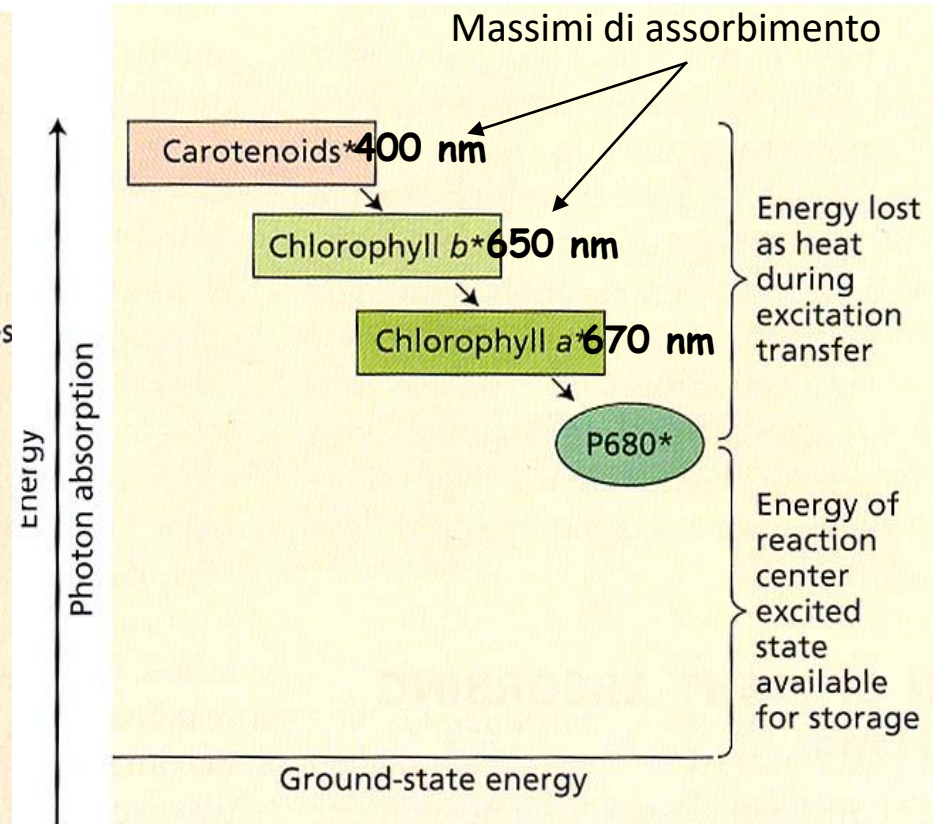
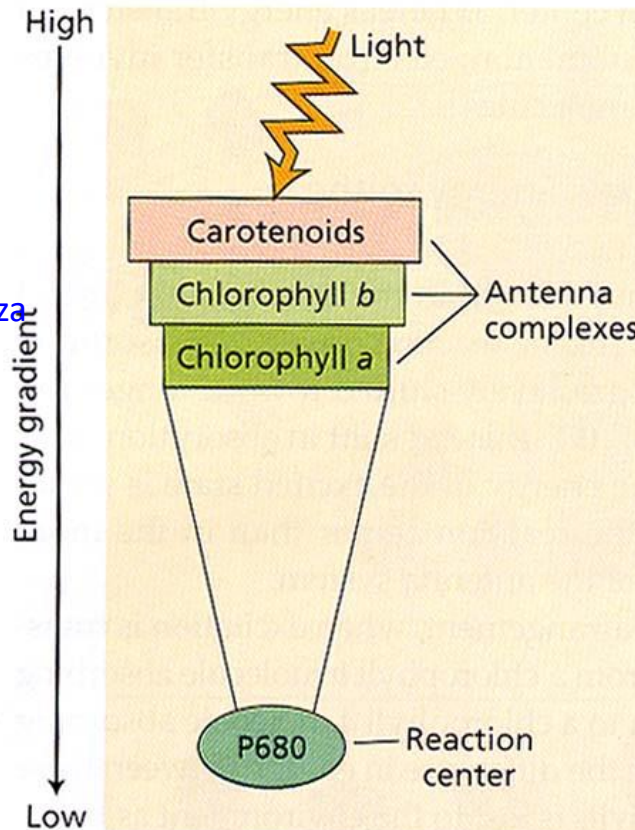


I sistemi antenna inviano l'energia ai centri di reazione

200-300 molecole Chl per centro di reazione, diverse centinaia di molecole di carotenoidi

trasferimento di energia per risonanza



Gradiente energetico: trasferimento di energia verso il centro di reazione è energeticamente favorevole

Il 95-99% dei fotoni assorbiti dai pigmenti antenna trovano la loro energia trasferita nel il centro di reazione → fotochimica

