

### 3. ELEMENTI DI BIOTECNICA

L'Ingegneria Naturalistica è una disciplina nella quale si utilizzano le piante vive per stabilizzare e difendere versanti o sponde da processi erosivi e da altre forme di dissesto.

L'obiettivo principale dell'ingegneria naturalistica, ad esempio nelle sistemazioni idrauliche, è la ricostruzione, in tempi brevi, di una copertura vegetale che riduca l'erosione superficiale, limitando il trasporto solido, rallenti i tempi di corrivazione delle precipitazioni nel bacino ed assolva compiti di drenaggio nei casi in cui il ristagno idrico possa rappresentare un elemento di instabilità del versante.

Nell'ingegneria naturalistica le piante non sono più considerate solo da un punto di vista estetico, ma funzionale, ovvero come un efficace materiale vivente da costruzione; ciò costituisce la peculiarità maggiore di tale disciplina che la differenzia da quelle che utilizzano solo materiali inerti o impiegano le piante per l'arredo degli spazi urbani. Le moderne innovazioni, inoltre, hanno consentito di ampliare le applicazioni di queste tecniche vegetali e di aumentarne l'efficacia.

#### 3.1 IL RUOLO DELLE PIANTE NELLA STABILITÀ DEI VERSANTI

La copertura vegetale svolge un'importante funzione nella difesa del suolo contrastando l'azione disgregatrice degli agenti atmosferici tramite azioni antierosive e regimanti di tipo meccanico ed idrologico.

Le azioni di tipo meccanico indotte dalle piante sui versanti consistono nella protezione antierosiva dalle acque dilavanti unitamente alla stabilizzazione dello strato superiore del suolo ad opera degli apparati radicali, con la riduzione dell'erosione e del trasporto solido a valle; lungo un versante con copertura vegetale densa, la velocità di deflusso delle acque è circa  $\frac{1}{4}$  di quella che si avrebbe, a parità di pioggia, su suoli privi di vegetazione e, di conseguenza, l'azione erosiva, che varia con il quadrato della velocità, può scendere fino a  $\frac{1}{16}$ .



*Foto 3.1: Le radici delle piante legano le particelle di suolo e lo rinforzano, aumentando la resistenza al taglio (Parco Nazionale del Vesuvio) - Foto P. Cornellini*

Analogamente a quello meccanico, le piante, soprattutto i popolamenti forestali, svolgono sul pendio un ruolo importante sul ciclo idrologico. I principali effetti della vegetazione sulla stabilità dei pendii sono riportate in figura 3.2 e tabella 3.1.

Nelle situazioni geomorfologiche favorevoli il bosco può, quindi, rappresentare l'obiettivo progettuale degli interventi di riduzione del rischio idrogeologico, ma in quelle sfavorevoli (forti pendenze, substrati erodibili, etc.), l'effetto degli alberi, a causa del sovraccarico e del vento, può tradursi in fenomeni contrari alla stabilità; ne deriva che negli interventi di ingegneria naturalistica sui versanti instabili, fermo restando il ruolo essenziale della copertura vegetale, il progetto botanico non prevede mai la piantagione degli alberi, bensì opere antierosive, stabilizzanti e consolidanti basate sulle caratteristiche biotecniche delle specie arbustive ed erbacee.

