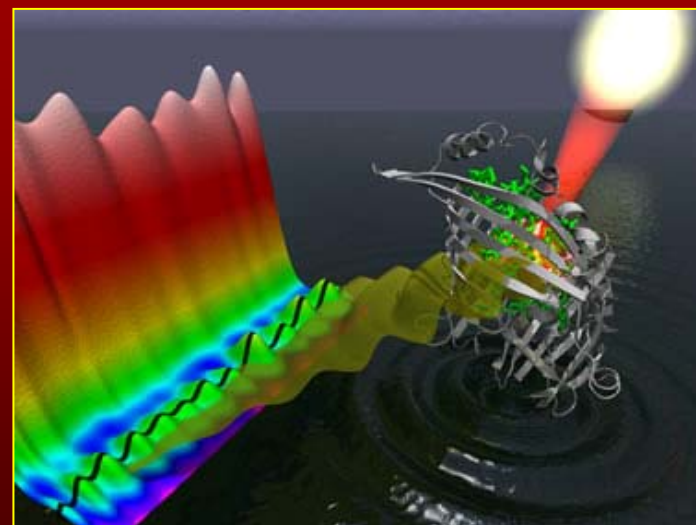


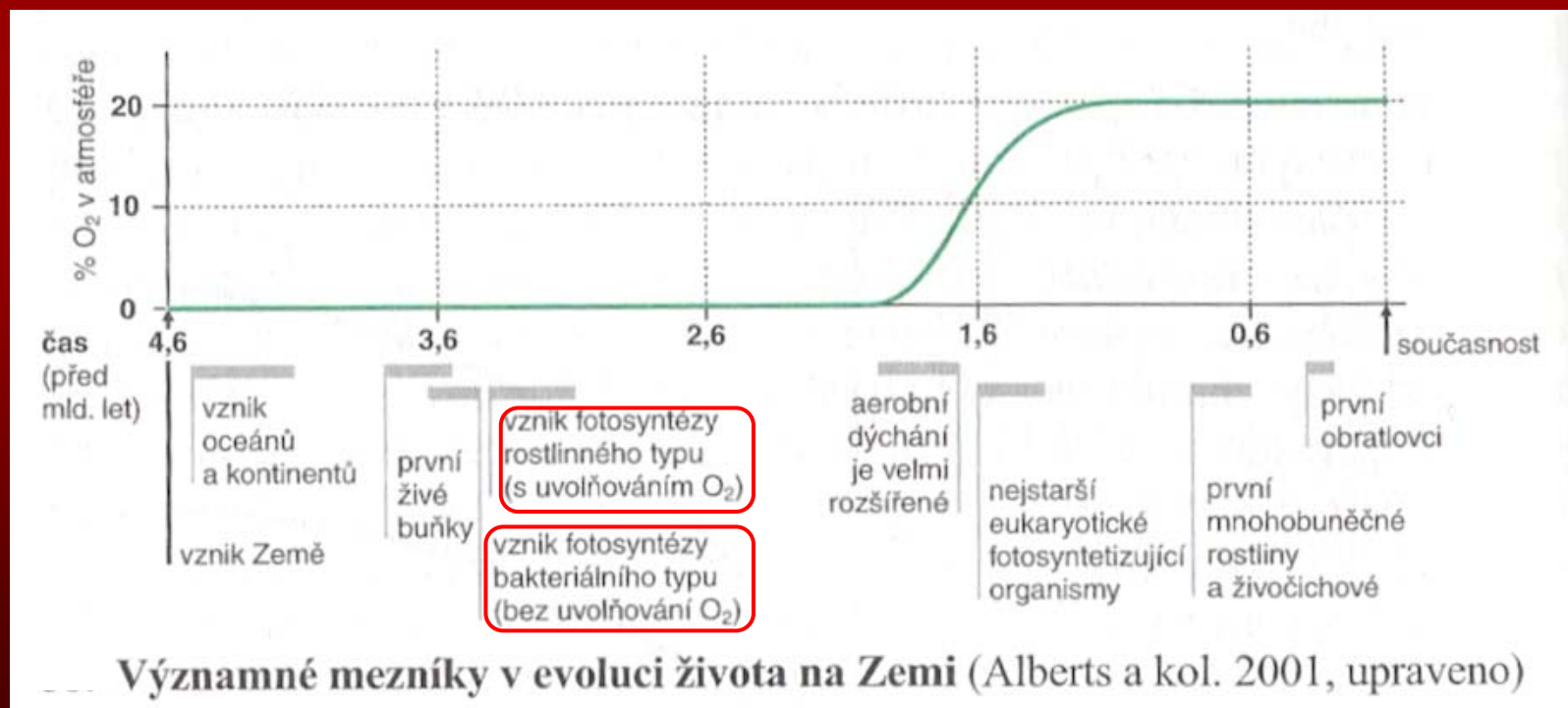
FOTOSYNTÉZA

výukový program
výukový program



Fotosyntéza

- mimořádně významný proces, využívající *energii slunečního záření k tvorbě energeticky bohatých organických sloučenin (sacharidů)* z jednoduchých anorganických látek - oxidu uhličitého a vody
- předpokládá se, že nejprve začaly sluneční záření využívat fotosyntetické bakterie (před více než 3,5 mld. let), později se pak vyvinula fotosyntéza rostlinného typu u sinic



- fotosyntéza je jediným biologickým dějem, který využívá energii mimozemského původu - sluneční záření
- vznik fotosyntézy patří bezesporu k nejdůležitějším mezníkům ve vývoji života na Zemi, přímo či nepřímo na ní závisejí prakticky všechny skupiny organismů (ostatní, heterotrofní složky ekosystémů, včetně člověka, pouze využívají energií bohaté organické látky vytvořené rostlinami)
- naprostá většina rostlin (= zelené rostliny) získává veškerou energii z primárního energetického zdroje - slunečního záření, a veškerý uhlík z oxidu uhličitého; proto se nazývají **fotoautotrofní** organismy
- procesy vedoucí k vazbě oxidu uhličitého do organických sloučenin s využitím radiační energie označujeme jako **fotosyntetickou asimilaci CO₂**, zkráceně (i když ne zcela přesně) **fotosyntézu**
- složitý soubor enzymatických dějů velmi zjednodušeně vyjadřuje rovnice fotosyntézy:

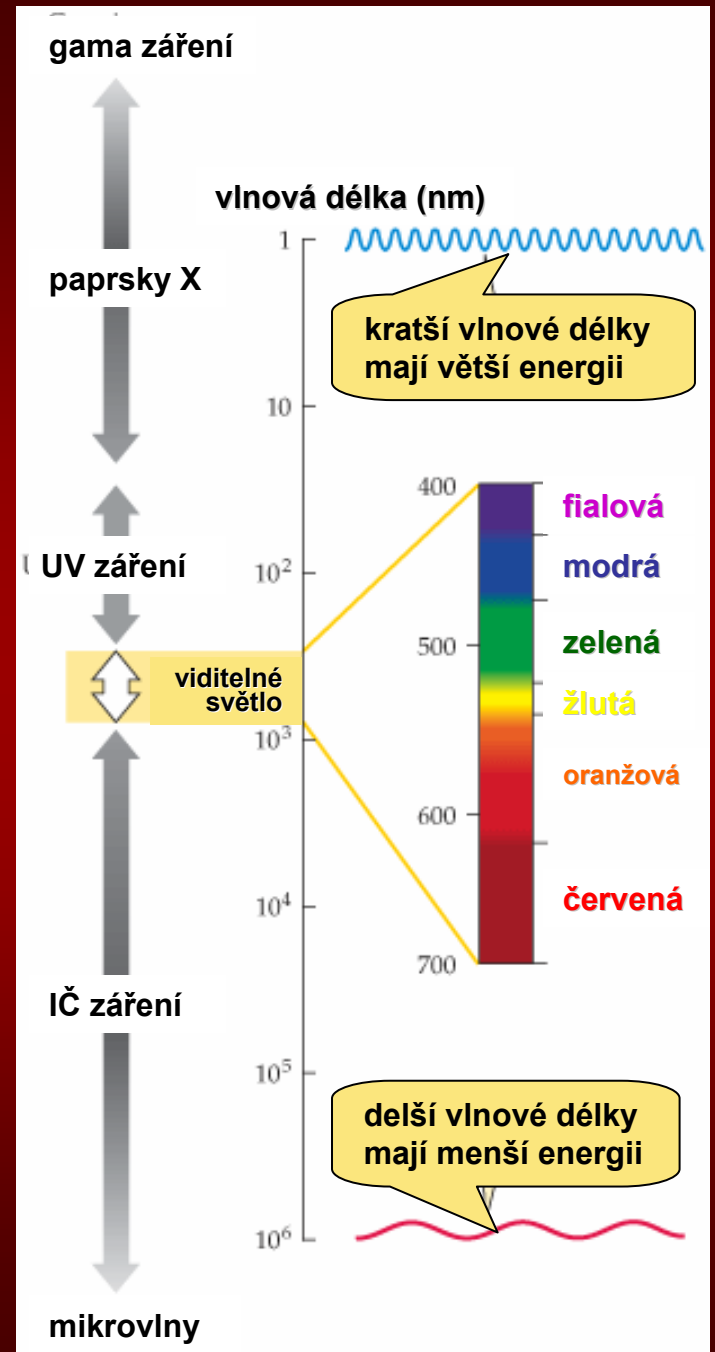


Existují dvě základní varianty fotosyntézy:

- **fotosyntéza bakteriálního typu** (neuvolňuje se O₂), u fotosyntetizujících bakterií
- **rostlinný typ fotosyntézy** (s uvolňováním O₂), v přírodě mnohem rozšířenější, uskutečňovaný zelenými rostlinami a sinicemi

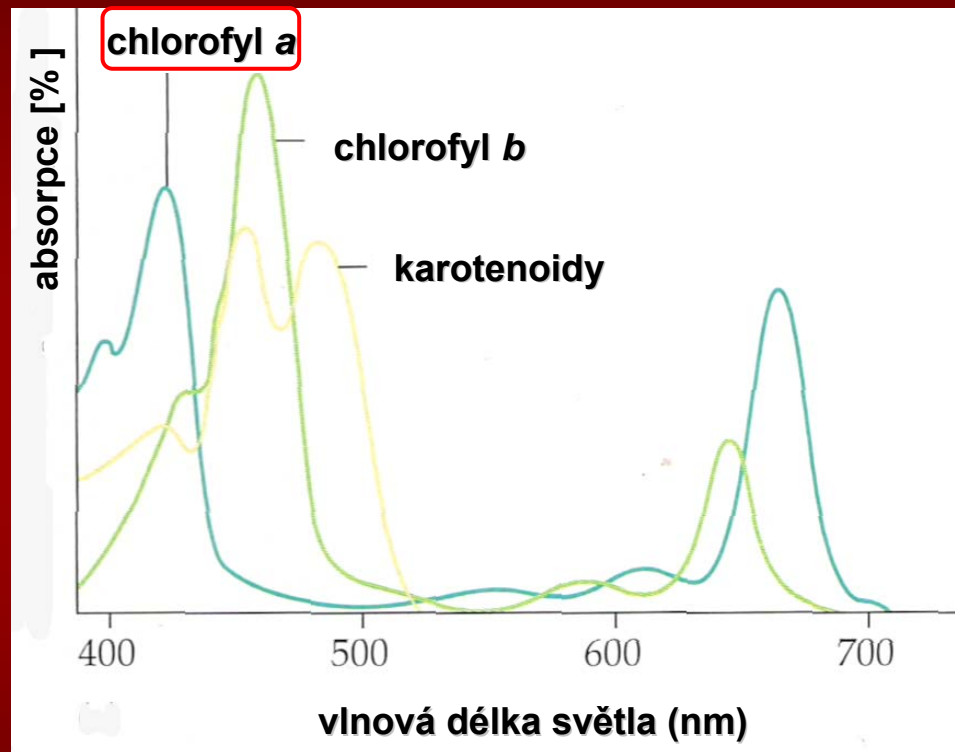
Viditelné světlo

- je formou elektromagnetického záření různých vlnových délek, od fialové po tmavě červenou
- ze slunečního záření rostliny při fotosyntéze využívají jen energii vlnových délek zhruba mezi 400 až 700 nm (tzv. **fotosynteticky účinné záření, PHAR**)
- viditelné světlo výběrově zachycují **fotosyntetická barviva**, která díky uspořádání svých molekul (hlavně počtu a rozmístění dvojných vazeb) *pohlcují záření jen v určitém rozsahu vlnových délek*
- z denního světla zelené rostliny absorbují hlavně záření modré (modrofialové) a červené barvy, zatímco záření zelené části spektra odráží (→ proto vidíme rostliny zeleně zbarvené)