The photosynthetic pigments absorb much of the spectrum

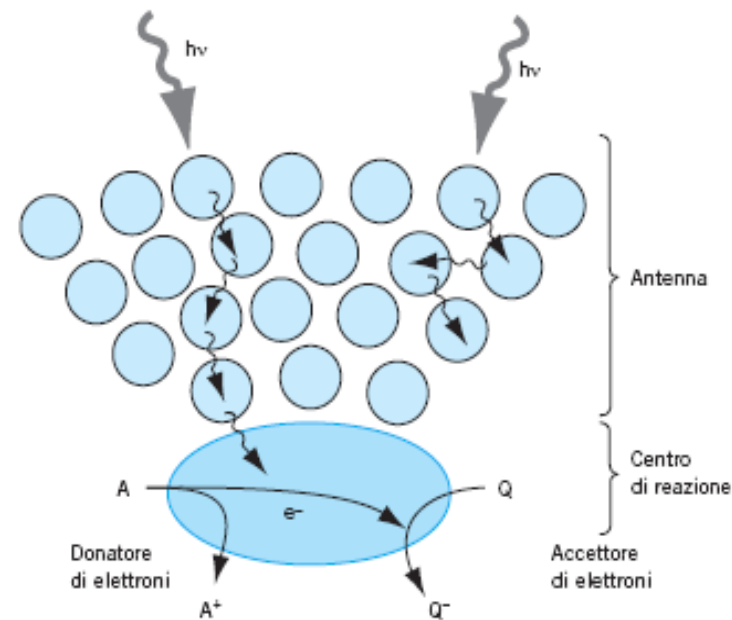
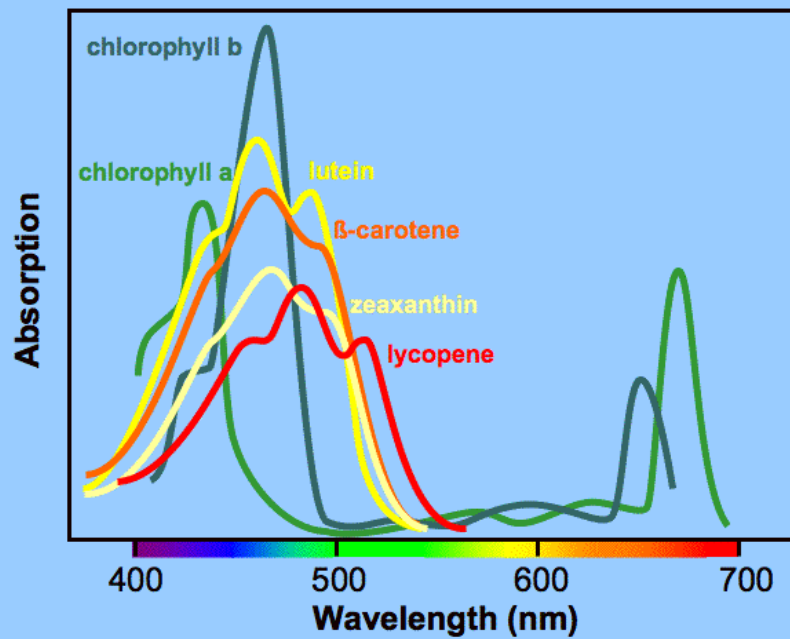
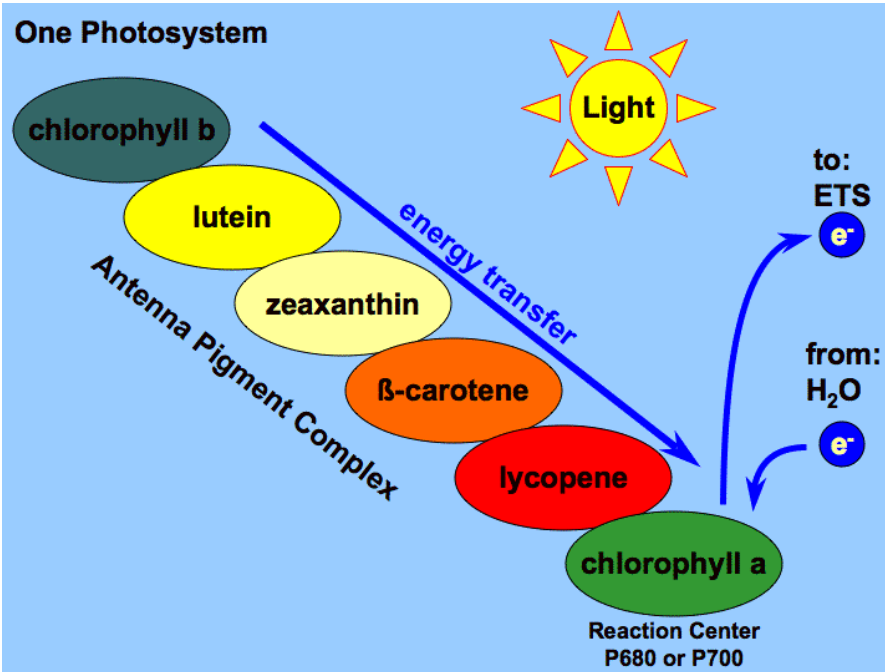


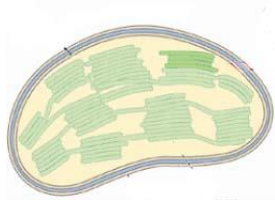
FIGURA 4.4 Un fotosistema contiene l'antenna e il centro di reazione. Le molecole di clorofilla dell'antenna assorbono i fotoni incidenti e trasferiscono l'energia di eccitazione ai centri di reazione dove avviene la reazione fotochimica di ossido-riduzione.

One Photosystem



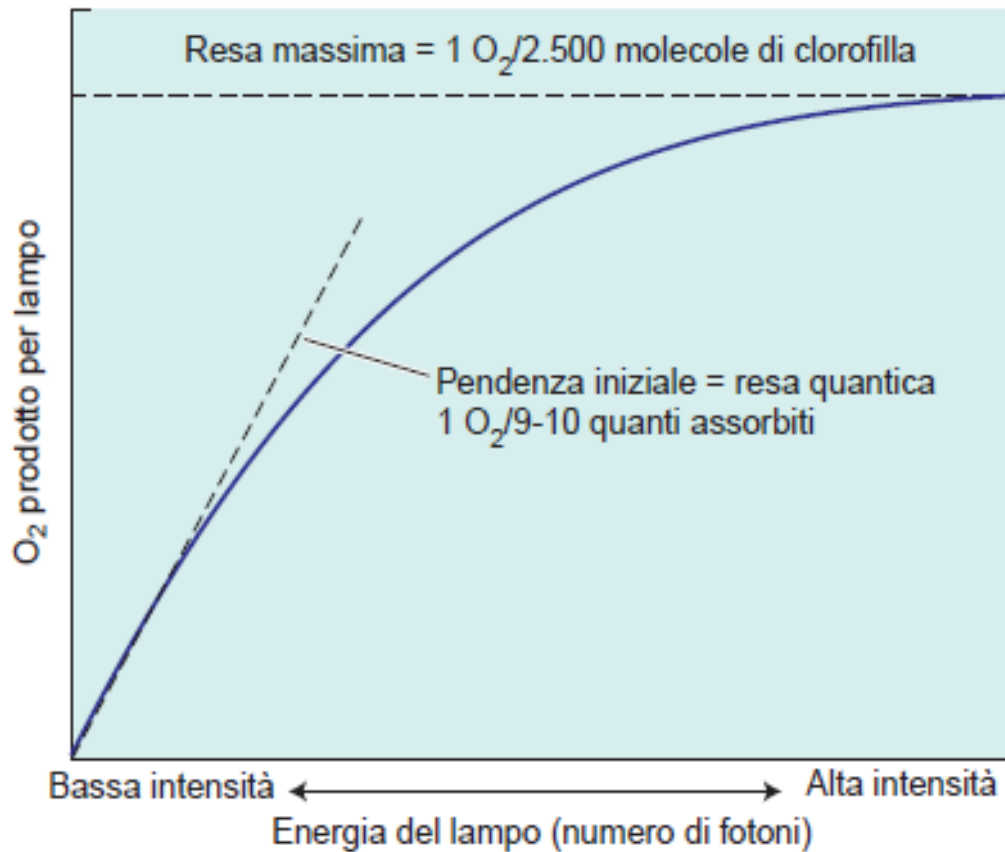
Resa quantica = Φ = n. prodotti fotochimici/n. fotoni assorbiti

Numero quantico/riciesta quantica = n. fotoni necessari per ottenere un dato prodotto



$$\Phi_{\text{fotochimica}} = 0.95$$

$$\Phi_{\text{fluorescenza}} = 0.05$$



La resa quantica degli eventi fotochimici è pari a 0.95.