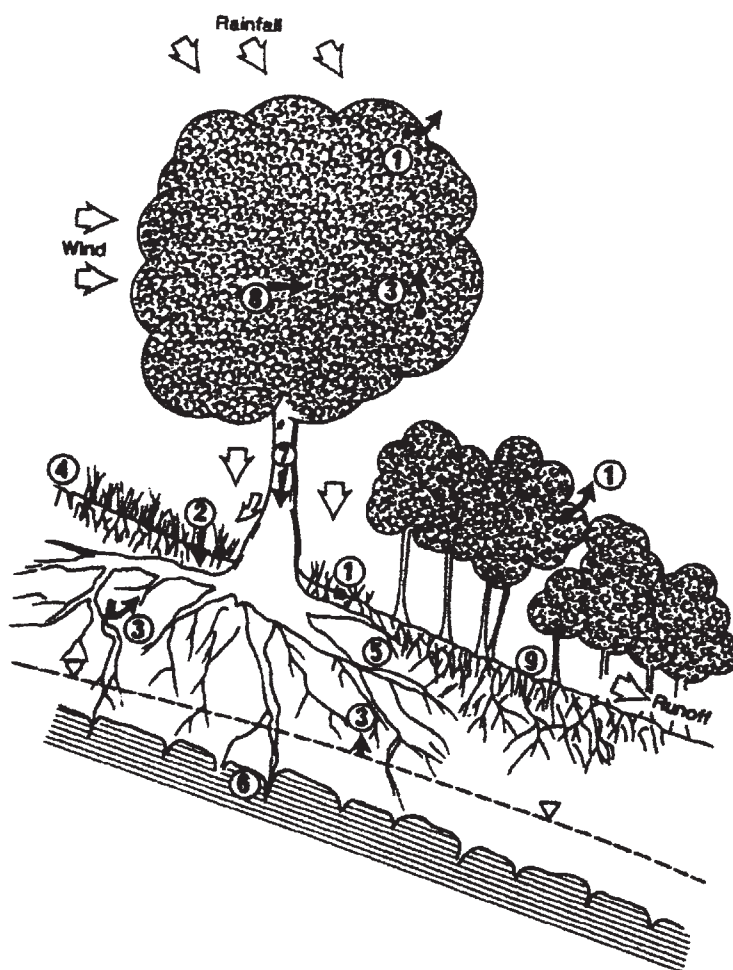


Figura 3.2: Interazioni vegetazione-versante che influenzano la stabilità (da Greenway, 1987)

**Tabella 3.1: Effetti della vegetazione sulla stabilità dei pendii  
(illustra la figura 3.2)**

<i>Effetti di tipo idrologico</i>	<i>contrario alla stabilità</i>	<i>favorevole alla stabilità</i>
1. Le foglie intercettano le precipitazioni, causando perdite per assorbimento ed evaporazione: si riduce l'acqua disponibile per l'infiltrazione		X
2. Le radici e i fusti aumentano la scabrezza del terreno e la permeabilità del suolo, aumentando la capacità di infiltrazione	X	
3. Le radici assorbono l'umidità dal suolo che si perde nell'atmosfera mediante la traspirazione, favorendo una minore pressione interstiziale		X
4. La diminuzione dell'umidità del terreno può accentuare le fessure di disseccamento, con una maggiore capacità di infiltrazione	X	
<i>Effetti di tipo meccanico</i>	<i>contrario alla stabilità</i>	<i>favorevole alla stabilità</i>
5. Le radici rinforzano il suolo, aumentandone la resistenza al taglio		X
6. Le radici degli alberi possono ancorarsi negli strati stabili con l'effetto di pilastri di ancoraggio funzionanti come le spalle di un ponte ad arco		X
7. Il peso degli alberi sovraccarica il versante, aumentando le componenti normale e tangenziale	X	X
8. Le piante esposte al vento trasmettono forze dinamiche al versante	X	
9. Le radici legano le particelle del suolo, riducendo la loro suscettibilità all'erosione		X

Fonte: da Greenway, 1987

### 3.2 CARATTERISTICHE BIOTECNICHE DELLE PIANTE

Oltre alle proprietà tecniche (ad esempio difesa dall'erosione, miglioramento dei parametri geotecnici del suolo ad opera delle radici, regolazione del bilancio idrologico del suolo) molte piante possiedono *proprietà biologiche*, ed, in particolare:

- **capacità di riproduzione per via vegetativa**, ovvero per talea: tamerici, salici, pioppi, *Laburnum anagyroides* (maggiociondolo), *Ligustrum vulgare* (Ligustro), *Sambucus nigra* (sambuco), *Phragmites australis* (rizomi), *Arundo pliniana* (rizomi), *Corylus avellana* (nocciolo, talea radicale), etc. *Salix caprea* non è adatto per l'impiego di talee (attecchimento del 5%).

**Tabella 3.2 : Capacità d’attecchimento di specie con riproduzione vegetativa**

<i>Tipologia</i>	<i>Specie</i>	<i>% attecchimento</i>
Salici	<i>Salix purpurea</i>	100%
	<i>Salix cinerea</i>	75%
	<i>Salix alba</i>	75%
	<i>Salix elaeagnos</i>	70%
Altre specie	<i>Populus nigra</i>	65%
	<i>Ligustrum vulgare</i>	65%

Fonte: da AIPIN Bolzano adattata

- **capacità di emettere radici avventizie dai fusti interrati:** ontani, salici, pioppi, frassini, *Acer pseudoplatanus* (acero montano), *Corylus avellana* (nocciolo), *Euonymus europaeus* (berretta da prete), *Viburnum tinus* (lentagine), etc.