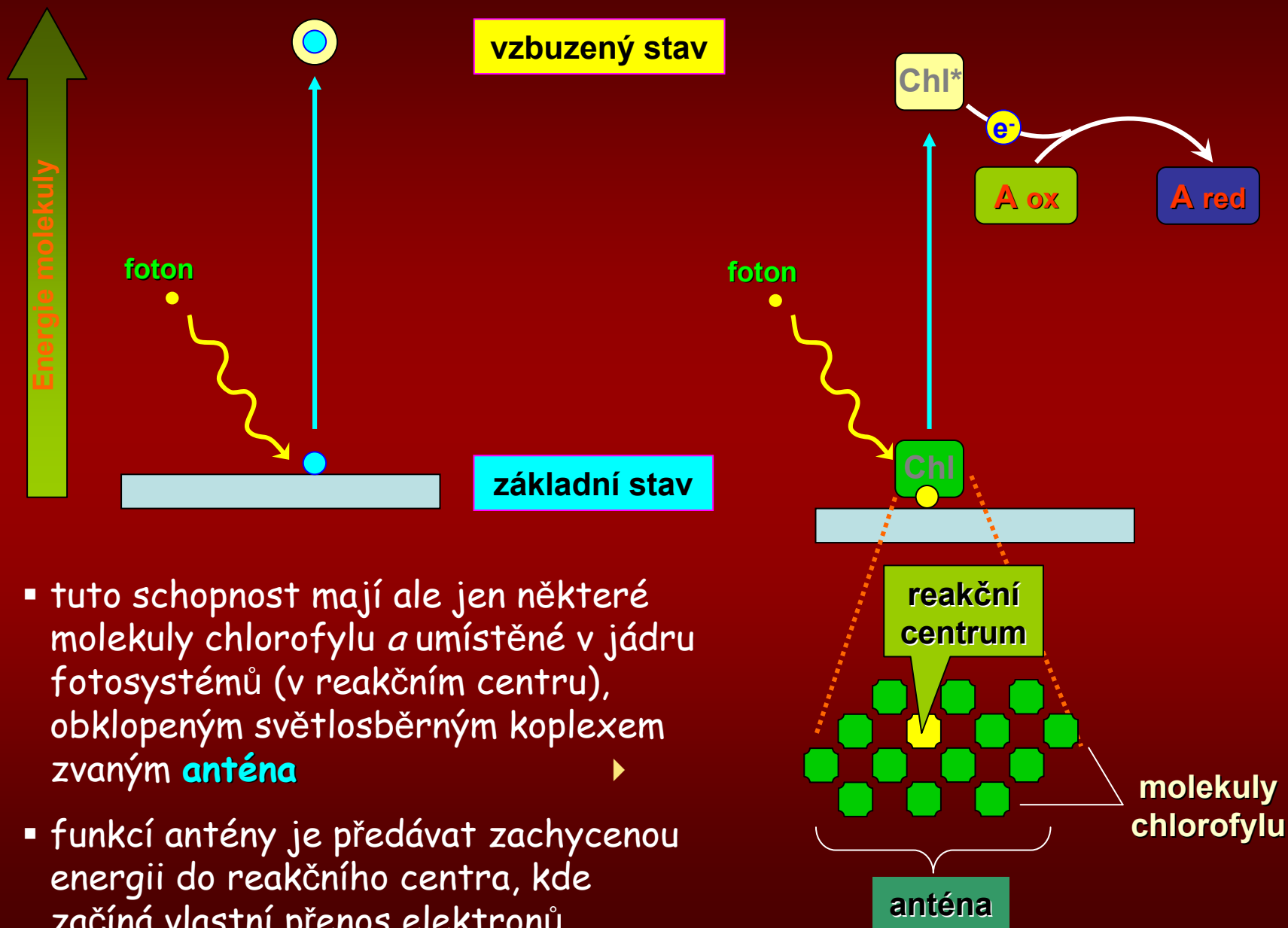


Fotosyntetická barviva

- nejdůležitějším barvivem schopným využít zachycenou energii slunečního záření je **chlorofyl a**, který absorbuje hlavně v modré a červené části spektra (→ nejvyšší rychlost fotosyntézy)
- **chlorofyl a** má zcela výjimečné postavení:
 - je ho daleko největší množství (asi tři čtvrtiny všech barviv obsažených v chloroplastech)
 - má schopnost přejít do ionizovaného stavu (tj. předat elektron) po příjmu energie fotonů



