



1

La fotosintesi

Box 1 | The discovery of photosynthesis

In 1772, Joseph Priestley described how oxygen is consumed by combustion or by respiration using a burning candle, or a live mouse, in a closed glass jar. His discovery predated the term oxygen, which was coined by Lavoisier^{20,21}. The results were reported in a paper entitled 'Observations on Different Kinds of Air':

"...I flatter myself that I have accidentally hit upon a method of restoring air which has been injured by the burning of candles, and that I have discovered at least one of the restoratives

which nature employs for this purpose. It is vegetation. In what manner this process in nature operates, to produce so remarkable an effect, I do not pretend to have discovered; but a number of facts declare in favour of this hypothesis...

"One might have imagined that, since common air is necessary to vegetable, as well as to animal life, both plants and animal had affected it in the same manner, and I own that I had that expectation, when I first put a sprig of mint into a glass-jar, standing inverted in a vessel of water; but when it had

continued growing there for some months, I found that the air would neither extinguish a candle, nor was it at all inconvenient to a mouse, which I put into it.

"...Accordingly, on the 17th of August 1771, I put a sprig of mint into a quantity of air, in which a wax candle had burned out, and found that, on the 27th of the same month, another candle burned perfectly well in it. This experiment I repeated, without least variation in the event, not less than eight or ten times in the remainder of the summer." **J.F.A. & W.M.**

610

B11-I - v. 4.3 © qsartor 2001-2020

Fotosintesi

©2007 Nature Publishing Group

- 2 -

2

Ossigeno!

nature

Vol 445 | 8 February 2007

NEWS & VIEWS FEATURE

EVOLUTIONARY BIOLOGY

Out of thin air

John F. Allen and William Martin

The invention of oxygenic photosynthesis was a small step for a bacterium, but a giant leap for biology and geochemistry. So when and how did cells first learn to split water to make oxygen gas?

B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

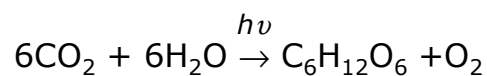
Fotosintesi

- 3 -

3

Fotosintesi

È il processo che permette di formare carboidrati da CO₂ a spese dell'energia luminosa.



FISSAZIONE DELL'ANIDRIDE CARBONICA

B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

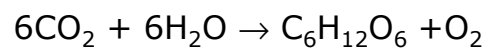
Fotosintesi

- 4 -

4

Fotosintesi

- La fotosintesi viene assimilata alla fissazione della CO_2 ,
- L'energia chimica derivata dall'energia luminosa può essere utilizzata per altri processi cellulari (assimilazione di azoto e zolfo).
- Il processo



- È il contrario del metabolismo dei carboidrati,
- È un processo endoergonico che avviene nei cloroplasti.

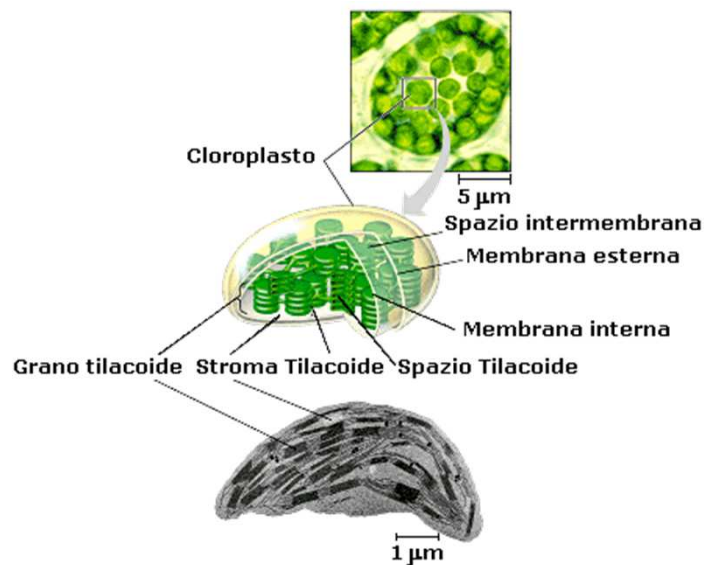
B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 5 -

5

Cloroplasti

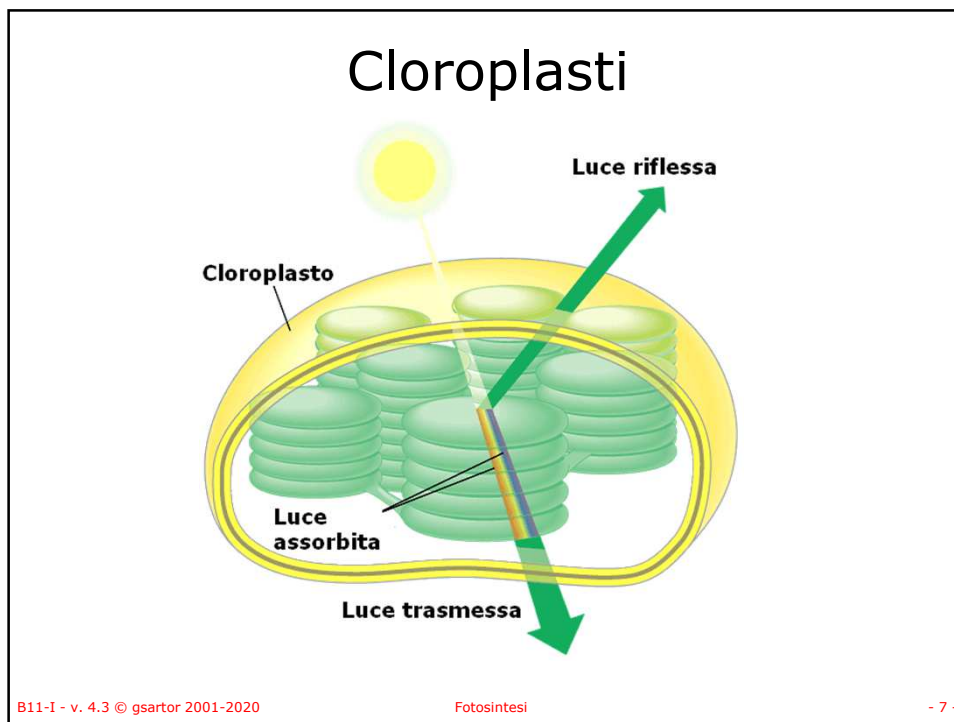


B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 6 -

6



7

Cloroplasti

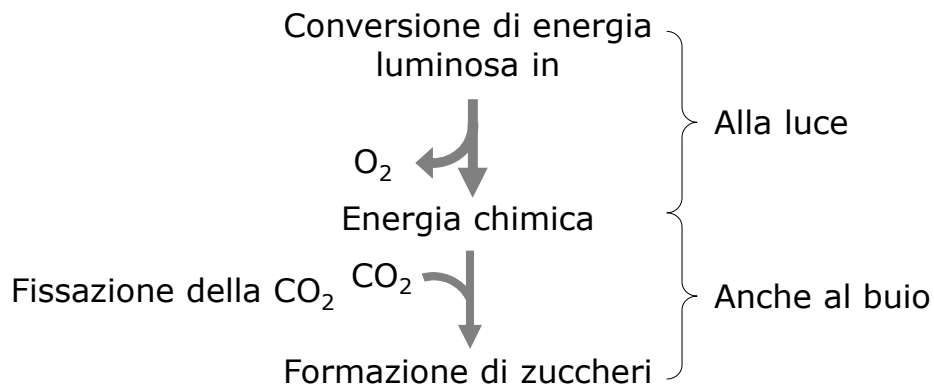
- La fotosintesi avviene all'interno del tilacoide,
- La membrana del tilacoide è come la membrana mitocondriale
 - Impermeabile a ioni e molecole
- Come i mitocondri i cloroplasti hanno un proprio DNA, RNA e ribosomi

B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020 Fotosintesi - 8 -

8

Processo fotosintetico

- La fotosintesi è un processo che è formato da due serie di reazioni:



B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

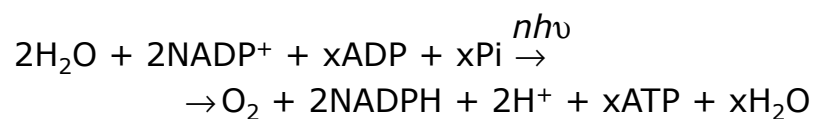
Fotosintesi

- 9 -

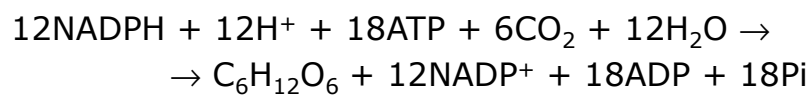
9

Processo fotosintetico

Fase luminosa



Fase buia(?)



B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

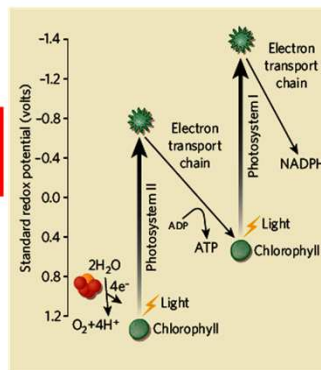
Fotosintesi

- 10 -

10

The oxygen that gives us the breath of life is renewed by sunlight falling on plants, algae and a particular class of bacterium called cyanobacteria — all of which produce molecular oxygen (O_2) as a waste product of photosynthesis (Box 1)¹. Biologists agree that cyanobacteria invented the art of making oxygen², but when and how this came about remain uncertain.

Oxygenic photosynthesis involves about 100 proteins that are highly ordered within the photosynthetic membranes of the cell. The main players are two molecular machines, photosystem I and photosystem II, that act as electrochemical solar cells. With the help of chlorophyll (the pigment that makes plants green), they transform sunlight into electrical current (Fig. 1). Photosystem II generates an electrochemical potential of +1.1 volts, enough to remove two electrons from each of two water molecules, making a molecule of O_2 at a cost of four photons — one for each electron moved. Photosystem II performs this remarkable feat only when photosystem I is present to dispose of the electrons. Photosystem I grabs the four electrons and uses four more photons to deposit them, in two pairs, on an electron carrier called $NADP^+$. $NADP^+$ ultimately transfers the electrons to carbon dioxide, thereby providing the



energy to make carbon-based sugars and the other molecules of life: light makes life and oxygen out of water and thin air.

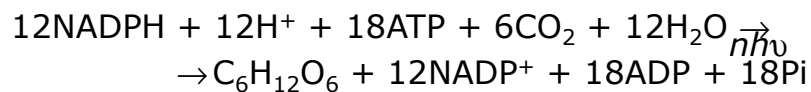
B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

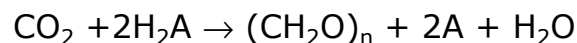
- 11 -

11

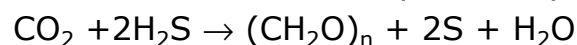
Processo fotosintetico



- In questo caso è l'acqua il donatore finale di elettroni, più in generale:



- Nei solfobatteri fotosintetici, per esempio:

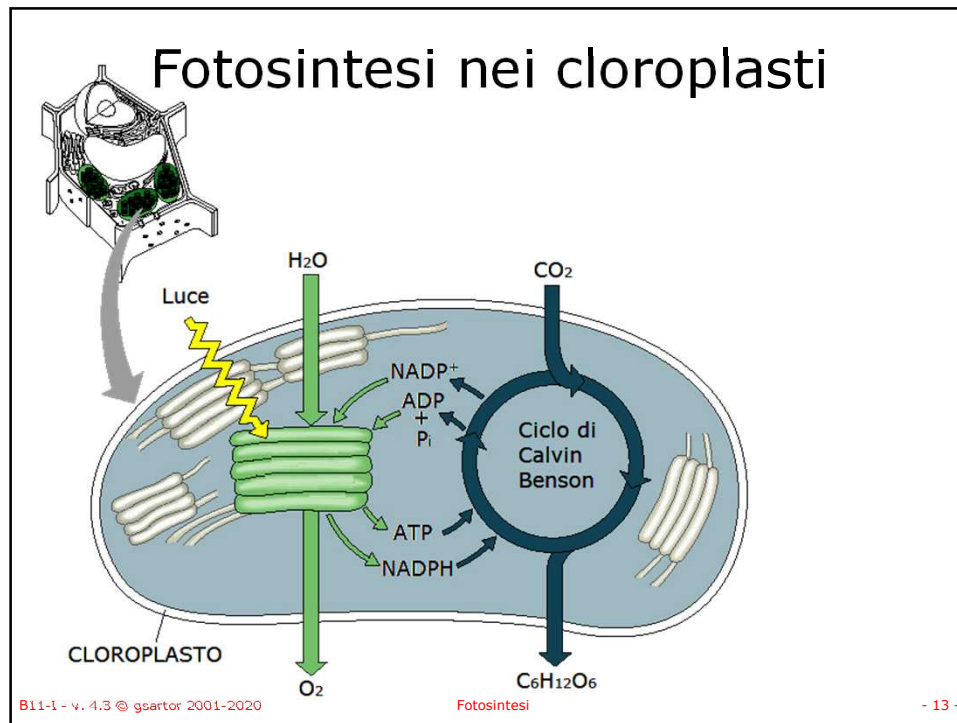


B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 12 -

12



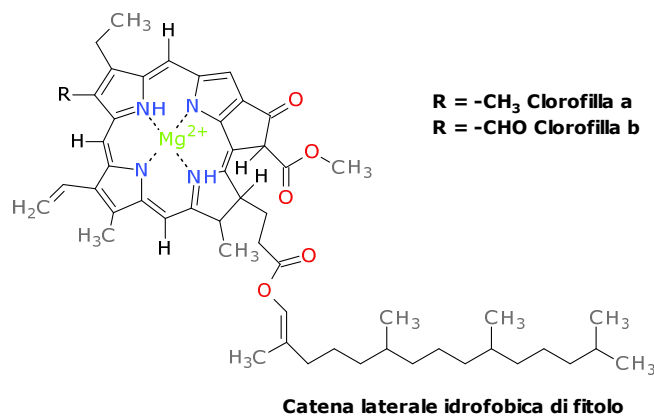
13



14

Clorofilla

- I pigmenti fotosintetici in grado di assorbire luce sono, principalmente, le clorofille:



B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

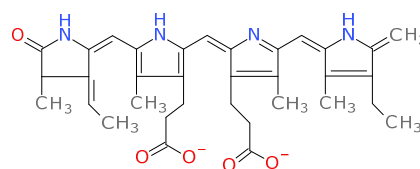
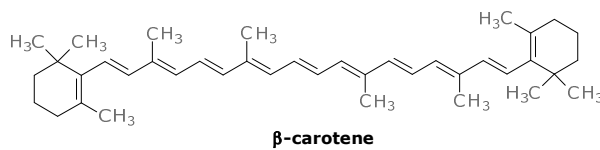
Fotosintesi

- 15 -

15

Pigmenti accessori

- Ci sono poi altri pigmenti fotosintetici "accessori" che permettono una maggiore efficienza dell'assorbimento:



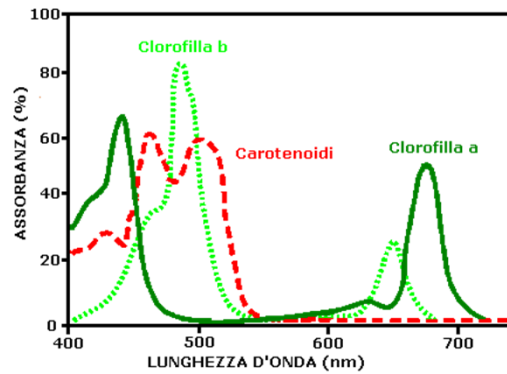
B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 16 -

16

Spettri di assorbimento



- I pigmenti assorbono luce nel blu e nel rosso dello spettro del visibile, riflettono luce nell'intervallo del verde.
- I pigmenti sono associati a proteine.

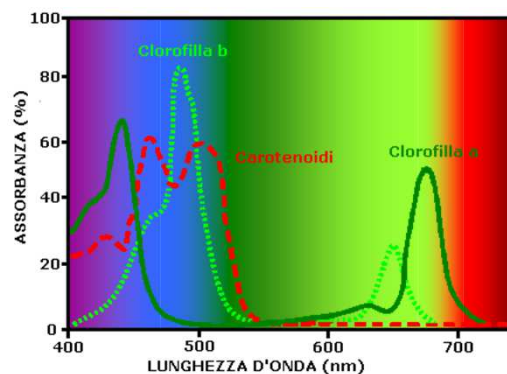
B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 17 -

17

Spettri di assorbimento



- I pigmenti assorbono luce nel blu e nel rosso dello spettro del visibile, riflettono luce nell'intervallo del verde.
- I pigmenti sono associati a proteine.

