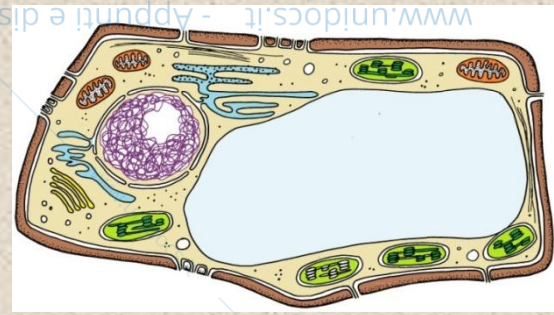


La Parete Cellulare

A microscopic image of plant cells, likely from an onion skin, showing a clear network of cell walls. The cells are roughly rectangular and arranged in a brick-like pattern. The cell walls are stained a deep purple or magenta color, while the cytoplasm and other internal structures are a lighter, bluish-purple hue. The overall appearance is that of a dense, interconnected cellular structure.

**Testi di riferimento:
Raven cap 3
Pancaldi cap 3**

Parete Cellulare

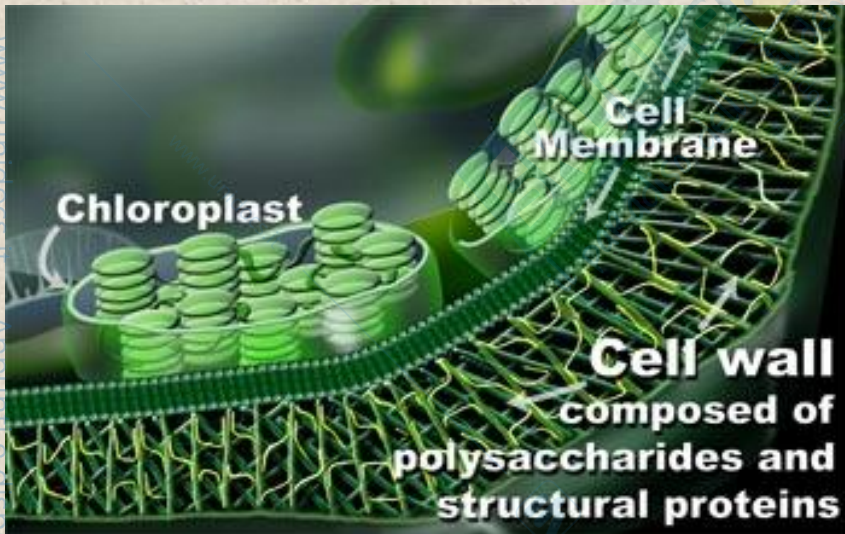


Strato **rigido** più esterno della cellula vegetale

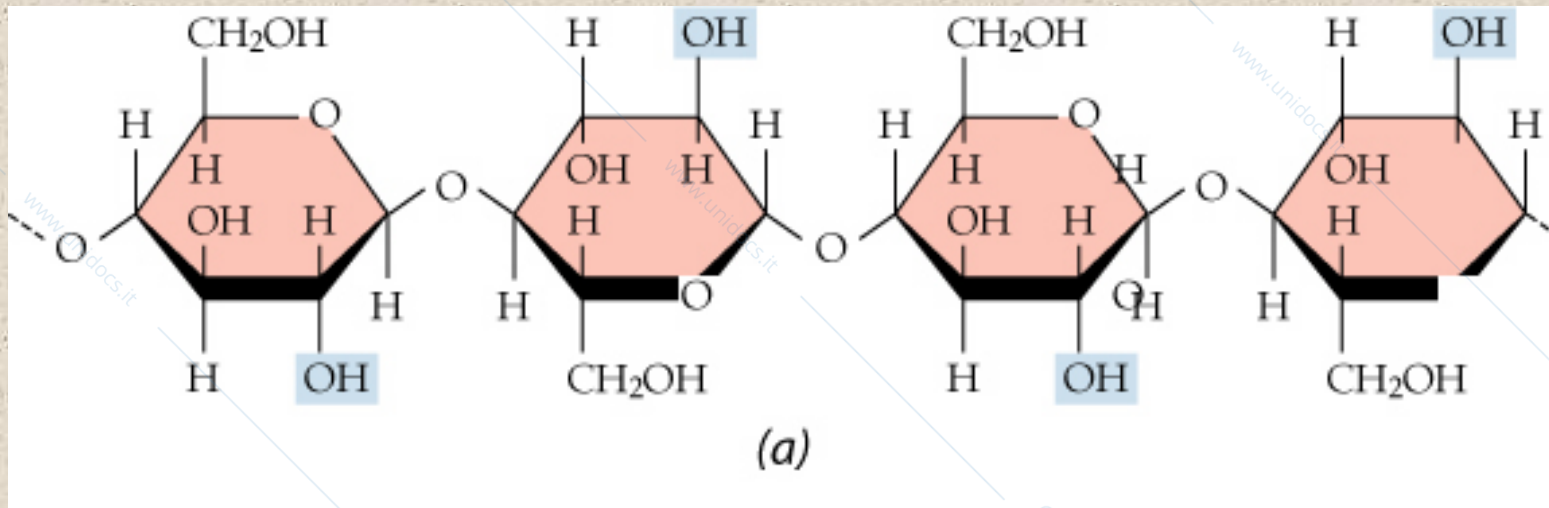
Funzioni

1. Determina forma e dimensioni della cellula vegetale
2. Limita le dimensioni del protoplasto impedendo la plasmolisi durante l'assorbimento di acqua da parte del vacuolo
3. Presenta numerosi enzimi e proteine che intervengono sia nei processi di trasporto e secrezione che nella digestione di sostanze
4. Ha un ruolo di difesa contro i batteri e funghi patogeni, trasferendo informazioni sulla natura dei parassiti alla membrana e al nucleo della cellula.

La composizione della Parete Cellulare



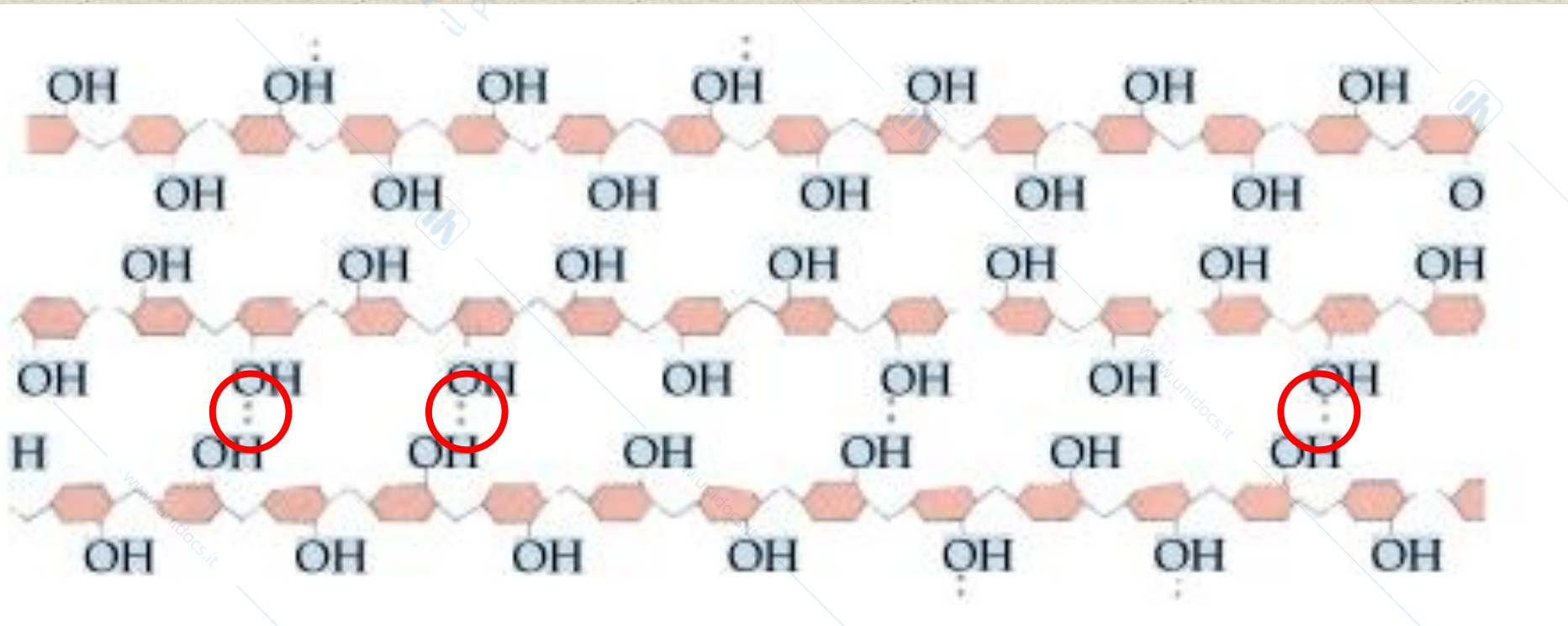
Il componente principale della parete delle cellule vegetali è la **cellulosa**



