně vyšších energetických nároků a potřeb především chudobným zemím.

Zpráva pokračuje úvahou, že kdyby se spotřeba energie v rozvojových zemích měla dostat na úroveň průmyslových států, znamenalo by to do roku 2025 zvýšit současnou světovou výrobu energie pětinašobně. Takovou zátěž by však ekosystém naší planety neunesl, zvláště kdyby zvýšení vycházelo z neobnovitelných fosilních paliv (uhlí, ropa). Nebezpečí světového oteplení a okyselování prostředí pravděpodobně



Stav životního prostředí máme ve svých rukou

vyloučí dokonce i jen pouhé zdvojnásobení výroby energie založené na nynější kombinaci primárních energetických zdrojů uhlí, zemního plynu a ropy.

Další údobí ekonomického růstu musí proto mít podle Brundtlandové menší energetické nároky než to minulé. Součástí energetických strategií trvale udržitelného rozvoje musí být programy zvyšování energetické účinnosti. V tomto směru je co zlepšovat. Moderní spotřebiče lze konstruovat tak, aby ve srovnání s tradičními poskytovaly stejné služby za dvoutřetinovou nebo poloviční spotřebou energie. Řešení zlepšující energetickou účinnost jsou často také hospodárnější.

V další části kapitoly o energii a energetice se zpráva zmiňuje o jaderné energii. Teprve v posledních letech se dostatečně ozřejmila povaha nákladů, rizik a výhod jaderné energie, stala se však předmětem ostré diskuse. Různé státy na celém světě zaujaly různé postoje k využití jaderné energie a tyto různé názory a stanoviska se promítly i do diskusí v komisi Brundtlandové. Všichni nakonec souhlasili s tím, že výrobu jaderné energie lze přijmout, budou-li skutečně překonány zatím nevyřešené problémy, jež vyvolává. Prvořadá pozornost se věnuje rozvoji prostředků na zvýšení bezpečnosti jaderné energetiky.

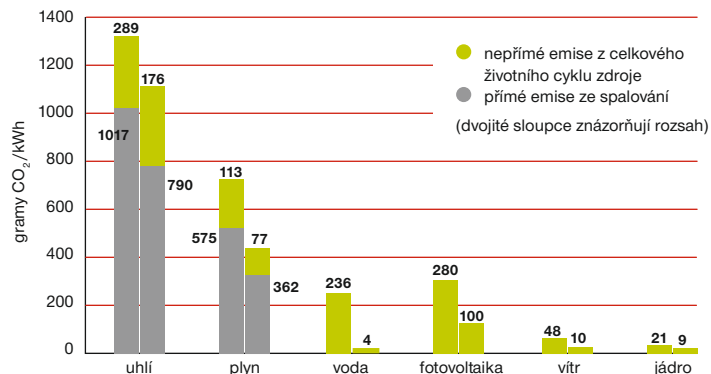
Zpráva se pak obrací do budoucna a říká, že pomocí účinnějšího využívání energie můžeme získat potřebný čas, abychom vyvinuli „energeticky nenáročnou cestu“ založenou na obnovitelných zdrojích, které by měly být základem globální energetické soustavy 21. století. V současné době jsou tyto zdroje většinou problematické.

## NAŠE ÚSTAVA A ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Když se Československo vydalo po listopadu 1989 na cestu svobodné demokratické společnosti, mnoho lidí spojovalo s touto cestou i hodnoty, které chyběly v odvrženém totalitním systému, ale které postrádají i vyspělé západní společnosti. Poukazuje na to, jak jsme si všimli, i zpráva Brundtlandové a její představa role trvale udržitelného rozvoje pro budoucnost Země.

Nejdůležitější z těchto hodnot jsou úcta a ohled k přírodě a jejím zdrojům, z nichž člověk čerpá. Ty vyžadují velkou míru pokory a skromnosti, které tolik kontrastují s dravou snahou podmaňovat si z přírody vše, co nabízí, a s touhou spotřebovávat stále víc, což jsou hodnoty stále typické pro společnost stojící na principech trhu.

Snad nejlépe vyjádřil pocity těch, kdo se nechťeli v česko-slovenském „roce nula“



Přímé a nepřímé emise CO<sub>2</sub> při výrobě jednotkového množství elektřiny (Zdroj IAEA 2000)

vydat k slepému stíhání bohaté konzumní společnosti, ale chtěli využít závažné historické chvíle k hlubšímu promyšlení našich lidských cest, spisovatel **Ludvík Vaculík** v článku „**Jinou ústavu!**“, který vyšel v našem tisku v červenci 1990. Článek byl začátkem polemik nad chystanou ústavou československou i českou a dnes může být připomínkou, jakou váhu jsme nakonec my všichni, jako tvůrci ústavy, ohledům k přírodě v nové české ústavě přisoudili.

„Všimněme si, že náš osud je dnes víc než vládou a úřadem určován postavou, jež dosud nebyla do ústavy zapsána: tou je příroda, Země či jak to nejlépe nazvat – bytí?“ píše Vaculík. A říká: „Země se vším, co má, je svérázná bytost, součást univerzálního bytí: bytost starší, větší a silnější než my. Staré kultury to uznávaly. Příznějme jí tedy rovnoprávnost a zapišme to do ústavy a potom do dalších zákonů.“

Vaculík navrhuje, „abychom do své ústavy dali článek, jenž právně uzná nezávislost přírody na nás a našem souhlasu; zvláště když faktická závislost je opačná. Už nic nebude smět být zničeno a vyhubeno jen pro naši potřebu, chuť či zábavu. Nic na Zemi nevzniklo a netrvá pro nás, nýbrž pro sebe. Zákon znemožní, abychom my, jak tu náhodou zrovna žijeme, spotřebovali a zničili Zemi většině lidí, která se teprve narodí.“



Většina velkých světových automobilů vyvíjí modely na elektrický pohon nebo na spalování jiných než tradičních paliv. Rozvoj elektromobilů v rámci strategické iniciativy Futuremotion podporuje i Skupina ČEZ.



Bezohledné zacházení člověka s přírodou nesmí – a ani nemůže – pokračovat. Mnohé osobnosti našeho politického a kulturního života prosazovaly zcela nový přístup k přírodě i do textu nové české ústavy, v němž nakonec jeden článek na přírodu pamatuje.

Jsmo jen částí vesmíru, a to částí vědomou si sebe i ostatního bytí: z tohoto vědomí přiznejme právně existenci nevědomé a nemluvné části“.

Závažnost svého návrhu pak dokládá takto: „Nejde jen o důraznější ochranu životního prostředí, o niž se dlouho dohadují jedni s druhými – lesníci s průmyslem, energetici s ekology, zemědělci s biology. Jde o nový právní i morální stav, kdy příroda nám ústy svých zástupců může prohlásit i veto. Takový zákon rázně omezí naše hmotné podnikání a může i našeho ducha obrátit jiným směrem. Jako dnes nikoho krom zločince nenapadne, aby pro zájem podniku, obce nebo své rodiny zabil člověka, tak bude zločincem, kdo pro takový zájem zabije všem budoucím lidem například řeku.“

Vaculíkův článek, který vzbudil velkou pozornost, souhlas i odpor, byl začátkem diskuse nad chystanou ústavou. Jeho text byl podepisován jako petice, které pak odesílali lidé ústavodárným orgánům. Do diskusí týkajících se zájmů ochrany přírody a jejich zastoupení v ústavě se zapojili i uznávaní ekologové a jejich organizace,

pasáže do ústavy navrhované například Společností pro trvale udržitelné žití jsme měli možnost číst v denním tisku. Nakonec však převážilo přesvědčení, že na „jinou ústavu“ není v České republice ani vhodná doba, ani vhodné místo. Vaculíkův článek tak zůstal pouhým důkazem o myšlení určité části české společnosti, která možná jen předběhla svou dobu.

A jak to nakonec dopadlo?

V Ústavě České republiky přijaté po celonárodní diskusi Českou národní radou dne 16. prosince 1992 se říká o životním prostředí v jediné větě toto: Stát dbá o šetrné využívání přírodních zdrojů a ochranu přírodního bohatství.

Je to dost? Je to málo?

## CHARTA PRO NOVOU EVROPU A PAPEŽOVO POSELSTVÍ

Přibližně ve stejné době, kdy v Čechách odpůrci Vaculíkovy „jiné ústavy“ argumentovali tím, že naše země a její občané mají mnoho závažnějších problémů, které musíme na

své cestě k fungujícímu a prosperujícímu demokratickému státu vyřešit dřív, než se dostaneme ke svým vztahům s přírodou, končilo v Paříži jedno z významných světových setkání: Konference o bezpečnosti a spolupráci v Evropě. Na závěr konference (bylo to v listopadu 1990) přijaly všechny účastnické státy tzv. **Chartu pro novou Evropu**, dokument, který se pokusil znovu shrnout, co závažného musíme v Evropě v příštích letech společně vykonat. Jedna z kapitol Charty je věnována životnímu prostředí.

V zmíněné kapitole se kromě jiného říká: „Uvědomujeme si naléhavou nutnost řešení ekologických problémů i význam individuálního i společného úsilí v této oblasti. Zavazujeme se, že budeme zesilovat své úsilí o ochranu a zlepšování našeho životního prostředí, o obnovení a zachování zdravé ekologické rovnováhy ve vzduchu, ve vodě a v půdě. Jsme proto rozhodnutí v plném rozsahu využívat konference o bezpečnosti a spolupráci v Evropě jako rámce pro stanovení společných závazků a cílů v oblasti ekologie a pokračovat tak v práci, která už



Střimická výsypka v severních Čechách před rekultivací v roce 1984



Střimická výsypka v severních Čechách v roce 1999 po rekultivaci

byla započata. Zdůrazňujeme význam dobře informované společnosti jako předpokladu pro to, aby veřejnost i jednotlivci mohli přicházet s iniciativou ke zlepšení životního prostředí. Zavazujeme se proto, že budeme podporovat ekologické povědomí veřejnosti a ekologickou výchovu, jakož i informování veřejnosti o ekologickém významu politických koncepcí, plánů a programů.“

O několik měsíců dřív – 1. ledna 1990 – vydal k oslavě právě vyhlášeného Světového dne míru své **Poselství celému světu** bývalý papež **Jan Pavel II.** Bylo adresováno nejen katolíkům, ale všem lidem na Zemi. Mnohé možná překvapilo, že slova papežova poselství hovořila především o podpoře ochrany přírody. Podle papeže je totiž světový mír ohrožen „nedostatkem povinné úcty lidí k přírodě“.