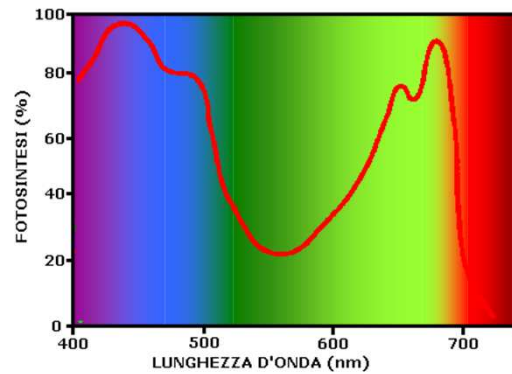
B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 18 -

18

Spettri di assorbimento



- L'efficienza della fotosintesi è massima alle estremità dello spettro della luce visibile

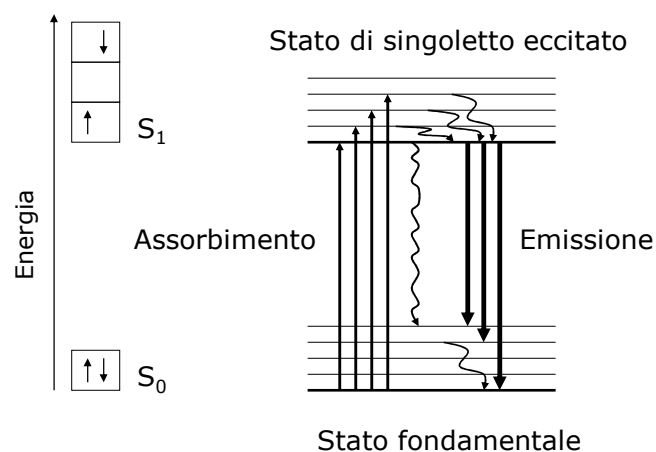
B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 19 -

19

Le transizioni elettroniche

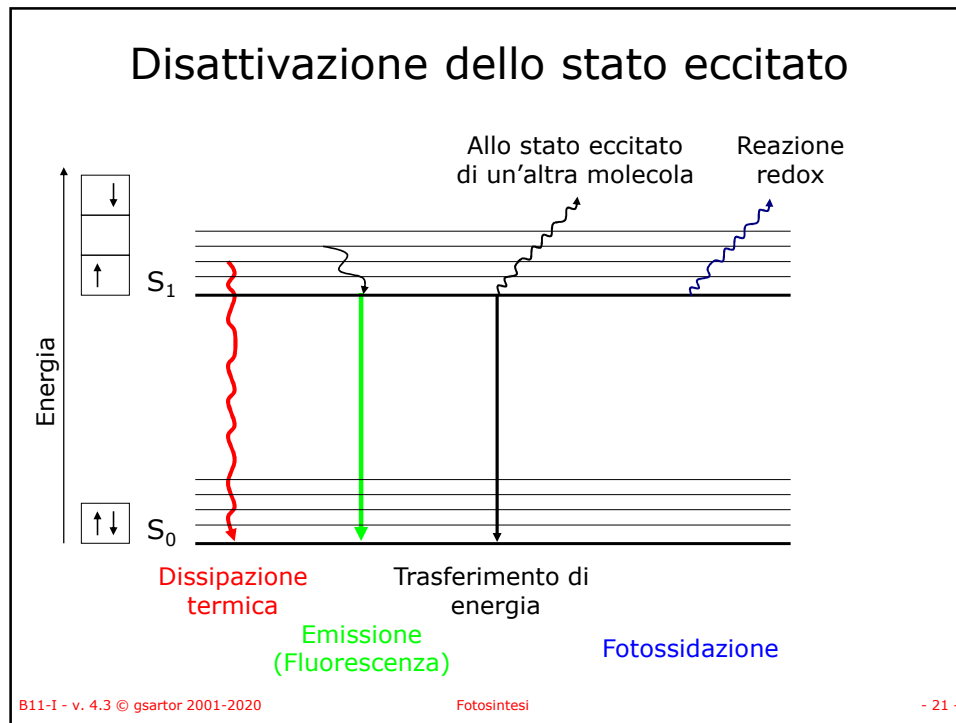


B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 20 -

20



21

Reazioni allo stato eccitato

- Assorbimento, formazione dello stato eccitato:

$$A + h\nu \rightarrow A^* \quad (\tau = 10^{-15} \text{ s})$$
- Disattivazione dello stato eccitato:
 - Energy transfer:

$$A^* + B \rightarrow A + B^* \quad (\tau = 10^{-8} - 10^{-10} \text{ s});$$
 - Emissione di luce (fluorescenza):

$$A^* \rightarrow A + h\nu' \quad (\tau = 10^{-8} \text{ s}; \nu' < \nu);$$
 - Reazione redox:

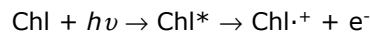
$$A^* + B \rightarrow A^+ + B^- \quad (\tau = 10^{-6} - 10^{-8} \text{ s});$$

B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020 Fotosintesi - 22 -

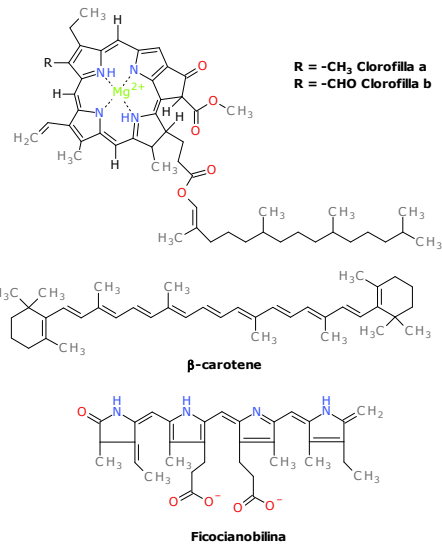
22

Transizioni elettroniche

- Le transizioni elettroniche avvengono, nei pigmenti fotosintetici, nel visibile a causa della presenza di sistemi elettronici π coniugati.
- È fondamentale, nel funzionamento del processo fotosintetico, la trasduzione dell'energia luminosa in energia chimica,
- Ciò avviene a causa del potenziale redox diverso tra lo stato fondamentale e lo stato eccitato della clorofilla:



- Il Mg^{++} non cambia numero di ossidazione.



B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 23 -

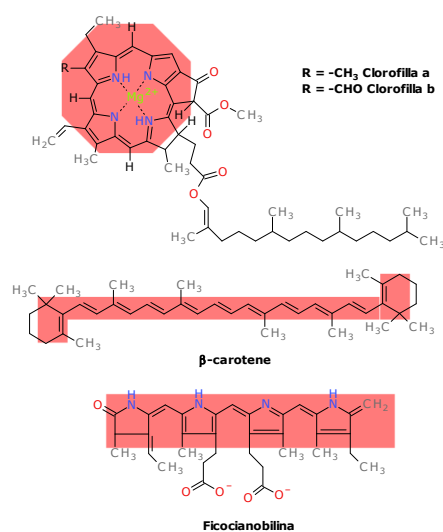
23

Transizioni elettroniche

- Le transizioni elettroniche avvengono, nei pigmenti fotosintetici, nel visibile a causa della presenza di **sistemi elettronici π coniugati**.
- È fondamentale, nel funzionamento del processo fotosintetico, la trasduzione dell'energia luminosa in energia chimica,
- Ciò avviene a causa del potenziale redox diverso tra lo stato fondamentale e lo stato eccitato della clorofilla:



- Il Mg^{++} non cambia numero di ossidazione.



B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

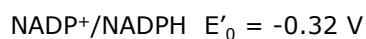
Fotosintesi

- 24 -

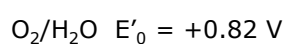
24

Riduzione e ossidazione

- La fotosintesi consiste nella riduzione del NADP^+ a spese degli e^- ceduti dall'acqua all'ossigeno e attivati dalla luce.



- Per ridurre il NAD^+ è necessario un riducente con $E'_0 < -0.32 \text{ V}$.



- Per ossidare l'acqua ad ossigeno è necessario un ossidante con $E'_0 > 0.82 \text{ V}$.

B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

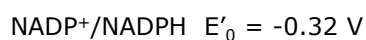
Fotosintesi

- 25 -

25

Riduzione e ossidazione **Fotosistema I (PSI)**

- La fotosintesi consiste nella riduzione del NADP^+ a spese degli e^- ceduti dall'acqua all'ossigeno e attivati dalla luce.



- Per ridurre il NAD^+ è necessario un riducente con $E'_0 < -0.32 \text{ V}$.



- Per ossidare l'acqua ad ossigeno è necessario un ossidante con $E'_0 > 0.82 \text{ V}$.

B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 26 -

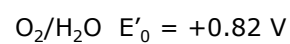
26

Riduzione e ossidazione

- La fotosintesi consiste nella riduzione del NADP^+ a spese degli e^- ceduti dall'acqua all'ossigeno e attivati dalla luce.

Fotosistema II (PSII)

- Per ridurre il NAD^+ è necessario un riducente con $E'_0 < -0.32 \text{ V}$.



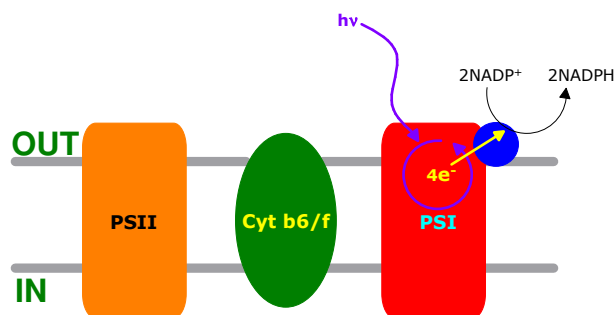
- Per ossidare l'acqua ad ossigeno è necessario un ossidante con $E'_0 > 0.82 \text{ V}$.