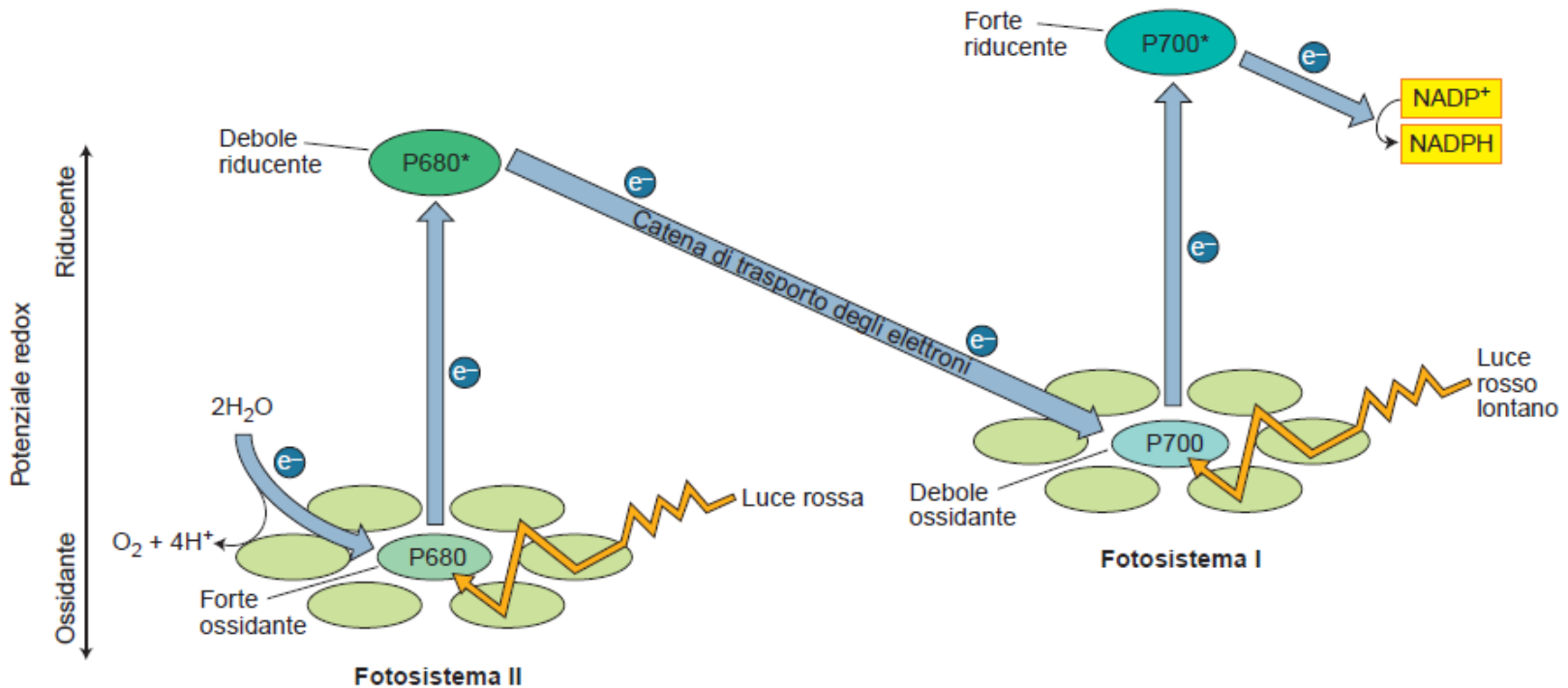
Tuttavia, sono necessari circa 10 fotoni (cioè 10 quanta) per rilasciare 1 O_2 (o fissare 1 CO_2).

Quindi, la resa quantica della fase tilacoidale è teoricamente pari a 0.1

La fotosintesi ossigenica avviene grazie a due fotosistemi che agiscono in serie

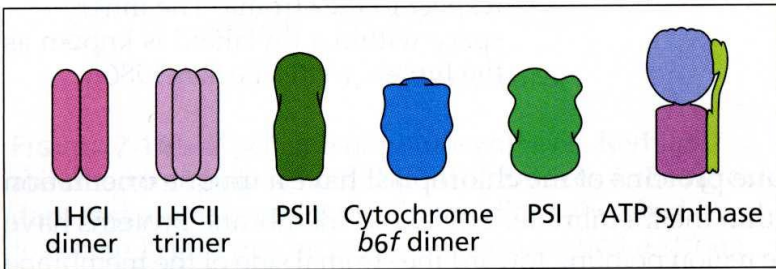
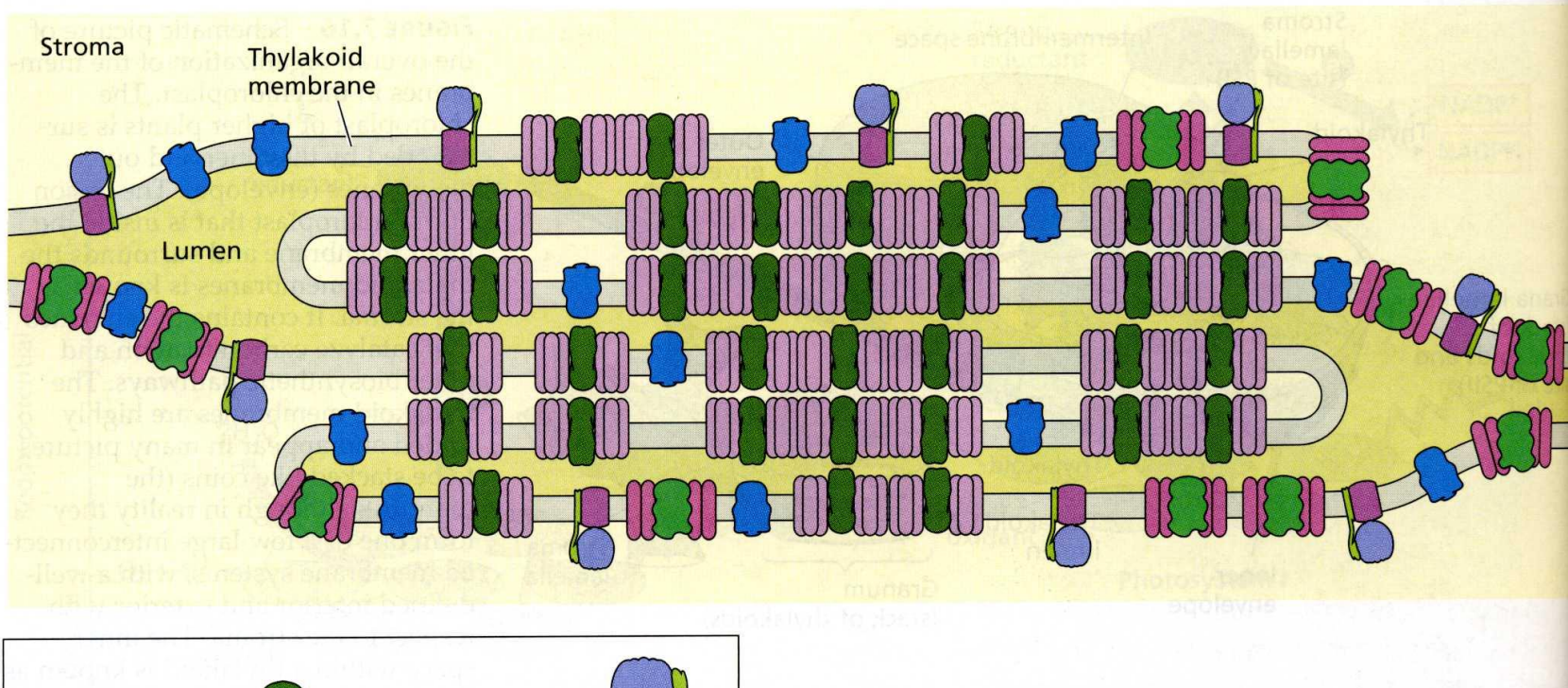
PS II: produce un forte ossidante (che ossida l'acqua) e un debole riducente che riduce PS I