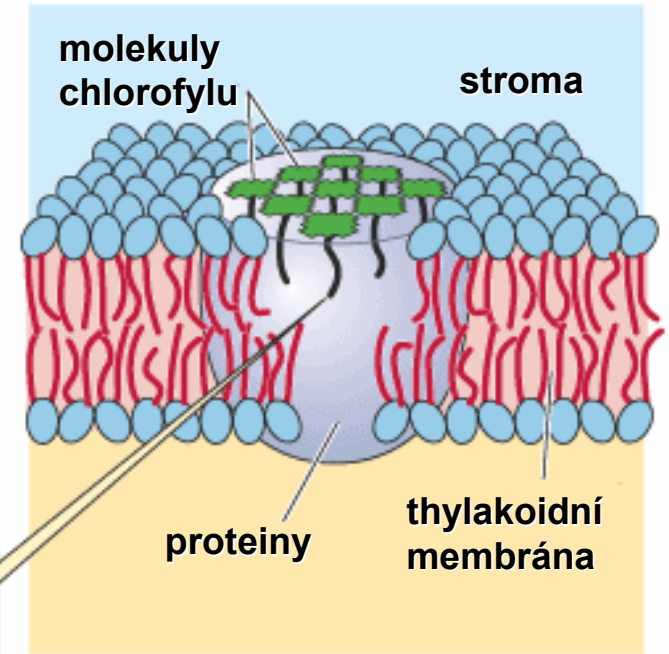
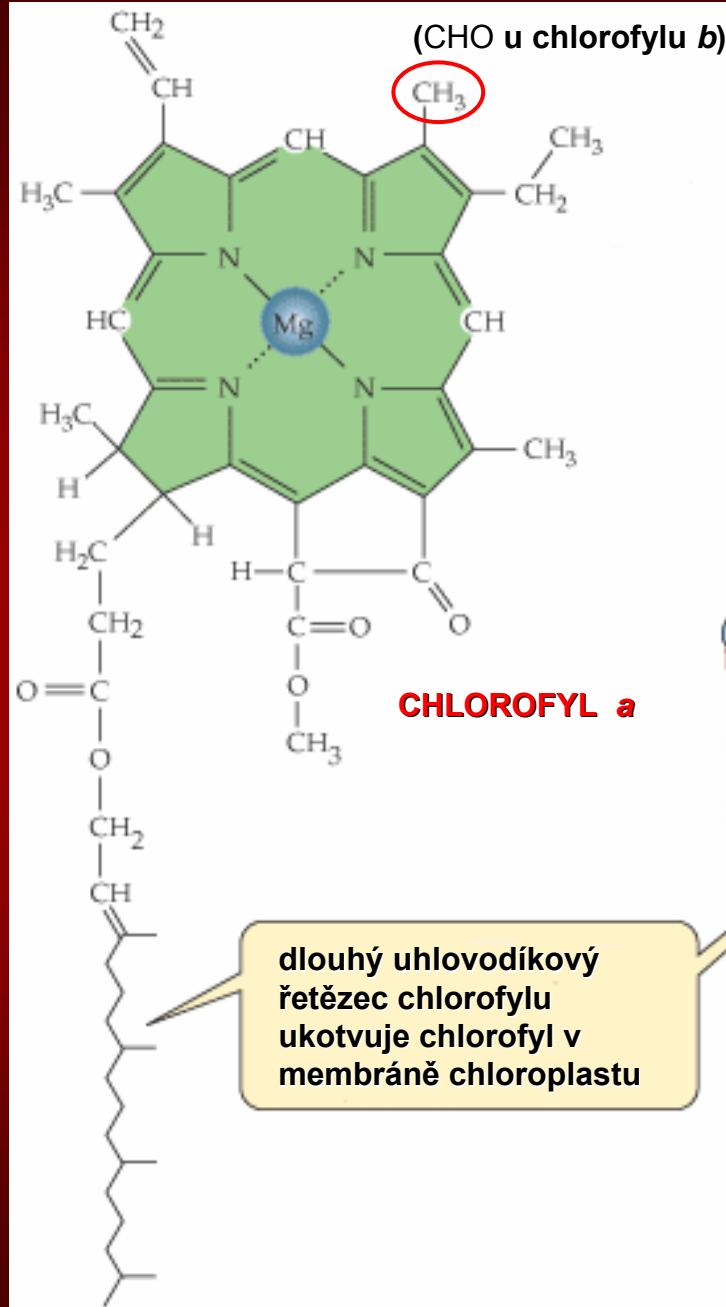
Absorpční spektra nejdůležitějších fotosyntetických barviv