B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 27 -

27

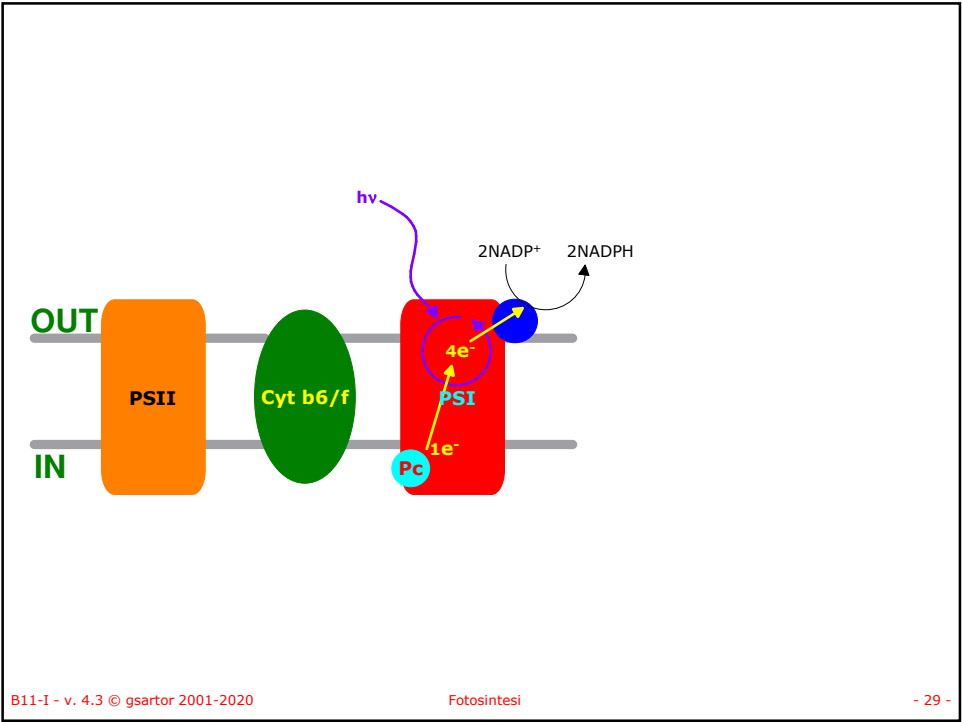


B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

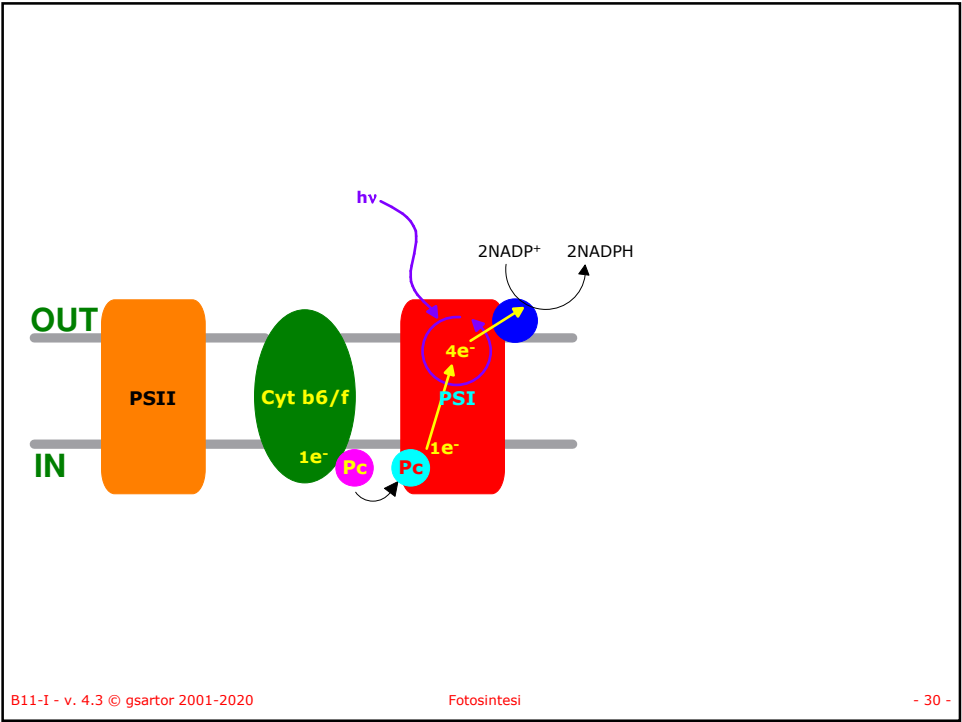
Fotosintesi

- 28 -

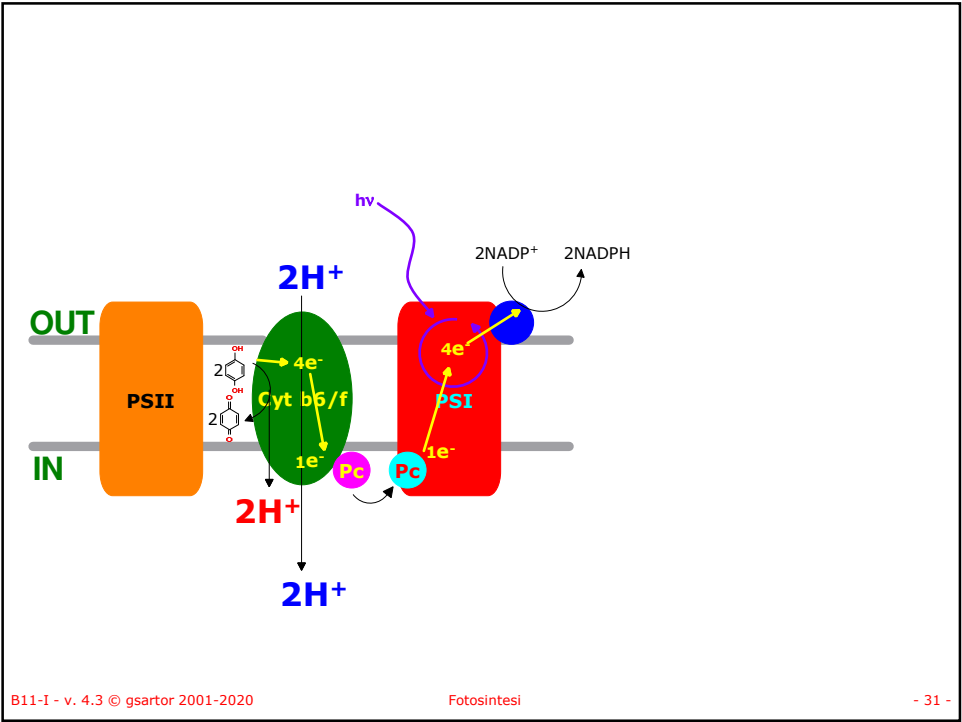
28



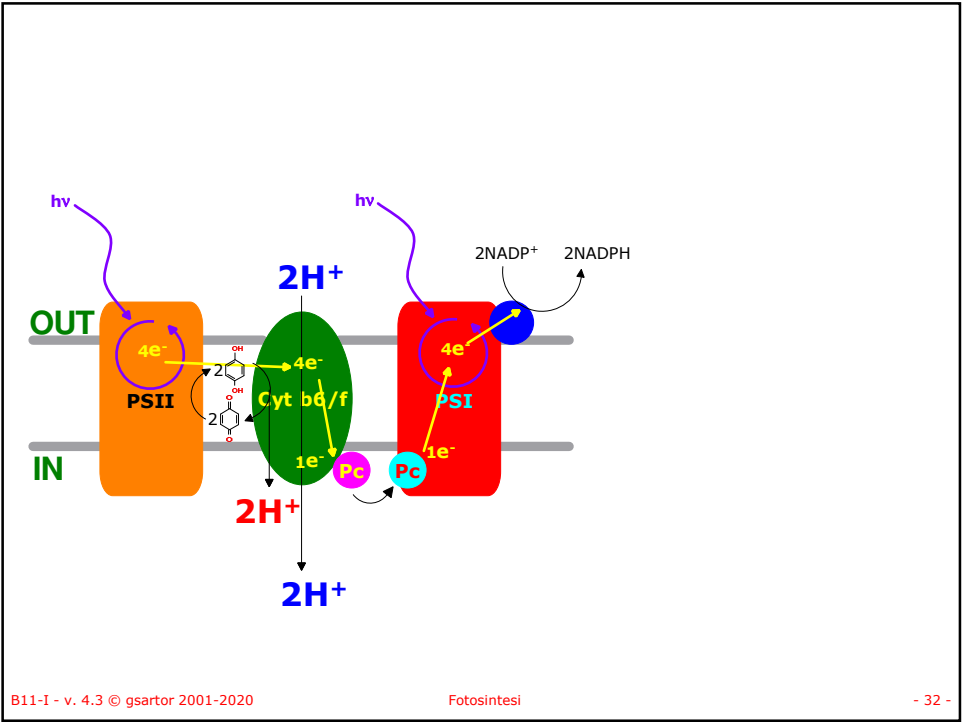
29



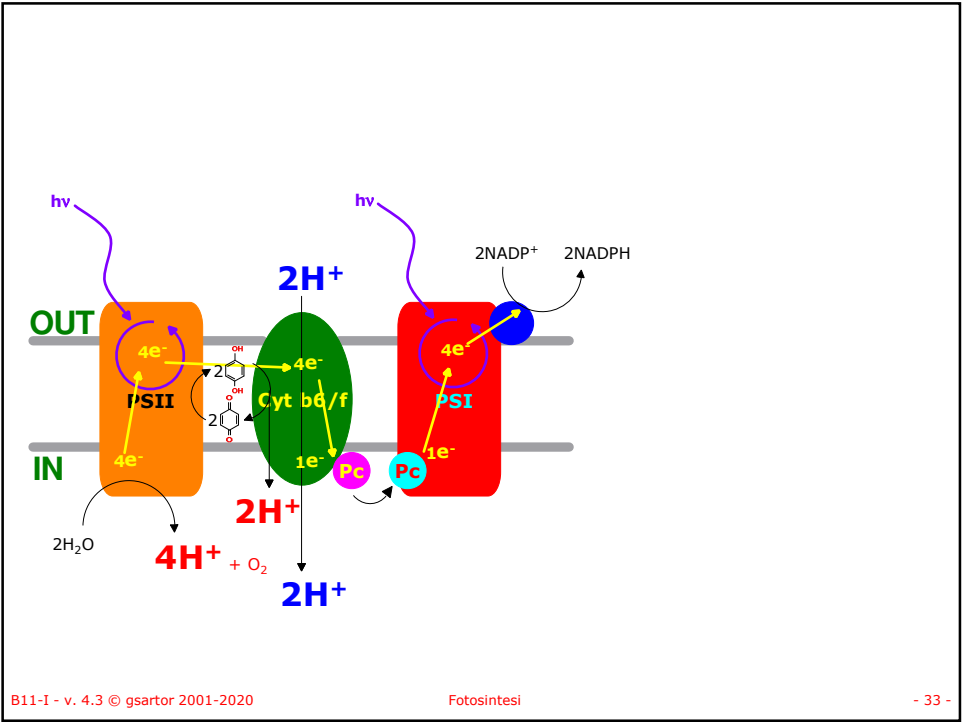
30



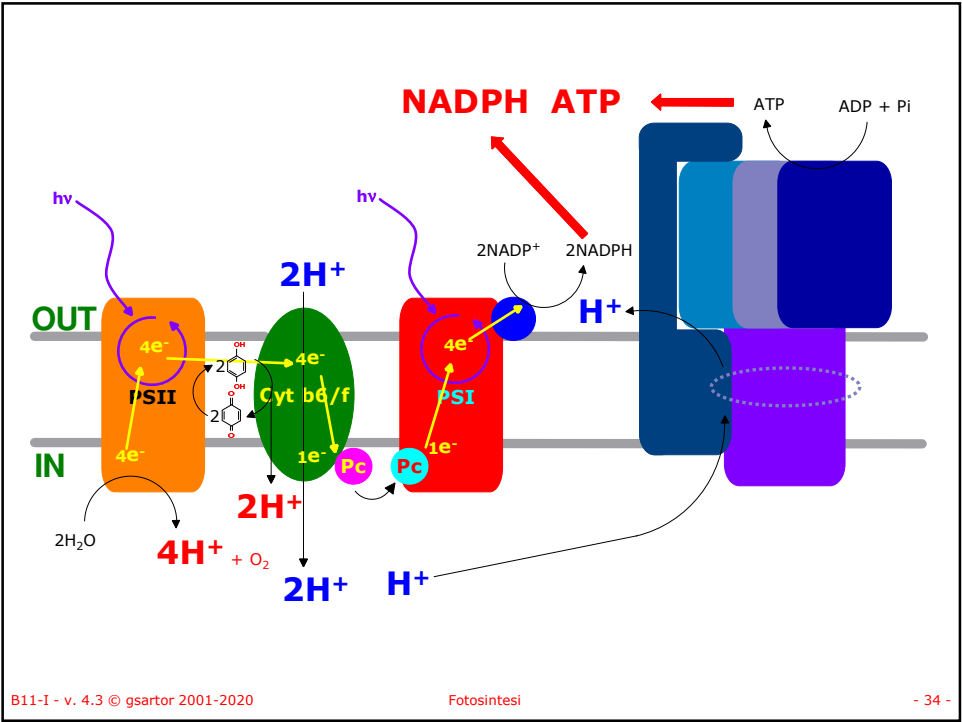
31



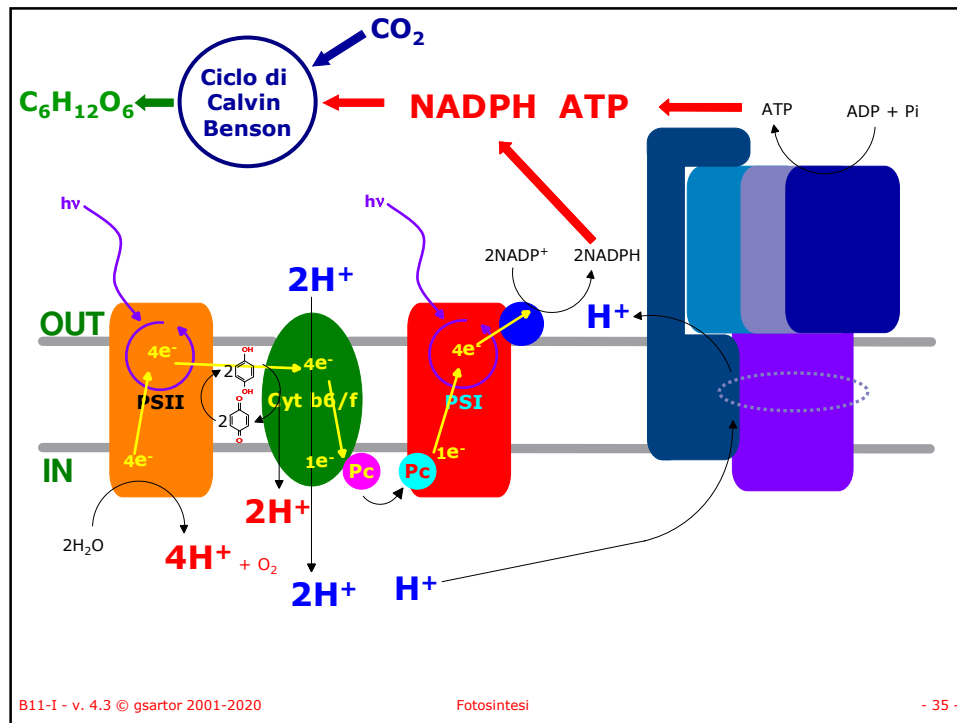
32



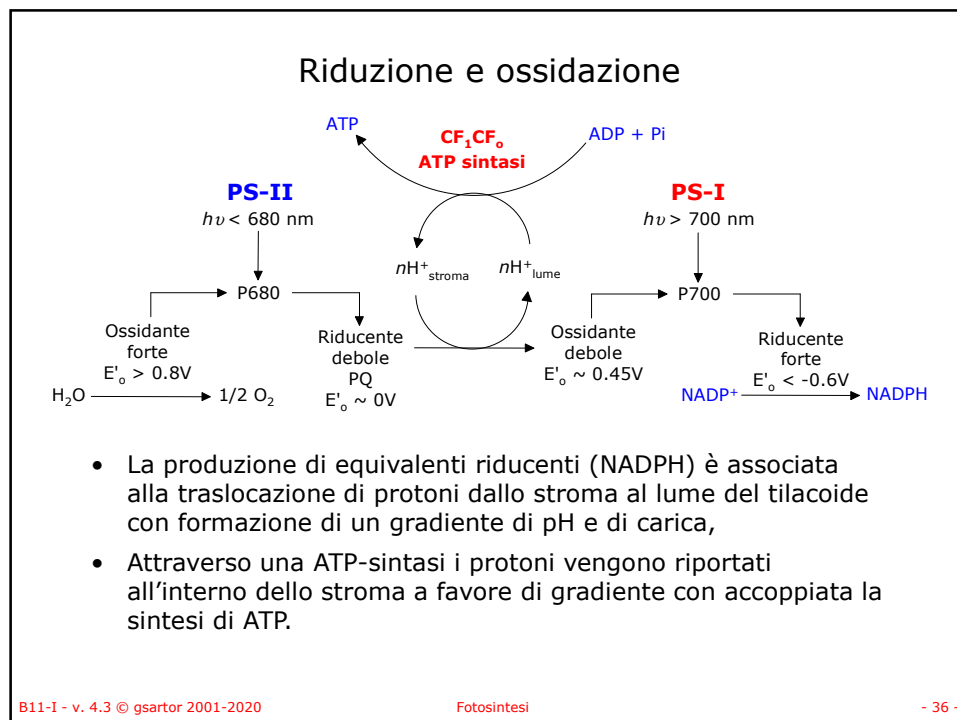
33



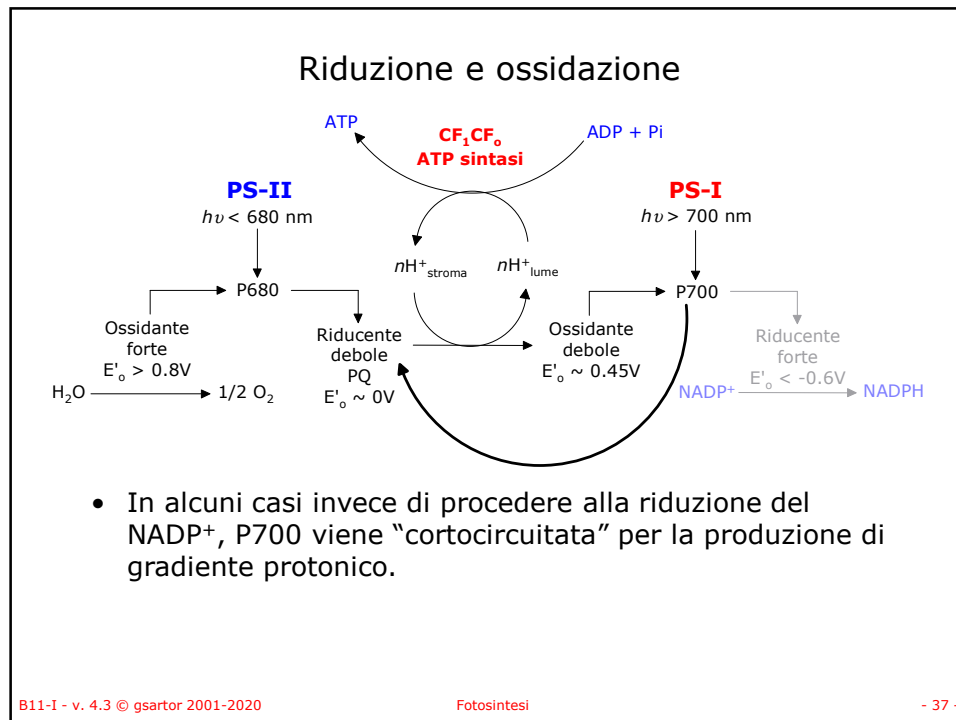
34



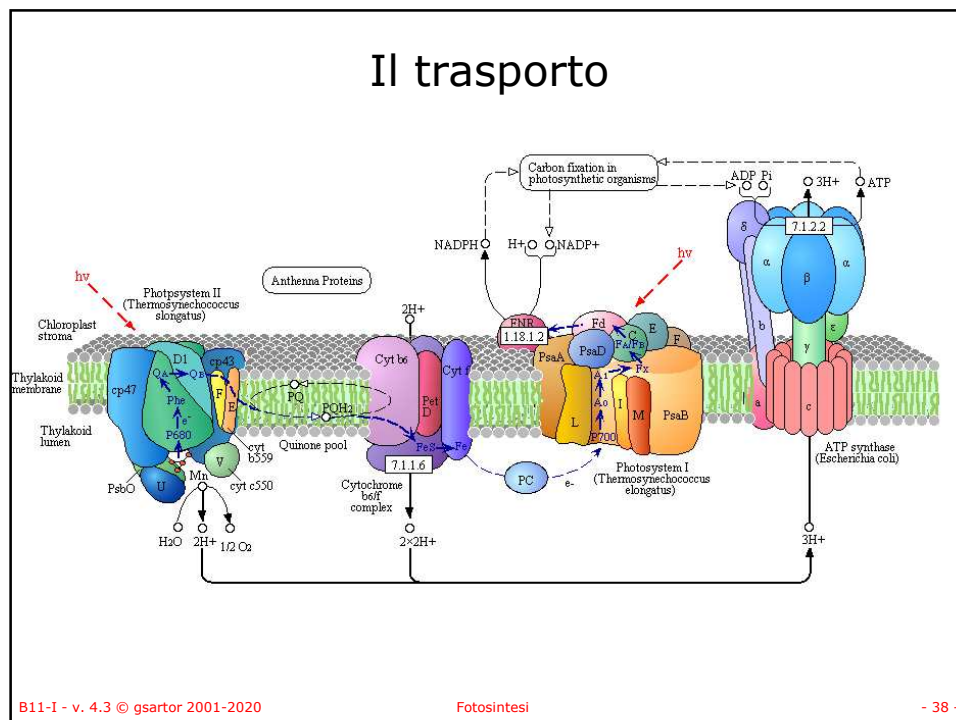
35



36

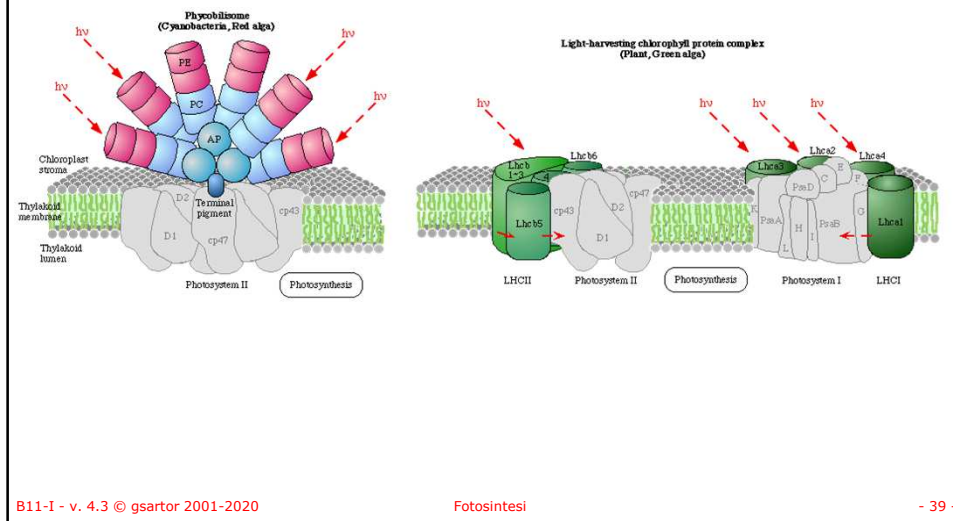


37



38

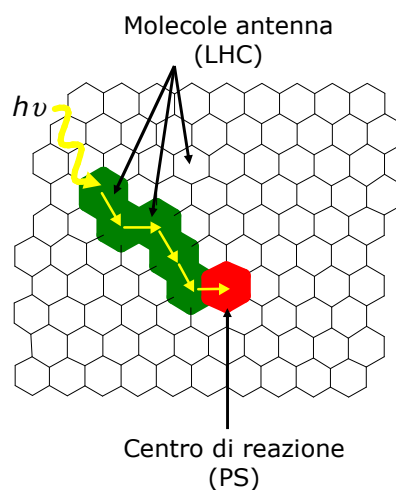
Le antenne



39

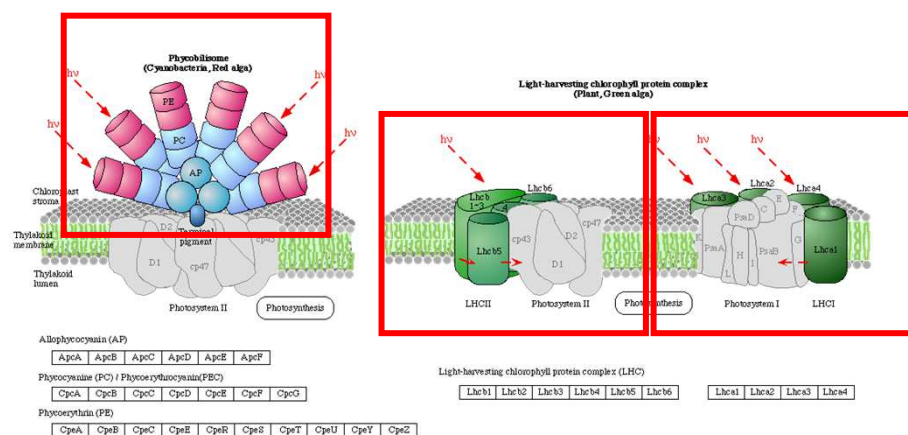
Unità fotosintetica

- Non tutte le molecole di clorofilla svolgono la funzione di donatori di elettroni allo stato eccitato.
- Il trasferimento di energia tra le molecole antenna al centro di reazione avviene per risonanza (energy transfer).



40

Light harvesting complex



B11-I - v. 4.3 © qsartor 2001-2020

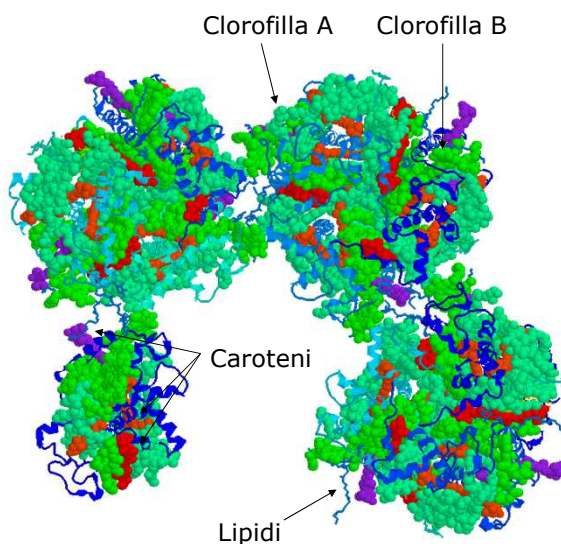
Fotosintesi

- 41 -

41

Light harvesting complex

- La luce viene raccolta dal sistema antenna (Light harvesting complex) attraverso i pigmenti:
 - Clorofille (A e B)
 - Caroteni
- L'energia luminosa viene trasferita via energy transfer al centro di reazione.