Papež v poselství řekl, že světová ekologická krize je vlastně morálním problémem. „Ekologická rovnováha je narušována nekontrolovaným ničením rostlinného a živočišného světa a bezohledným využíváním přírodních zdrojů,“ uvedl a vyzval vlády, aby spolupracovaly při zvládnání tohoto celosvětového břemene. Přitom však zdůraznil, že za ochranu přírody je spoluzodpovědný každý jedinec, proto má životní důležitost výchova k ekologické odpovědnosti.

V papežově poselství se zdůrazňuje, že právo na bezpečné životní prostředí je

natolik důležité, že by mělo být zahrnuto do charty lidských práv.

Příroda by měla být chráněna nejen pro své zdroje a pestrost živých druhů, ale také pro svou estetickou hodnotu, krásu. Svätý otec své poselství zakončil těmito slovy:

„Posuzujeme-li ekologickou krizi v širších souvislostech se snahou po míru uvnitř společnosti, pak můžeme lépe porozumět tomu, co nám Země a její atmosféra říká: že ve vesmíru je řád, který musíme respektovat, a že člověk, obdařený schopností svobodné volby, má vážnou odpovědnost za uchování tohoto řádu pro dobro, zdraví a blaho příštích generací.“

## ZAČÁTEK EKOLOGICKÉ REVOLUCE?

Vedle Římského klubu, který si svými pracemi dobyt v posuzování ekologických problémů lidstva velkou autoritu, působí neméně proslulá a uznávaná instituce zabývající se převážně otázkami životního prostředí. Je to Worldwatch Institute ve Washingtonu. V jeho čele dlouho stál **Lester Brown**, který se stal se svými spolupracovníky známým především pravidelnými ročními zprávami **Stav světa** vydávanými od roku 1984 a překládanými už do 23 jazyků (i do češtiny).

L. Brown přišel jako první s výrazem **ekologická revoluce**. Je to výraz, který

mnohé léká (naše století zažilo revolucí už příliš) a často kvůli němu podezřívají zastávce životního prostředí ze snahy nastolit jakousi ekologickou diktaturu, nové poručníkování lidí, tentokrát ve jménu světlých „ekologických zitřků“, opětovné donucování lidí k životu podle jakýchsi ekologických představ.

Co vlastně Brown svou ekologickou revolucí myslí? Podle něj došlo v posledních dvaceti letech – přestože právě dvacet let se už lidé snaží koordinovaně něco pro zlepšování životního prostředí dělat – k nebezpečnému zhoršení zdravotního stavu naší planety. Náš svět proto čekají prudké změny, pro které neexistuje žádný příklad.

Budování ekologicky trvale udržitelné budoucnosti závisí podle něj:

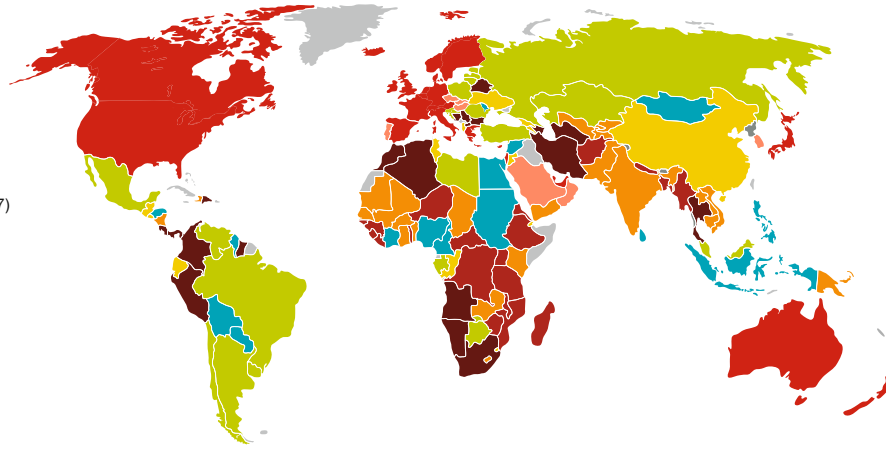
- na přeměně celosvětové ekonomiky,
- na zásadních změnách chování lidstva ve vztahu k porodnosti,
- na zásadních změnách uznávaných hodnot a životního stylu.

Provést všechny tyto změny je totéž jako provést revoluci. Pokud by byla tato revoluce úspěšná, její význam bude srovnatelný se zemědělskou i průmyslovou revolucí, které představovaly zatím největší ekonomické a sociální předěly v historii lidstva, uvažuje Brown. Ve svých úvahách se dotýká i problémů energie a energetiky.



HDP na osobu a rok v dolarech (2007)

- 30 000+
- 12 000–30 000
- 6 000–12 999
- 3 500–6 000
- 2 000–3 500
- 1 000–2 000
- 500–1 000
- 0–500



Největším nepřítelem životního prostředí není energetika, jak se někdy zdá z pohledu některých ekologů, ale lidská chudoba. Ti, kdo dokáží vidět problém ve všech důležitých souvislostech dnešního světa, kladou chudobu (a nadměrný populační růst) na přední místo mezi příčinami pustošení naší planety. Na mapce je vidět, že chudoba je velmi rozšířenou chorobou dnešního světa. Zdroj: Mezinárodní měnový fond.

Říká, že na rozdíl od průmyslové revoluce, která byla založena na využívání fosilních paliv, bude nová převratná změna znamenat odklon od jejich využití. Hybnou silou ekologické revoluce budou nové technologie usměrňující světovou ekonomiku tak, aby neničila přírodní zdroje potřebné pro její další rozvoj.

L. Brown napsal: „Ekologická revoluce bude posuzována podle toho, zda dokáže navést světovou ekonomiku na cestu trvale udržitelného rozvoje s ohledem na životní prostředí, tj. na takovou cestu, které povede k větší hospodářské jistotě, zdravějšímu způsobu života i k celosvětovému zlepšení životních podmínek člověka. Je škoda, že mnozí ještě nevidí potřebu takových ekonomických a společenských přeměn a považují zhoršující se fyzický stav Země za okrajovou záležitost.“

## SUMMIT ZEMĚ

Pokusem získat světovou veřejnost pro změny, o kterých uvažuje a píše L. Brown, byla konference o životním prostředí a rozvoji uspořádaná v červnu 1992 Organizací

spojených národů v brazilském Rio de Janeiru.

Tato konference, nazývaná též Summit Země, pořádaná po uplynutí dvaceti let od stockholmské konference OSN, která se považuje za oficiální počátek mezinárodního hnutí za ochranu životního prostředí, zastínila svého stockholmského předchůdce. Do Ria se sjelo přibližně 10 000 oficiálních delegátů a možná dvakrát tolik ekologických aktivistů na souběžně pořádané Světové fórum. Byla to největší akce, jakou kdy Organizace spojených národů uspořádala. Zúčastnil se jí také nejvyšší počet hlav států, jaký se kdy podařilo v dějinách světové politiky shromáždit – sto pět.

Jedním z hlavních výsledků konference, připravované přes dva roky, bylo přijetí tzv. **Agendy 21**. Nejstručnější, jen heslovitý český překlad tohoto dokumentu zabírá na sedmdesát strojopisných stran, tak rozsáhlý je to soubor nejrůznějších opatření a akcí, k nimž se státy v Rio zavázaly a jejich časový přesah do příštího století dal dokumentu název. Smyslem navržených opatření není nic jiného než dosažení trvale udržitelného

rozvoje, rozvoje „v souladu s přírodou“, jak řekl šéf přípravného výboru konference **T. Koh** ze Singapuru.

Cesty k souladu s přírodou jsou však obtížné a navíc si je lidé představují různě, což se projevilo i na brazilském summitu. Vyspělé země daly najevo ochotu nést největší část nákladů na uskutečnění záměrů Agendy 21 (přitom není dodnes jasné, kde seženou 125 miliard dolarů ročně, které jsou k tomu potřebné), rozvojové země však nejen nechtějí finančně přispět, protože prý veškeré znečištění planety je způsobeno vinou vyspělých států, ale nárokují pro sebe i mnoho výjimek z opatření vedoucích ke kontrolovanému a omezenému průmyslovému růstu. Chtějí se prostě ještě nějaký čas rozvíjet neomezeně, protože jen tak si dovedou představit odstranění ze svého hlediska největšího škůdce životního prostředí – chudoby.

## PEČUJEME O ZEMI

Jako součást přípravy na Summit Země v Rio de Janeiru byl dne 21. října 1991 vyhlášen v šedesáti zemích světa současně



Odznak UNCED – United Nations Conference on Environment and Development

program **Pečujeme o Zemi – strategie trvale udržitelného žití**. Program byl připraven jako společný dokument Světového svazu ochránců přírody, Světového fondu pro přírodu a Programu OSN pro životní prostředí. Kromě toho, že zevrubně analyzuje stav životního prostředí na naší planetě, navrhuje 130 konkrétních akcí v péči o Zemi – od rozsáhlých celoplanetárních až po nejmenší místní. Podobnost s Agendou 21 přijatou v Rio de Janeiro není náhodná.

Tehdejší Československo bylo jednou z oněch šedesáti zemí. V Praze se v den vyhlášení sešli ekologičtí aktivisté, aby s programem seznámili veřejnost a předali dokument předsedovi vlády. Podobně byli v jiných světových metropolích osloveni představitelé dalších devětapadesáti zemí, v sídle OSN převzal program její generální tajemník, program byl vyhlášen i v Bruselu, sídle Evropských společenství.