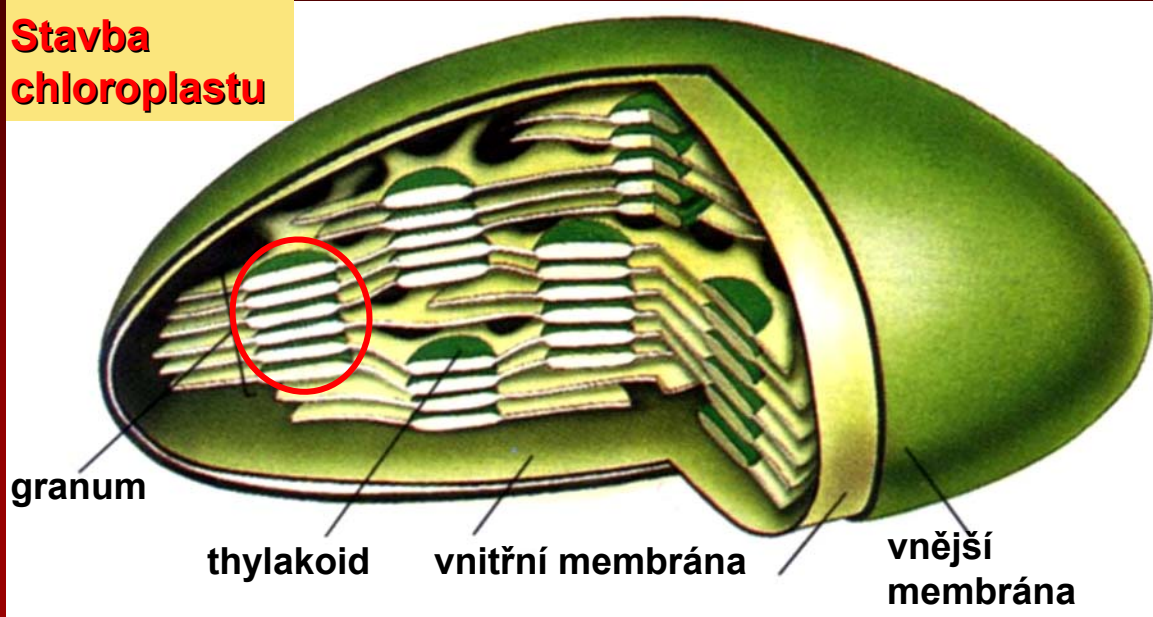
- tuto schopnost mají ale jen některé molekuly chlorofylu *a* umístěné v jádru fotosystémů (v reakčním centru), obklopeným světlosběrným komplexem zvaným **anténa**
- funkcí antény je předávat zachycenou energii do reakčního centra, kde začíná vlastní přenos elektronů

Chlorofyl *a* a jeho vazba na strukturu chloroplastu

- všetchna ostatní barviva, hlavně chlorofyly *b*, *c* a karotenoidy předávají zachycenou energii molekulám chlorofylu *a*
- karotenoidy** navíc chrání fotosyntetický aparát před poškozením v důsledku nadměrného ozáření