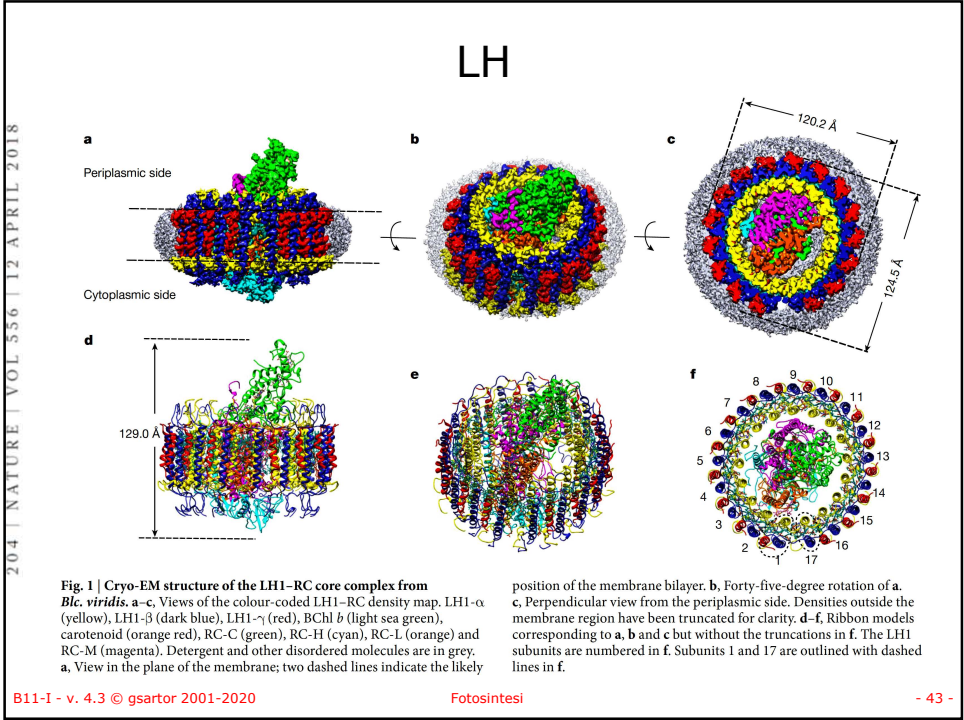


B11-I - v. 4.3 © qsartor 2001-2020

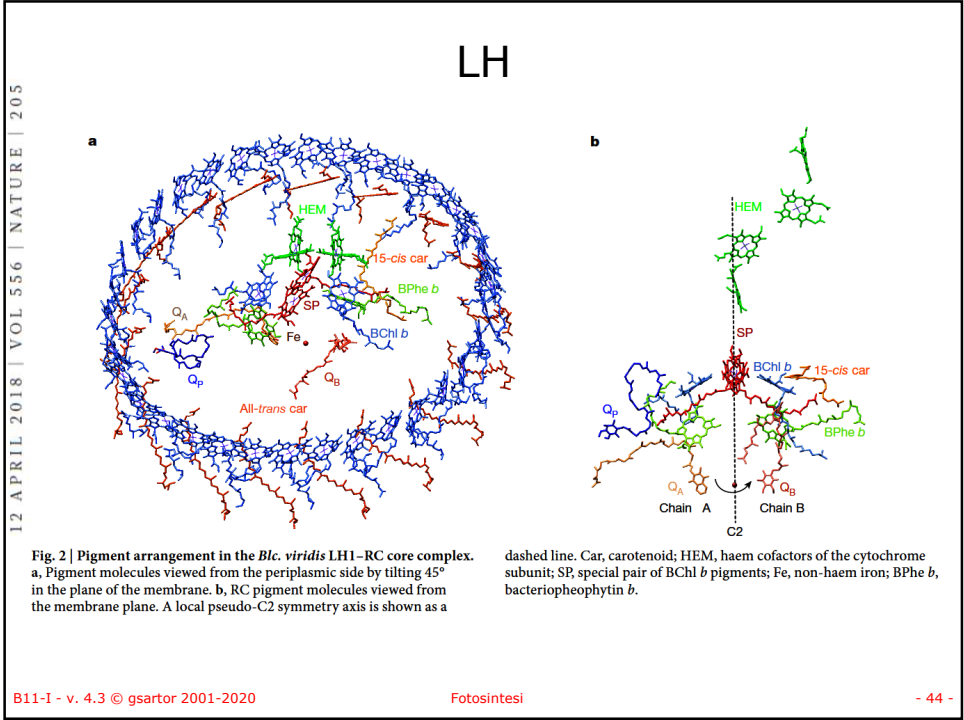
Fotosintesi

- 42 -

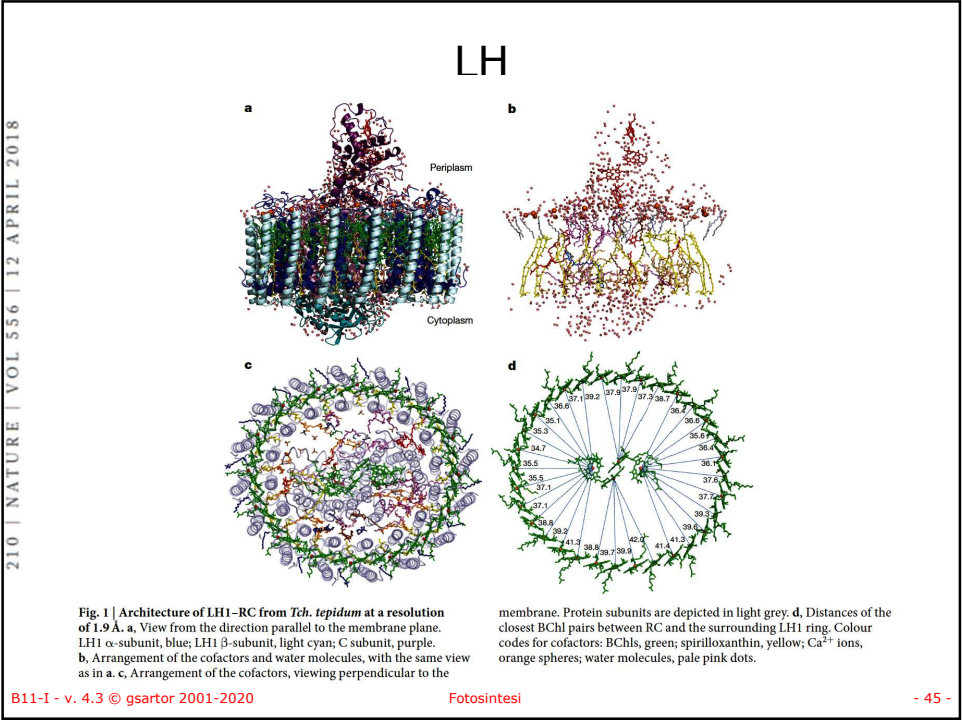
42



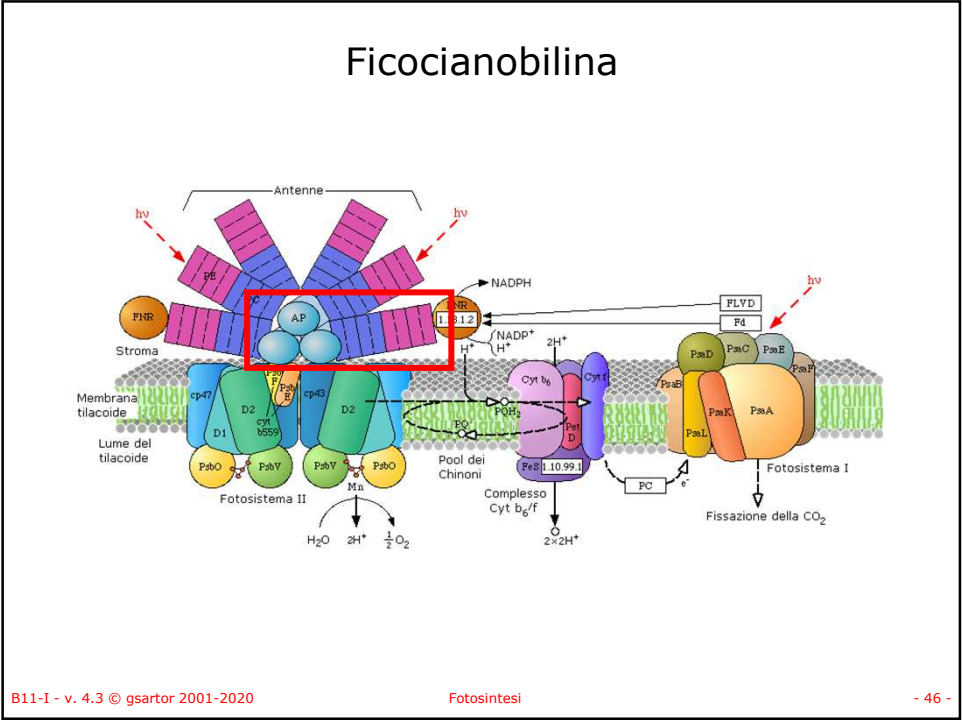
43



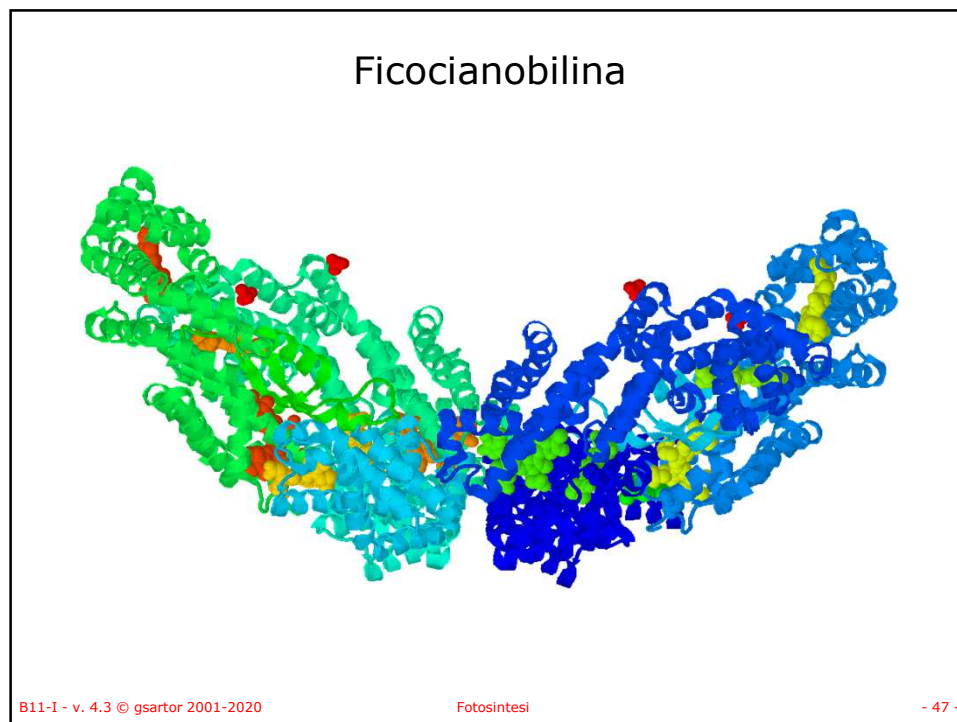
44



45



46



47

Centri di reazione

- Negli eucarioti esistono due diversi centri di reazione: PS-I e PS-II
- Nei due fotosistemi avvengono reazioni diverse.
- I due fotosistemi hanno diversa sensibilità alla luce .
- In uno dei due (PS-II) avviene l'ossidazione dell'acqua ad ossigeno.
- La clorofilla nelle cellule vegetali è associata a proteine integrali della membrana del tilacoide.

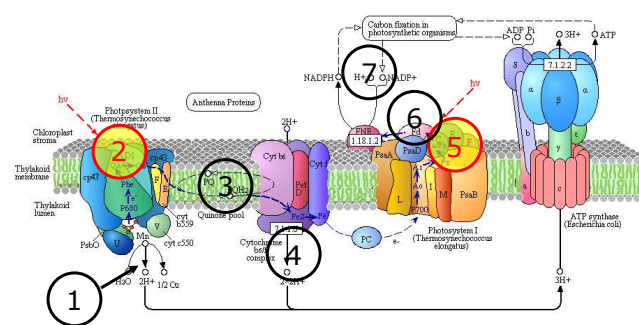
B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020 Fotosintesi - 48 -

48

Potenziali redox

- I valori dei potenziali redox permettono il trasferimento di elettroni dall' H_2O al NADP^+ :

- $E'_0 = + 0.85 \text{ V}$
- $E'_0 = + 1.20 \text{ V}$
- $E'_0 \approx 0 \text{ V}$
- $E'_0 = + 0.40 \text{ V}$
- $E'_0 = + 0.75 \text{ V}$
- $E'_0 = - 1.20 \text{ V}$
- $E'_0 = - 0.70 \text{ V}$



B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

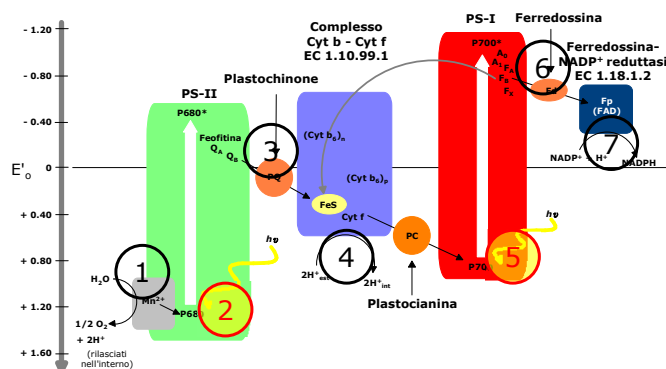
- 49 -

49

Potenziali redox

- I valori dei potenziali redox permettono il trasferimento di elettroni dall' H_2O al NADP^+ :

- $E'_0 = + 0.85 \text{ V}$
- $E'_0 = + 1.20 \text{ V}$
- $E'_0 \approx 0 \text{ V}$
- $E'_0 = + 0.40 \text{ V}$
- $E'_0 = + 0.75 \text{ V}$
- $E'_0 = - 1.20 \text{ V}$
- $E'_0 = - 0.70 \text{ V}$



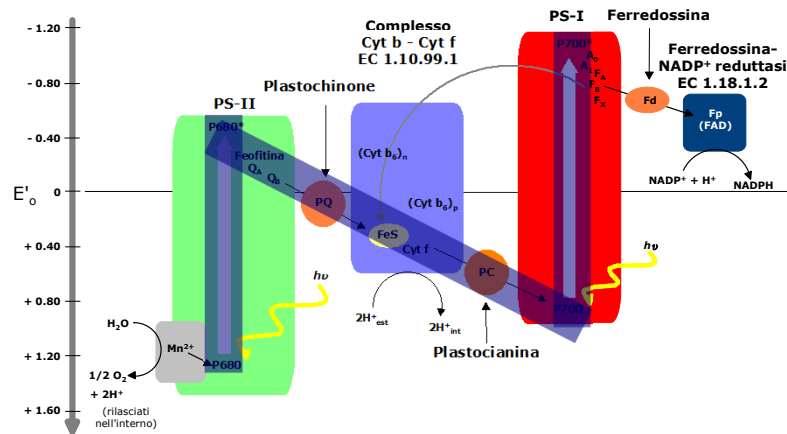
B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 50 -

50

Schema a Z



B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

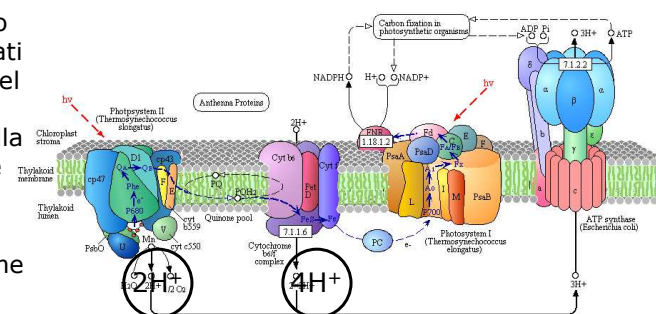
Fotosintesi

- 51 -

51

Trasporto di H⁺

- Nel trasporto di elettroni dall'acqua al NADP⁺ vengono anche trasportati 4H⁺ nel lume del tilacoide (all'interno) dalla cavità stromale (dall'esterno).
- 2H⁺ vengono prodotti nel lume a seguito della ossidazione dell'acqua.



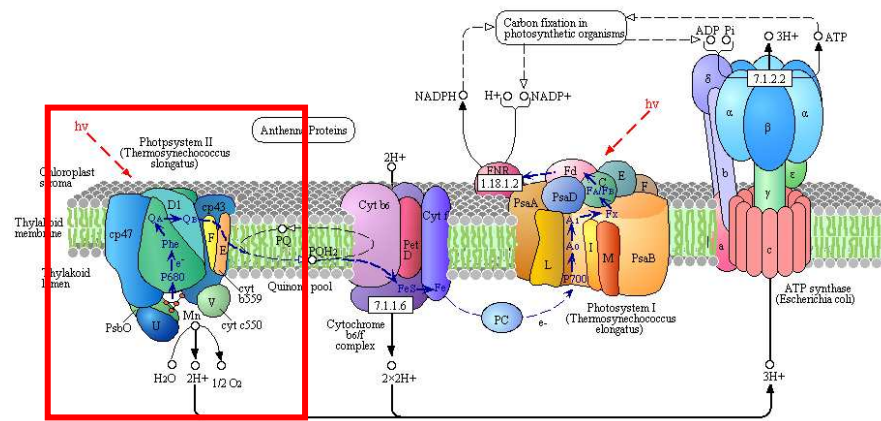
B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 52 -

52

Fotosistema II (PS-II)



B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

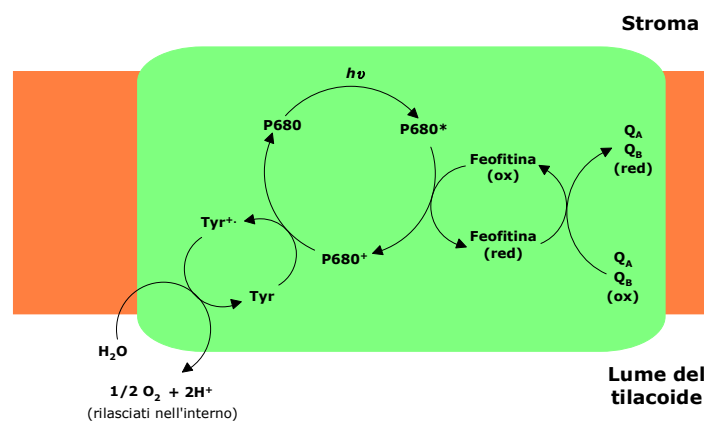
Fotosintesi

- 53 -

53

PS-II

- I due elettroni vengono trasferiti al plastochinone legato al PS-II attraverso una serie di reazioni redox di gruppi prostetici.