Jedna z nejdůležitějších částí programu Pečujeme o Zemi pojednává o energii. Od doby, v níž napsal svá slova z úvodu této brožurky **Frederick Soddy**, se hodně změnilo, závislost naší civilizace na dostatku energie však zůstala. Měli bychom ovšem



Příklad rekultivace krajiny po skončení povrchové těžby uhlí. Německá vesnice Bedburg-Kaster v roce 1976 a v roce 1988.



všichni vědět, že své energetické potřeby a způsoby, jakými je energetika uspokojuje, musíme ne v budoucnu, ale už dnes poměřovat ekologickou únosností, že už ode dneška musíme vědět, jak napravovat to, co přírodě při získávání energie bereme. Je neodkladnou povinností nás všech, celé naší generace začít o svou planetu a její zdroje opravdu pečovat.

## ENERGETIKA A PROGRAM PEČUJEME O ZEMI

Až donedávna byl růst spotřeby energie pokládán za míru ekonomického růstu, a to bez ohledu na účinnost, s jakou byla energie využívána, říká se v programu **Pečujeme o Zemi**.

Dnes musíme co nejrychleji ve svých úvahách i činech oddělit hospodářský růst od nárůstu v produkci energie a uznat, že pokud máme dosáhnout trvale udržitelného života, musíme dosáhnout prvního bez růstu druhého. Všichni, kdo investují do energetiky, musejí podporovat nikoli především konvenční, tradiční projekty, ale poskytovat výraznou pomoc rozvoji netradičních, obnovitelných zdrojů energie a investovat do opatření, která zlepší energetickou účinnost

nebo která ochrání životní prostředí před znečišťujícími látkami.

Chceme zdůraznit, říkájí autoři programu, že klíčem ke globálnímu trvale udržitelnému žití je v oblasti výroby energie zvýšená energetická účinnost.

Program **Pečujeme o Zemi** doporučuje v energetice pět nejdůležitějších akcí.

### Akce č. 1: Požadujeme jasné národní energetické strategie!

Každá vláda musí připravit národní strategii svého energetického průmyslu včetně těžby, konverze, dopravy a využití energie pro dalších třicet let. Strategie by měla ukázat, jakými cestami bude dosaženo snížení spotřeby energie na hlavu. Do tvorby národních strategií by měla být zapojena občanská sdružení, zejména nevládní organizace zabývající se životním prostředím. Podílet by se měly i podnikatelské a průmyslové kruhy.

### Akce č. 2: Zasadme se o snížené využití fosilních paliv, o snížení ztrát při distribuci energie a nižší znečišťování při její výrobě!

Mnoho zemí dává přednost využívání domácích zdrojů fosilních paliv, zvláště uhlí,



**V Elektrárně Ledvice se staví moderní blok 660 MW, který významně přispěje ke zvýšení energetické účinnosti a k minimalizaci emisí včetně emisí CO<sub>2</sub> (architektonická studie)**



**Přímé využívání sluneční energie k výrobě tepla, popř. elektřiny, je zatím stále sotva dál než v plenkách. Určitě však má budoucnost. Na snímku demonstrační fotovoltaická elektrárna v areálu Jaderné elektrárny Dukovany.**

i když je to nepřiměřeně nákladné nebo to přináší nepřiměřené zatížení životního prostředí. Snaha po hospodářské nezávislosti je sice pochopitelná, soběstačnost za každou cenu však někdy nedává v dnešním vzájemně propojeném světě žádný smysl ani z hlediska hospodářského, natož z hlediska ochrany životního prostředí.

V mnoha zemích stát dotuje energii dodávanou spotřebitelům a tím deformuje ekonomiku. Snižuje tím také motivaci k šetrnějšímu využívání energie.

### **Akce č. 3: Podporujeme rozvoj obnovitelných zdrojů energie!**

Je důležité, aby pokračoval výzkum a vývoj účinného využití obnovitelných zdrojů energie. Vlády by měly rozvoj obnovitelných energetických zdrojů nejen podporovat, ale vyměňovat si vzájemně v této oblasti výsledky.

Za klíčové oblasti považujeme podle svých přírodních podmínek zvýšené využití vodní energie, podporu využití energie geotermální, větrné energie a energie mořských vln. Žádejme podporu malých solárních energetických systémů, podporu vývoje paliv na bázi biomasy, požadujeme využití

metanu vyrobeného na skládkách odpadů a žádejme investice do výzkumu možných palivových systémů budoucnosti například založených na vodíku.

### **Akce č. 4: Využívejme energii úsporněji!**

Existují nesmírné možnosti úspor energie (a peněz) prostřednictvím zvýšené účinnosti při jejím využívání. To platí zvláště o domácnostech, úřadech a obchodních zařízeních, takže jde o něco, kde k úspěchu mohou přispět miliony lidí. V mnoha zemích je přibližně polovina dodávané energie využita k vytápění prostor, v nichž pracují a žijí lidé. Takové vytápění je často vysoce neefektivní, normy pro izolaci jsou špatné, chybí anebo je nekvalitní ovládací a regulační technika, která by zajistila, aby teplo a světlo byly dodávány jen tehdy, když je lidé skutečně potřebují. Zasadme se každý o větší úspornost!

### **Akce č. 5: Zaměříme se na kampaně k podpoře úspor energie a podporujeme prodej energeticky úsporných výrobků!**

Snahy po úsporách energie a zvyšování energetické účinnosti musí podporovat vlády, průmysl i občanská sdružení. Do informačních a vysvětlovacích kampaní by se

měly zapojit všechny sdělovací prostředky, takové kampaně by se měly stát součástí vzdělávání na školách. Mělo by k nim patřit i předvádění úspěšných praktických výsledků. A těch už lidé nedosáhli málo.

## **ZÁVĚREM**

- Každá lidská bytost je součástí společenství živých bytostí zahrnujícího všechny současné i budoucí generace lidí a živou přírodu. Spojuje kulturní a přírodní různost do jediného celku.
- Každá forma života má právo na respekt bez ohledu na svou cenu pro lidi.
- Každá generace musí zanechat pro budoucnost svět přinejmenším tak mnohotvárný a plodný, jako je ten, který zdědila.
- Ochrana lidských práv člověka a také práv přírody je věcí odpovědnosti, která přesahuje všechny kulturní, ideologické a geografické hranice. Odpovědnost máme všichni, ale zároveň každý z nás.

(Z etických principů strategie trvale udržitelného žití)





Město na hoře Athos navržené Deinokratesem. Alexandr Veliký projekt zamítl proto, že nebylo možné zajistit jeho zásobování zemědělskými produkty.

## ENERGIE A MĚSTO

Města začala vznikat již před mnoha tisíci lety především proto, že pro lidskou společnost představovala nejvýhodnější formu osídlení umožňující dělbu práce, obchod, rozvoj správy, náboženství i kultury. Byla od počátku nejvýhodnější také z hlediska minimalizace energetických nároků všech těchto činností. Postupně se stala převládajícím druhem lidských sídel, soustřeďujícím statisíce a miliony obyvatel. V současné době žije ve městech více než polovina všeho lidstva a v budoucnosti má podíl městského obyvatelstva dosáhnout až osmdesáti procent.

### MĚSTA POTŘEBUJÍ ENERGIÍ

V hlavním městě jedné ze zemí ležících v tropech jihovýchodní Asie vstoupili energetici v době volebního boje do stávký na podporu svého kandidáta a přerušili zásobování města elektřinou. Městská doprava přestala jezdit, a protože se nemohl čerpat benzin, bylo v ulicích také stále méně aut. Z vodovodních kohoutků netekla voda, přestala fungovat klimatizace a ve vysokých budovách hotelů a kanceláří městského centra nejezdily výtahy. V obchodech, restauracích i domácnostech se staly nepoživatelnými potraviny, které je v tropech nutné v naprosté většině uchovávat v chladničkách. V noci, která tam trvá celých dvanáct hodin, se město ocitlo

v temnotě. Došlo dokonce k ohrožení zdraví lidí, protože ve čtvrtích ležících pod úrovní hladiny moře nebylo možné odčerpávat vodu a odvádět splašky. Zastavila se práce v továrnách a v přístavu nemohly jeřáby vykládat a nakládat zboží. Jen s velkým úsilím se podařilo udržet alespoň částečně činnost nemocnic, letiště a dalších životně důležitých zařízení.

Chudí obyvatelé, žijící v okrajových čtvrtích, si naopak přerušení energetického zásobování ani neuvědomili. Chodí pěšky a pro dopravu používají káry, které táhnou sami, nebo do nich zapřahají bývalí spřežení. Svě chýše stavějí na základě tisíciletých zkušeností tak, aby byly přirozeně ochlazovány a co nejvíce provětrávány. Živí

se tradičními místními potravinami, které nepotřebují uchovávat v chladničkách a jsou upravovány na ohni, svítí olejovými lampičkami vyrobenými z hlíny. Nezaměstnaní měli dokonce na čas více práce, protože bylo například v přístavu a v obchodech zapotřebí více nosičů a dělníků.

Tato událost ukazuje zřetelněji než obšírné teoretické úvahy těsný **vztah mezi existencí měst a energií**. Srovnání podmínek života dvou odlišných skupin obyvatel téhož města a jejich potřeby a spotřeby energie připomíná rozdíly, které jsou vlastní všem lidským sídlům, avšak projevují se obzvláště zřetelně v zemích s rozdílnou úrovní hospodářské vyspělosti. Zároveň tím byl v jednom místě a jednom



Catal Hüyük – rekonstrukce pravěkého osídlení.  
Příklad reagování na klimatické podmínky



Catal Hüyük – půdorys části města

časovém průřezu charakterizován dějinný vývoj měst, doprovázený strmě rostoucími nároky na energii.