Stavba chloroplastu



- složitý soubor reakcí, k nimž dochází v rámci fotosyntézy lze rozdělit na

- **primární děje** (přeměna energií): jsou bezprostředně závislé na světle a probíhají v thylakoidních membránách chloroplastů; zahrnují příjem světla fotosyntetickými barvivy, redukci koenzymu (NADP) a syntézu ATP
- **sekundární děje** nejsou na světle bezprostředně závislé (tj. mohou probíhat na světle i ve tmě), jejich podstatou jsou procesy spojené s fixací CO_2 a vznikem šestiuhlíkatého sacharidu (glukózy); probíhají ve stromatu chloroplastů

- dokonalá souhra všech reakcí spojených s fotosyntézou je možná pouze ve specializovaných strukturách **chloroplastů**
- **chloroplasty** jsou organely s dvojitou povrchovou membránou, uvnitř se nachází membránový systém, tvořený **thylakoidy**

Průběh fotosyntézy

Primární děje

- vazbou sluneční energie jsou elektrony s nízkým obsahem energie, pocházející z rozkladu vody (tzv. **fotolýzy vody**), vyneseny na vyšší energetickou hladinu; tyto elektrony s vysokým obsahem energie jsou pak spolu s protony (H^+), které rovněž pocházejí z fotolýzy vody, použity na redukci molekul přenašeče NADP (= *nikotinamidadeninukleotidfosfát*)