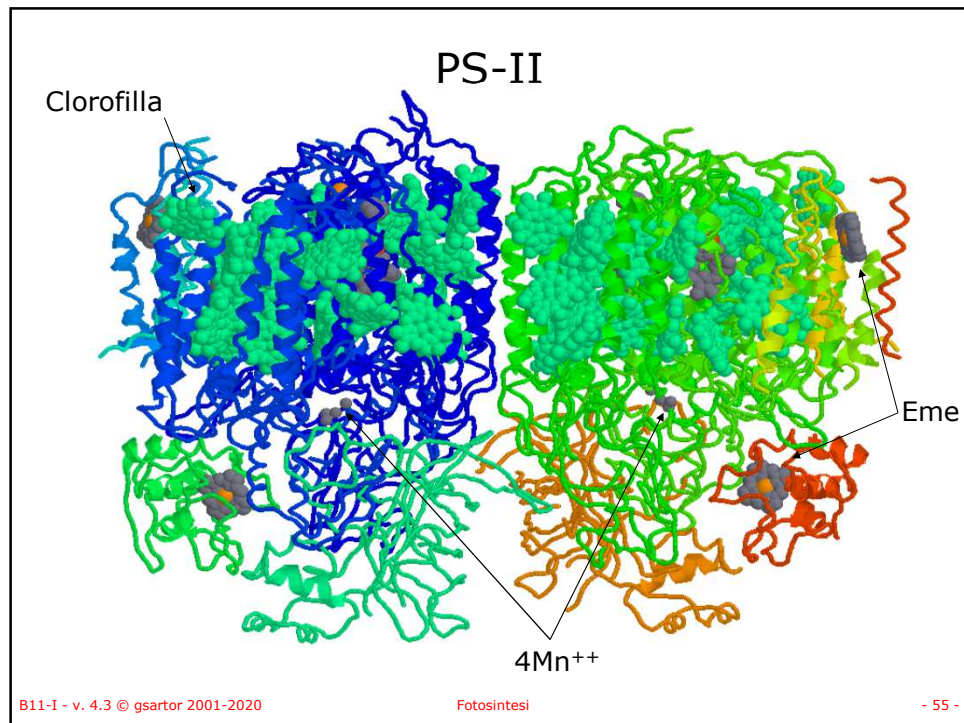


B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

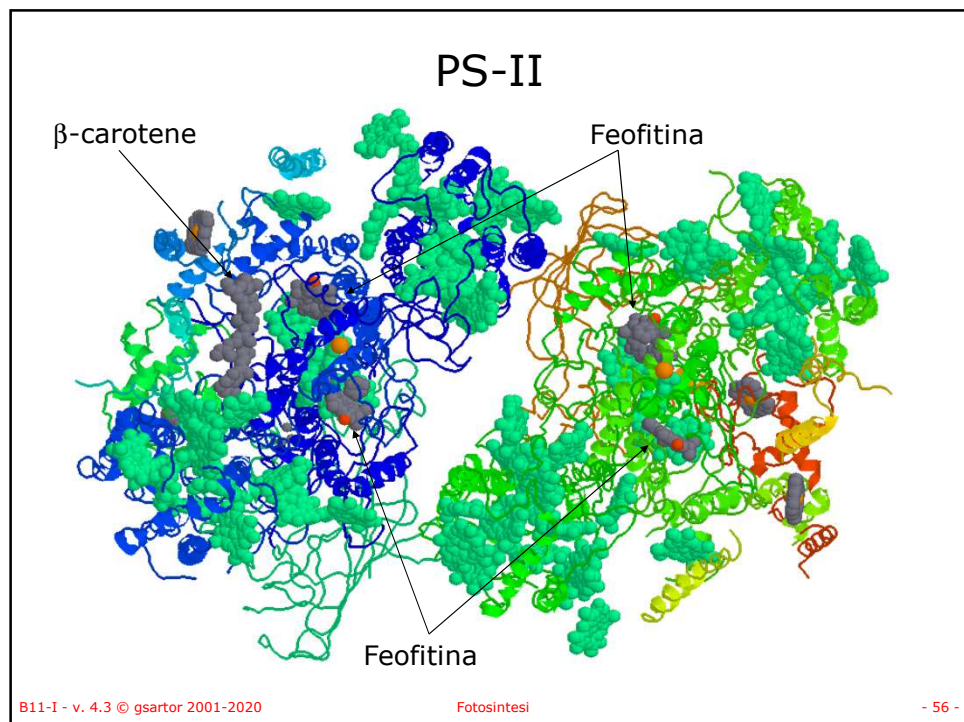
Fotosintesi

- 54 -

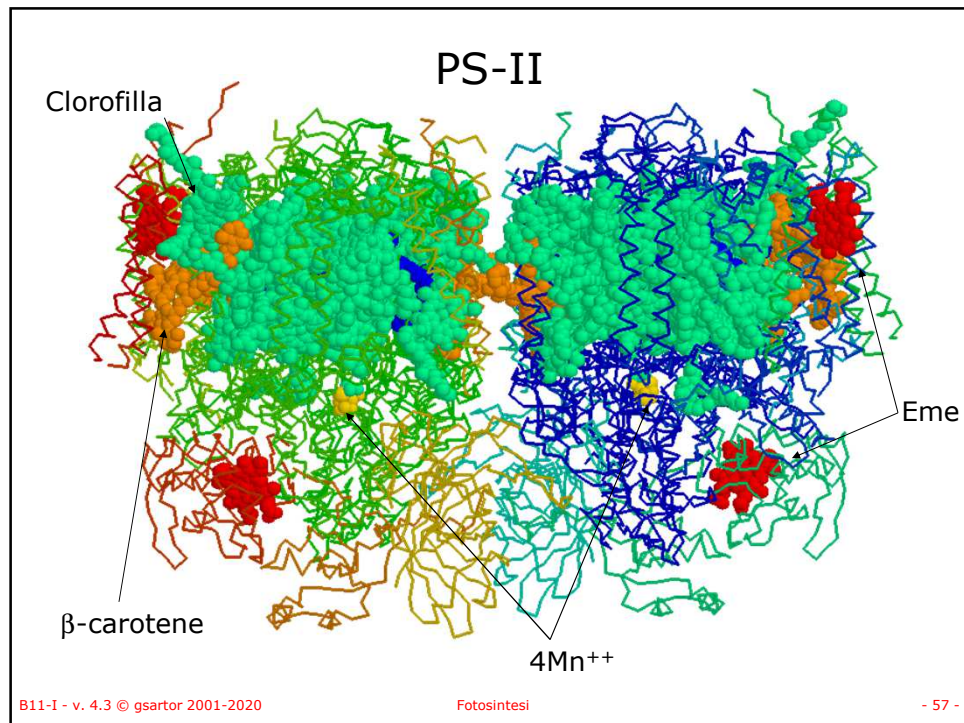
54



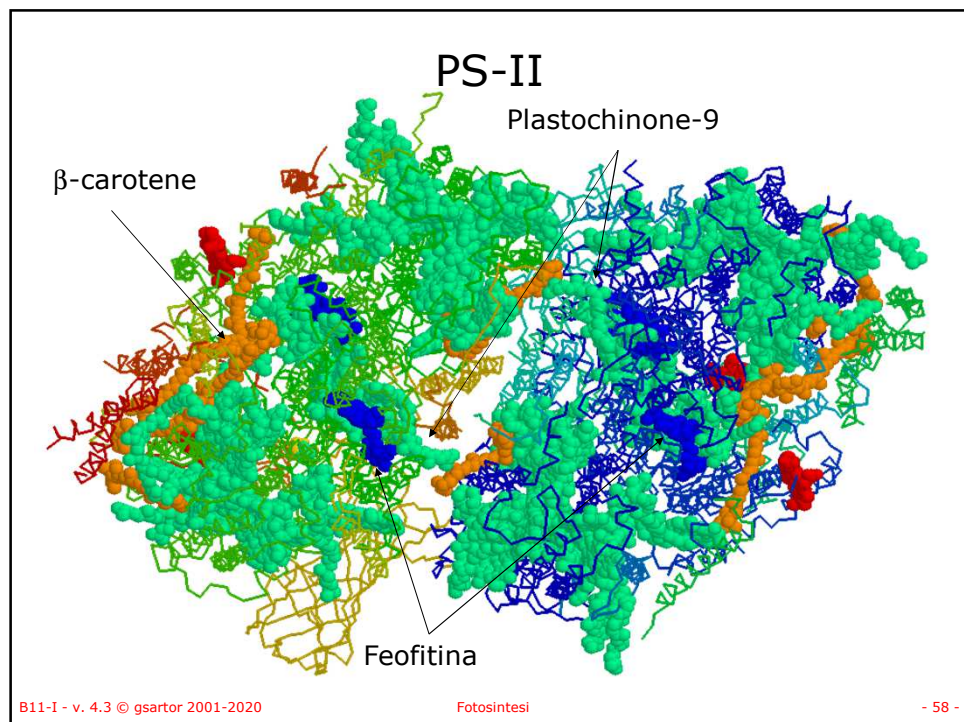
55



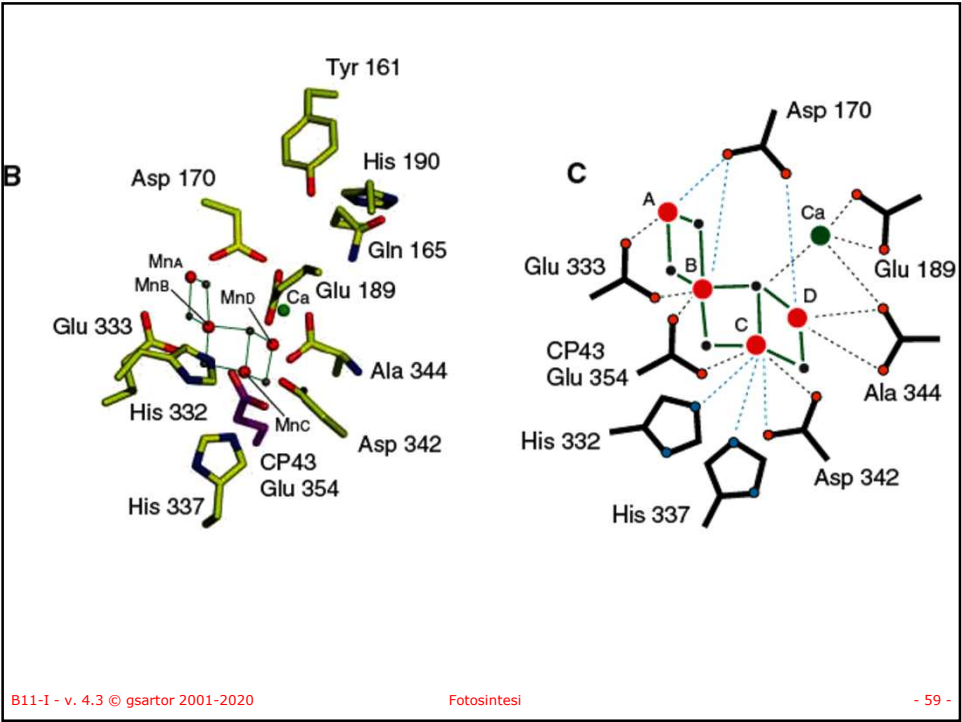
56



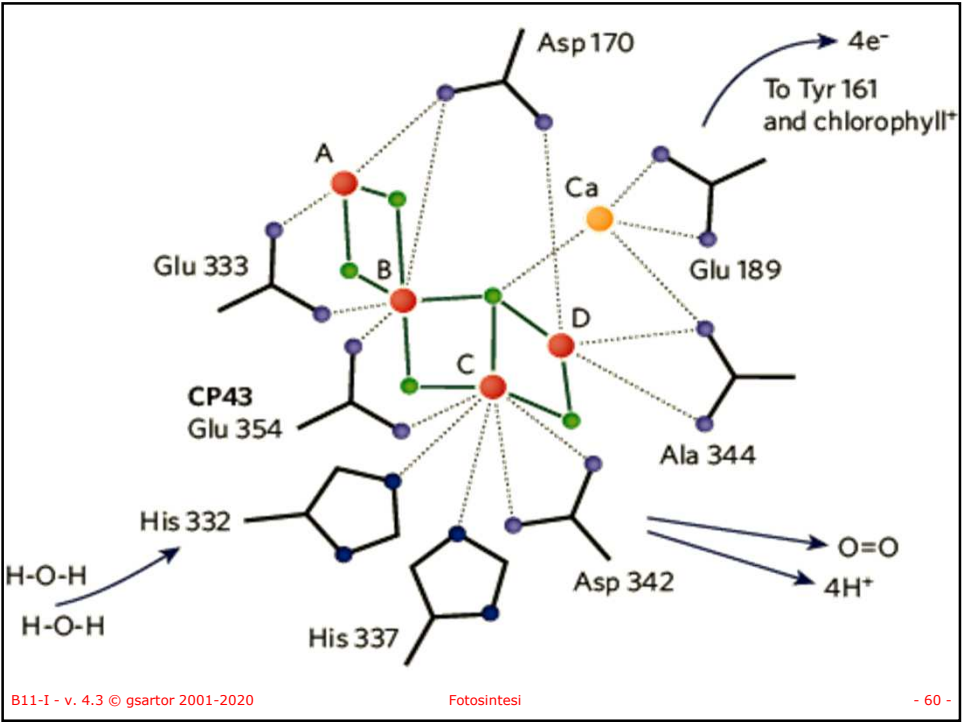
57



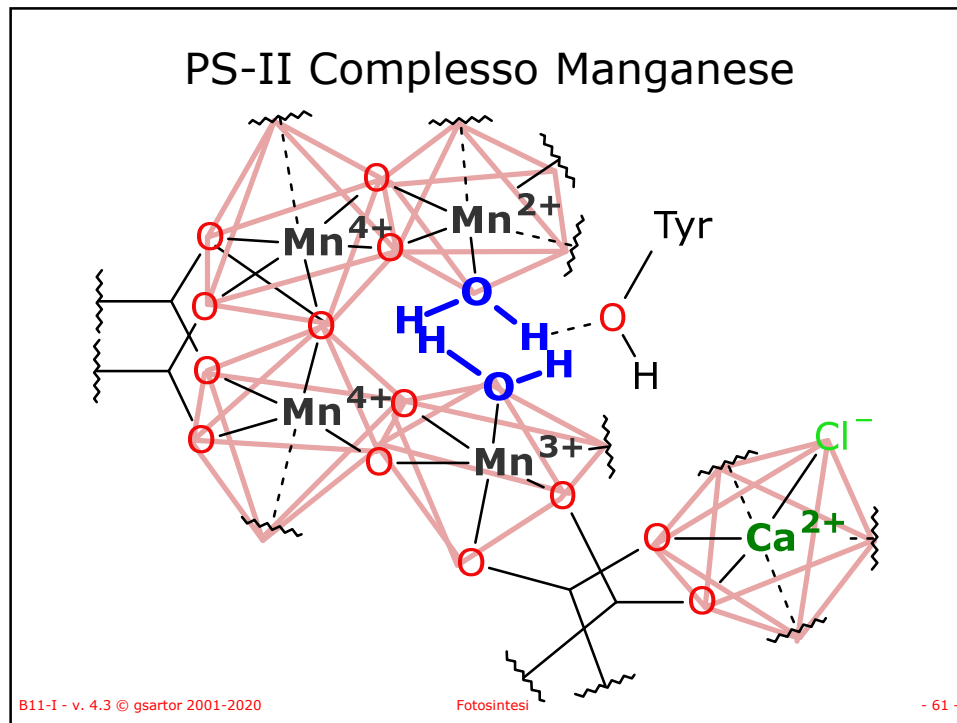
58



59



60



61

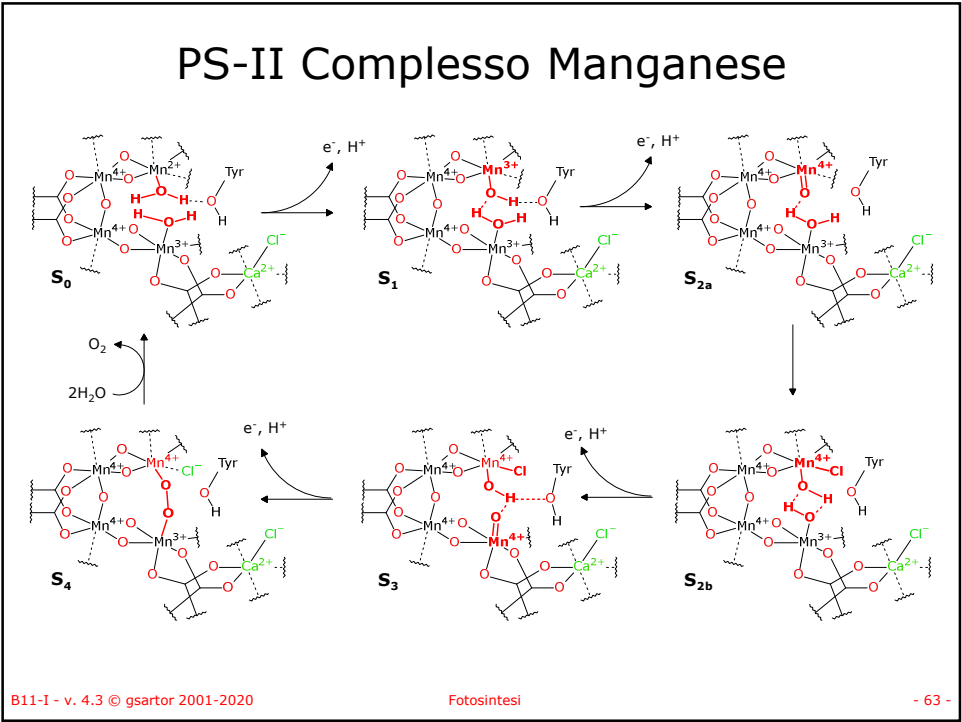
PS-II Complesso Manganese

- È il sito dove avviene la reazione:

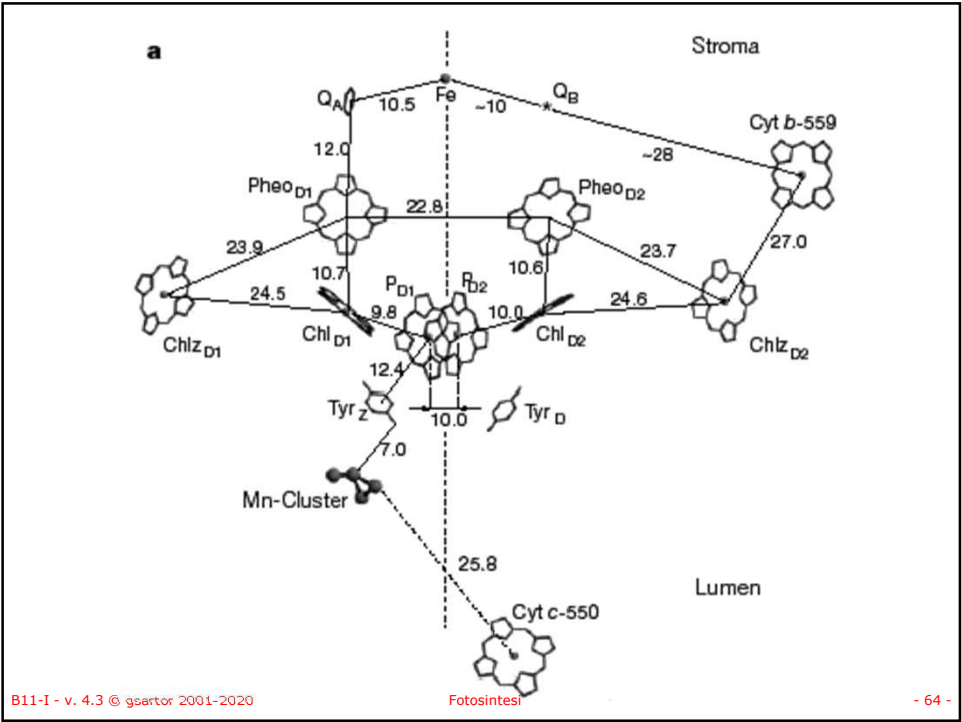
$$\text{H}_2\text{O} \rightarrow \frac{1}{2} \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$$
- I due elettroni vengono trasportati al P680⁺ (attivato dal P680 per assorbimento di un fotone)