E' un polimero composto da molecole di **Glucosio** con legami β - 1,4

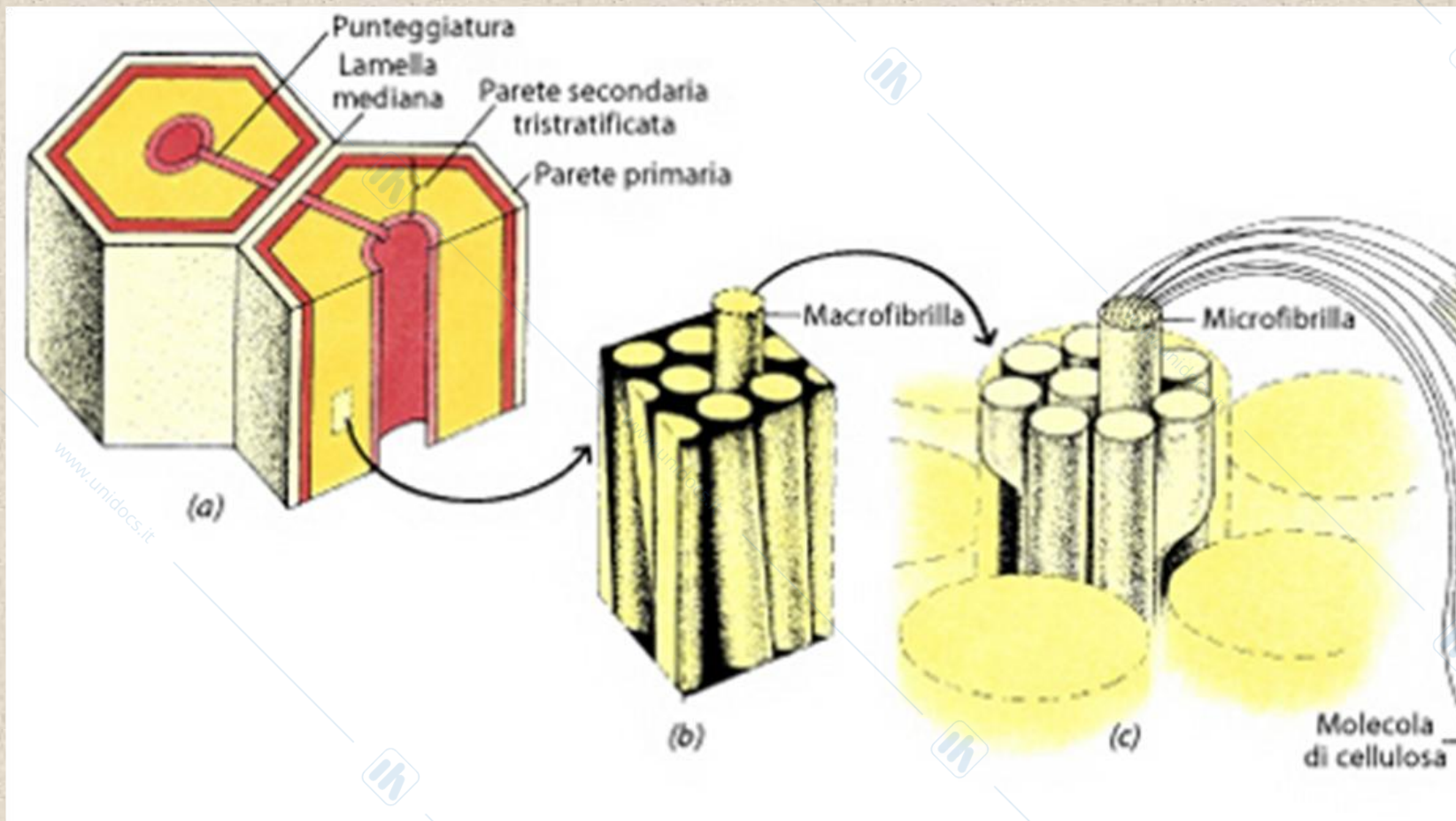
La composizione della Parete Cellulare

I gruppi $-OH$ di diverse catene di cellulosa formano legami idrogeno tra loro dando luogo alla costituzione di **microfibrille** (molecole parallele di cellulosa)



La composizione della Parete Cellulare

Le microfibrille (costituite da circa 1000 molecole di cellulosa) hanno un diametro di 20-25 nm. Si uniscono tra loro avvolgendosi per formare le **macrofibrille** (diametro di 0,5 μm , lunghezza 4 μm). Questo tipo di conformazione rende le macrofibrille resistenti come un cavo d'acciaio.

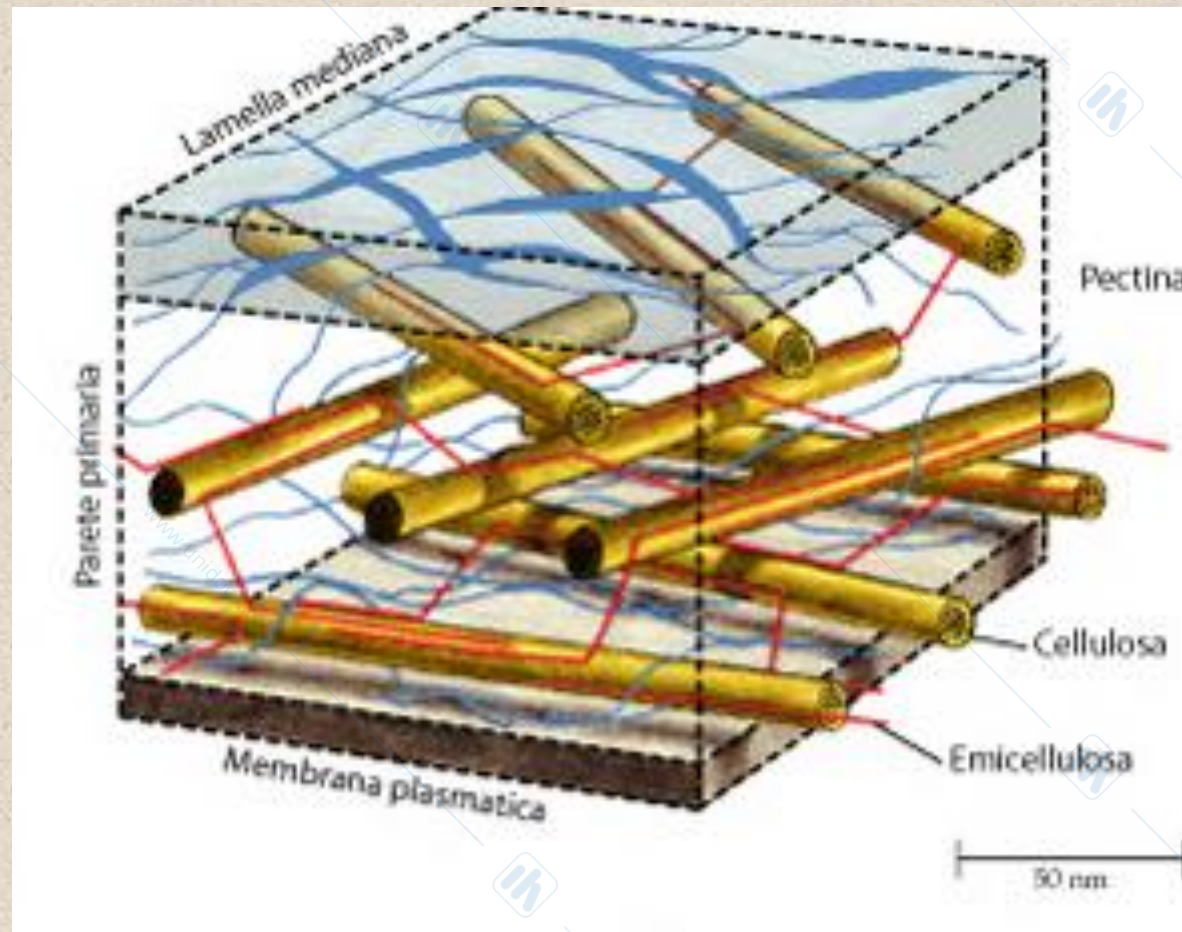


La composizione della Parete Cellulare

L'impalcatura formata dalle fibrille di cellulosa si compenetra con una matrice di molecole non cellulosiche: polisaccaridi e proteine strutturali

Emicellulose
Pectine

Glicoproteine
Enzimi



La composizione della Parete Cellulare

Emicellulose

Gruppo eterogeneo di **polisaccaridi** ramificati scarsamente solubili che nella parete cellulare si legano alla cellulosa tramite legami H.