PS I: produce un forte riducente (che produce NADPH) e un debole ossidante che ossida PS II



Gli elettroni si muovono contro il gradiente dei potenziali redox, dall'acqua al NADP⁺, grazie all'energia della luce

(A)



I due eventi fotochimici sono separati spazialmente

Tabella 12.4 La distribuzione dei componenti fotosintetici nelle regioni della membrana del cloroplasto

Componente	Tilacoidi (%)	
	Impilati	Esposti allo stroma
PSII	85	15
PSI	10	90
Complesso del citocromo b_6f	50	50
LHC-II	90	10
ATP sintasi	0	100
Plastocianina ^a	40	60

^a Le percentuali indicano la distribuzione relativa di ciascun componente, impilato o esposto allo stroma, tranne nel caso della plastocianina, per la quale la localizzazione si riferisce al lume della rispettiva regione della membrana.

Tabella 12.5 La stechiometria dei fotosistemi in diversi sistemi ossigenici e in risposta a cambiamenti nella qualità della luce

<i>Sistema</i>	<i>Rapporto PSII/PSI</i>
Cianobatteri	0,4
Alghe rosse	0,4
Alghe verdi	1,4
Mutante <i>Su/Su</i> di tabacco	2,7
Mutanti clorina di orzo	3,0
Plastidi sviluppati in luce intermittente	4,1
Cloroplasti di pisello	
Da piante cresciute in luce PSII (550-600 nm)	1,2
Da piante cresciute in luce solare	1,8
Da piante cresciute in luce PSI (>600 nm)	2,3
<i>Synechococcus</i> 6301	
Cresciuto in luce PSII	0,3
Cresciuto in luce solare	0,5
Cresciuto in luce PSI	0,7