B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020 Fotosintesi - 62 -

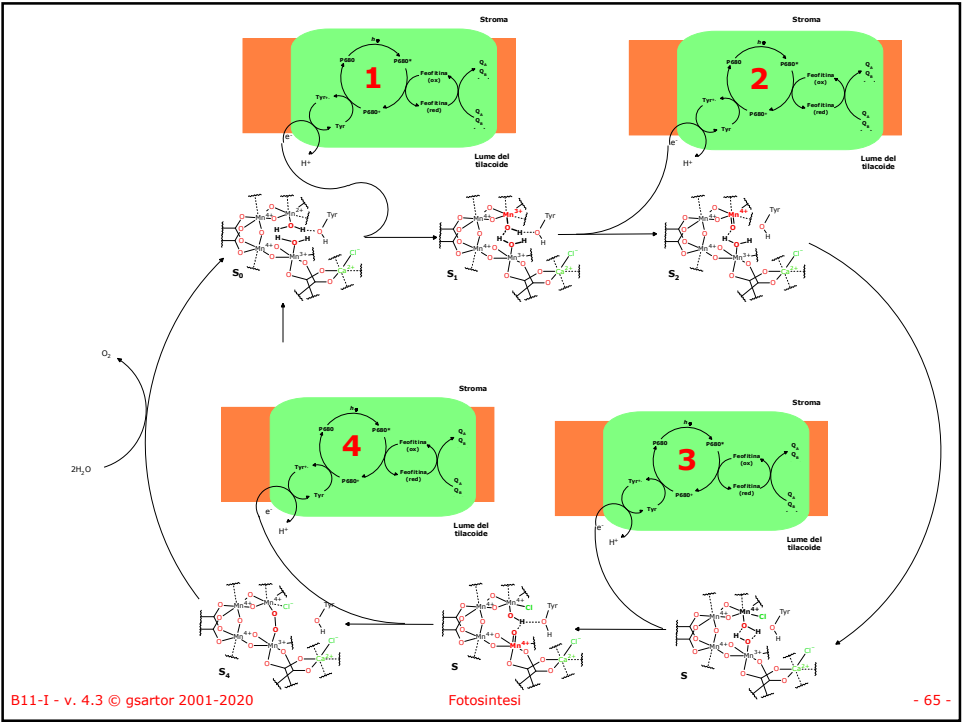
62



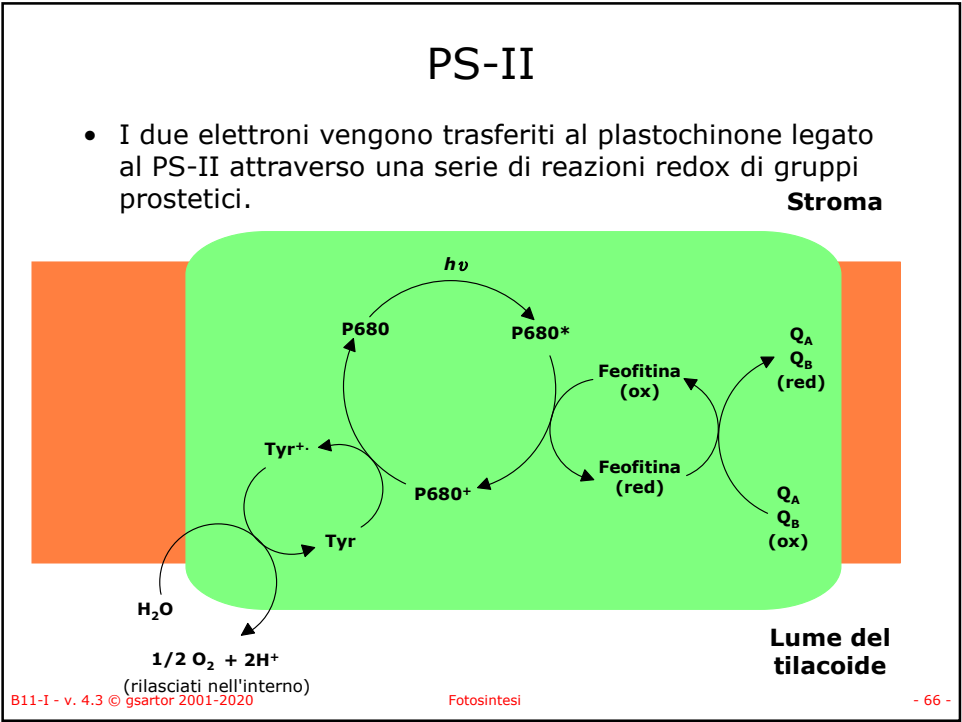
63



64

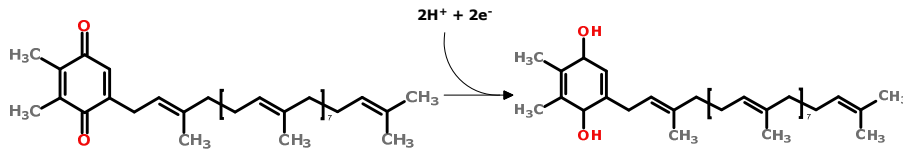


65



66

Plastoquinone



- Il plastoquinone 9 (nove unità isoprenoidi) è un trasportatore mobile di elettroni,
- Due molecole di plastoquinone 9 (Q_A e Q_B) sono legati al PS-II e sono l'ultimo anello della catena redox interna al PS-II.
- Gli elettroni vengono quindi trasferiti al pool di plastoquinone che funziona come il CoQ nei mitocondri:

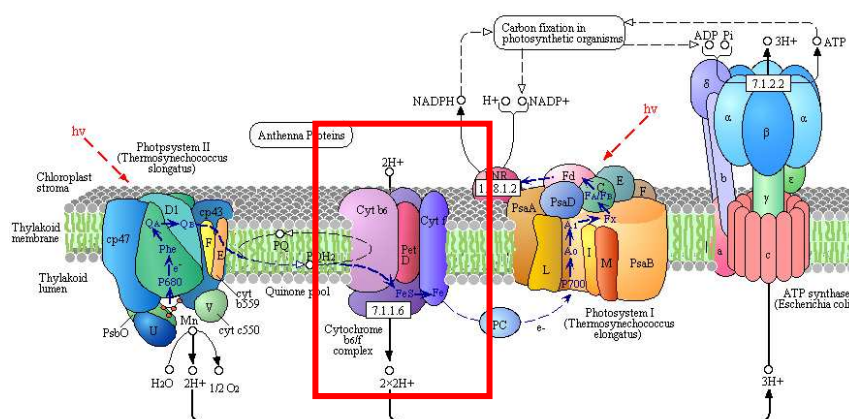
B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 67 -

67

Complesso Cyt b - Cyt f (EC 1.10.99.1)



B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 68 -

68

Q cycle

1

• Il CoQH_2 è legato al proprio sito nella proteina.

B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020 Fotosintesi - 69 -

69

Q cycle

2

• Il CoQH_2 cede un e^- al Fe^{++} dell'eme b_L
 • Si forma il semichinone carico negativamente
 • 2 H^+ sono rilasciati nello spazio intermembrana.

B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020 Fotosintesi - 70 -

70

Q cycle

3a

- Un e^- passa dal Fe^{++} del gruppo eme b_H al Fe^{+++} del gruppo eme b_L .
- L' e^- va quindi a ridurre un CoQ ossidato (proveniente dal pool dei chinoni) a semichinone

B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020 Fotosintesi - 71 -

71

Q cycle

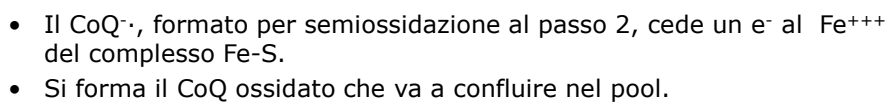
3b

- Un e^- passa dal Fe^{++} del gruppo eme b_H al Fe^{+++} del gruppo eme b_L .
- In alternativa (secondo le necessità) l' e^- va quindi a ridurre un CoQ^- per riformare il $CoQH_2$ con due H^+ provenienti dalla matrice.

B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020 Fotosintesi - 72 -

72

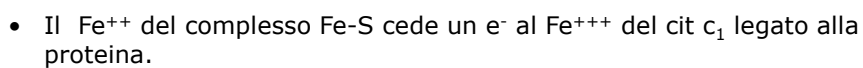
4



- 73 -

73

5



- 74 -

74

Q cycle

6

Il diagramma illustra il ciclo Q nel Complesso III. Gli elettroni (e^-) vengono trasferiti da ubiquinol (UQ) a ubiquinone (UQ), che viene ossidato a ubiquinolone (UQ^+). Gli elettroni passano poi ai citocromi b_L e b_H , e infine al citocromo c_1 , che li trasferisce al citocromo c mobile. Durante questo processo, i protoni (H^+) vengono pompate dallo SPAZIO INTERMEMBRANA verso la MATRICE. La reazione è bilanciata da $2H^+$ in entrambi i compartimenti.

- Il Fe^{++} del cit c_1 legato alla proteina cede un e^- al Fe^{+++} del cit c mobile.

B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020 Fotosintesi - 75 -

75

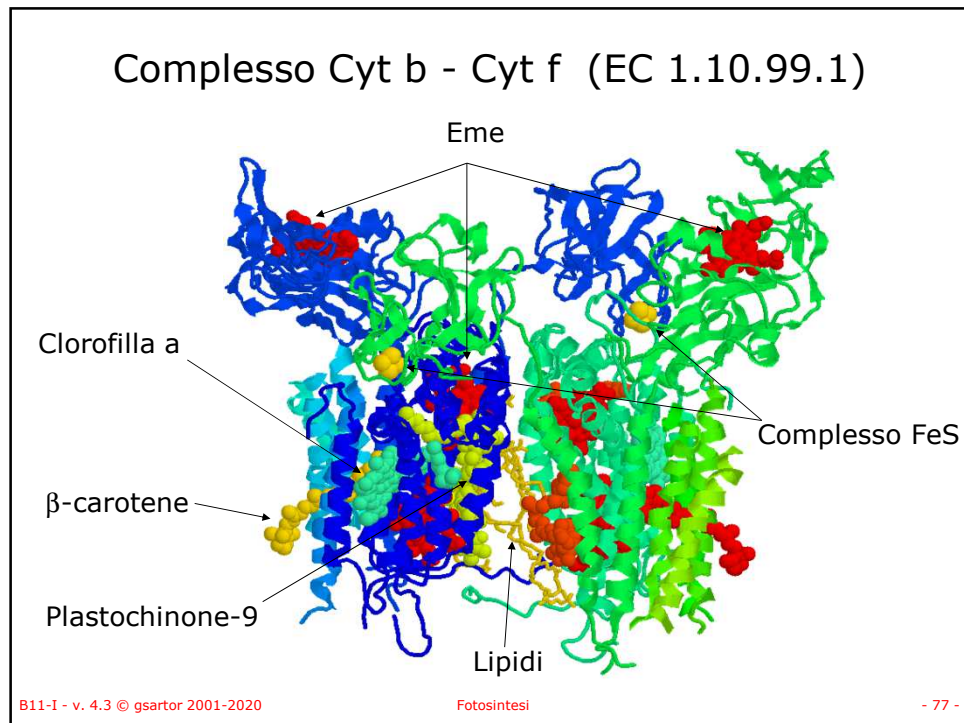
Complesso Cyt b - Cyt f (EC 1.10.99.1)

- Gli elettroni provenienti dal pool dei chinoni vengono trasferiti al complesso Cyt b6/f che contiene due gruppi eme: Cyt b6 ($E'_0 = -0.06$ V) e Cyt f ($E'_0 = +0.365$ V).
- Gli elettroni vengono quindi convogliati alla plastocianina.
- In alcune situazioni il Cyt b6 serve per "cortocircuitare" il P700* per produrre gradiente protonico aggiuntivo piuttosto che NADPH.

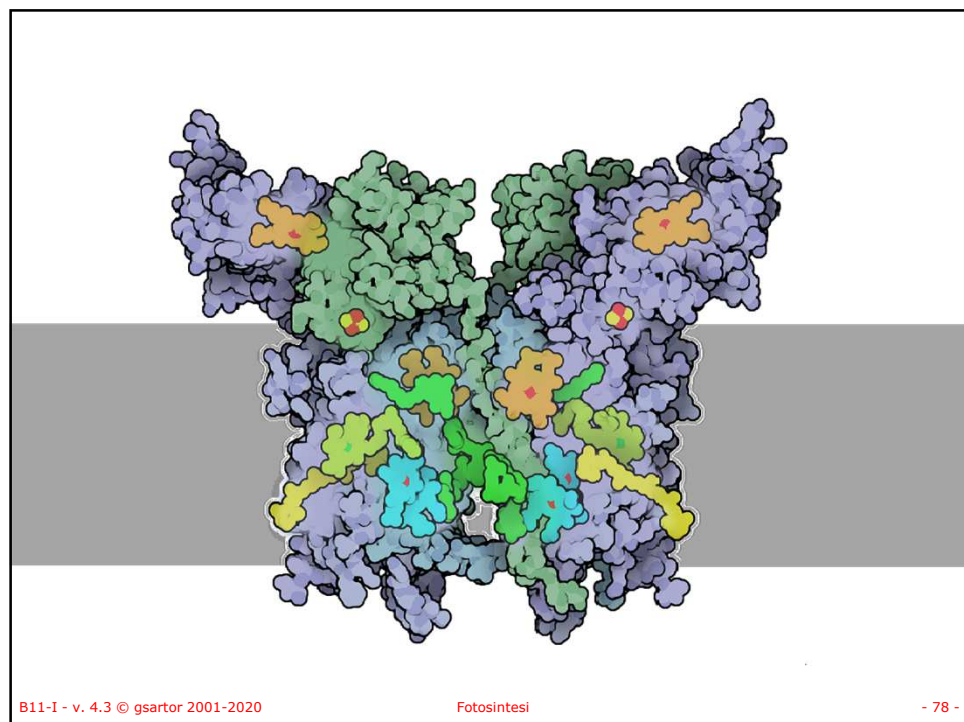
Il diagramma illustra il complesso Cyt b6-f. Gli elettroni (e^-) vengono trasferiti da plastoquinone (PQ) a plastoquinone semiquinone (PQH_2), che viene ossidato a plastoquinone (PQ). Gli elettroni passano poi ai citocromi b_6 e f , e infine alla plastocianina (PC). Durante questo processo, i protoni (H^+) vengono pompate dallo SPAZIO INTERMEMBRANA verso la MATRICE. La reazione è bilanciata da H^+ in entrambi i compartimenti.

B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020 Fotosintesi - 76 -

76

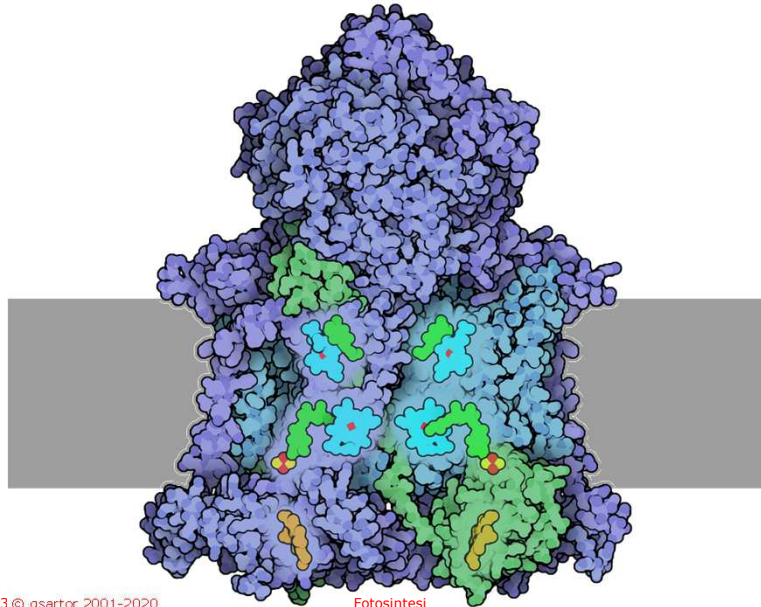


77



78

Nella respirazione mitocondriale



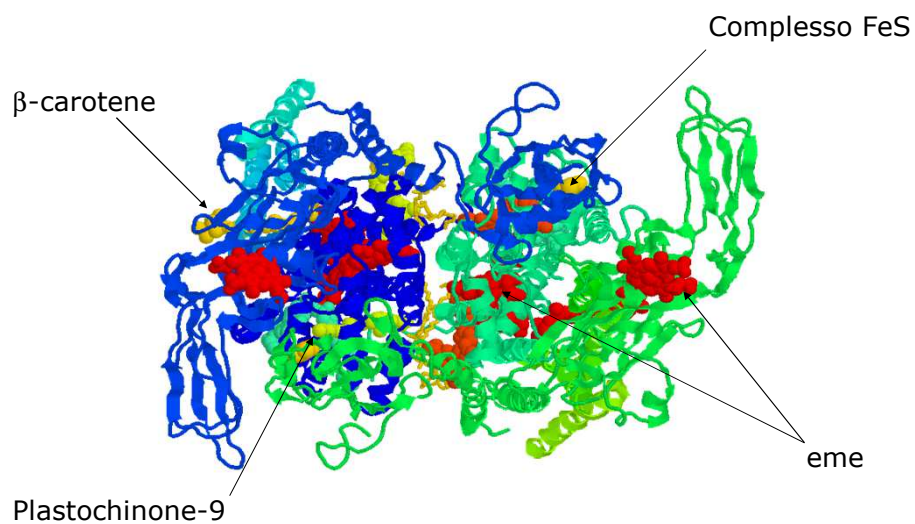
B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 79 -

79

Complesso Cyt b - Cyt f (EC 1.10.99.1)

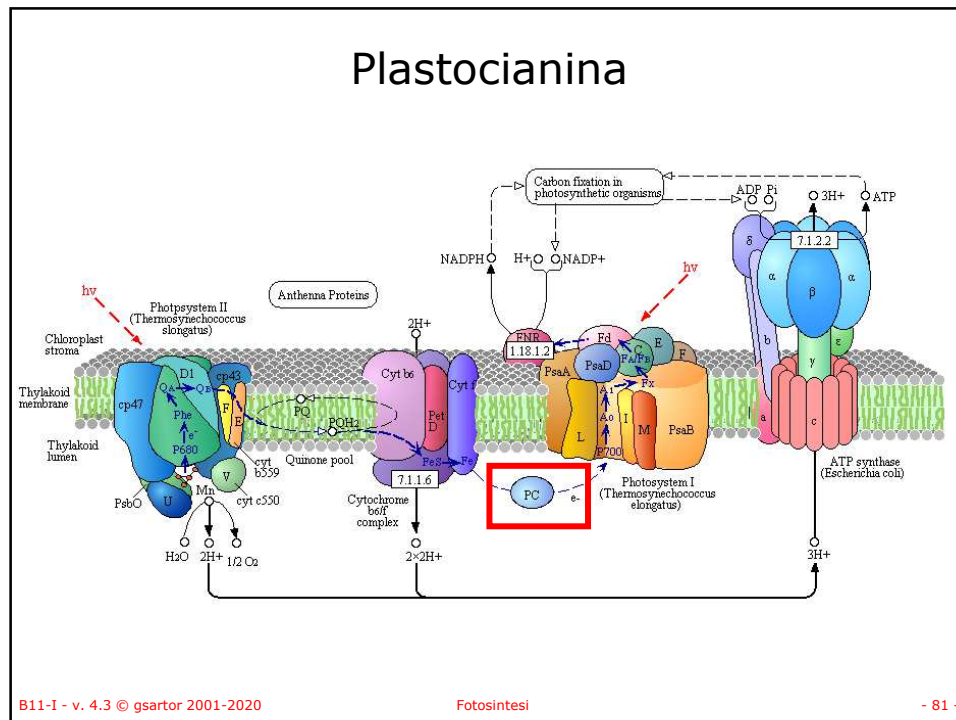


B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 80 -

80



81

Plastocianina

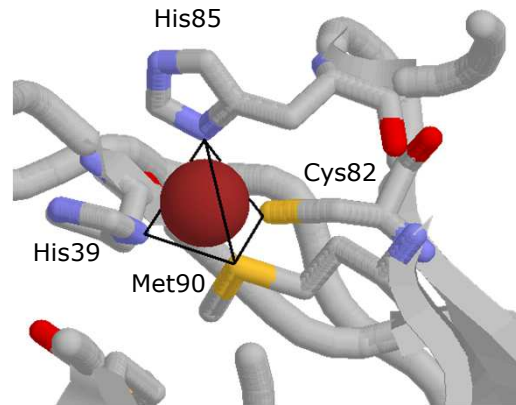
- La plastocianina è un trasportatore mobile di elettroni (un elettrone per volta) simile al Cyt c nella catena respiratoria.
- L'elettrone viene trasportato dallo ione rame che si presenta nella forma ossidata (Cu^{++}) e ridotta (Cu^+).