I monomeri costitutivi sono glucosio, xilosio, galattosio, mannosio, fucosio.

Variano da cellula a cellula e da pianta a pianta.

Le più importanti sono:

- Xiloglucani
- Xilani
- β -glucani a legame misto

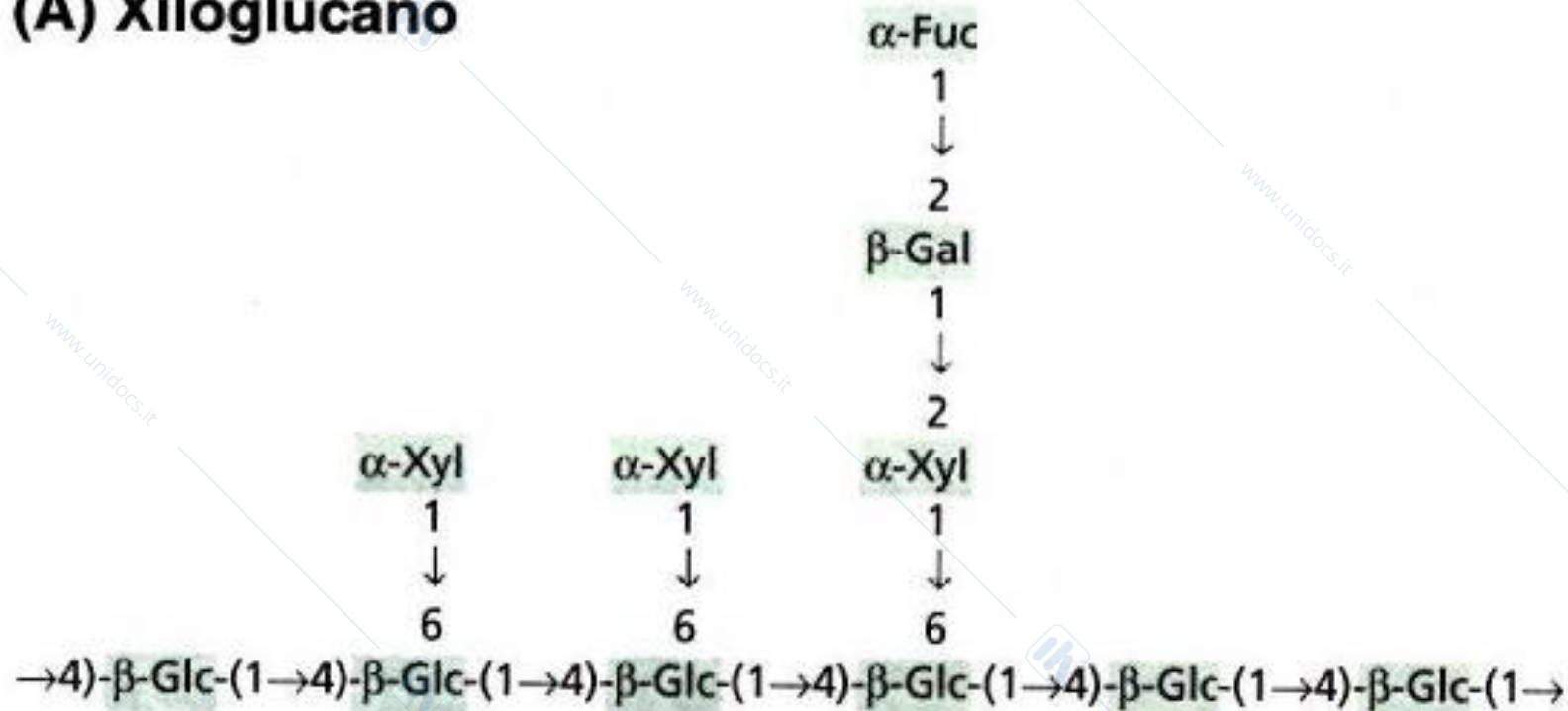
La composizione della Parete Cellulare

Xiloglucani

Sono più comuni nelle Eudicotiledoni evolute.

Sono composti da catene di **glucosio con legami β 1-4** a cui sono legati al **C-6 residui di xilosio** (α 1-6). Tali catene laterali possono inoltre contenere altri zuccheri come arabinosio e fucosio.

(A) Xiloglucano

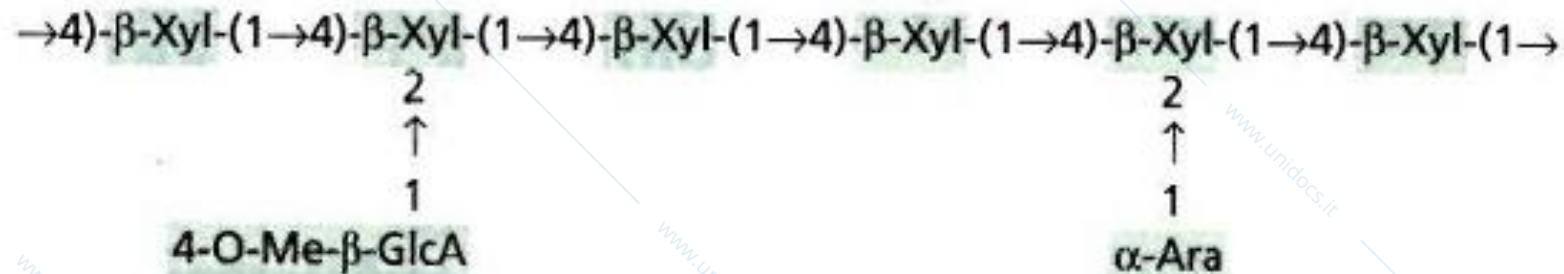


La composizione della Parete Cellulare

Xilani

Comuni nelle monocotiledoni e in molti gruppi di piante a fiore. La catena principale è composta da unità di **xilosio con legami β 1-4** ma su questa catena possono essere presenti ramificazioni da xilosio, arabinosio mannosio, galattosio, ...

(B) Xilani



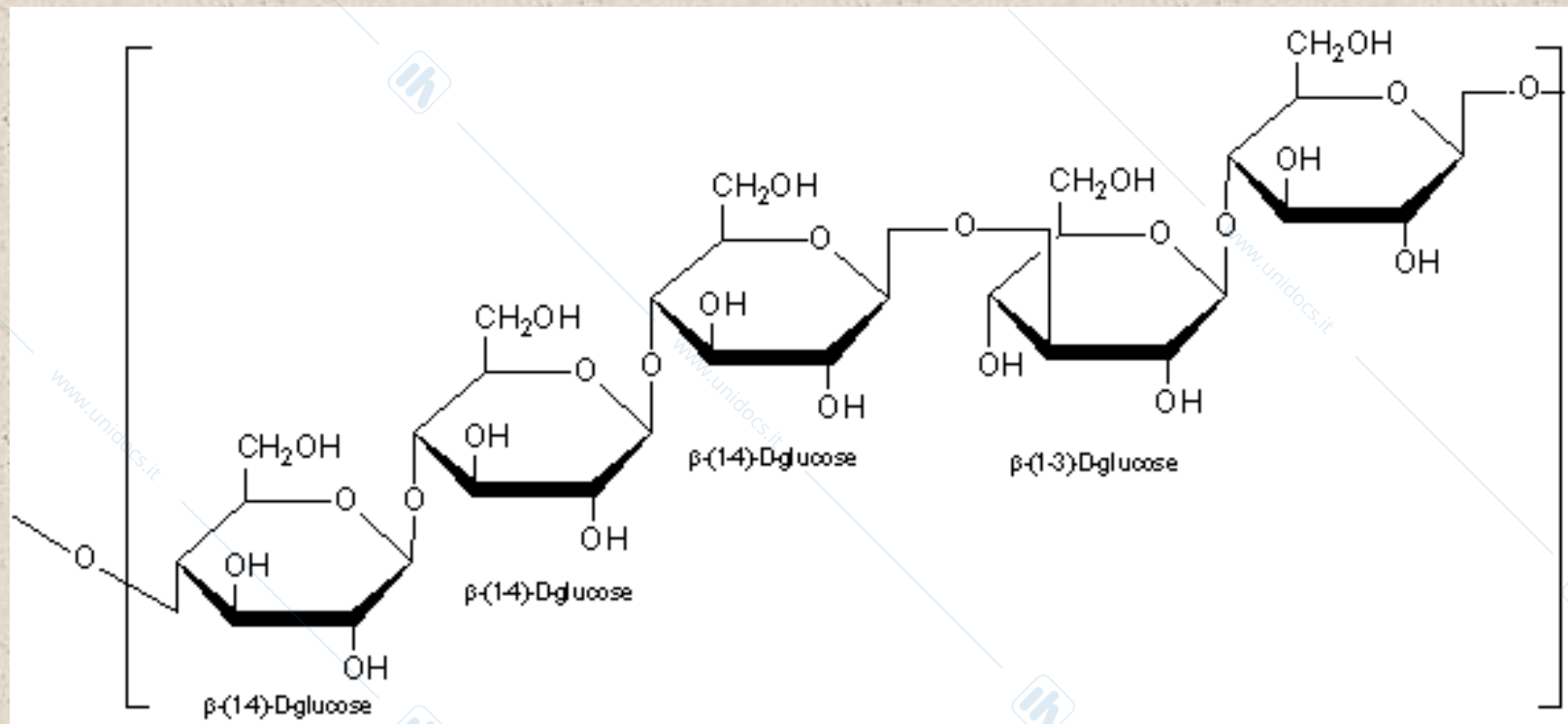
Tra **Emicellulose** e **microfibrille** → a legami idrogeno.