**Principali complessi proteici dei tilacoidi,
con orientamento vettoriale definito!!!**

FOTOSISTEMA II

CITOCROMO b_6f

FOTOSISTEMA I

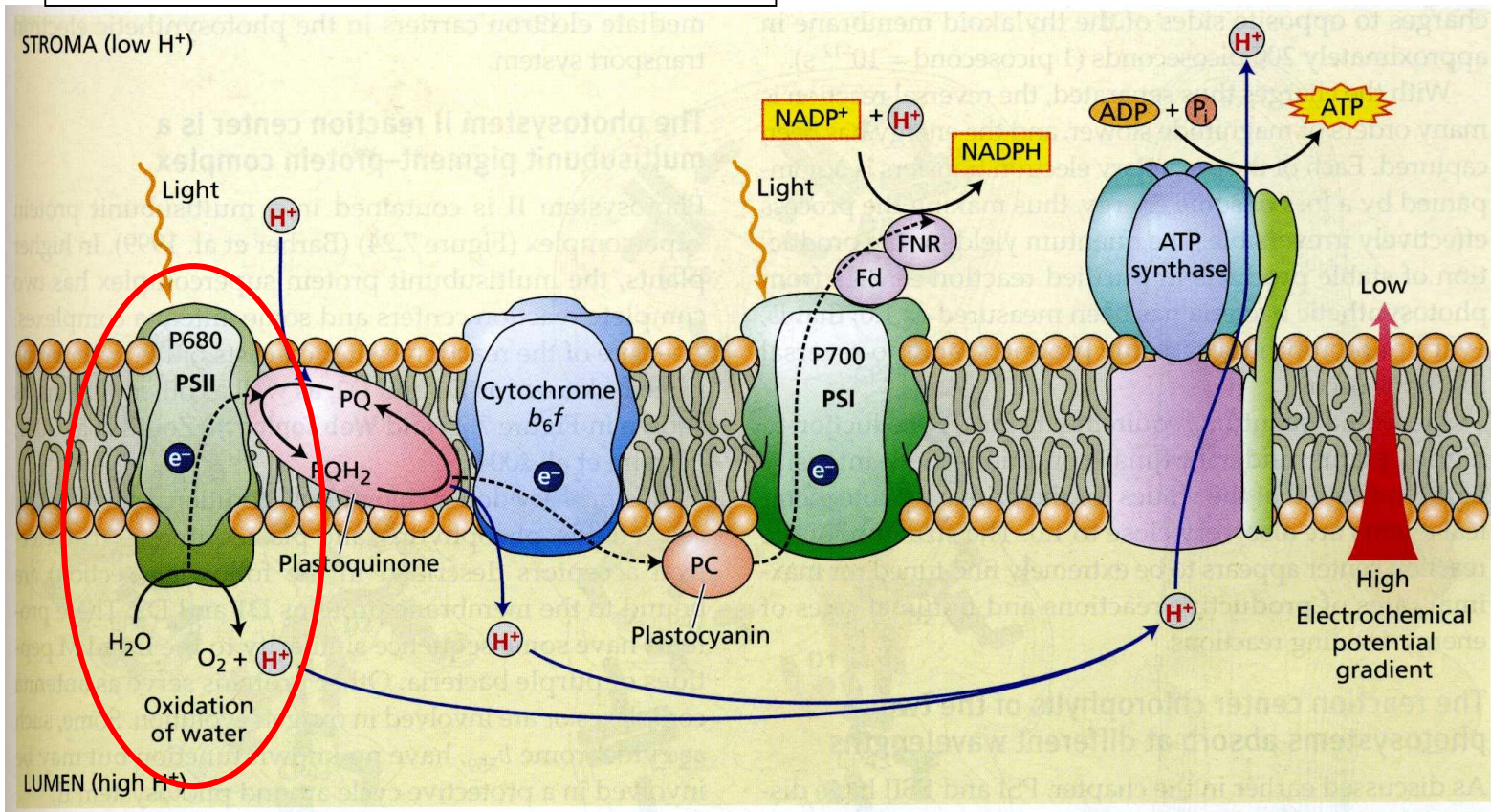
ATP SINTASI

Trasportatori diffusibili

Plastochinone

Plastocianina

Ferredossina



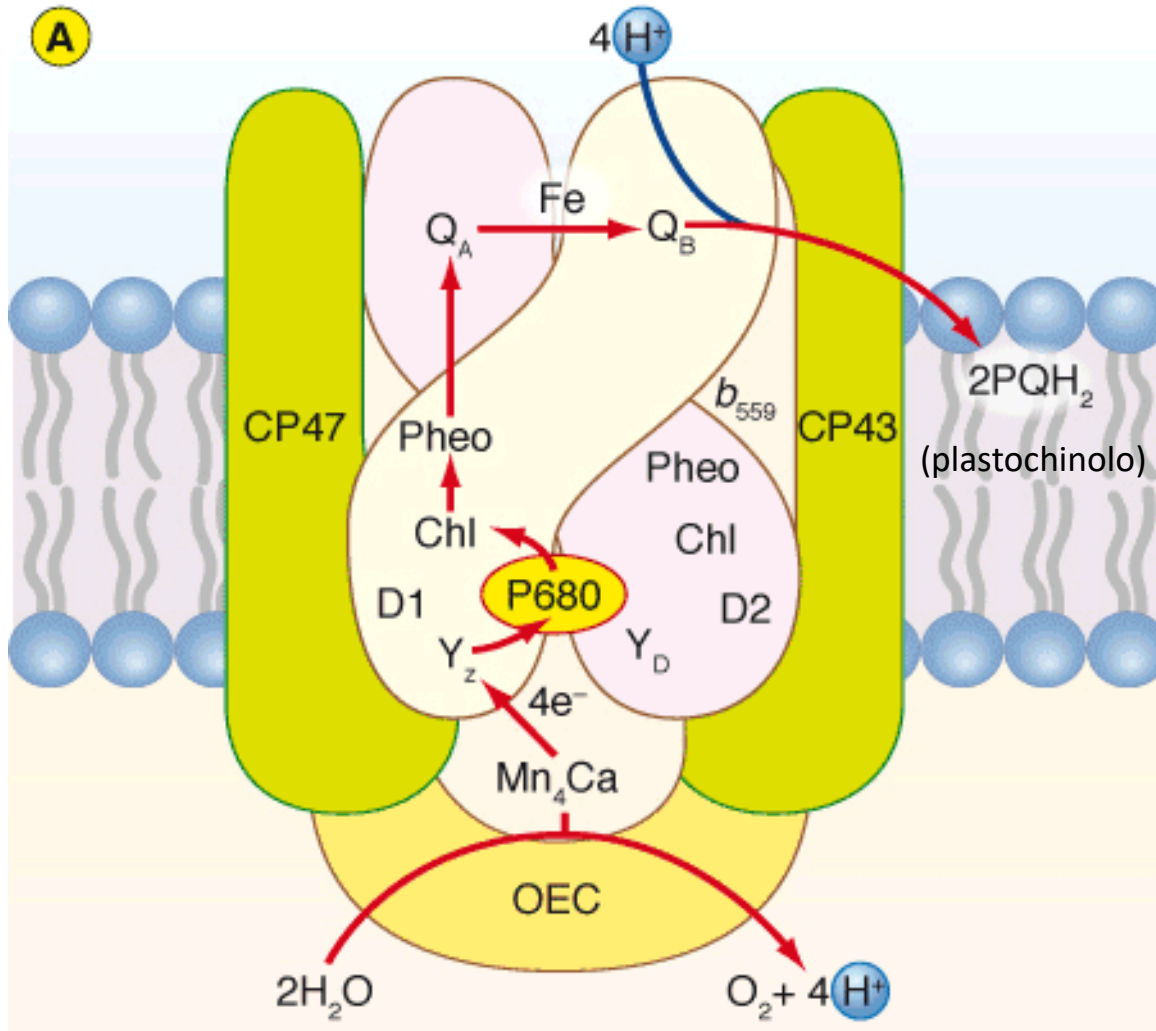
Fotosistema II: 20 proteine (codificate da geni nucleari o plastidiali) e pigmenti associati

TABLE 12.2 Protein subunits of the plant PSII core complex. Most of the smaller and more peripheral subunits are not included.

Protein	Gene	Location of gene ^b	Mol. mass (kDa)	Function
Hydrophobic subunits				
D1	<i>psbA</i>	Chloroplast	32	Reaction center protein
D2	<i>psbD</i>	Chloroplast	34	Reaction center protein
CP47	<i>psbB</i>	Chloroplast	51	Core antenna
CP43	<i>psbC</i>	Chloroplast	43	Core antenna
Cyt. <i>b</i> -559 α Subunit	<i>psbE</i>	Chloroplast	9	Unknown
Cyt. <i>b</i> -559 β Subunit	<i>psbF</i>	Chloroplast	4	Unknown
PsbH	<i>psbH</i>	Chloroplast	10	Unknown
PsbI	<i>psbI</i>	Chloroplast	4.8	Assembly
Hydrophilic subunits				
33 kDa	<i>psbO</i>	Nucleus	33	O ₂ evolution
23 kDa	<i>psbP</i>	Nucleus	23	O ₂ evolution
17 kDa	<i>psbQ</i>	Nucleus	17	O ₂ evolution

PSII: composto da: core, sistema dei complessi antenna (LHCII), lipidi di membrana

Nucleo centrale del PSII (core): presente come dimero



- Proteine omologhe del centro di reazione : D1, D2
- 2 Complessi antenna
- polipeptidi minori

OEC= complesso evolvente ossigeno
+
 Mn_4Ca

LHCII rappresenta più del 50% delle proteine della membrana tilacoidale

Nei tilacoidi è presente come trimero, e generalmente a ciascun dimero di PSII si associano 8 trimeri di LHCII

Ciascun monomero con tre eliche transmembrana, che lega 14 chl_a, 4 xantofille e varie chl_b