Chudí místní obyvatelé, tradičně žijící v souzvuku s přírodními podmínkami a s minimálními nároky na energii, symbolizují stav na počátku vývoje městských sídel. Naopak ti bohatí – ať již místní nebo cizinci – jsou typickými obyvateli měst moderní civilizace, kteří si nedovedou představit svoji existenci a ani již neumí žít bez stále většího počtu stále dokonalejších a stále energeticky náročnějších „sluhů“.

Tyto poznatky samozřejmě vyvolávají otázku, proč tedy narůstá počet i velikost měst? Nebylo by snad lepší, jak to navrhovali a navrhují ušlechtilí utopisté a sociální reformátoři, opustit města a žít nenáročně v lůně přírody? Celé dějiny však prokazují, že se společenský a hospodářský vývoj lidstva neuměl, dodnes neumí a asi dosti dlouhou dobu nebude umět obejít bez měst. Je tomu tak přesto, že se lidé doposud nenaučili stavět města tak, aby jim plně vyhovovala.

Je ovšem možné, že někdy v budoucnu nebudou lidé města potřebovat a najdou si jiné formy osídlení, protože přenos informací bude moci nahradit dosavadní fyzický kontakt a nebude ani nutné soustředování lidí na jednom místě.

## POČÁTKY MĚST

V období nomádského života získali pravěcí lidé velké znalosti o přírodním prostředí, jehož byli součástí a ve kterém soutěžili o své přežití s ostatními živými tvory. Mezi tyto znalosti patříly na jednom z prvních míst poznatky o způsobech hospodaření s vlastní i získanou energií. Projevovalo se to v důmyslných způsobech lovu, v rozpoznání významu orientace dočasných tábořišť k různým světovým stranám, v poznání vlivu určitých směrů větru na oteplování nebo ochlazování. Jisté zjistili, že úkryty v jeskyních se vyznačují stálejší teplotou a jsou většinou teplejší ve studeném období, a naopak chladnější v období teplém.

Pro stálá sídla, která byla vhodnější po přechodu od sběru a lovu k pěstování zemědělských plodin a chovu domácího zvířectva, se lidé postupně rozhodovali teprve před deseti tisíciletími. Stálá obydlí vyžadovala ještě více než dřívější dočasná tábořiště umět hospodařit s teplem.

Nejstarší archeology nalezená lidská sídla svědčí o životních zvyklostech našich dávných předků, o sociální struktuře jejich společenství, o nejstarších náboženských představách i o jejich uměleckém cítění. Zároveň však je možné již tato nejstarší sídla

posuzovat i z hlediska jejich důmyslného uspořádání tak, aby při jejich výstavbě a následném každodenním používání docházelo k co nejmenším ztrátám energie ve všech jejich formách a projevech.

Důležitými se staly izolační vlastnosti vnějších stěn objektů, orientace jejich vstupů k té světové straně, která byla v daných klimatických podmínkách nejméně výhodnější, stejně jako snaha o zkracování vzdáleností k jednotlivým zdrojům obživy.

V chladnějších zeměpisných pásmech uměli lidé ve svých obydlích využívat i živočišné teplo a naopak v pásmech teplých docílovali žádoucí ochlazování a provětrávání. V té době postupně narůstaly nároky na energii. Bylo jí třeba pro tepelné i jiné zpracovávání různých materiálů, předmětů a nástrojů, budování stále složitějších staveb a pro dopravu stále větších objemů různých hmot a výrobků.

Usedlý způsob života umožnil tehdejšími lidem dlouhodoběji uchovávat zdroje energie. Byl to nejen oheň, ale i potraviny nutné pro jejich vlastní existenci a fyzickou výkonnost. Při vykopávkách nejstarších lidských sídlišť jsou právě obilné sýpky a skladiště potravin mnohdy výstavnější než vlastní obytné domy a jsou zabezpečeny proti zlodějům i zkaže. Zásoby potravin umožňovaly překonat



Zbytky antického města Hierapolis, které vzniklo ve 2. stol. př. n. l. v místě horkých léčivých pramenů (dnešní Turecko)



Perge – původně stotisicové město, založené na území dnešního Turecka okolo roku 1200 př. n. l., mělo již v období před narozením Krista dokonalejší systém kanalizace a chlazení

období neúrody, nasycit vládce i všechny ty, kteří se neživil zemědělstvím.

Někdy před 8 000 lety si lidé začali vytvářet sídla, která již mohou být označována jako **města**. Archeologické nálezy na Blízkém východě přinášejí svědectví o těchto nejstarších městech, mezi která patří např. pravěké Jericho na břehu Jordánu nebo sídla v dnešním Turecku Catal Hüyük (čatal hijik) či Hacilar (hačilar). Jako města lze tato dávná sídla označit proto, že v nich rozpoznáváme doklady dělby práce, dálkového i místního obchodu, společenského rozvrstvení, pohřebních i jiných rituálů a existenci nejstarších svatyní.

Snad nejvíce prozkoumaným je Catal Hüyük, což znamená turecky „Dvě návrší“. Zde byla z celého osídleného území o rozloze něco přes 12 ha zatím odkryta zhruba desetina. Nalezly se do země zapuštěné domy, do nichž se vstupovalo po žebřících se střeš. Jednotlivé místnosti mají přibližně pravouhloý tvar, a tak celý půdorys působí jako předzvěst později tak oblíbených a rozšířených šachovnicových městských dispozic. Lze jistě jen spekulovat o tom, proč bylo celé osídlení zapuštěno pod úroveň

terénu. Mohly to být důvody obranné, stejně jako obavy před dravou zvěří. V každém případě však musely být podzemní prostory velmi příjemné proto, že byly vlastně přirozeně klimatizovány. Byly teplejší v zimě, která je na 2 000 metrů vysoké anatolské náhorní planině velmi krutá a vyznačuje se velkým množstvím sněhu. Neméně příznivě působily i v létě, které je tu velmi horké a suché. Ostatně v nedaleké Kapadócii jsou dodnes uchována a ještě nedávno byla dokonce osídlena celá podzemní města, z nichž některá mají několik podzemních úrovní s promyšleným systémem větrání, zásobování vodou i odstraňování odpadků.

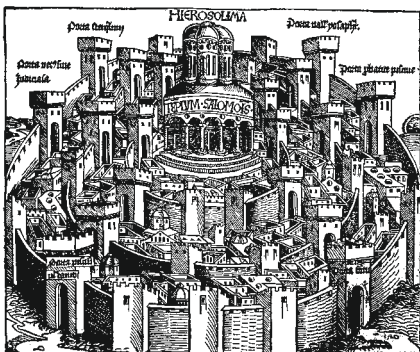
## HISTORICKÁ MĚSTA

V následujících tisíciletích se začaly rozvíjet v povodích velkých řek klasické **starověké civilizace** – zejména v povodí Eufratu a Tigridu, Nilu, Indu a Žluté řeky. Jedním z hlavních znaků všech těchto kultur bylo budování měst, jejichž pozůstatky a vykopávky jsou nejdůležitějším svědectvím o jejich hospodářském a společenském uspořádání, náboženství, kultuře a také

o stavu techniky. Vznik a rozvoj měst vyplýval především z poznání tehdejších lidí, že jejich shromažďování na určitém místě přináší velké výhody pro jejich výrobní specializaci, vzájemnou spolupráci, směnu výrobků a samozřejmě i obchod. Tato velká sídla se zároveň stávala přirozenými centry správy říší, sídly vládařů i nejdůležitějšími náboženskými a kulturními centry.

Lidé poznali, že jejich **soustředění ve městech** je též vhodné z hlediska úspory energie, protože se tím zkracovaly vzdálenosti mezi těmi, kteří různé druhy zboží vyráběli, a těmi, kterým bylo určeno. Zároveň však města vyvolávala zvýšené nároky na výdej energie, které bylo třeba například na budování hradeb a reprezentativních staveb, jako byly v Mezopotámii zikkuraty a v Egyptě pyramidy. V zázemí měst se vytvářely složité zavlažovací soustavy, nezbytné pro zvýšení zemědělské výroby. Rostly nároky na dopravu surovin a výrobků, které nebyly v místě k dispozici a musely se dopravovat často z velkých vzdáleností.

Funkce měst a z toho vyplývající energetické nároky mohly být tehdy uspokojovány především činností velkého počtu lidí. Proto

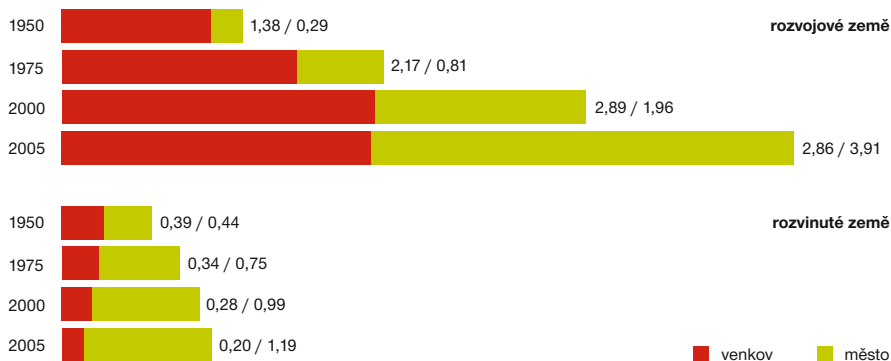


Biblický Nový Jeruzalém byl ideálním městem středověku

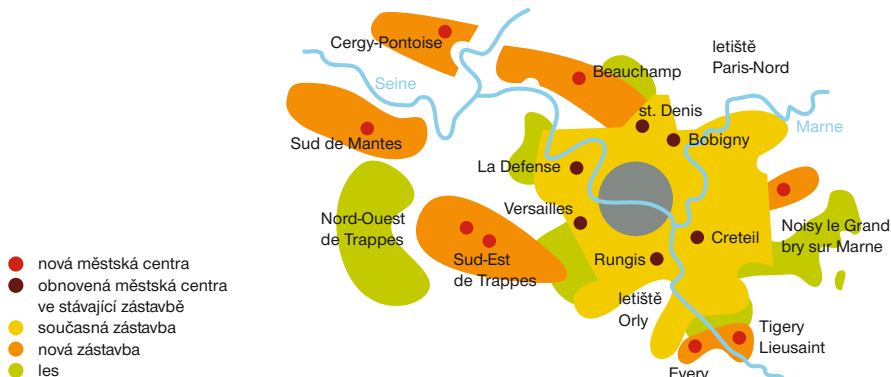
měla města i jejich vladaři zájem o přírůstek obyvatel, což ovšem vyvolávalo další energetické nároky a tato spirála vlastně působí dodnes.