Tali legami limitano l'estensione della parete tenendo insieme microfibrille adiacenti e riducendo l'aumento delle dimensioni cellulari

La composizione della Parete Cellulare

β -glucani a legame misto

Queste molecole hanno uno scheletro simile agli xiloglucani, ma differiscono da questi per la presenza di legami β -1,3 oltre che β -1,4

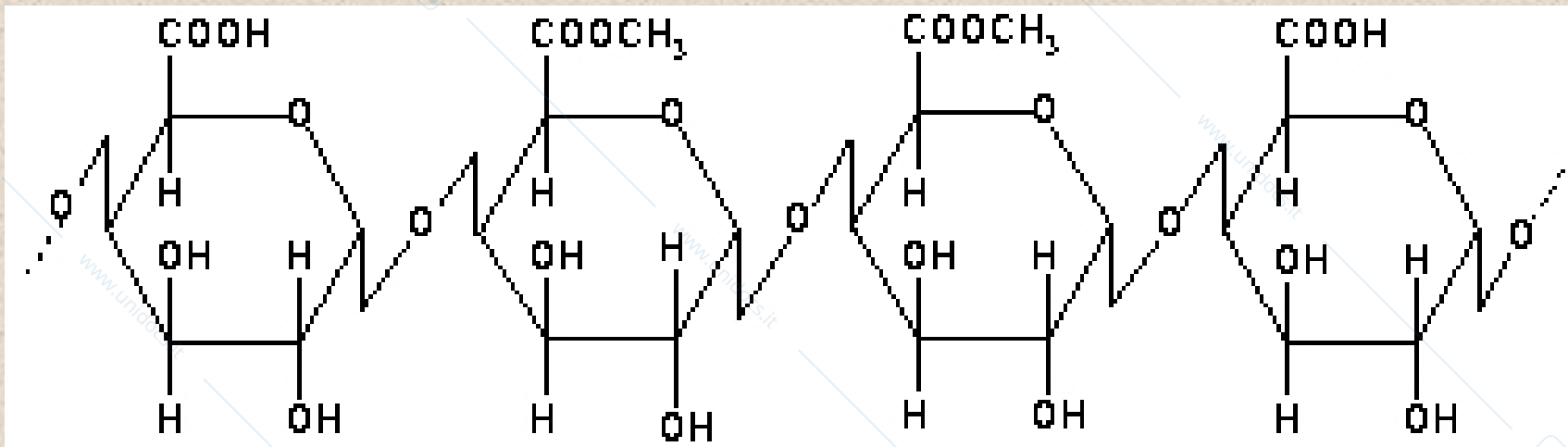


La composizione della Parete Cellulare

Pectine

Sono **polisaccaridi** fortemente **idrofil** noti per la loro capacità di **gelificare**. Caratterizzano la parete primaria e la sostanza intercellulare che cementifica cellule adiacenti (lamella mediana).

Essi introducono acqua nella parete conferendole grande **plasticità**.



Sono catene di molecole di acido galatturonico (derivante dal galattosio) unite da **legami α 1-4**

La composizione della Parete Cellulare

Pectine

Le Pectine si dividono in:

- 1. OMOGALATTURONANI:** molecole costituite da circa 200 unità di acido galatturonico.

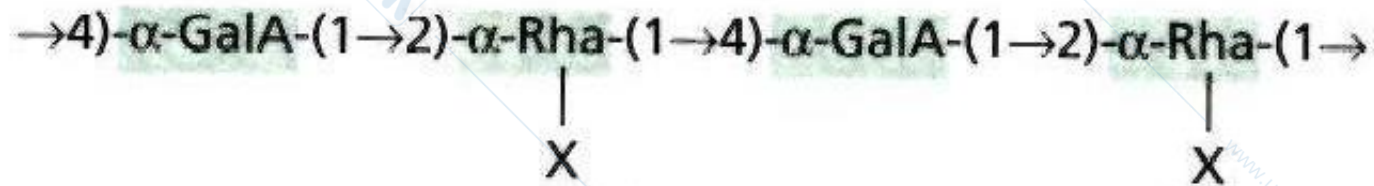
(B) Omogalatturonano (Acido poligalatturonico)



La composizione della Parete Cellulare

Pectine

2. RAMNOGALATTURONANI I : Sono catene molto lunghe (fino a 2000 unità) in cui si ha l'alternanza tra molecole di **acido galatturonico** e di **ramnosio**. Ai residui laterali di quest'ultimo si legano arabani, galattani, e altre sostanze.



Catene laterali di arabinani e galattani

3. RAMNOGALATTURANI II: Sono polimeri di zuccheri molto diversi (ramnosio, galattosio, arabinosio), con dimensioni ridotte (max 60 molecole)

La composizione della Parete Cellulare

Glicoproteine (proteine strutturali)

Fanno parte della matrice all'interno della quale sono disposte le microfibrille. Si legano alle Emicellulose tramite legami covalenti.

Compongono sino al 10% del peso secco della parete.

Tra le più importanti troviamo:

- **idroprolissine (estensine)**: Proteine sintetizzate nel RE e glicosilate nel Golgi. Si pensa che esse siano coinvolte nell'**estensione della parete**.
- **proline e glicine**: sembrano coinvolte nei processi di **difesa allo stress idrico**

Sono inizialmente altamente idrofiliche ma diventano sempre più insolubili durante la maturazione cellulare o a seguito di ferite e attacco dei patogeni. Si pensa infatti che siano coinvolte nella difesa dagli attacchi alla pianta da parte di patogeni.

La composizione della Parete Cellulare

Glicoproteine (proteine strutturali)

- **proteoglicani**: catene di galattani legate a molecole di arabinosio. Il loro ruolo sembra essere legato al **riconoscimento cellula-cellula** e anche nella **comunicazione intercellulare**.