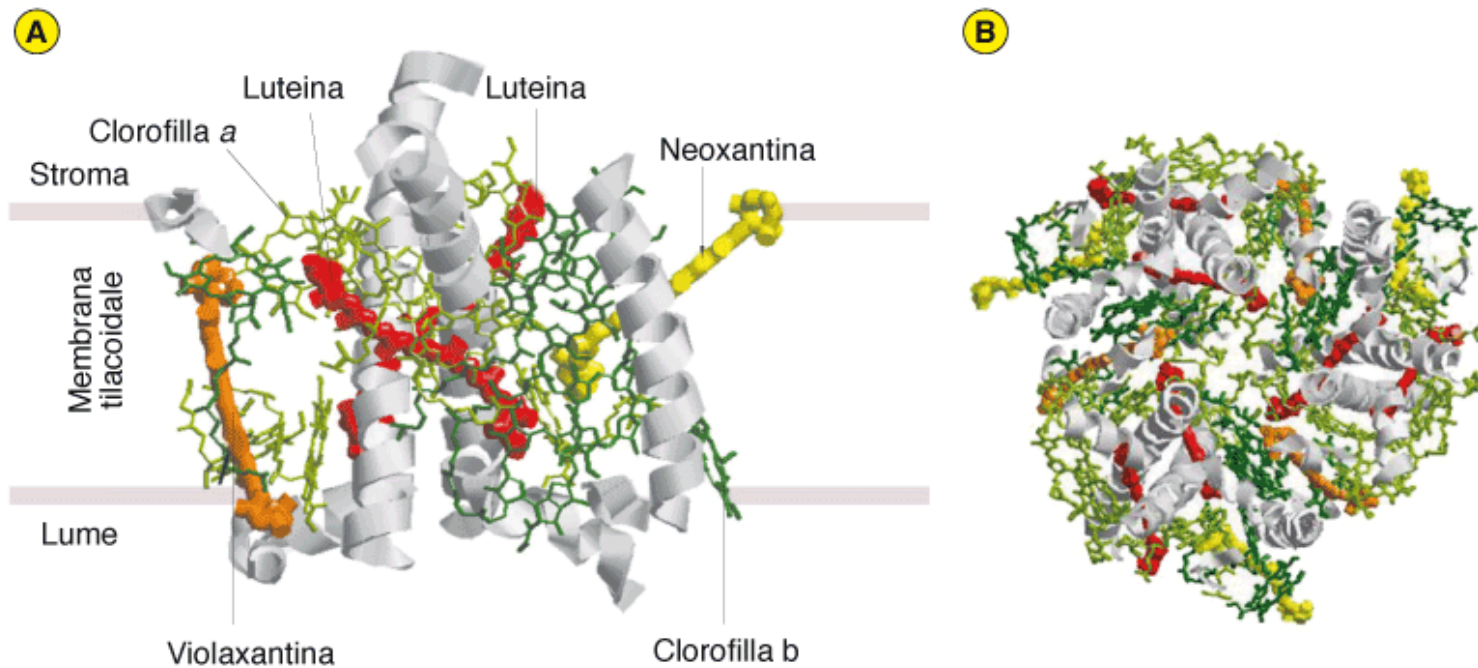
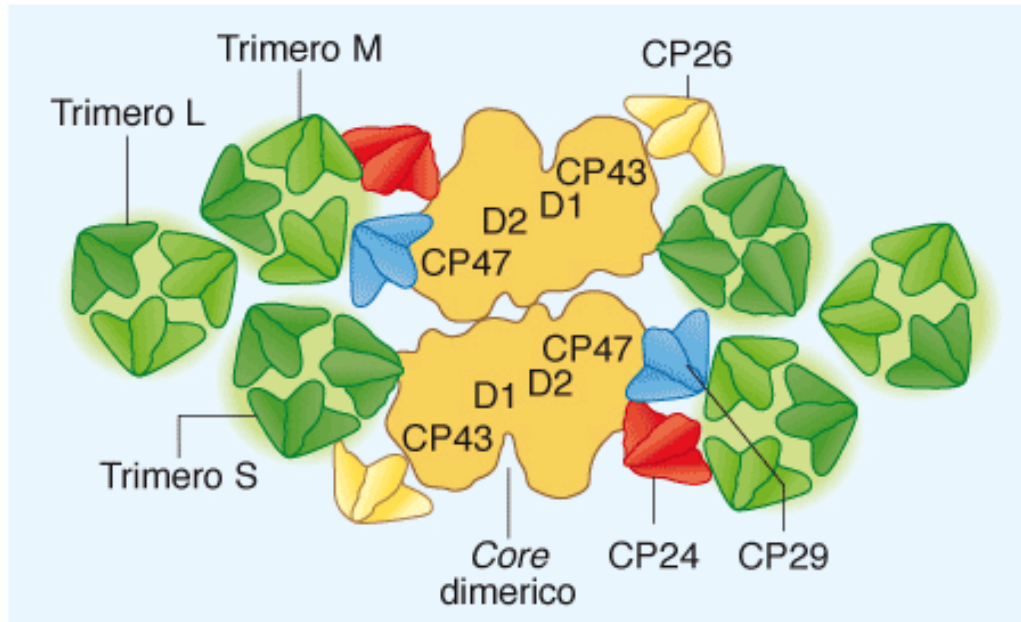


Figura 4.15A-B • (A) Immagine ad alta risoluzione della struttura di un monomero dell'LHCII mostrante le tre eliche della proteina che attraversano la membrana tilacoidale e le molecole di clorofilla *a*, clorofilla *b* e carotenoidi legate nel complesso. (B) Struttura di un trimero dell'LHCII.

Oltre ai trimeri, vi sono **complessi minori monomerici**: CP24, CP26, CP29
Monomeri con struttura simile al monomero LHCI. Legano clorofille e xantofille.
Per ciascun dimero di PSII è presente una coppia di ciascun monomero.



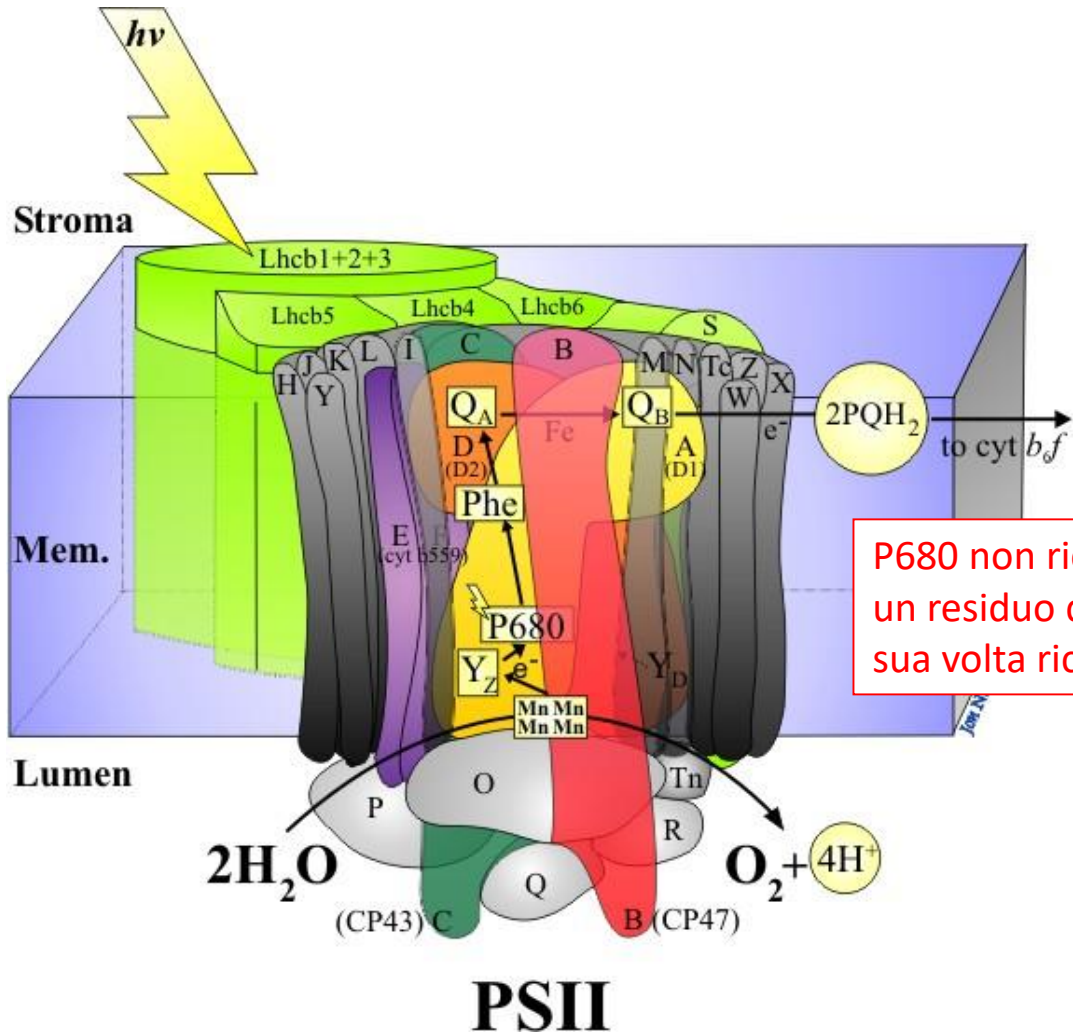
Disposizione e caratteristiche dei complessi antenna periferici importanti per:

- trasferimento energia
- meccanismi di fotoprotezione

Figura 4.16 ● Rappresentazione schematica dell'organizzazione del PSII mostrando la collocazione, attorno al core dimerico, dei complessi antenna monomerici CP24, CP26 e CP29 e dei trimeri dell'LHCII diversi per composizione e forza di legame con il resto del fotosistema (trimeri S = *strongly bound*, formati da subunità proteiche lhcb1 e lhcb2; trimeri M = *moderate bound* e L = *light bound* contenenti anche la subunità lhcb3).

Il PS-II funziona come un'acqua-plastoquinone ossidoreduttasi dipendente dalla luce

L'ossidazione dell'acqua coinvolge una complessa serie di reazioni operate dal complesso evolvente ossigeno (OEC), associato al PSII e affacciato sul lumen tilacoidale



P680 non riceve elettroni direttamente dall'acqua, ma da un residuo di tirosina (Tyr161) della proteina D1, che a sua volta riceve elettroni da OEC. Come funziona OEC?

OEC fatto da calotta regolatoria + complesso catalitico Mn₄CaO₅

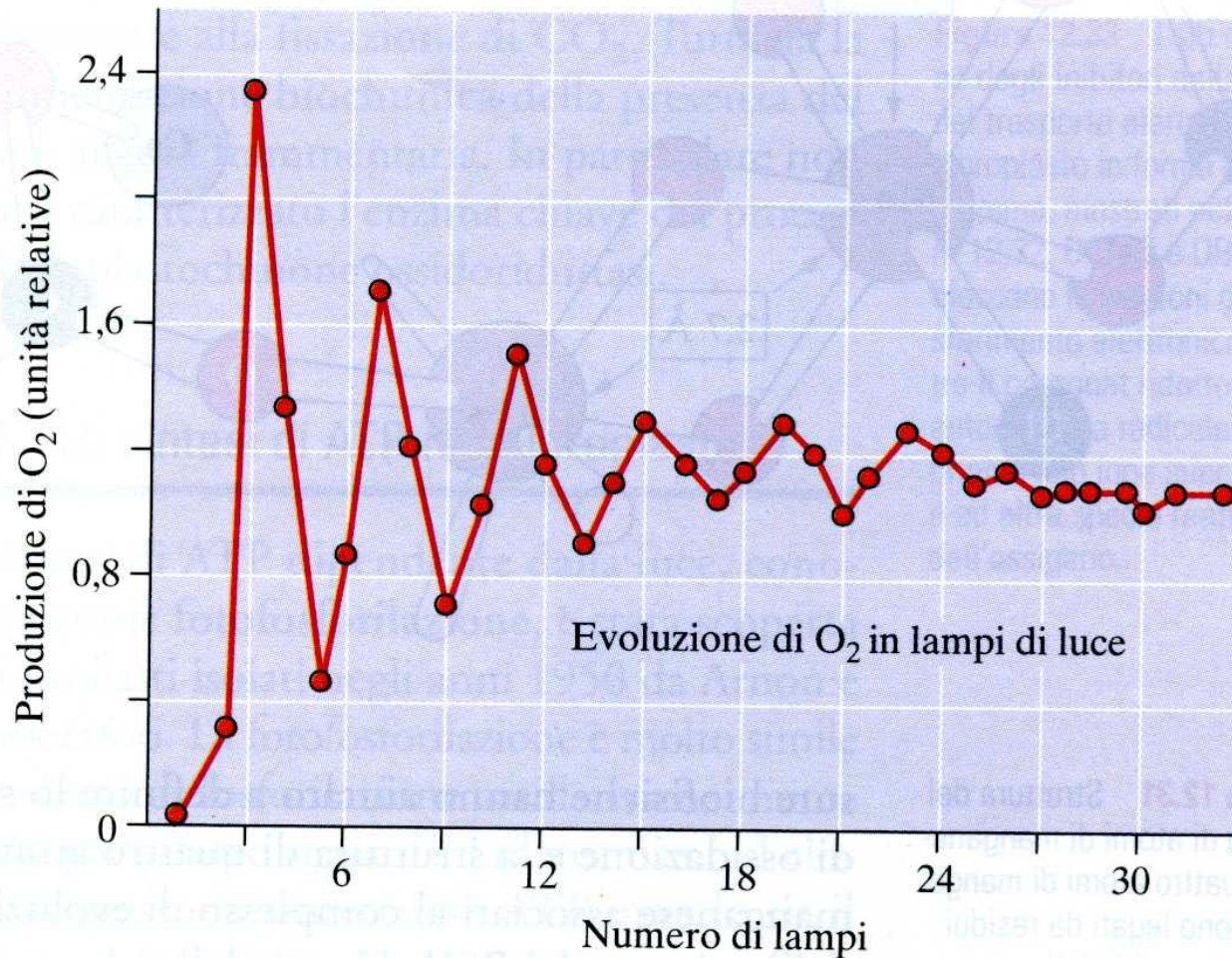
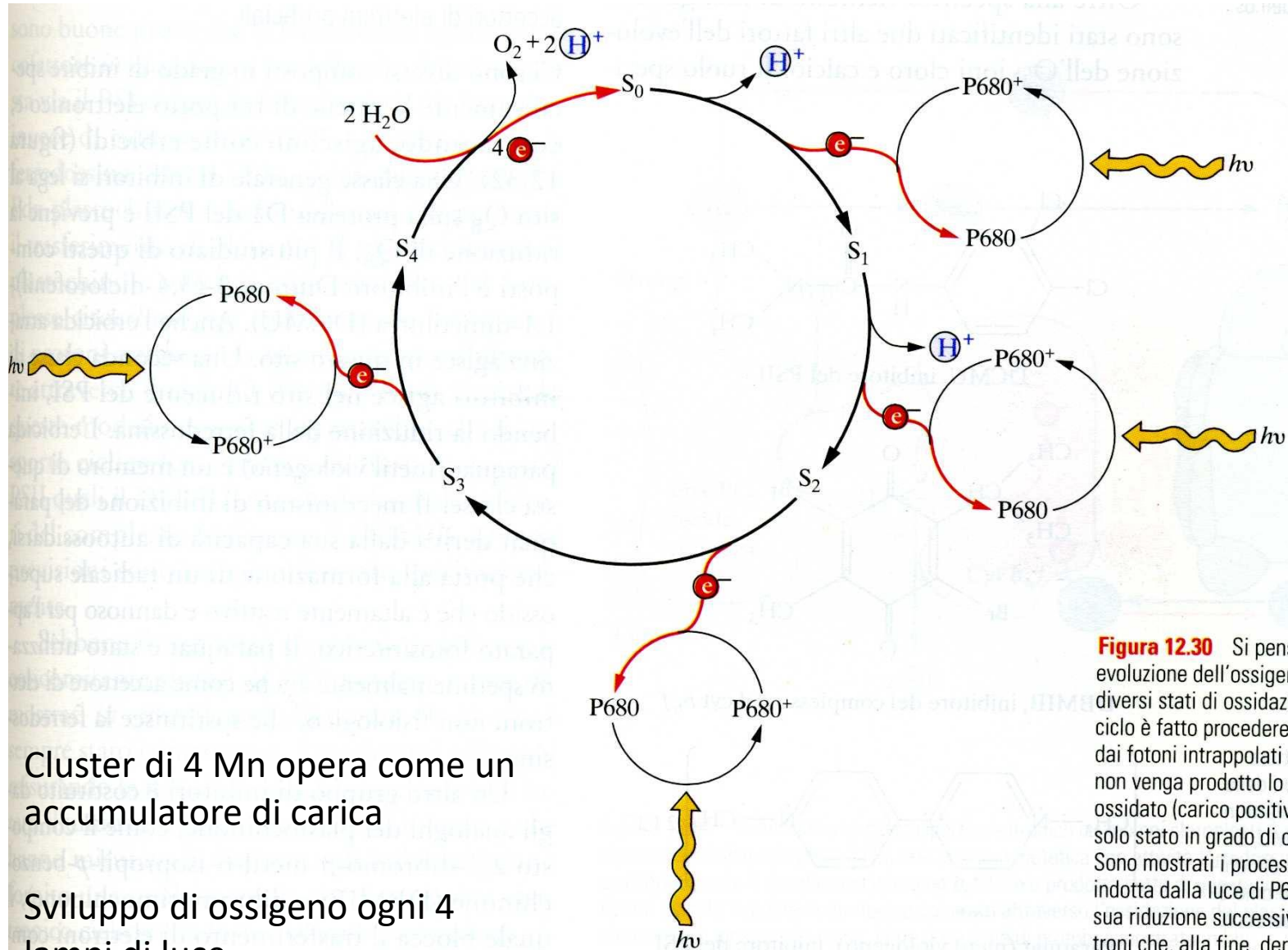