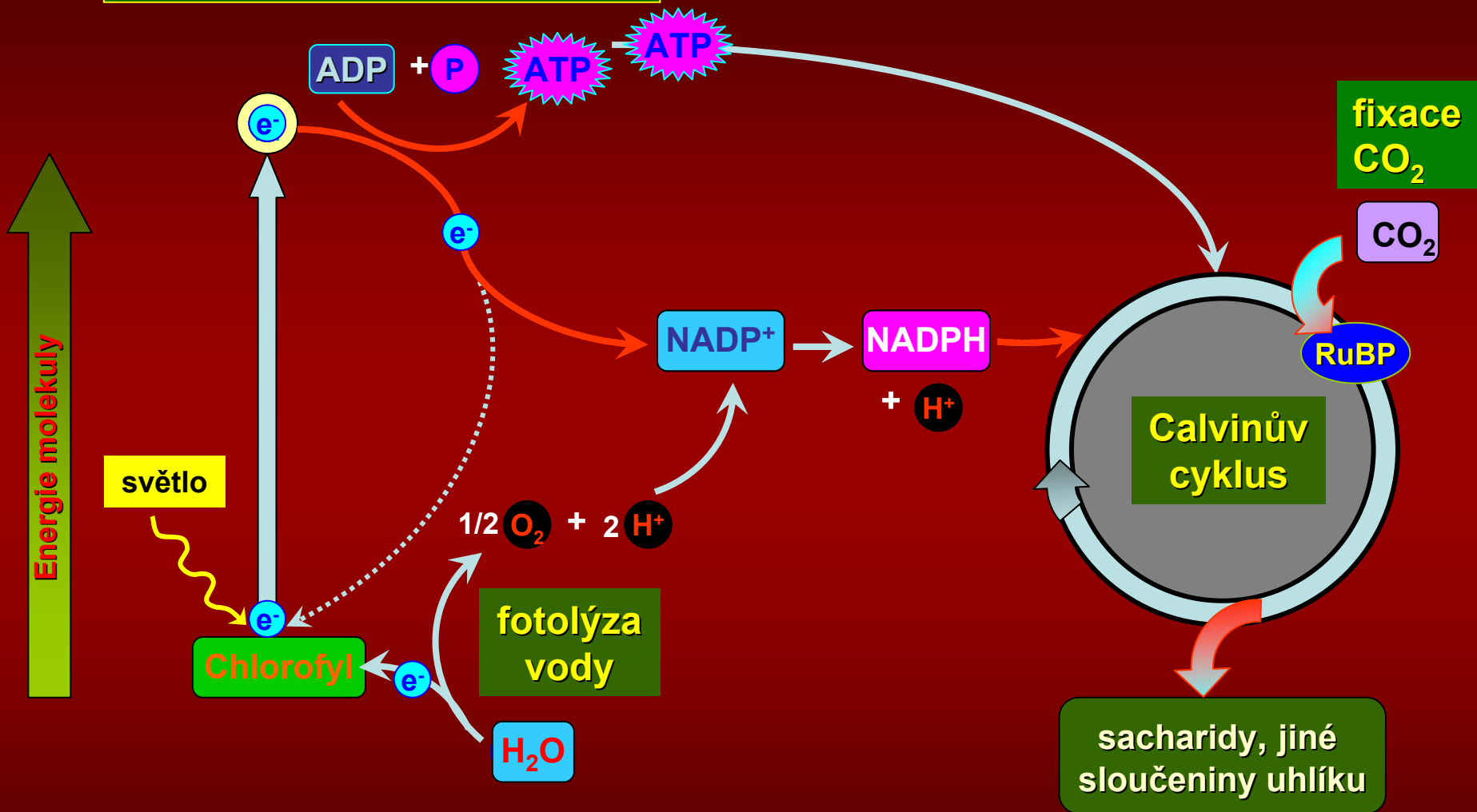


- výsledkem primárních procesů fotosyntézy je *uložení energie slunečního záření do ATP a redukované formy přenašeče (NADPH)*
- významným průvodním jevem je při tom *uvolnění molekulárního kyslíku z vody*

Sekundární děje

- sekundární děje začínají reakcí oxidu uhličitého s pětiuhlíkatým akceptorem, derivátem ribulózy; tuto klíčovou reakci katalyzuje enzym zvaný **Rubisco** (nejhojnější protein na Zemi)

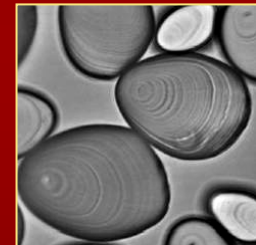
schéma fotosyntézy



primární děje fotosyntézy

sekundární děje
fotosyntézy

- vazbou CO_2 na akceptor vstupuje uhlík do tzv. **Calvinova cyklu**
- energii potřebnou pro vazbu (fixaci) oxidu uhličitého na akceptor a jeho další přeměny v Calvinově cyklu dodávají ATP a NADPH, vytvořené primárními procesy
- většina zachycené sluneční energie je ukládána do molekul škrobu (polymer glukózy), který ve stromatu chloroplastů tvoří typická zrnka
- v noci je škrob odbouráván na jednodušší sacharidy (hlavně sacharózu), které jsou pak transportovány na místa spotřeby
- efektivita fotosyntézy se pohybuje zpravidla v rozmezí 1 až 2 %, vyšší využití sluneční energie je známo zejména u kukuřice (až 3,2 %) a cukrové třtiny (2,4 %); obě rostliny patří mezi tzv. **C_4 rostliny** (u nich prvním produktem fixace CO_2 v Calvinově cyklu je **čtyřuhlíkatá** sloučenina (oxalacetát), na rozdíl od majoritního typu **C_3 rostlin**, kde prvním produktem fixace oxidu uhličitého je **tříuhlíkatá** sloučenina (fosfoglycerát))