B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020 Fotosintesi - 82 -

82

Plastocianina

- Lo ione rame è legato alla proteina da quattro legami di coordinazione (sp^3) che coinvolgono gli atomi di azoto di due residui di His adiacenti e gli atomi di zolfo di un residuo di Cys e di un residuo di Met.



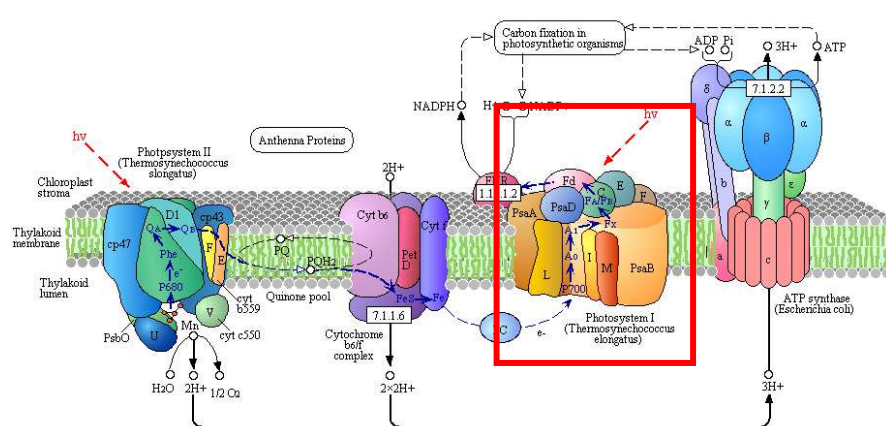
B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 83 -

83

Fotosistema I (PS-I)

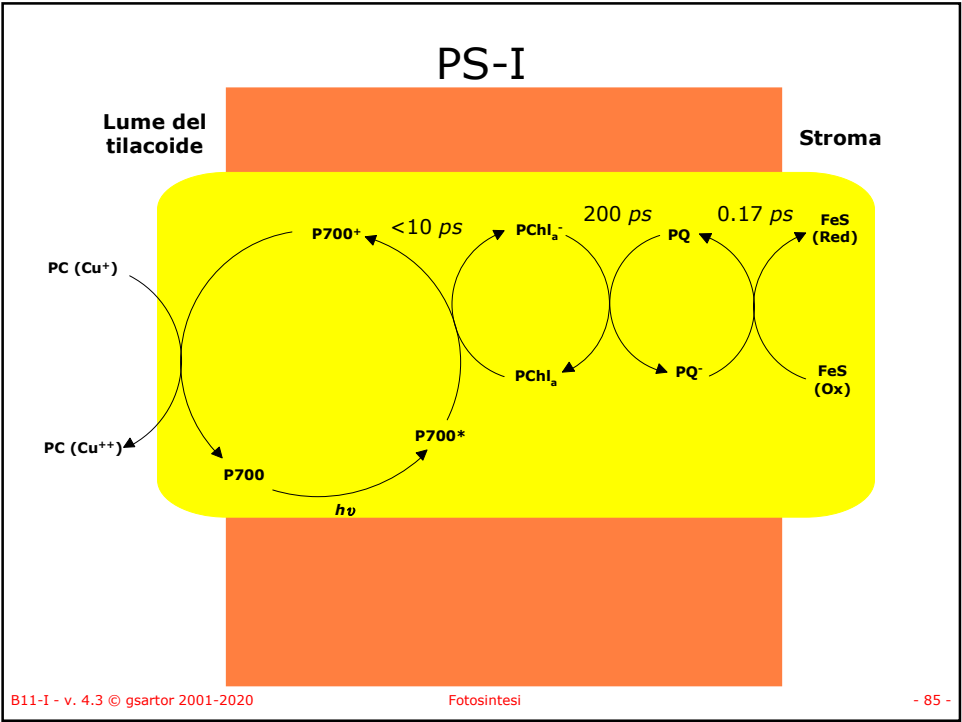


B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

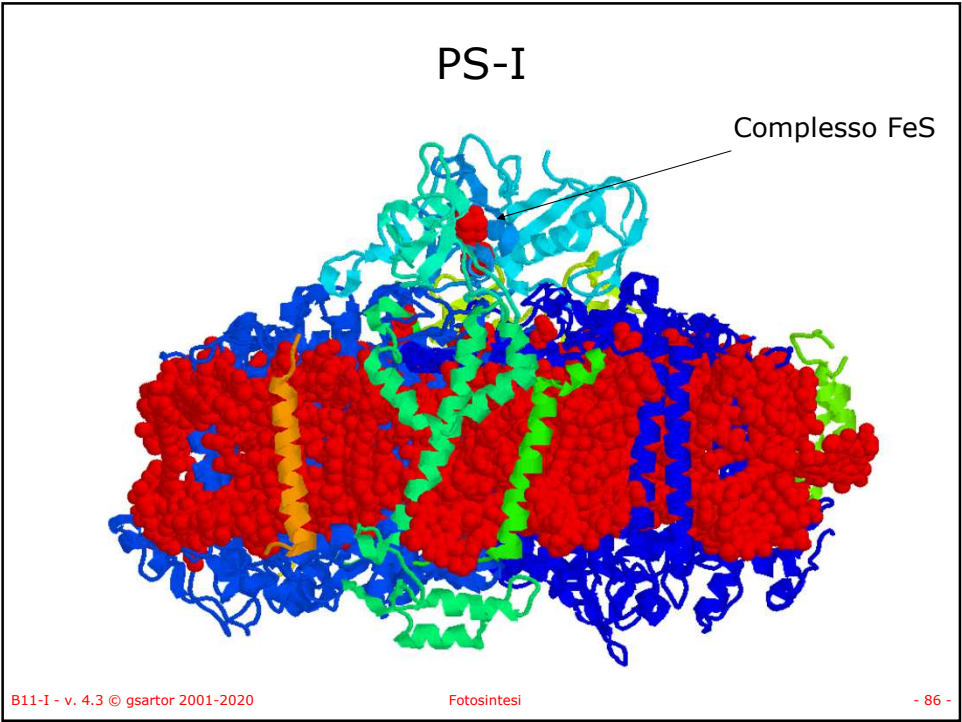
Fotosintesi

- 84 -

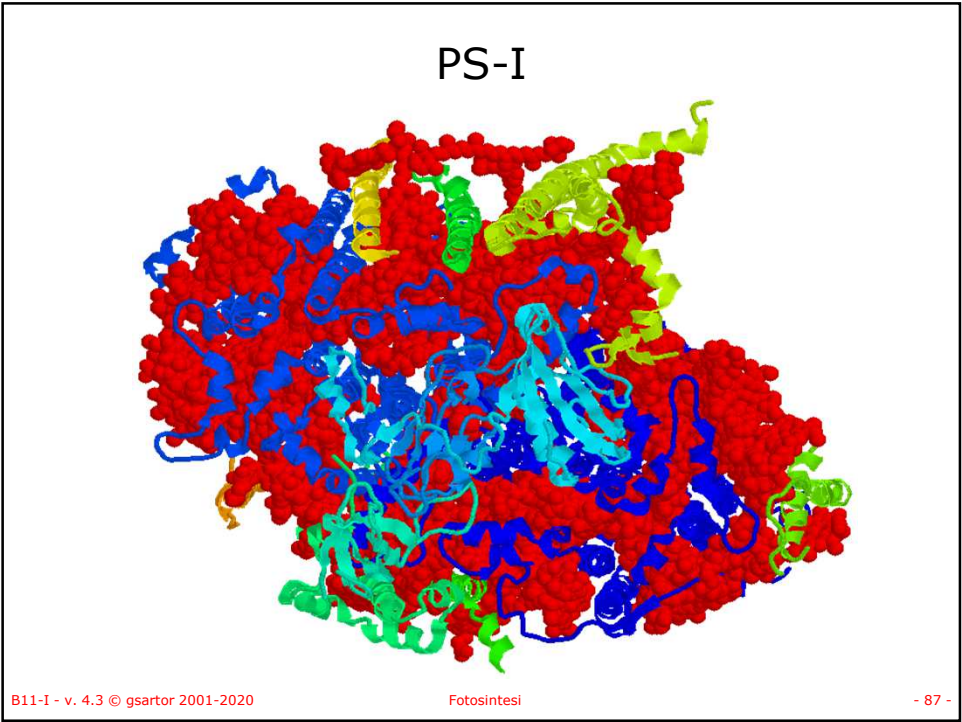
84



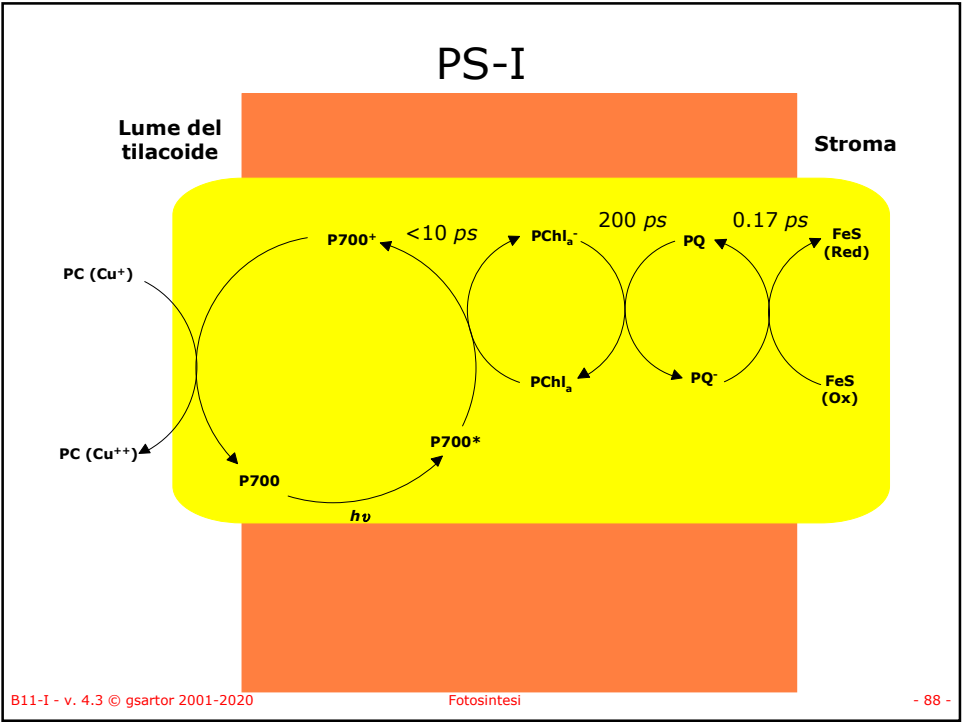
85



86



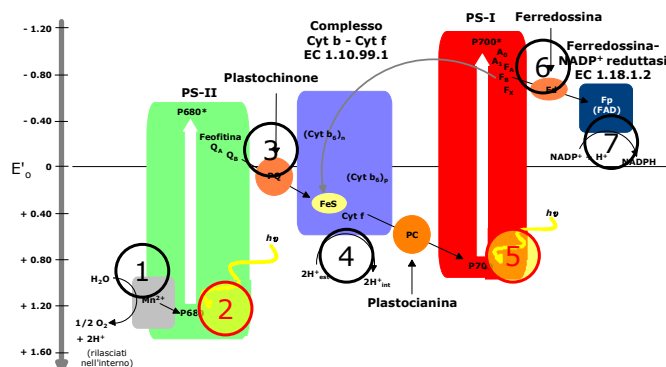
87



88

- I valori dei potenziali redox permettono il trasferimento di elettroni dall' H_2O al NADP^+ :

1. $E'_o = + 0.85 \text{ V}$
2. $E'_o = + 1.20 \text{ V}$
3. $E'_o \approx 0 \text{ V}$
4. $E'_o = + 0.40 \text{ V}$
5. $E'_o = + 0.75 \text{ V}$
6. $E'_o = - 1.20 \text{ V}$
7. $E'_o = - 0.70 \text{ V}$



- 89 -

89

The diagram illustrates the photosynthetic electron transport chain in a thylakoid membrane. Key components and processes include:

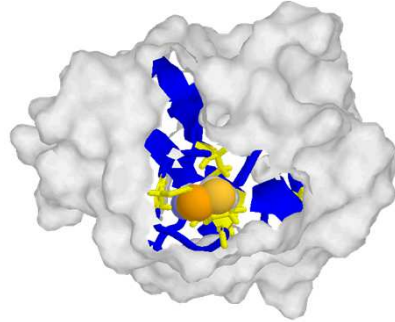
- Photosystem II (Thermosynechococcus elongatus):** Absorbs light energy ($h\nu$) and splits water ($H_2O \rightarrow 2H^+ + 1/2 O_2$) using a manganese cluster (Mn) and P680.
- Antenna Proteins:** Assist in capturing light energy and transferring it to the reaction centers.
- Electron Carriers:** Electrons flow through plastoquinone (Pq), the cytochrome b_6/f complex (containing Cyt b6, Cyt f, and the 7111.6 complex), plastocyanin (Pc), ferredoxin (Fd), and Photosystem I (Thermosynechococcus elongatus).
- Photosystem I:** Absorbs light energy ($h\nu$) and reduces NADP $^+$ to NADPH using electrons from the ferredoxin pool.
- ATP Synthase (Escherichia coli):** Utilizes the proton gradient (H^+) across the membrane to synthesize ATP from ADP and inorganic phosphate (P_i).
- Carbon fixation:** In photosynthetic organisms, the produced NADPH and ATP are used for carbon fixation.

- 90 -

90

Ferredossina

- La ferredossina è un trasportatore mobile di elettroni che sfrutta la presenza di un cluster Fe_2S_2 .
- La ferredossina accetta un elettrone dal PS-I e lo trasferisce al NADP^+ .



B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

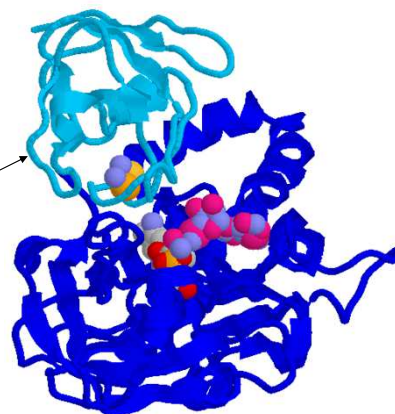
Fotosintesi

- 91 -

91

Ferredossina reduttasi (EC 1.18.1.2)

- Il trasferimento di elettroni dalla ferredossina al NADP^+ è catalizzato da una ferredossina-reduttasi.
- È una flavoproteina che lega la ferredossina correttamente orientata.
- Il FAD è convertito in FADH_2 ,
- Gli elettroni sono quindi trasferiti al NADP^+ nello stroma.



B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

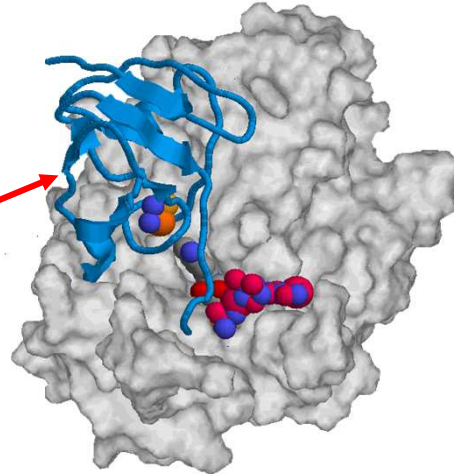
Fotosintesi

- 92 -

92

Ferredossina riduttasi (EC 1.18.1.2)

- Il trasferimento di elettroni dalla ferredossina al NADP^+ è catalizzato da una ferredossina-riduttasi.
- È una flavoproteina che lega la ferredossina correttamente orientata.
- Il FAD è convertito in FADH_2 ,
- Gli elettroni sono quindi trasferiti al NADP^+ nello stroma.



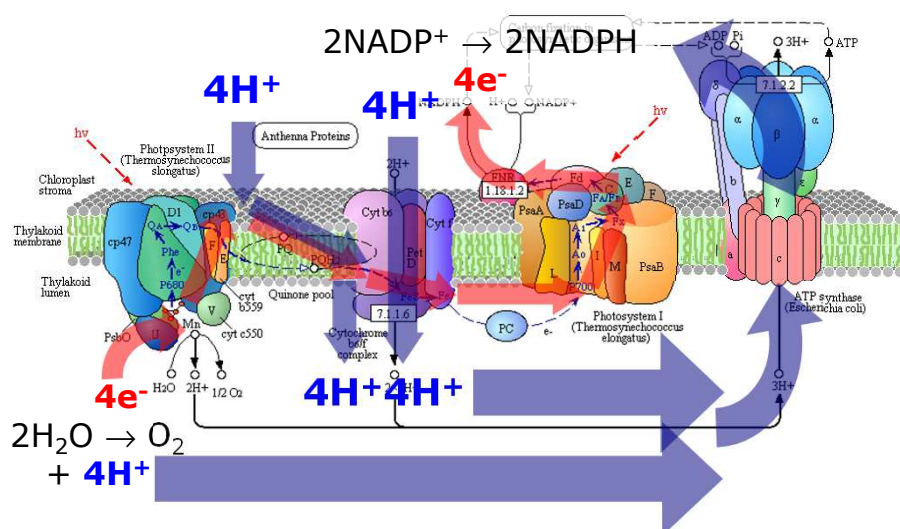
B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 93 -

93

Il flusso



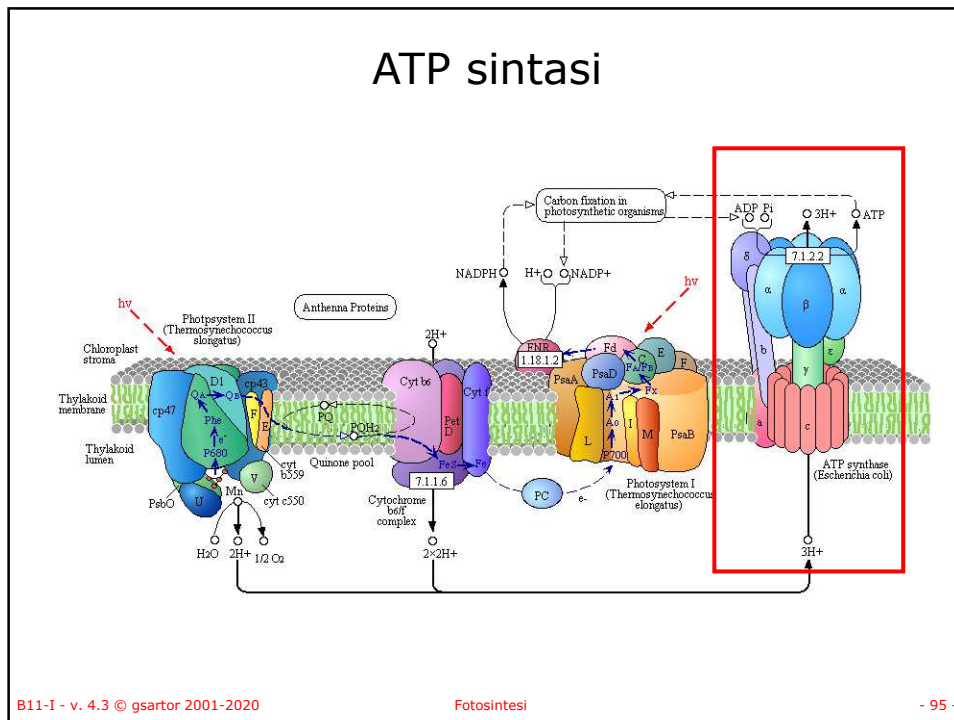
B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 94 -

94

ATP sintasi



95

Supercomplessi

- Così come per i complessi enzimatici che sono deputati al trasporto di elettroni dal NADH all' O_2 nella catena respiratoria anche per i fotosistemi e i Light Harvesting Complexes si è ipotizzata, e verificata, l'esistenza di supercomplessi.