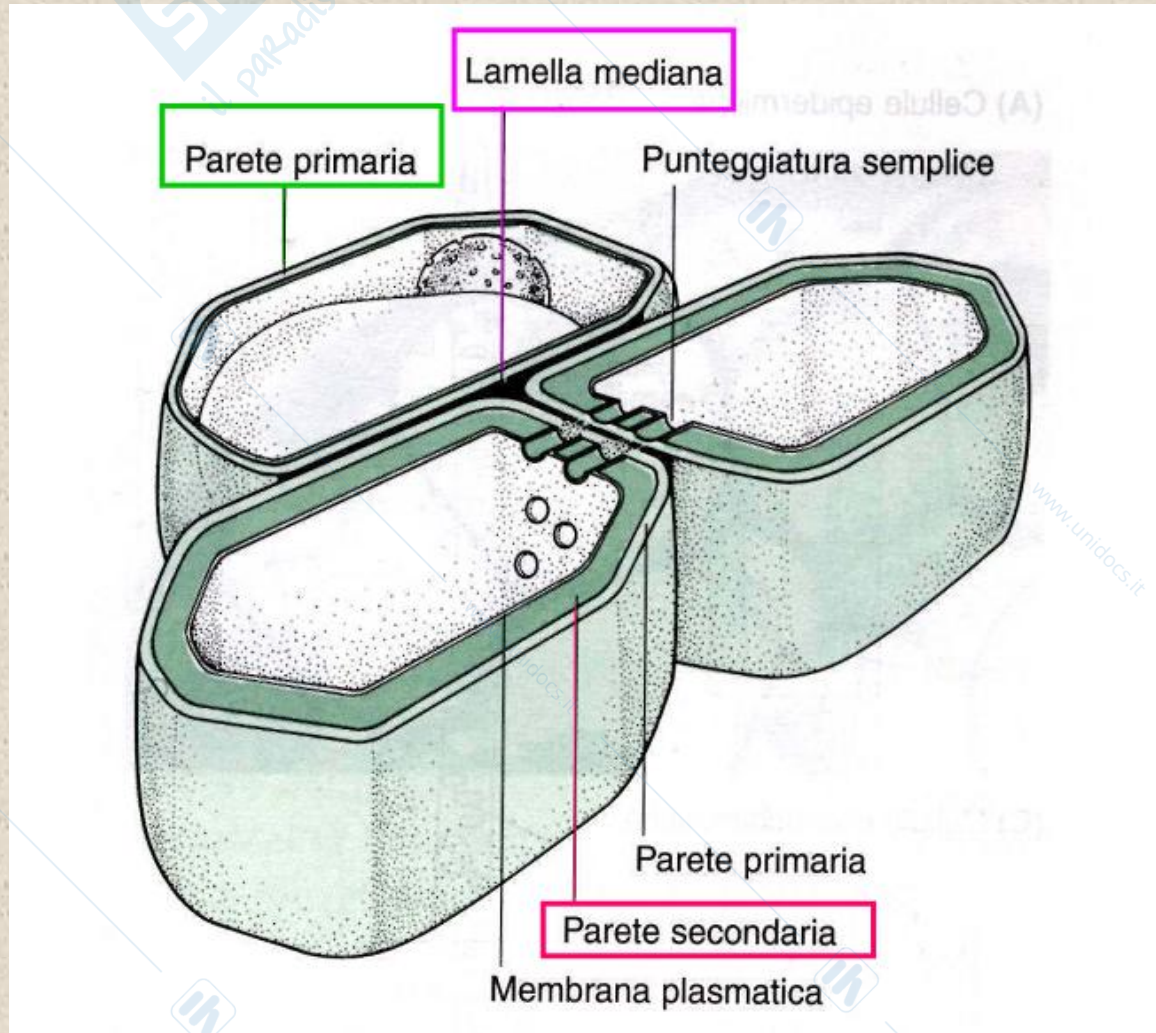
Enzimi

Sono abbondanti soprattutto nelle **pareti giovani** e svolgono diverse funzioni legate soprattutto alla riorganizzazione della parete primaria perché rompono i legami esistenti tra i vari componenti.

- Enzimi ossidativi – perossidasi
- Enzimi idrolitici per la degradazione dei legami dei polisaccaridi di parete (pectinasi, cellulasi, emicellulasi)
- Enzimi per l'espansione cellulare (trans-glicosidasi)

La struttura della Parete Cellulare

La parete cellulare è composta da diversi strati che si diversificano per composizione e funzione



La Biogenesi della Parete Cellulare

La parete cellulare si forma ex-novo in una nuova cellula e questo processo avviene in 3 momenti:

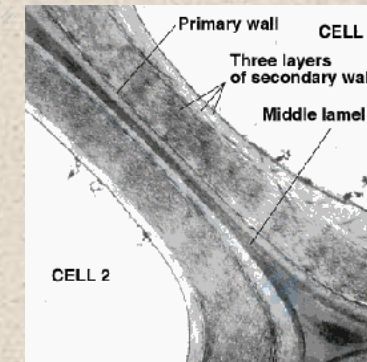
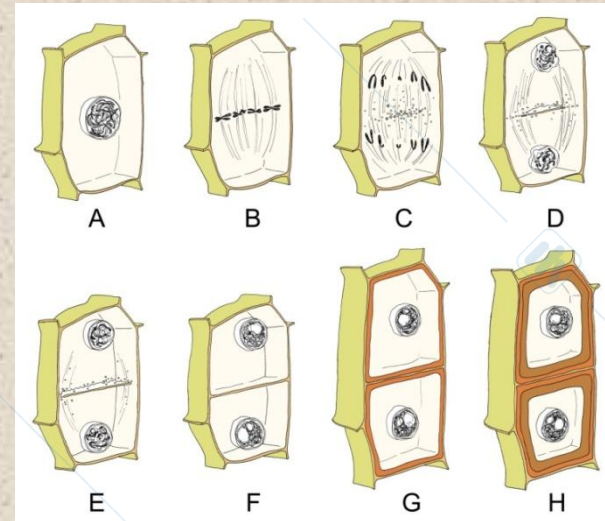
1. Formazione della lamella mediana
2. Formazione della parete primaria
3. Formazione della parete secondaria

Durante la telofase si forma tra i 2 nuovi nuclei un sistema di microtubuli (fragmoplasto) che guida vescicole, prodotte dal golgi, verso il centro.

Le vescicole si fondono tra loro e poi con il plasmalemma formando un **setto** che non appartiene a nessuna delle 2 nuove cellule ma che le tiene adese (le cementifica).

La lamella mediana ha uno spessore di circa $0,1 \mu\text{m}$ ed è composta:

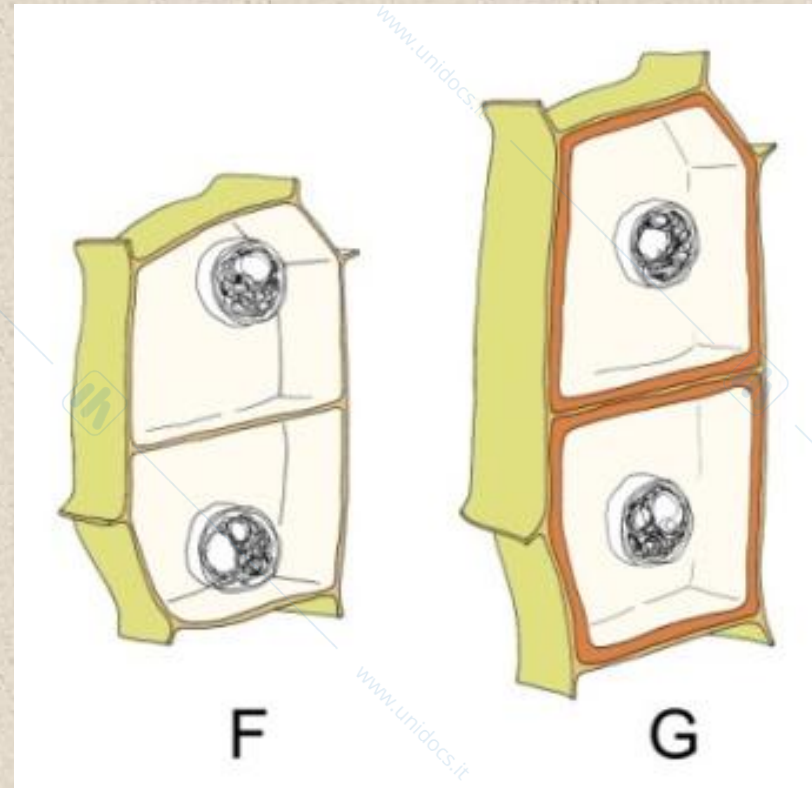
- pectine
- proteine
- acqua



La Parete Primaria

1. Formazione della lamella mediana
2. **Formazione della parete primaria**
3. Formazione della parete secondaria

Durante il processo di crescita per distensione ognuna delle 2 nuove cellule figlie sviluppa contro la lamella mediana internamente la propria **parete primaria** che accompagnerà tutto il processo di accrescimento fino al raggiungimento delle dimensioni adulte.



L'**accrescimento per distensione** della cellula non è contrastato dalla presenza della parete primaria perché la matrice è preponderante sul materiale fibrillare e perché quest'ultima può riorganizzare il suo orientamento all'interno della matrice durante la crescita (NO rigidità strutturale)

La Parete Primaria

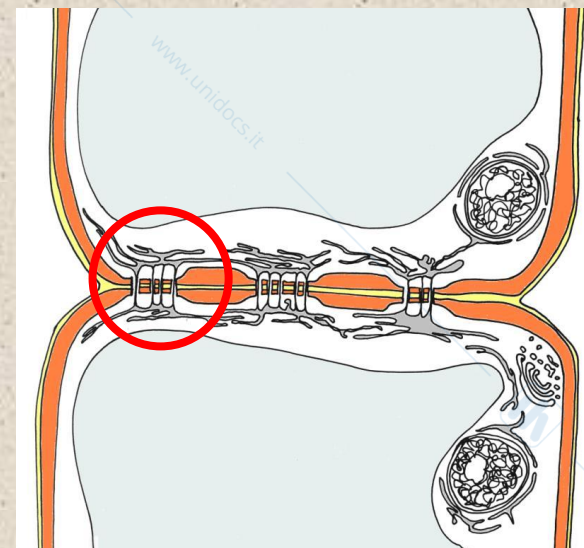
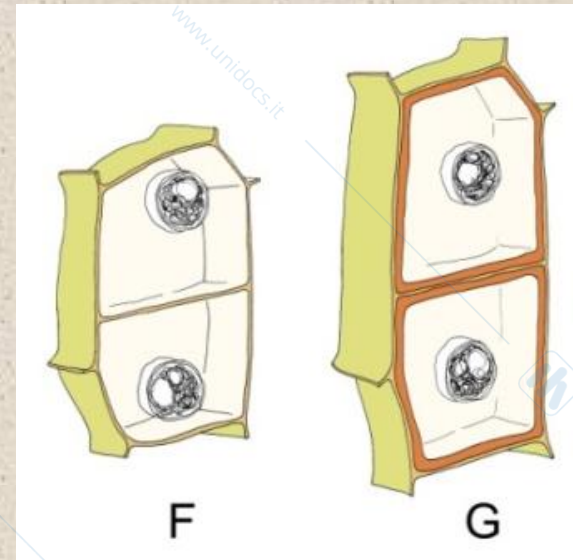
1. Formazione della lamella mediana
2. **Formazione della parete primaria**
3. Formazione della parete secondaria

Ci sono alcuni casi in cui è presente solo la **p. primaria**:

- cellule in divisione (indifferenziate)
- cellule differenziate ma coinvolte in processi metabolici (fotosintesi, respirazione e secrezione)

Essendo questa parete una struttura plastica queste cellule possono cambiare facilmente forma, effettuare scambi con l'esterno, dividersi e differenziarsi in nuove cellule.