Města se zároveň stávala ohnisky technického pokroku. V dopravě znamenal již ve starém Sumeru zásadní převrat vynález kola, který umožnil použití vozu, taženého zprvu lidmi nebo různými domácími zvířaty. Dalším významným dopravním prostředkem byly lodě poháněné vesly nebo využívající pomocí plachet sílu větru. Není náhodou, že nejstarší velké civilizace vznikaly v povodí řek, které přinášely vodu a při záplavách i úrodnou půdu, umožňovaly dopravu velkých nákladů i lidí a sloužily k obraně měst. Velký pokrok přineslo použití vodního kola, sloužícího stejně jako větrné mlýny nejen k čerpání vody a mletí obilí, ale postupně také k pohonu různých mechanismů.

V uspořádání tehdejších měst nalezneme pozůstatky důmyslných soustav **zásobování vodou i odvodnění**. Dokonce se již tehdy objevuje používání rozvodu teplé vody, která sloužila v lázních a také k vytápění místností. Spalování dřeva a případně dřevěného uhlí bylo po mnoho tisíciletí základním zdrojem tepelné energie, sloužící pro přípravu pokrmů, vytápění, ohřívání



Vývoj městského a venkovského obyvatelstva v rozvinutých a rozvojových zemích



Pařížská aglomerace dosahuje 10 milionů obyvatel

vody, pálení cihel, vypalování keramiky a tavení kovů. Dřevo bylo nutné též pro stavbu budov a lodí, a tak není divu, že jeho dovoz byl důležitý a že docházelo k odlesňování rozsáhlých prostor.

Stále rostoucí energetické nároky starověké společnosti byly uspokojovány z obnovitelných zdrojů lidskou prací, zemědělskými produkty, používáním domácích zvířat, spalováním dřeva a využíváním proudění vody a větru. Bylo tomu tak nejen ve starověkých civilizacích, ale i v antickém Řecku a Římě, ve středověku, a dokonce i v počátcích novověku.

## MODERNÍ MĚSTO

Zásadní změnu v energetických nárocích měst a ve způsobech jejich uspokojování přineslo 18. a 19. století. Tehdy začala vyrůstat města, mající statisíce a brzy i miliony obyvatel. Nemohla se obejít bez nových způsobů hromadné výroby, bez velkých nároků na suroviny a zdroje, bez nových stavebních konstrukcí, bez dopravy velkých množství nákladů a lidí, bez složitých inženýrských sítí a bez zásobování velkými kvantami energií. Na tyto potřeby odpovíděly vynálezy a objevy, jako byl vynález parního stroje, poznání energetické výhodnosti spalování uhlí, nafty





Praha se v průběhu staletí stala moderním velkoměstem

a plynu, objev elektriny a ovšem také vynalezení nových ocelových a železobetonových konstrukcí. Důležitým byl objev možnosti dálkového přenosu energie, stejně jako přenosu informací.

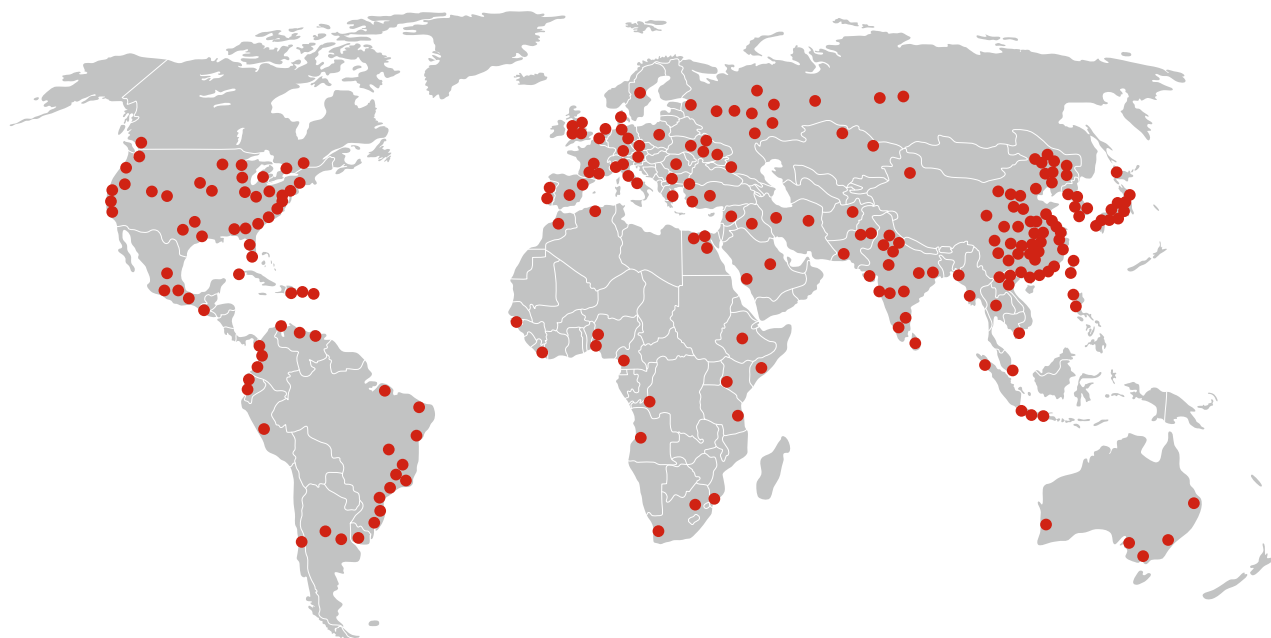
Již v 17. a 18. století začala být původní cechovně organizovaná výroba jednotlivých řemeslníků nahrazována manufakturami, které ovšem představovaly pouze provozně výhodné soustředění rukodělné práce, při níž pomáhaly nanejvýš jednoduché mechanismy. Devatenácté století přineslo zásadní změnu **zakládáním továren**, v nichž se uplatňovala důsledná dělba práce,

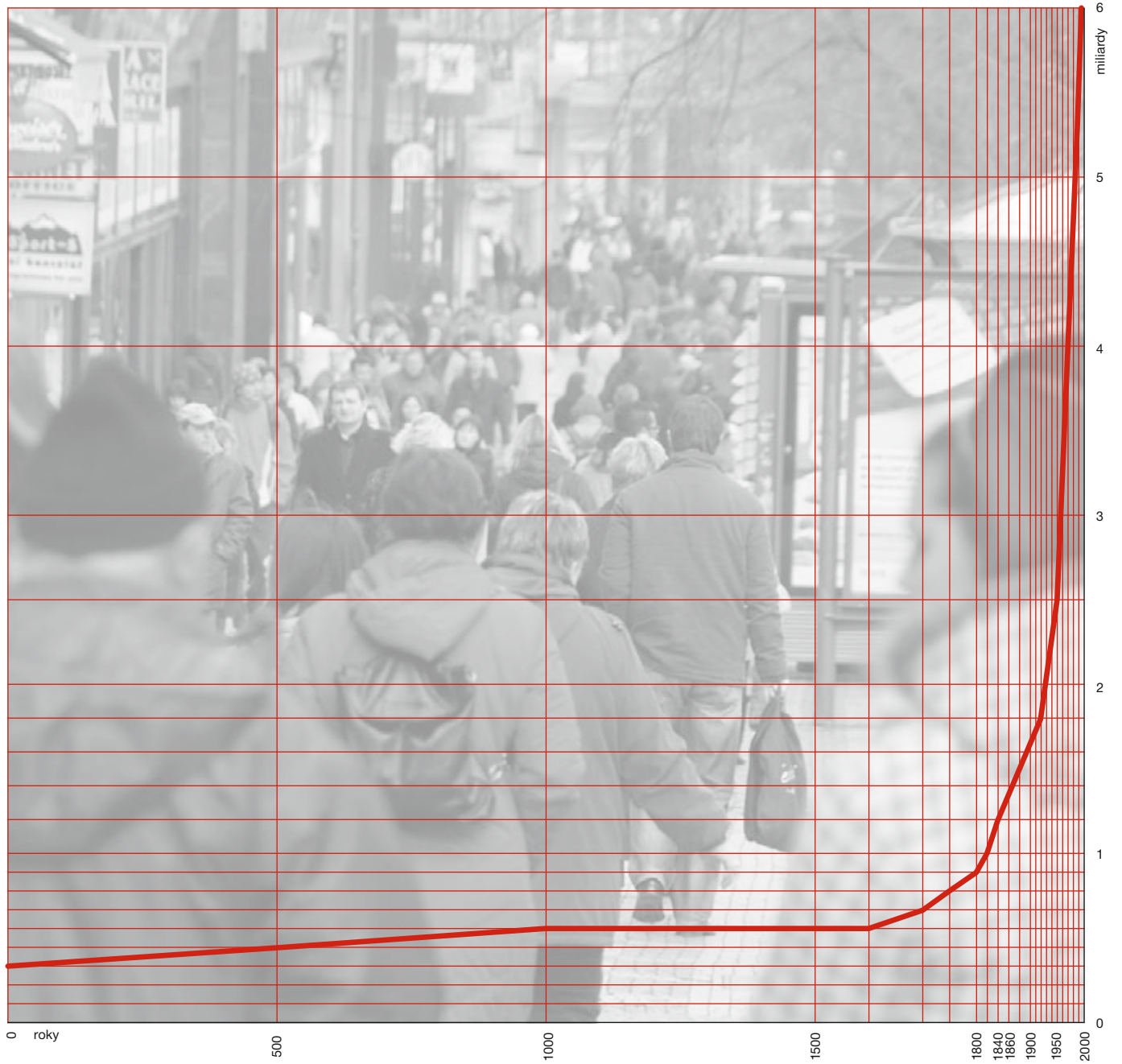
využívající stále složitější stroje. Pohon strojů obstarávaly zprvu mechanické transmise, poháněné vodními koly, pak parními stroji a na konci 19. století již elektromotory.