škrabová zrnka
bramboru

Význam fotosyntézy

- podle současných odhadů vzniká každoročně v globálním měřítku přes **250 mld. tun** organických látek (sacharidů); asi **60 %** tohoto množství produkují suchozemské rostliny, zbytek připadá na vodní organismy, hlavně moří a oceánů
- fotosyntéza představuje základ **rostlinné výroby**, na její rychlosti závisí výnosy jednotlivých plodin
- energii slunečního záření, uloženou ve svých tělech rostlinami v dávných dobách, využíváme v nerostných surovinách (zejména uhlí a ropě)
- *fotosyntéza se zásadním způsobem podílela na vytvoření a udržování dnešního složení atmosféry, včetně tvorby ochranné ozonové vrstvy; kyslík, původně vedlejší produkt fotosyntézy, výrazně ovlivnil i směr vývoje organismů k současné rozmanitosti životních forem*
- za velmi důležitou je považována schopnost vázat - prostřednictvím fotosyntézy - velké množství uhlíku v rostlinné biomase (zejména ve dřevě a často i dlouhodobě);
- fotosyntéza se tak podílí i na zpomalování růstu koncentrace CO_2 v atmosféře; rostoucí koncentraci oxidu uhličitého a dalších skleníkových plynů se přičítá prohlubování **skleníkového efektu** a zvýšené riziko **globálního oteplování**