Sulle scarpate in ambito mediterraneo, ove sono reali le difficoltà di uso dei salici nelle opere di I.N., in quanto poco coerenti dal punto di vista ecologico, va privilegiato l’impiego di specie termo-xerofile con capacità di sviluppo di radici avventizie dal fusto interrato (tab.3.3), da usare come piante radicate, ma con la stessa funzione delle talee. Tale caratteristica biotecnica trova riscontro in natura nella resistenza all’inghiainamento di alcune piante: un ricoprimento per sovralluvionamento provoca il deperimento progressivo della maggior parte delle specie, mentre molte piante legnose sopportano questa colmata senza perdere la vitalità.

- **resistenza alla sommersione anche per periodi prolungati:** salici, *Populus alba* (pioppo bianco), frassini, *Alnus glutinosa* (ontano nero). Le sommersioni della durata da varie ore fino a vari giorni possono essere sopportate senza danni nelle associazioni riparali, anche più volte all’anno, ma la sommersione totale della pianta oltre tale periodo non è in genere sopportata e le piante muoiono per asfissia. Di tale proprietà va tenuto conto nella progettazione degli interventi di I.N. in ambito idraulico.

Le proprietà tecniche e quelle biologiche costituiscono le **caratteristiche biotecniche** che caratterizzano alcune specie vegetali e che risultano essenziali per il successo degli interventi di ingegneria naturalistica.

Le piante con elevata valenza biotecnica utili negli interventi di I.N. dovrebbero quindi possedere particolarmente le seguenti qualità:

- capacità di consolidare il terreno;
- resistenza degli apparati radicali.

**Tabella 3.3: Piante sperimentate in Alto Adige , Austria e nel Lazio sulla capacità di emettere radici avventizie dal fusto interrato**

<i>Austria e Alto Adige (Florineth)</i>	<i>AIPIN Lazio (Dallari e Laranci)</i>
<i>Idonee</i>	
<i>Alnus glutinosa, A. incana e A. viridis</i>	<i>Viburnum tinus</i>
<i>Fraxinus ornus, F. excelsior</i>	<i>Euonymus europaeus</i>
<i>Acer pseudoplatanus</i>	
<i>Prunus padus</i>	
<i>Sorbus aucuparia</i>	
<i>Corylus avellana</i>	
<i>Lonicera xylosteum</i>	
<i>Euonymus europaeus</i>	
<i>Viburnum opulus, V. lantana</i>	
<i>Salix caprea</i>	
<i>Populus alba</i>	
<i>Poco idonee</i>	
<i>Acer campestre, A. platanoides</i>	<i>Phillyrea latifolia</i>
<i>Betula pendula</i>	<i>Coronilla emerus</i>
<i>Carpinus betulus</i>	<i>Rhamnus alaternus</i>
<i>Crataegus monogyna</i>	
<i>Frangula alnus</i>	

Fonte: Manuale 1 Regione Lazio

### 3.2.1 Capacità di consolidare il terreno

La capacità di consolidare il terreno deriva dalla forma e densità delle radici, che esercitano azioni resistenti che si traducono in un aumento della resistenza al taglio e della coesione del terreno. Particolarmente importante è il rapporto fra il volume delle radici ed il volume dei getti (tabella 3.4) (Schiechtel, 1973).

Il consolidamento più efficace del terreno si ottiene quando la compenetrazione radicale avviene in diversi strati del terreno ed è, quindi, necessario impiegare diverse specie.

Nel caso delle piante mediterranee esiste una relazione tra le strategie di riproduzione e la struttura delle radici. Le specie con capacità di ripresa vegetativa possiedono un apparato radicale più profondo e sviluppato che garantisce un miglior consolidamento del suolo di quelle con rigenerazione da seme. Studi sulla distribuzione delle radici di piante legnose mediterranee per la definizione di modelli empirici sono in corso nelle università di Lisbona e Coimbra, in Portogallo (Silva, Rego e Martins-Loucao, 2003).