Způsob pohonu strojů měl vliv nejen na výrobní technologie, ale dokonce též na umístění průmyslu, a tím na vznik prvních průmyslových měst. Při pohonu vodními koly byla pro výrobní závody nejvhodnější místa u menších toků, které měly v podhůří prudký spád. Parní kotle vyžadovaly zprvu dostatek dřevěného paliva a brzy nato uhlí. Průmysl se proto rozvíjel poblíž míst uhelných dolů nebo tam, kam bylo

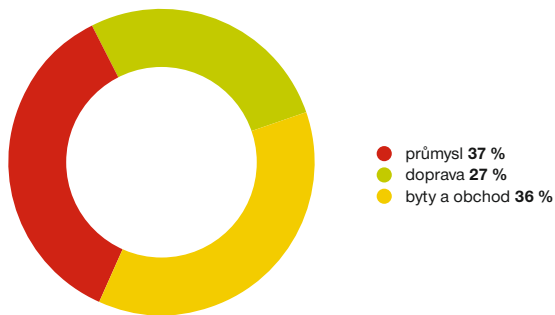
možno uhlí výhodně dopravit po železnici nebo po vodě. Teprve elektrina a možnosti jejího dálkového přenosu uvolnily vazbu mezi zdroji energie a průmyslovými městy, i když ani v tomto případě nejsou možnosti neomezené.

Zřetelným projevem proměn bylo rozšíření **nových druhů dopravy**. Ve dvacátých letech 19. století se po několika prvních kilometrech železnic rozjely v Evropě i ve Spojených státech první parní lokomotivy. Za pouhých padesát let činila délka železničních tratí v Evropě 220 tisíc kilometrů a v Americe, kde bylo v roce 1830 jen 80 km

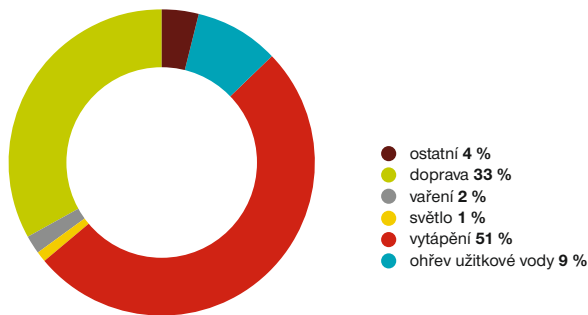




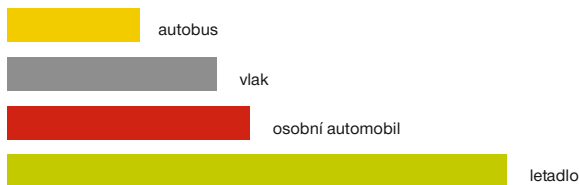
Vývoj počtu obyvatel ve světě



Podíly spotřeby energie ve městě



Podíly spotřeby energie v domácnosti



Relativní spotřeba paliva na osobokilometr



Relativní spotřeba paliva na tunokilometr – letadlo spotřebuje 60x více paliva na dopravení tuny nákladu než nákladní automobil

tratí, dokonce 250 tisíc kilometrů. Parní lokomotivy se dokonce začaly uplatňovat v městské dopravě a stály též u zrodu podzemní dráhy v Londýně.

Soudobá města vděčí 19. století za naprostou většinu všech svých doposud využívaných **technických zařízení**. Patří mezi ně nejen vodovody s úpravami pitné vody a kanalizační soustavy s čistírnami. Ve městech se začaly stavět plynárny a na konci století elektrárny. Městské dopravě začaly sloužit tramvaje, které byly zprvu taženy koňmi, avšak již na konci 19. století, jako např. v Praze, dostávaly elektrický pohon. Ve městech se objevily podzemní i visuté dráhy, potrubní pošty, telefony i telegrafy.

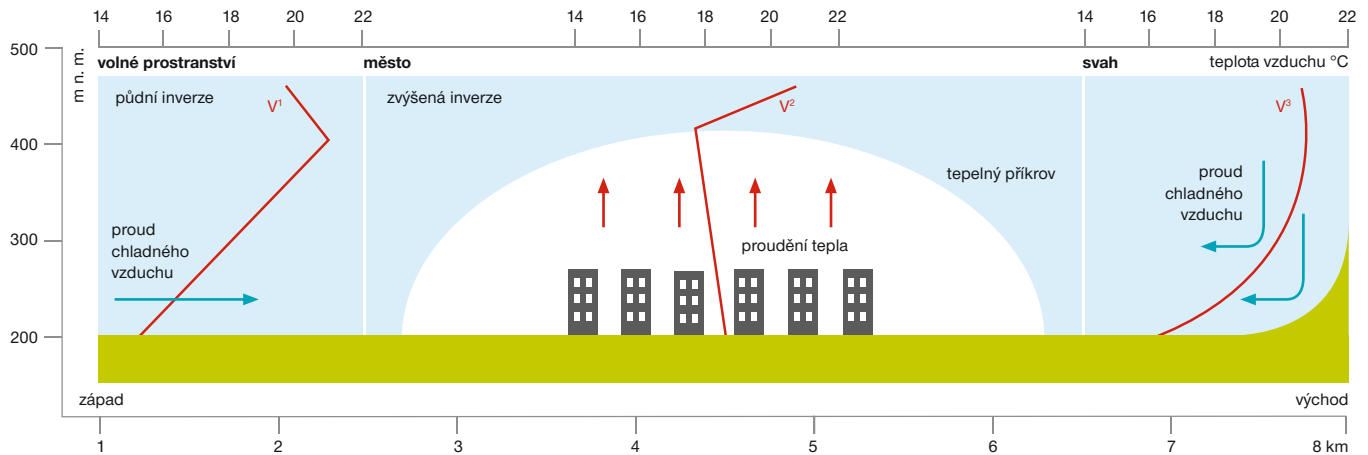
Při osvětlení ulic a náměstí, jehož počátky lze zaznamenat již ve středověku, se začal využívat plyn a brzy také elektřina. Vysoké domy a velké halové prostory vyžadovaly ocelové a železobetonové konstrukce. V mrakodrapech, které se začaly stavět již před sto lety, byly kromě schodišť nutné i výtahy.

Městské byty se začaly vybavovat vodovodem a kanalizací, koupelnami a splachovacími WC, osvětlením, plynovými a pak i elektrickými sporáky, ohřevem vody a ústředním topením. Na samém konci 19. století se na ulicích největších měst západního světa objevily první automobily, které byly přivítány v Londýně, majícím již tehdy 3 miliony obyva-

tel, jako podstatný přínos ke zlepšení prostředí, protože měly nahradit velké množství vozů tažených koňmi, kteří znečišťovali ulice.

Charakteristickým znakem soudobého vývoje lidských sídel je proces, který se nazývá **urbanizace**, což by bylo možné přeložit jako „poměšťování“. Předpokládá se, že v hospodářsky vyspělých zemích bude ve městech žít přes 80 % veškerého obyvatelstva, přičemž v některých zemích, jako je Velká Británie, je tento podíl dosahován již dnes.

V České republice mají městský ráz i mnohé obce s 2 000 obyvatel, a pokud označíme za velikostní hranici města 5 000 obyvatel, pak již dnes žije ve městech více než 65 % obyvatel naší země.



Průřez „tepelným ostrovem“ města Stuttgart ( $V^1$ ,  $V^2$ ,  $V^3$  = vertikální průběhy teplot vzduchu)

Soudobá města ovšem nelze srovnávat s nevelkými kompaktními městskými útvary, které byly charakteristické pro uplynulá historická období. Dnešní města se totiž vyznačují nejen intenzivně urbanizovanými centry s vysokým zastavěním, velkým soustředěním pracovišť, vybavení a služeb. Jejich součástí se stávají stále více rozsáhlá předměstí, rozkládající se mnoho kilometrů kolem městských jader. Tento proces, který se nazývá **suburbanizací** nebo rozsídlováním, klade zvýšené nároky na zábor přírodního prostředí a zemědělské půdy. Jeho dopravní, inženýrská a sociální infrastruktura vyvolává mnohem větší energetické potřeby než v tradičních soustředěných městech.

V některých zemích světa mají tyto průmyslové a **sídelní aglomerace** (seskupení sídel) rozlohu mnoha desítek tisíc kilometrů čtverečných a počet jejich obyvatel dosahuje desítek milionů. Jen jako příklad lze uvést sídelní pás na východním pobřeží USA, zahrnující tak velká města jako je Boston, New York, Baltimore a Washington. V Evropě je takovou aglomerací nejen německé Porúří, ale dokonce celý hustě osídlený prostor sahající od střední Anglie přes Londýn a holandské aglomerace do Porýní a dále

přes Švýcarsko až do severní Itálie. Bylo by možné uvést obdobné aglomerace, nazývané někdy **megaměsty**, v Japonsku, Číně, Indii nebo ve Střední a Jižní Americe.

## ENERGETICKÁ BILANCE MĚST

Současně s urbanizací a právě v důsledku existence stále většího počtu velkých měst rostou v soudobém osídlení trvale nároky na energii. Pokud v malém středověkém městě bylo možné vystačit s chůzí nebo se zvířecím potahem, pak soudobé město nemůže existovat bez energeticky náročných systémů dopravy schopných přepravit miliony lidí za den.

Stále více se uplatňuje doprava letecká a automobilová, což jsou relativně i absolutně energeticky nejnáročnější druhy dopravy. Moderní města se nemohou obejít bez stále většího počtu nejrůznějších zařízení, jejichž funkce je téměř vždy podmíněna využíváním energie.