B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 96 -

96

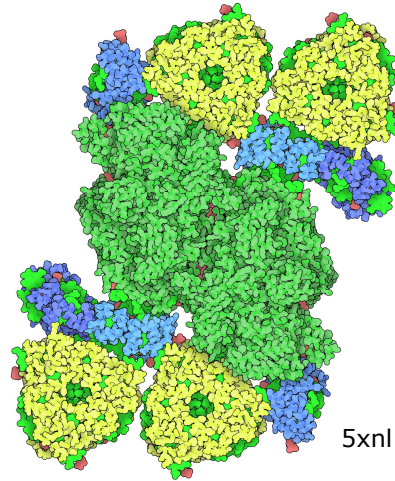
Supercomplessi - PSII

- Supercomplesso di PSII di pisello (*Pisum sativum*):

– **PSII**

– **LHCII**

– **LHC minori**



B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

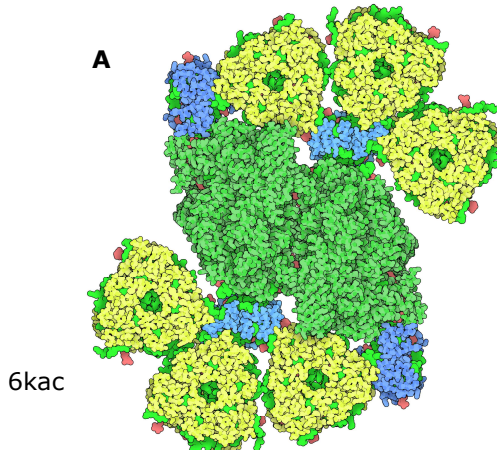
Fotosintesi

- 97 -

97

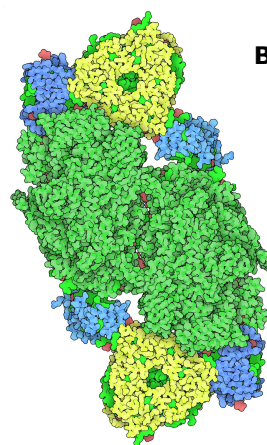
Supercomplessi - PSII

A



6kac

B



6kad

- Supercomplesso nell'alga verde *Chlamydomonas reinhardtii* in condizione di bassa luce (A) e alta luce (B)

B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

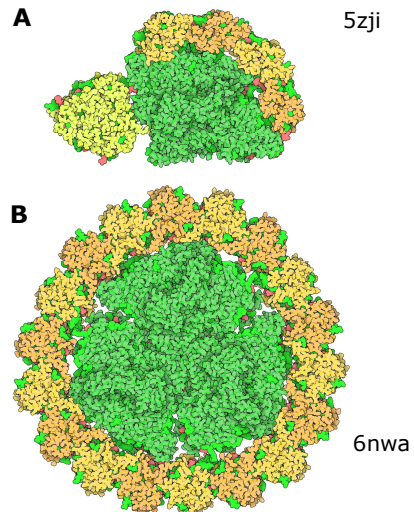
Fotosintesi

- 98 -

98

Supercomplessi – PSI

- A. *Zea mays*
- B. *Synechocystis sp.*
cianobatterio in
condizioni di stress
da privazione di
ferro



B11-1 - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

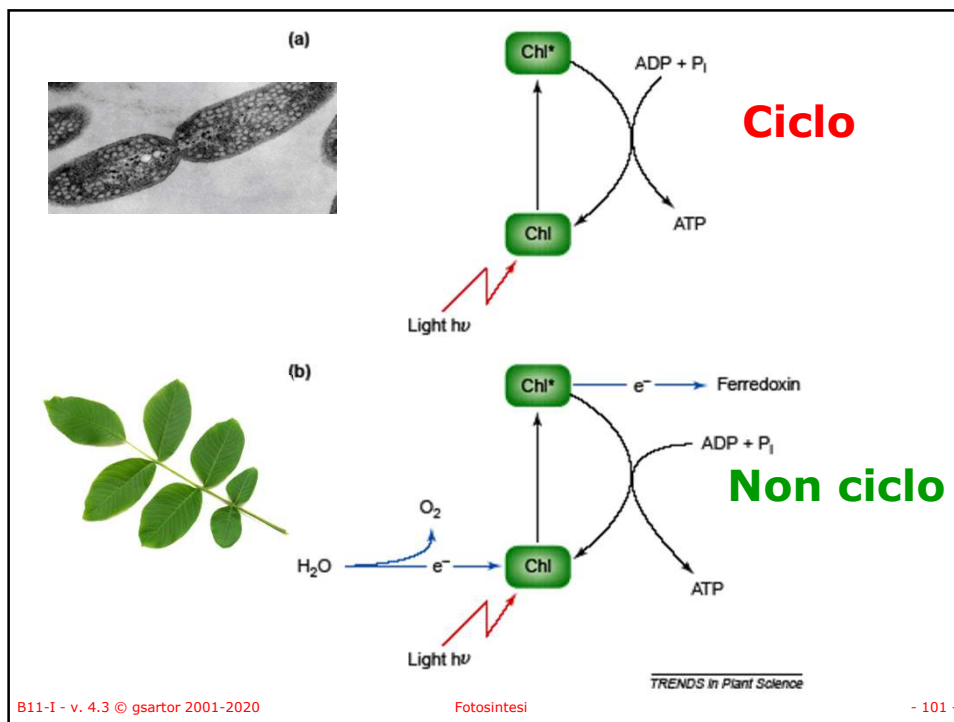
Fotosintesi

- 99 -

99



100



101

Fotosintesi in *Rhodobacter sphaeroides*

- *Rhodobacter sphaeroides* appartiene ad un gruppo di batteri rossi che ottengono energia dalla fotosintesi.
- Crescono alla luce in anaerobiosi (fototrofia) e come chemoeterotrofi in assenza di luce.
- Sono in grado di fissare l'azoto.

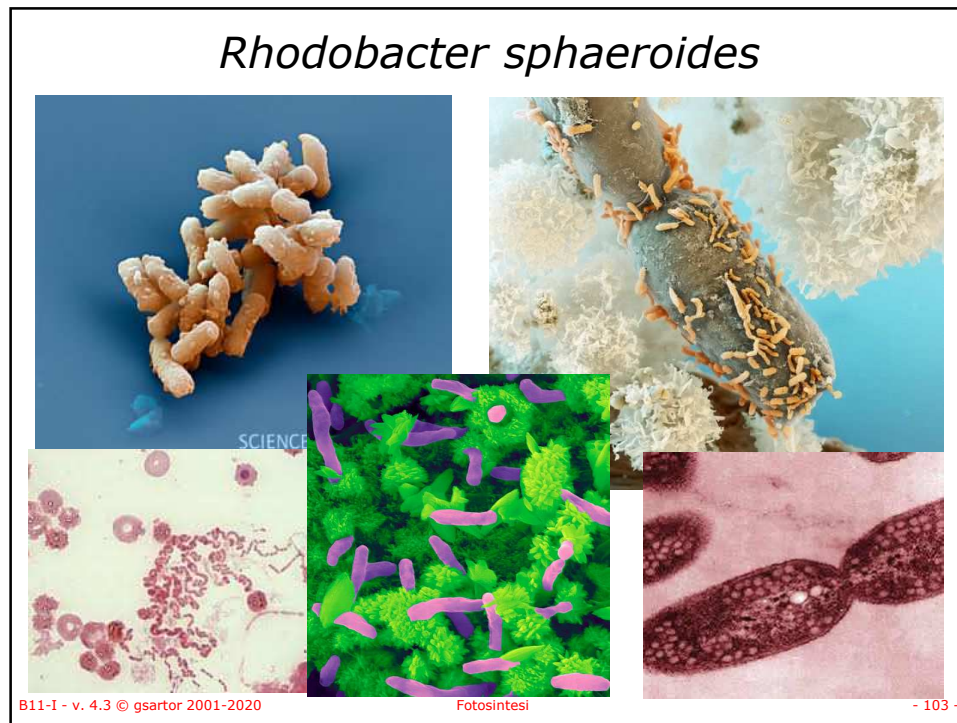


B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

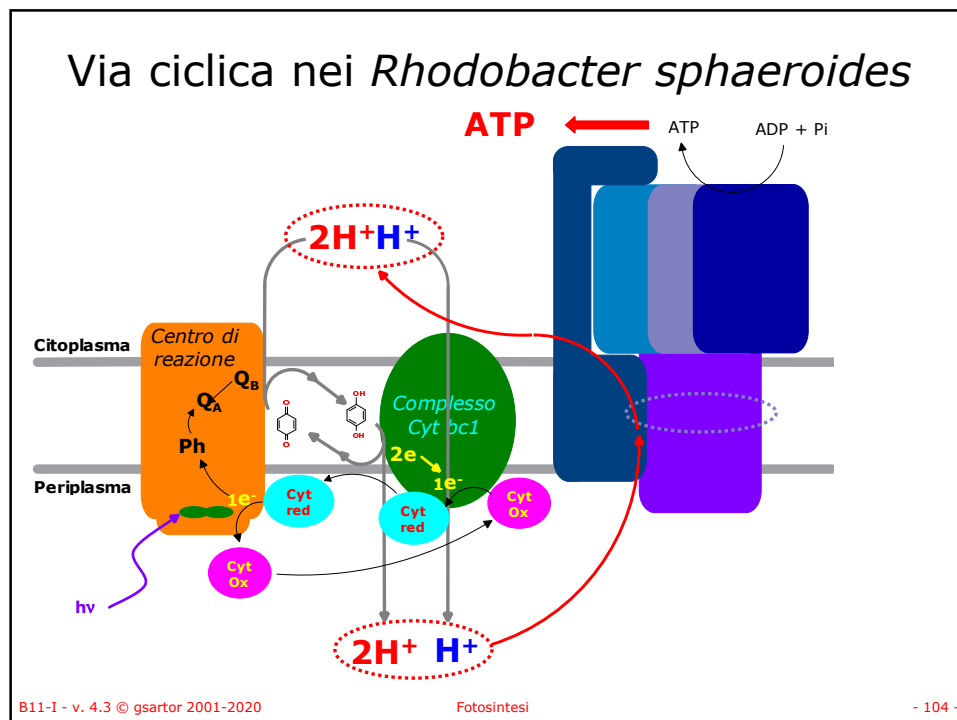
Fotosintesi

- 102 -

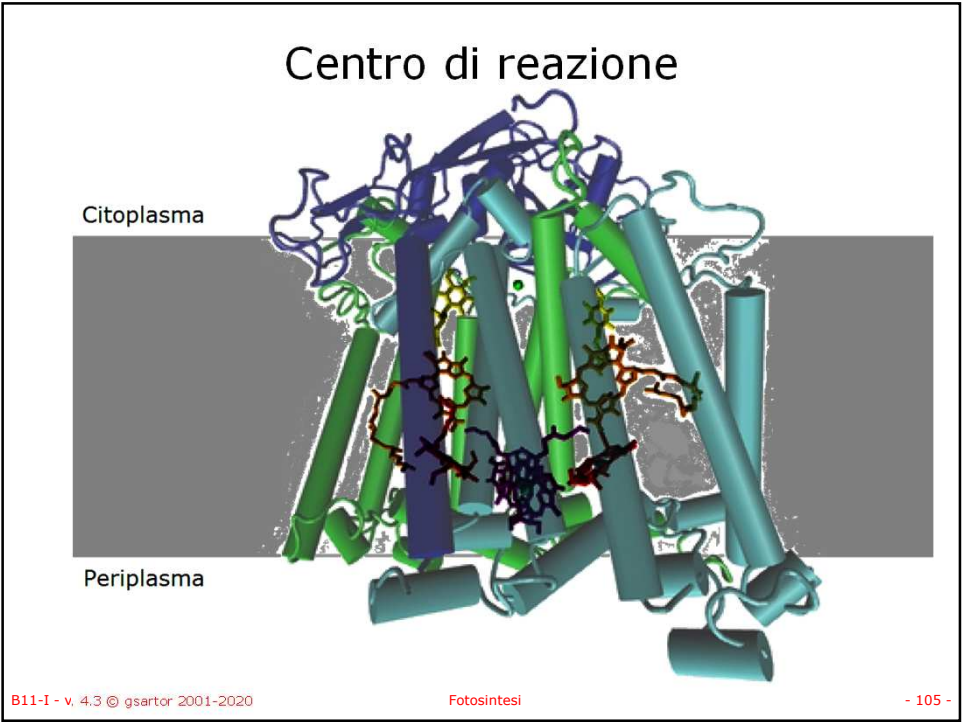
102



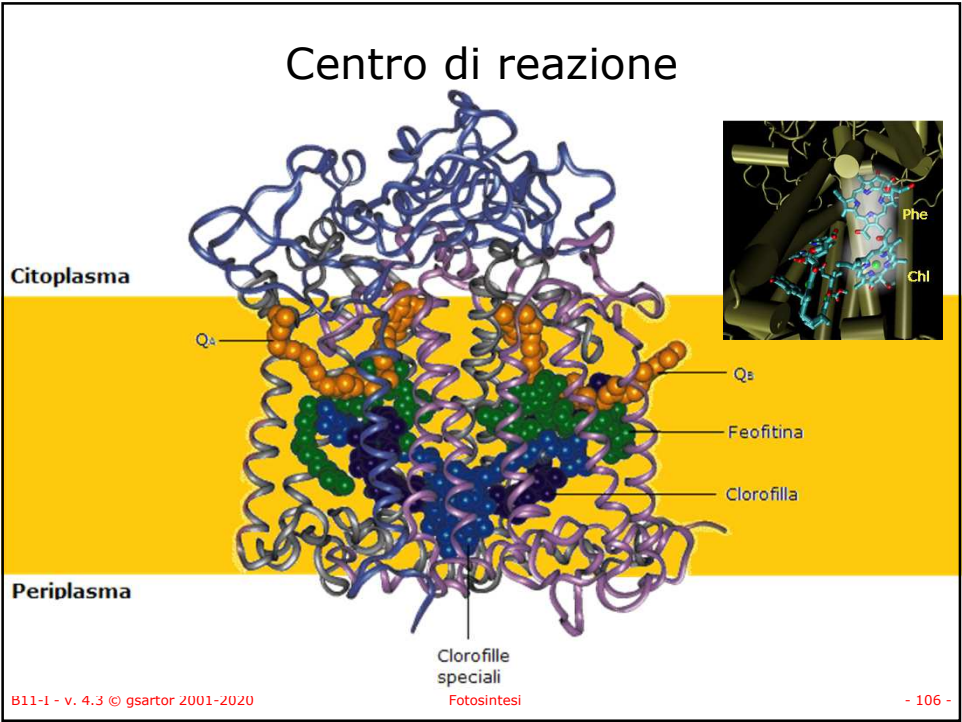
103



104



105



106

Referenze sul WEB

- Vie metaboliche
 - KEGG: <http://www.genome.ad.jp/kegg/>
 - Degradazione degli xenobiotici: <http://www.genome.ad.jp/kegg/pathway/map/map01196.html>
- Struttura delle proteine:
 - Protein data bank (Brookhaven): <http://www.rcsb.org/pdb/>
 - Hexpasy
 - Expert Protein Analysis System: <http://us.expasy.org/sprot/>
 - Prosite (protein families and domains): <http://www.expasy.org/prosite/>
 - Enzyme (Enzyme nomenclature database): <http://www.expasy.org/enzyme/>
 - Scop (famiglie strutturali): <http://scop.berkeley.edu/>
- Enzimi:
 - Nomenclatura - IUBMB: <http://www.chem.qmw.ac.uk/iubmb/>
 - Proprietà - Brenda: <http://www.brenda.uni-koeln.de/>
 - Expasy (Enzyme nomenclature database): <http://www.expasy.org/enzyme/>
- Database di biocatalisi e biodegradazione: <http://umbdbd.ahc.umn.edu/>
- Citocromo P450: <http://www.icgeb.org/~p450srv/>
- Metallotioneine: <http://www.unizh.ch/~mtpage/MT.html>
- Tossicità degli xenobiotici: Agency for Toxic Substances and Disease Registry <http://www.atsdr.cdc.gov>

B11-I - v. 4.3 © gsartor 2001-2020

Fotosintesi

- 107 -

107

Crediti e autorizzazioni all'utilizzo

- Questo materiale è stato assemblato da informazioni raccolte dai seguenti testi di Biochimica:
 - CHAMPE Pamela , HARVEY Richard , FERRIER Denise R. LE BASI DELLA BIOCHIMICA [ISBN 978-8808-17030-9] - Zanichelli
 - NELSON David L. , COX Michael M. I PRINCIPI DI BIOCHIMICA DI LEHNINGER - Zanichelli
 - GARRETT Reginald H., GRISHAM Charles M. BIOCHIMICA con aspetti molecolari della Biologia cellulare - Zanichelli
 - VOET Donald , VOET Judith G , PRATT Charlotte W FONDAMENTI DI BIOCHIMICA [ISBN 978-8808-06879-8] - Zanichelli
- E dalla consultazione di svariate risorse in rete, tra le quali:
 - Kegg: Kyoto Encyclopedia of Genes and Genomes <http://www.genome.ad.jp/kegg/>
 - Brenda: <http://www.brenda.uni-koeln.de/>
 - Protein Data Bank: <http://www.rcsb.org/pdb/>
 - Rensselaer Polytechnic Institute: <http://www.rpi.edu/dept/bcbp/molbiochem/MBWeb/mb1/MB1index.html>
- Il materiale è stato inoltre rivisto e corretto dalla **Prof. Giancarla Orlandini** dell'Università di Parma alla quale va il mio sentito ringraziamento.

Questo ed altro materiale può essere reperito a partire da: <http://www.gsartor.org/pro>

- Il materiale di questa presentazione è di libero uso per didattica e ricerca e può essere usato senza limitazione, purché venga riconosciuto l'autore usando questa frase:

Materiale ottenuto dal Prof. Giorgio Sartor
Università di Bologna

Giorgio Sartor
Ufficiale: giorgio.sartor@unibo.it
Personale: giorgio.sartor@gmail.com

Aggiornato il 01/04/2020 18:24:36

108