Le cellule adiacenti rimangono tra loro interconnesse grazie alla presenza sulla parete primaria di zone meno inspessite (**campi di punteggiature primarie**) che presentano dei canali citoplasmatici (**plasmodesmi**) che mettono in comunicazione i protoplasti delle due cellule.



La Composizione della Parete Primaria

La parete primaria è costituita da:

- cellulosa 10-15% (materiale fibrillare)
- sostanze pectiche
- emicellulose
- proteine (glicoproteine ed enzimi)
- acqua 60%

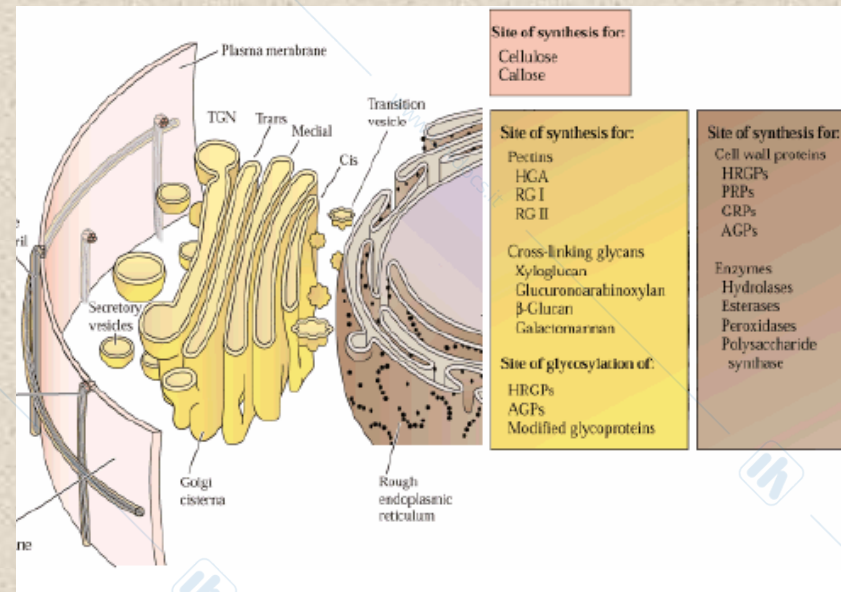
Matrice 85-90%

Grande elasticità!

I vari componenti della parete vengono sintetizzati in comparti differenti:

- plasmalemma
- RE
- Apparato del golgi

e sono disposte dall'interno sulla lamella mediana



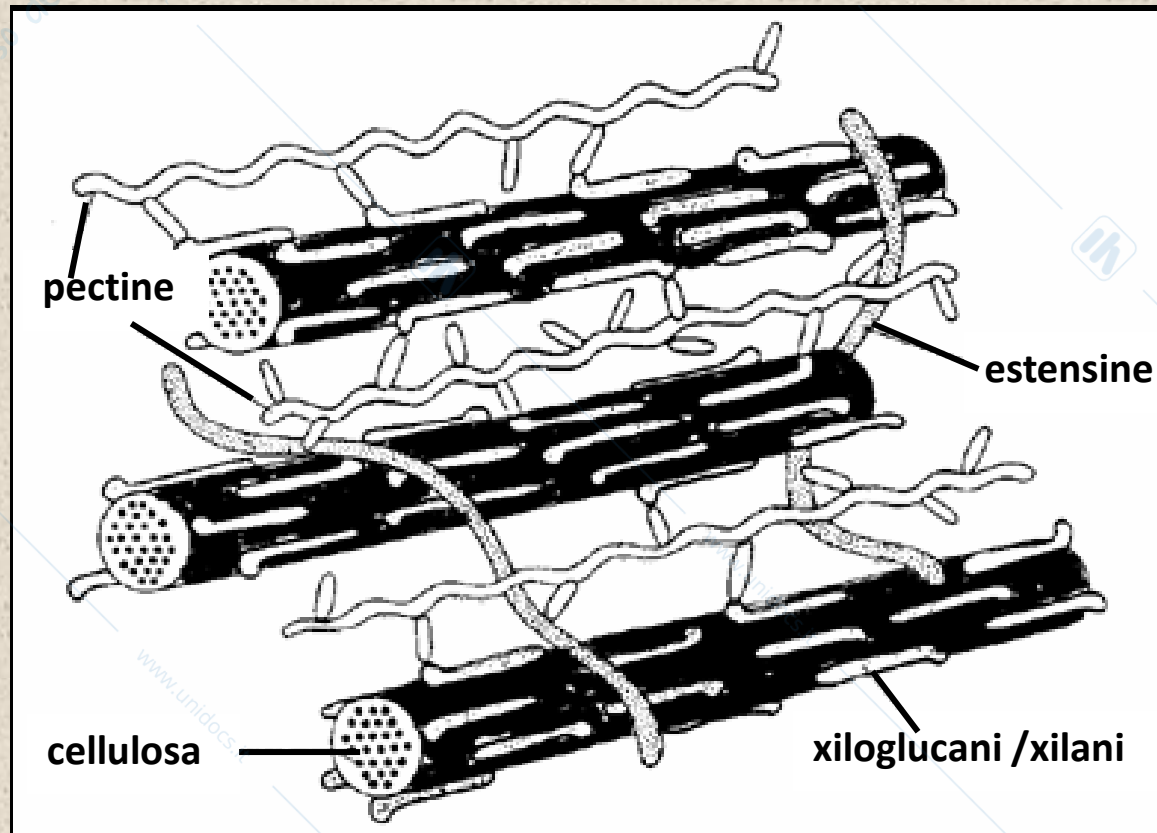
La Struttura della Parete Primaria

Le **fibrille di cellulosa** si dispongono parallelamente alla superficie del plasmalemma.

Gli **xiloglucani /xilani** (emicellulose) decorrono parallelamente alle microfibrille di cellulosa e formano con queste legami H.

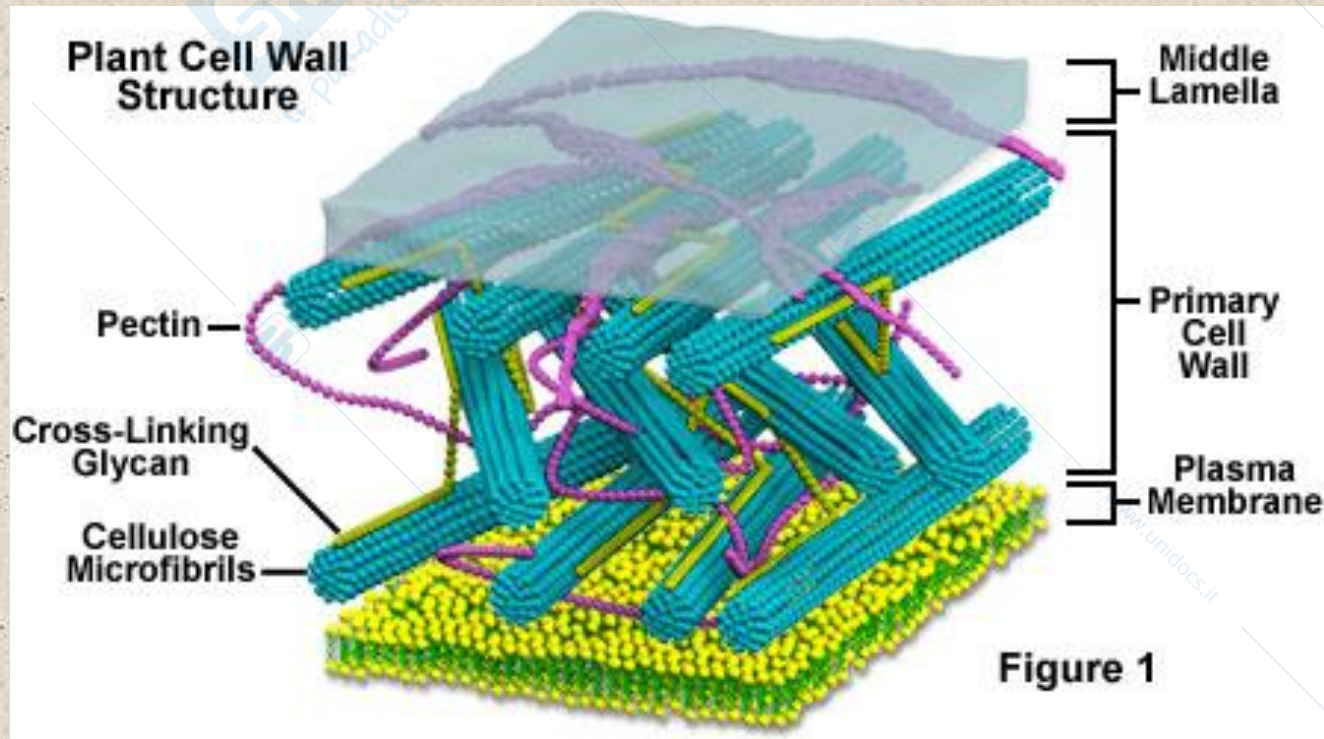
Le **estensine** (glicoproteine) si dispongono perpendicolarmente alla cellulosa e si legano alle **sostanze pectiche**.