Toto vše vedlo k podstatně rostoucím nárokům na potřebu energie pro výstavbu i provoz měst. Na rozdíl od spotřeby 50 000 kJ na osobu a den, která byla typickou pro starověká města, antiku a celý

středověk, činila v Londýně v polovině 19. století energetická spotřeba na osobu a den v průměru téměř 170 000 kJ. Ve 20. století se odhaduje ve velkoměstech rozvinutých zemí překročení spotřeby přes 400 000 kJ na osobu a den.

Charakterizovat **vztah energie a měst** v soudobém osídlení nelze bez vědomí, že se energetické nároky západních velkoměst a jejich obyvatel podstatně liší od možností a nároků, které mají obyvatelé hospodářsky nerozvinutých zemí. O tom, jak velké jsou tyto rozdíly, svědčí údaj, že obyvatel USA užívá každodenně 50× více energie než obyvatel Bangladéše. Za připomenutí však stojí, že 91 % veškeré v Bangladéši využívané energie pochází z obnovitelných zdrojů, zatím co v USA je získáváno naopak 92,5 % energie ze zdrojů neobnovitelných, tzn. především fosilních paliv: ropy, zemního plynu a uhlí. Dalším dokladem nerovnoměrnosti využívání energie je, že čtvrt miliardy obyvatel USA využívalo podle údajů pro rok 1986 jen pro klimatizaci svých bytů tolik energie jako více než miliarda obyvatel Číny pro všechny své energetické potřeby.

V hospodářsky rozvinutých zemích se ve městech jen za posledního půlstoletí



Moderní zástavba většinou počítá s dostatečnými izolačními vlastnostmi použitých materiálů

energetická spotřeba ztrojnásobila. Při všech těchto enormních a stále rostoucích energetických nárocích jsou však města pro soudobé lidstvo stále ještě tou nejvýhodnější a zřejmě také energeticky nejúčinnější formou osídlení.

Z energetického hlediska je město velmi složitou soustavou. Energie do něj vstupuje z vnějšku mnoha nejrůznějšími způsoby. Patří mezi ně solární energie, která je sice jen zcela výjimečně záměrně využívána například pomocí slunečních kolektorů, avšak přesto se ve městě významně projevuje. Ohřívá atmosféru i hmotu města tak, že v teplém období není nutné vytápění, a v rovníkových zemích působí sluneční světlo tak intenzivně, že je třeba objekty před ním chránit a dokonce je ochlazovat. Nerovnoměrné ohřívání atmosféry je příčinou cirkulace vzduchu, která ve městech umožňuje provětrávání a odnáší z městského ovzduší nečistoty. Nejdůležitější uplatnění slunečního záření se však týká fotosyntézy jako základního předpokladu existence jakéhokoliv rostlinstva, to

znamená všech parků, zahrad, rekreačních ploch apod.

Dalším přírodním zdrojem energie by mohla být **síla větru**, která však od doby větrných mlýnů není ve městech prakticky využívána. Vítr však má stále ještě velký význam v celkovém tepelném režimu měst, protože vlastně přispívá k jejich ochlazení, oteplování a provětrávání.

V historických městech byla tekoucí **voda** důležitá pro funkci vodních mlýnů a také ovšem pro dopravu po vodě. V současné době je vodní energie využívána pro výrobu elektřiny ve vodních elektrárnách, které jsou však většinou situovány mimo města. Určitým, i když objemově nepodstatným zdrojem se stává **bioenergie**, získávaná z rozpadu organických látek, nebo u pobřežních měst **energie mořského příboje**.

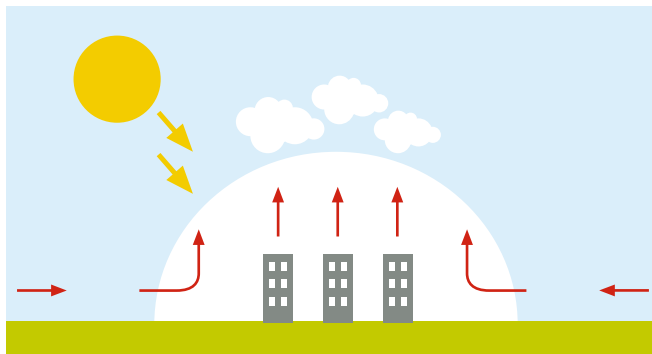
Většinu energie získává lidstvo z **fosilních paliv**, jako je uhlí, ropa nebo zemní plyn. Ta jsou buď spalována přímo ve městech v kotelnách, teplárnách, ale také např. ve spalovacích motorech strojů, aut a lokomotiv, nebo se mimo města přeměňují na

elektrickou energii, kterou je pak město zásobováno.

Poměrně značný podíl energie se do měst přenáší z **jaderných elektráren**. Většina energie se tedy dopravuje do měst z jejich okolí, a to někdy i z velkých vzdáleností, což se samozřejmě neobejde bez určitých energetických ztrát.

Do energetického zásobování měst patří i dovoz a výroba **potravin**, které zabezpečují biologickou potřebu energie v lidském těle. Je to však jen nepatrný podíl v celkové energetické spotřebě městského obyvatele. Podle průzkumů a propočtů připadají v USA na jednoho obyvatele měst denně 2 kg potravin, což představuje energeticky více než 13 000 kJ. Kromě toho však je třeba zabezpečit denní potřebu ve výši přes 700 000 kJ, k jejichž získání je nutné na 1 obyvatele a den v průměru přeměnit na energii 12 kg fosilních paliv.

Objem spotřebované energie na jednoho obyvatele se v různých zemích a také v různých městech podstatně liší. Záleží do značné míry na způsobu života a životních



Tepelný ostrov ve dne a v noci



zvyklostech lidí, jak o tom svědčí více než dvojnásobná spotřeba energie na 1 obyvatele v USA ve srovnání s Japonskem, přestože obě tyto země jsou si téměř rovny stupněm svého ekonomického rozvoje. Značný vliv má ovšem samozřejmě i zeměpisná poloha, která ovlivňuje zejména spotřebu energie na vytápění. Podstatně vyšší je energetická spotřeba na 1 obyvatele v největších aglomeracích, protože ty vyžadují mnohá energeticky náročná zařízení, jako jsou podzemní dráhy nebo výtahy ve vysokých budovách, a navíc v nich roste podíl energeticky velmi náročné automobilové dopravy.

## SPOTŘEBA ENERGIE

Značný podíl na spotřebě energie ve městech má **průmysl**. Zvláště některá průmyslová odvětví jsou vysoce energeticky náročná, což se týká mimo jiné např. i výroby automobilů. Je zjištěno, že v průměru průmysl spotřebovává 30 % a někdy 40 % veškeré **energie** přiváděné do města. Polovina této energie slouží k pohonu výrobních agregátů, asi čtvrtinu spotřebovává vnitropodniková i vnější doprava a pouze 2 % připadají na topení a ohřev teplé vody, stejně jako na osvětlení a provoz kancelářských přístrojů. Více než 20 % energie uniká s různými technologickými a tepelnými ztrátami, jako

je např. vypouštění teplé vody bez jejího dalšího využití. Do ztrát by se měly započítávat i důsledky neefektivních výrobních procesů, nadměrná energetická náročnost zpracování surovin, zbytečné přepravy apod.

Necelá třetina, asi 25 až 30 % veškeré energie, se spotřebovává v **městské a mezměstské dopravě**. Rozbory prokazují, že energetická spotřeba na dopravu jedné osoby na danou vzdálenost je u železnice, avšak též u autobusů, několikrát nižší než u osobního automobilu, a tím spíše u letadla. Automobil zabírá ve městě při svém pohybu i parkování několik desítek m<sup>2</sup> zpevněných ploch, které by mohly být buď ušetřeny, nebo využity pro jiné funkce – třeba pro sady nebo dětská hřiště.

Vliv způsobu života na energetickou náročnost dopravy dokládá údaj, že se v USA spotřebovává 4× více energie na dopravu než v obdobně hospodářsky vyspělém, avšak hromadnou dopravu více využívajícím Švédsku, přestože se tato země vyznačuje nízkou hustotou osídlení a značnými vzdálenostmi mezi obcemi.

Podstatný podíl spotřebované energie – asi 25 % – připadá na **bydlení**. Podle rakouských pramenů se v domácnosti používá 60 až 64 % energie na vytápění a případně i chlazení, 13 % na ohřev teplé vody a 23 % na funkci domácích spotře-

bičů, včetně vaření, na které připadá přes 17 %. V každé zemi se tyto údaje poněkud liší, například v USA jsou značně odlišné jak v důsledku obliby klimatizace bytů, tak i používáním daleko většího počtu různých domácích přístrojů.

## ÚSPORA ENERGIE

Města jsou největšími konzumenty energie se všemi důsledky pro vyčerpávání energetických zdrojů i pro znečišťování životního prostředí – nejen ovzduší, ale i vody a půdy. Energetické hospodaření měst má proto velký význam jak pro dosažení žádoucích úspor energie, tak i pro kvalitu prostředí. To jsou však samostatné velmi rozsáhlé problémy, které zde mohou být jen připomenuty.

Stejně jako existuje v přírodě a také ve městě koloběh vody, lze hovořit u měst o **metabolismu** (koloběhu) energetickém. Veškerá do města přicházející přírodní nebo člověkem vyrobená energie je v něm využívána a nějakým způsobem přetvářena. Jen část však ve městě zůstává vázána v jeho obyvatelích, stavbách a dalších hmotách nebo výrobcích. Značná část se rozptyluje ve formě tepla a projevuje se ohříváním městských hmot, prostorů i ovzduší, nebo odpařováním vody. Odchází z města také ve



Velkoměsto dnes



Velkoměsto před 200 lety

formě odpadů z technologických procesů a z domácností.