Figura 12.29 L'evoluzione di O₂ in seguito a lampi di luce. Viene mostrato l'andamento dell'evoluzione dell'ossigeno in seguito a una serie di brevi lampi di luce. La quantità massima di ossigeno è prodotta al terzo lampo, dopo di che si osserva un picco periodico dopo ogni quarto lampo. Il rendimento di ogni lampo si abbassa a un valore di stato stazionario dopo circa 20 lampi.

Modello degli stati S

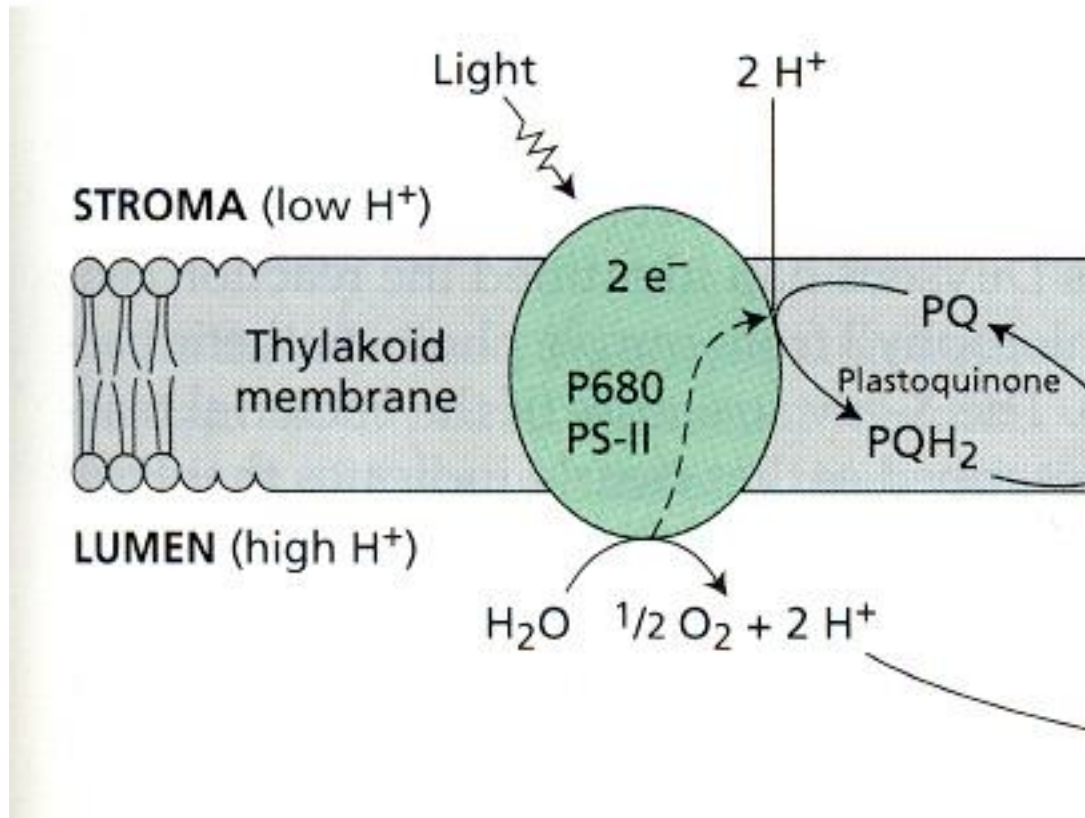
Ogni reazione fotochimica (e^- verso il $P680^+$) fa avanzare il sistema da uno stato di ossidazione all'altro



Cluster di 4 Mn opera come un accumulatore di carica

Sviluppo di ossigeno ogni 4 lampi di luce

Figura 12.30 Si pensa che l'apparato di evoluzione dell'ossigeno esista in cinque diversi stati di ossidazione (da S_0 a S_4). Il ciclo è fatto procedere sequenzialmente dai fotoni intrappolati dal PSII fino a che non venga prodotto lo stato S_4 altamente ossidato (carico positivamente). S_4 è il solo stato in grado di ossidare l'acqua. Sono mostrati i processi di ossidazione indotta dalla luce di $P680$ e quello della sua riduzione successiva da parte di elettroni che, alla fine, derivano dall'acqua.



I protoni rilasciati a seguito dell'ossidazione dell' H_2O si accumulano nel lume