Le **sostanze pectiche** si legano alla cellulosa e alle estensine.



La Struttura della Parete Primaria

E' una struttura **dinamica** che può cambiare assetto.



La modificazione della parete primaria avviene grazie agli enzimi di parete ovvero le **idrolasi, fosfatasi, proteasi, ecc** che rompono i legami tra le molecole di cellulosa e quelle della matrice e ne formano di nuovi dopo che la cellula ha assunto la nuova forma (accrescimento).

La Parete Secondaria

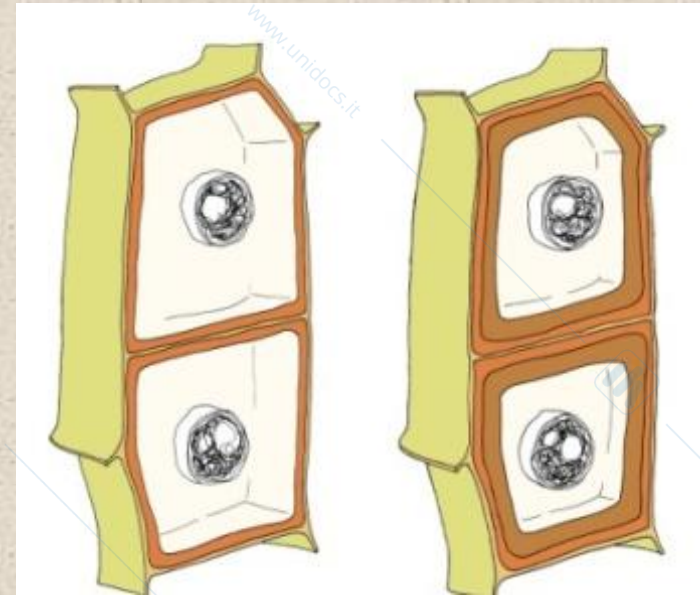
1. Formazione della lamella mediana
2. Formazione della parete primaria
3. **Formazione della parete secondaria**

Terminato l'accrescimento e raggiunte le dimensioni finali la parete può irrobustirsi e iniziare il suo **accrescimento in spessore** grazie alla formazione della **parete secondaria**.

La **parete secondaria** è particolarmente importante nelle cellule specializzate nelle funzioni di:

- sostegno
- conduzione dell'acqua

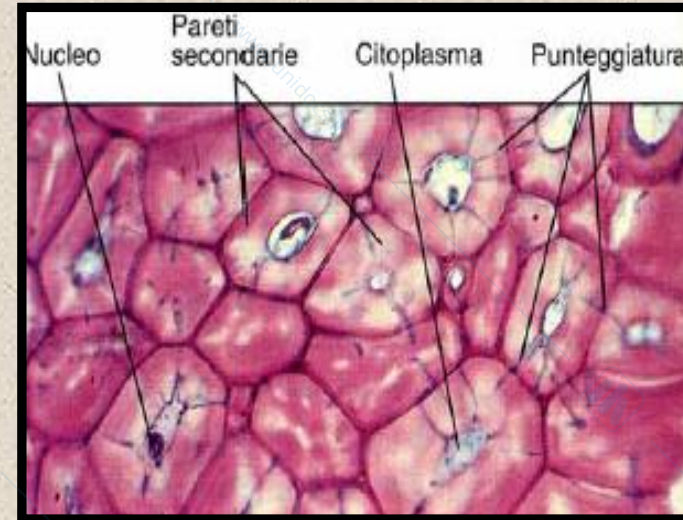
In queste cellule spesso il protoplasto muore dopo aver depositato la parete secondaria.



La Composizione della Parete Secondaria

Contro la parete primaria viene apposta quella secondaria.

La sua composizione chimica è uguale alla primaria ma cambiano le relazioni tra i costituenti → il materiale fibrillare è preponderante sulla matrice.



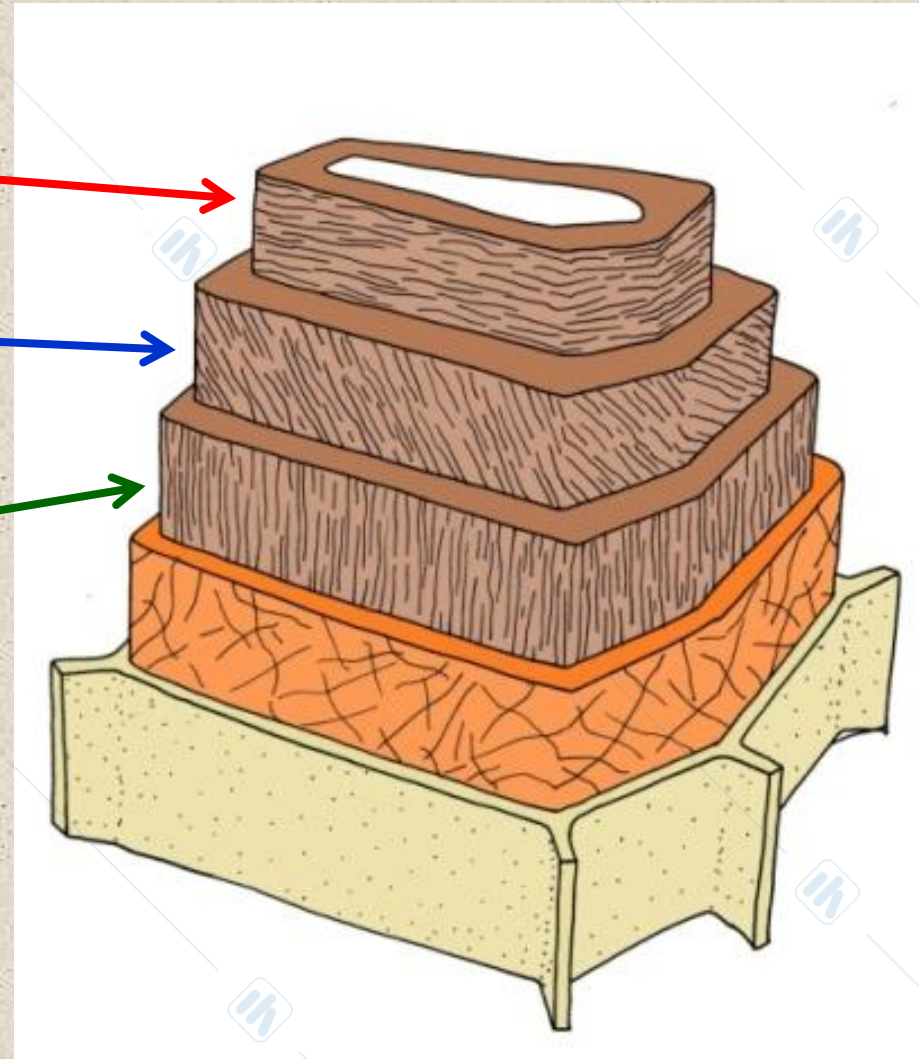
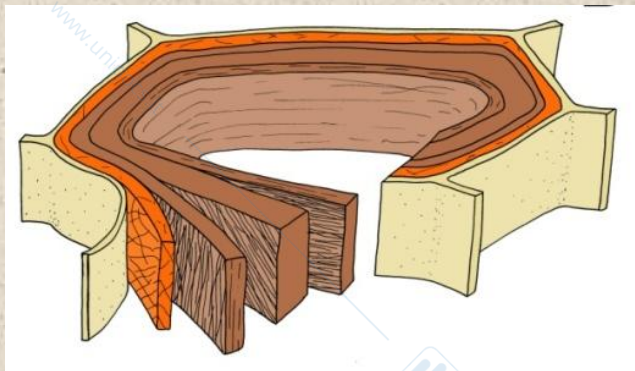
La parete secondaria è' composta per lo più da materiale fibrillare (cellulosa) (85-95%) e da una scarsa matrice costituita da emicellulose e poca acqua.