Velký podíl energie je ve městech spotřebováván ve formě tepla, jehož vznik je doprovodným projevem při většině ostatních způsobů využívání energie ve městě. V mnoha případech se toto tzv. **odpadní teplo** považuje spíše za nežádoucí, a proto je bez jakéhokoliv využití vypouštěno nebo odváděno. K tepelným ztrátám ovšem dochází také tam, kde je vznik tepla vlastním smyslem využití energie. Je to způsobeno zejména špatnými izolačními vlastnostmi stavebních konstrukcí objektů, jak o tom svědčí velké tepelné ztráty při vytápění obytných domů.

Podle měření uniká nejvíce tepla (někdy téměř 40 %) netěsnícími okny, dveřmi a při větrání, 15–35 % vnějšími stěnami podle jejich izolační schopnosti, 10–15 % střechou a stejně tolik podlahou přízemí do sklepa nebo do země, jakož i komínem při tradičním topení.

V souvislosti s energetickými bilancemi měst a s přeměnami energie se hovoří někdy o určitých **limitech** (mezích) možného soustředování energie ve velkých aglomeracích. Předpokládá se, že nadměrný přívod energie by mohl vyvolat jakési **energetické**

**přesycení města**. Spolu s růstem nároků na energii trvale stoupá tzv. **tepelné znečištění**, jehož podstatou jsou stále větší objemy odpadního tepla. Dalším ohrožením jsou rostoucí emise škodlivin při přeměně energií, označované v odborné literatuře jako „krize energetických systémů“.

Při nočních snímcích povrchu planety z vesmírných korábů a satelitů se města jeví v temnotě jako velké světelné ostrovy. Při snímání v infračerveném spektru působí jako **tepelné ostrovy**, vyzářující do prostoru tepelnou energii. Je to zpětné vyzářování tepla z městských povrchů, které byly během dne ohřáty sluncem nebo které jsou zahřívány vytápěním. Podstatnou složkou tohoto vyzářování je však též odpadní teplo z výrobních procesů, dopravy, světelných zdrojů apod. Na těchto snímcích lze zřetelně odlišit např. mnohem teplejší ulice od chladnějších území parků, stejně jako rozpoznat nová sídliště, pro která je charakteristický velký únik tepla v důsledku špatných tepelně izolačních vlastností střech, stěn a zvláště otvorů jednotlivých budov.

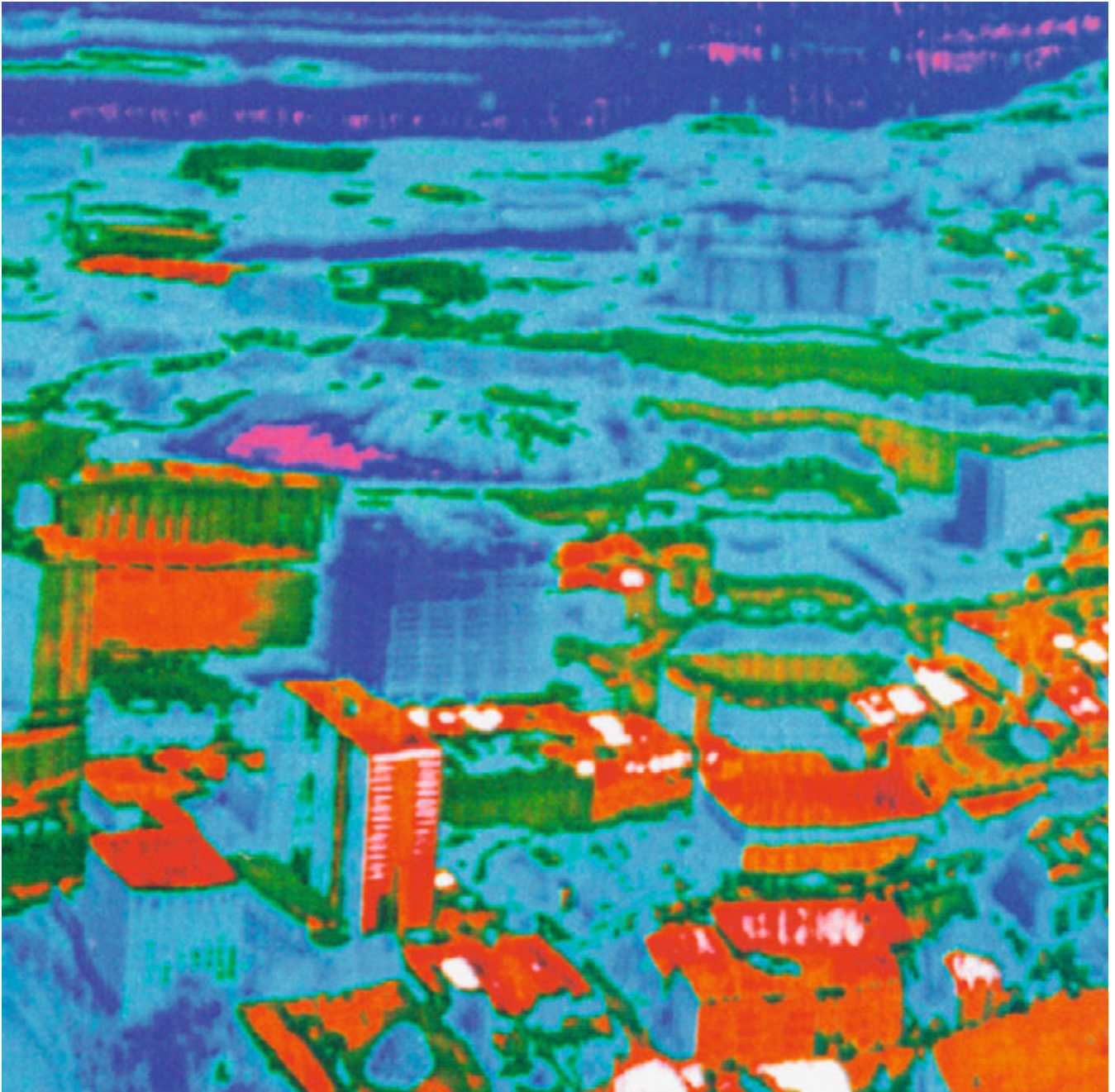
Provedená měření prokazují, že tepelné rozdíly mezi městem a jeho okolím činí v průměru u největších mnohamilionových

měst více než 10 °C a u menších měst 5–10 °C. Tyto rozdíly teploty jsou u povrchů budov a komunikací ještě o několik stupňů větší. O vlivu zeleně svědčí výsledek měření ve Stuttgartu, kde tatáž ulice byla s vysázeným stromořadím o 2–4 °C chladnější než sousední úsek pokrytý pouze dlažbou a asfaltem.

V průběhu noci se město přirozeně ochlazuje tím, že teplo vyzařuje do prostoru a zároveň chladný vzduch z okolí vtéká do města, ochlazuje jej a provětrává. To je důležité zvláště v létě a souvisí to se směrem a rychlostí větru, avšak také s utvářením terénu a členitostí staveb. Chladný vzduch se chová jako kapalina a vtéká do města po svazích nebo údolím. Je proto důležité, aby mu nebyly do cesty stavěny překážky např. kompaktními vysokými stavbami.

Města se z původních jednoduchých seskupení obytných domů s několika veřejnými budovami proměnila ve složité systémy. Jeden americký vědec o nich právem řekl, že jejich pochopení a matematické modelové vyjádření je nesrovnatelně obtížnější než například matematické modelování průběhu letu do vesmíru.





Příklad tepelného snímkování města

## JMENNÝ REJSTŘÍK

Alexandr Veliký 75  
Ampère André Marie 14  
Archimedes 12  
Aristoteles 8  
Babour H. G. 48  
Barathon 58  
Bháskara 56  
Boynton 60  
Branca Giovanni 12  
Brandt Willy 66  
Brown Lester 70, 71  
Brundtlandová Gro Harlem 66, 67, 68  
Carnot Nicolas 14  
Carter James 66  
Coulomb Charles 14  
Cugnot Nicolas Joseph 13  
Daidalos 12  
Darwin Charles 55  
Deinokratos 75  
Demokritos z Abdér 15  
Diviš Prokop 14, 26, 27  
Edison Thomas Alva 14, 15  
Einstein Albert 15  
Faraday Michael 14  
Franklin Benjamin 14, 26  
Galvani Luigi 14  
Havel Václav 65  
von Helmholtz Hermann 57  
Herón Alexandrijský 12  
Jan Pavel II. 70  
Joule James 57  
Kaplan Viktor 9, 10  
Koh T. 71  
Komenský Jan Amos 57  
Křížík František 15  
Ktesibios 12  
de Laval Carl Gustav 14  
da Vinci Leonardo 56  
Ludwig Carl 33  
Mayer Julius Robert 57  
Moldan Bedřich 66  
Newcomen Thomas 12, 13  
Newton Isaac 55  
Nollet Antoine 14  
Ohm Georg Simon 14  
Oratus Gaius Sergius 12  
Papin Denis 12  
Parsons Charles 14  
Rutherford Ernest 15  
Santorio Santorio 33  
Savery Thomas 13  
Siemens Werner von 15  
Soddy Frederick 65, 72  
Stephenson Georg 14  
Štěpánek z Netolic 9  
Tesla Nikola 15  
Thompson Joseph John 15  
Trevithick Richard 13  
Vaculík Ludvík 68, 69  
Varro Marcus Terentius 8  
Villard z Honnecourtu 56  
Volta Alessandro 14  
Watt James 13

Grafická úprava a sazba: [www.marvil.cz](http://www.marvil.cz)

Ilustrace: Martina Hamouzová

Fotobanka: Profimedia

Materiál je součástí vzdělávacího programu ČEZ, a. s., Svět energie. Je určen k bezplatnému šíření pro vzdělávací účely.

Autoři publikace vynaložili veškeré úsilí identifikovat autory všech reprodukováných fotografií, bohužel se to ve všech případech nepodařilo.

Nabídku dalších materiálů vzdělávacího programu Svět energie naleznete na [www.cez.cz/vzdelavaciprogram](http://www.cez.cz/vzdelavaciprogram)

2011 © ČEZ, a. s., sekce komunikace, Duhová 2/1444, 140 53 Praha 4, tel.: 211 042 681