Mancano le pectine, le glicoproteine e gli enzimi.

La Struttura della Parete Secondaria

La parete secondaria è formata da **3 strati** in ciascuno dei quali le fibrille di cellulosa hanno un **orientamento diverso** rispetto all'asse maggiore della cellula. Questa organizzazione conferisce **rigidità**.

- **Tessitura fibrosa:** fibrille disposte **parallelamente** all'asse cellulare
- **Tessitura a elica:** fibrille disposte **obliquamente** rispetto all'asse cellulare
- **Tessitura anulare:** fibrille disposte **perpendicolarmente** all'asse cellulare

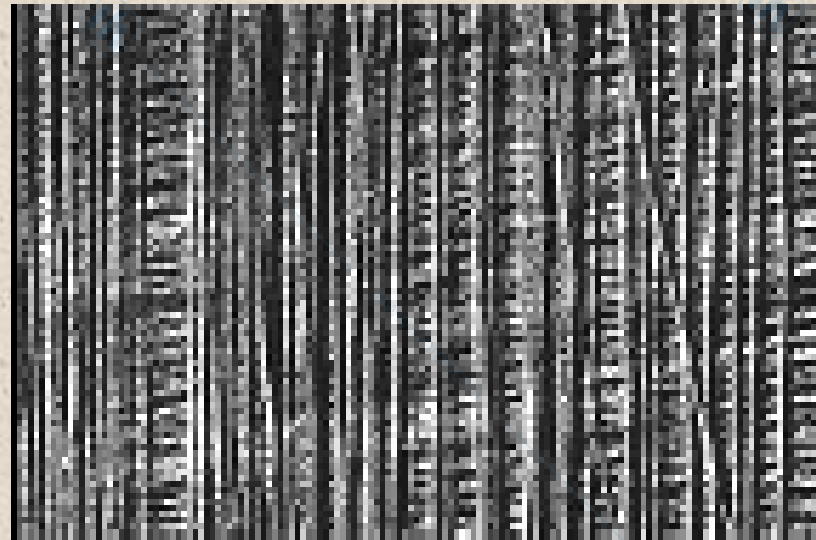


Parete primaria e secondaria

Al microscopio elettronico si può facilmente osservare che la parete primaria è meno ricca di fibrille ed ha una struttura più plastica, mentre la parete secondaria è molto compatta e ordinata.



Parete primaria

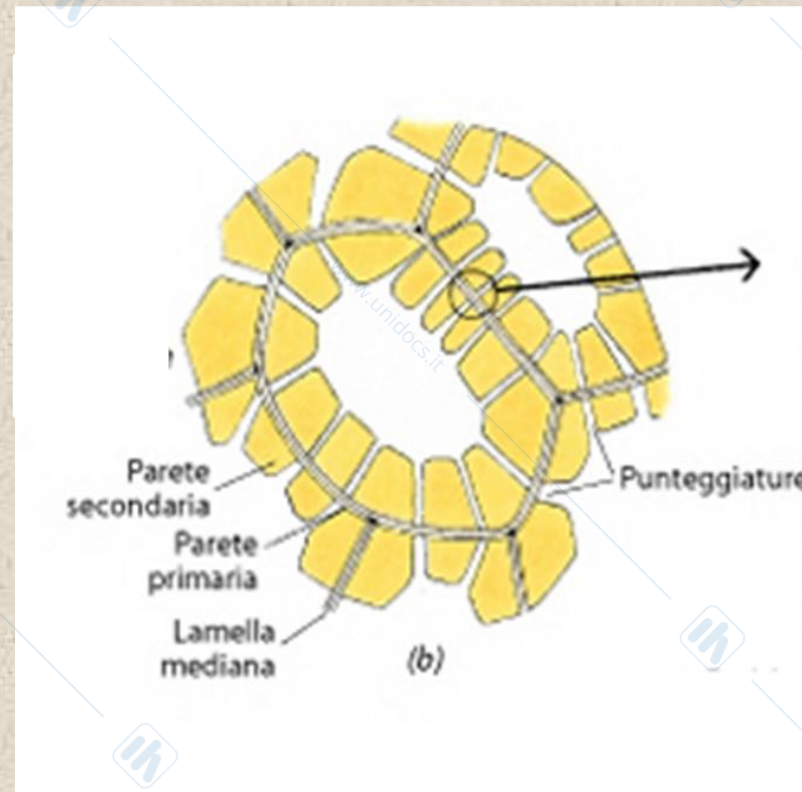


Parete secondaria

Plasmodesmi e parete secondaria

Per permettere la comunicazione tra cellule il deposito della parete secondaria non avviene in corrispondenza dei **campi di punteggiature** della parete primaria → nella parete secondaria si creano delle interruzioni (**punteggiature**).

In genere due cellule contigue hanno le punteggiature nella stesso punto ciò garantisce una loro comunicazione. Talvolta la punteggiatura può essere l'unico punto di scambio.



Modificazioni secondarie della Parete cellulare

Le cellule vegetali possono modificare la loro parete cellulare in base alla **funzione** che dovranno svolgere e quindi in dipendenza del tessuto di cui faranno parte.

Queste modificazioni comportano la deposizione di sostanze:

- **incrostanti** (all'interno della matrice)
- **apposte** (che si aggiungono contro la preesistente parete senza inserirsi nella matrice)

1. Lignificazione → la matrice si incrosta di **Lignina** (deriva dalla polimerizzazione di componenti fenoliche operata da perossidasi)

- interessa cellule che hanno funzione meccanica o di sostegno
- la lignina si sostituisce all'acqua e rende la parete impermeabile
- conferisce rigidità e resistenza alla compressione
- aumenta la resistenza all'attacco dei funghi/patogeni

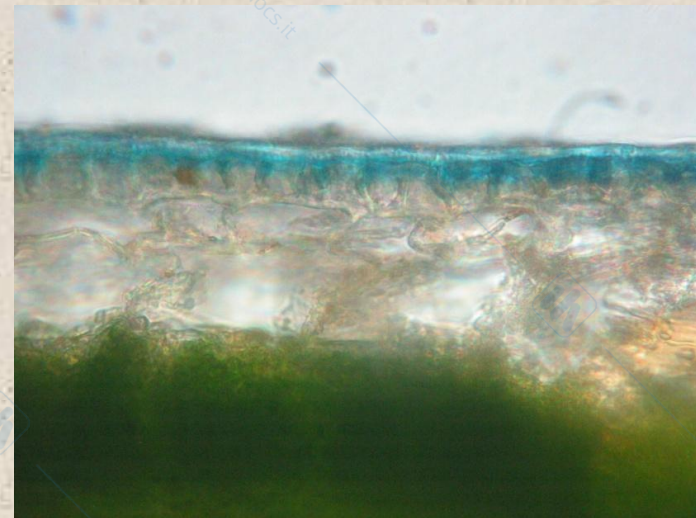
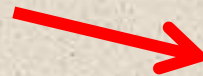
Modificazioni secondarie della Parete cellulare

2. Cutinizzazione → interessa la parete tangenziale esterna delle cellule epidermiche (cellule vive).

Si ha l'apposizione uno strato **lipofilo**, la **cuticola** che assolve diverse funzioni:

- conferisce alla parete impermeabilità ad acqua e gas
- controlla l'evapotraspirazione e la temperatura
- protegge dalle aggressioni chimiche e dal vento
- protegge dall'attacco da parte di agenti patogeni

Strato di cutina (cuticola)
In foglia di Ficus



La cuticola è costituita da:

cere (catene di idrocarburi a lunga catena ed esteri di acidi grassi)

cutine (poliestere a maglia tridimensionale di ossiacidi, acidi grassi e acidi epossidici).

Modificazioni secondarie della Parete cellulare

3. Suberificazione → Si ha l'apposizione contro la parete di **lamelle di suberina** (poliestere costituito da acidi organici, alcoli, idrossialcoli e fenoli).

- è un composto di natura grassa quindi **impermeabile** ad acqua e gas

- è una modifica che interessa l'intera parete cellulare quindi la cellula suberificata è una cellula morta piena d'aria

- è tipica degli elementi esterni del fusto

- conferisce **resistenza all'attacco dei parassiti**