**Tabella 3.4: Rapporto tra il volume dell'apparato radicale e della parte aerea di diverse piante. Dal rapporto radici-parte aerea della pianta si possono trarre importanti indicazioni sulle attitudini biotecniche delle piante**

<i>Arbusti e alberi</i>		<i>Piante erbacee</i>	
<i>Salix glabra</i>	2,4	<i>Stipa species</i>	5-15
<i>Viburnum Lantana</i>	2,3	<i>Equisestum arvense</i>	5,5
<i>Erica carnea</i>	2,0	<i>Rumes scutatus</i>	5,5
<i>Salix eleagnos</i>	1,8	<i>Deschampsia caespitosa</i>	1,6
<i>Salix nigricans</i>	1,8	<i>Festuca ovina</i>	1,1
<i>Alnus viridis</i>	1,6	<i>Anthyllis vulneraria</i>	0,8
<i>Salix purpurea</i>	1,5	<i>Achillea millefolium</i>	0,7
<i>Fraxinus excelsior</i>	1,5	<i>Lotus corniculatus</i>	0,7
<i>Ligustrum vulgare</i>	1,2		
<i>Acer pseudoplatanus</i>	1,1		
<i>Hippophae rhamnoides</i>	1,0		
<i>Berberis vulgaris</i>	0,6		
<i>Salix alba</i>	0,5		

Fonte: da Schiechl, 1973

### 3.2.2 Resistenza degli apparati radicali

Per la stabilizzazione di un substrato sottoposto a sollecitazioni meccaniche è necessario che le radici delle piante resistano agli sforzi di trazione e di taglio che ne derivano. Laboratori scientifici in vari paesi stanno studiando le proprietà meccaniche dei fusti e delle radici delle piante con le classiche prove di laboratorio per la resistenza dei materiali. La resistenza alla rottura dell'apparato radicale è il prodotto dell'intensità di radicamento per la resistenza alla trazione delle singole radici. Per quanto riguarda la resistenza a trazione delle radici si può fare riferimento ai valori di tabella 3.5, ove sono riportati i valori medi relativamente a piante comuni nelle regioni meridionali, secondo i più recenti risultati della ricerca.

**Tabella 3.5: Valori di resistenza a trazione delle radici di alcune piante comuni presenti nel Lazio**

<i>Specie</i>	<i>Resistenza a trazione delle radici</i> (MPa, valori medi)
<i>Spartium junceum</i>	44,6
<i>Salix purpurea</i>	36
<i>Euonymus europaeus</i>	34,6
<i>Rhamnus alaternus</i>	34
<i>Quercus robur</i>	32

<i>Specie</i>	<i>Resistenza a trazione delle radici</i> (MPa, valori medi)
<i>Cytisus scoparius</i>	32
<i>Acer campestre</i>	28,2
<i>Viburnum tinus</i>	23,6
<i>Phillyrea latifolia</i>	21,1
<i>Coronilla emerus</i>	19,2
<i>Pistacia terebinthus</i>	17,2
<i>Salix elaeagnos</i>	15
<i>Populus nigra</i>	5 ÷ 12

Fonte: Manuale 2 Regione Lazio

Altro parametro importante è la resistenza all'estirpazione dell'intera pianta (tabella 3.6)

**Tabella 3.6: Resistenza all'estirpamento di piante erbacee e latifoglie**

<i>Specie</i> (N)	<i>Forza di trazione</i> <i>della radice (ø mm)</i>	<i>Diametro</i> <i>di trazione (N/cm<sup>2</sup>)</i>	<i>Tensione</i>
<i>Poa annua</i>	1,04		
<i>Agrostis stolonifera</i>	1,24		
<i>Festuca duriuscula</i>	2,04		
<i>Deschampsia caespitosa</i>	2,9		
<i>Lolium perenne</i>	5,0		
<i>Nardus stricta</i>	7,6		
<i>Bromus inernis</i>	9,9		
<i>Trifolium repens</i>	3,5	0,9	547
<i>Anthyllis vulneraria</i>	86	3,5	901
<i>Trifolium hybridum</i>	125	3,1	1658
<i>Lotus corniculatus</i>	142	3,6	1404
<i>Trifolium pratense</i>	154	3,7	1438
<i>Onobrychis sativa</i>	350	10	443
<i>Medicago sativa</i>	3250	30	460
<i>Salix caprea</i>	5500	85	97
<i>Betula pendula</i>	3000	53	136
<i>Carpinus betulus</i>	4000	78	83

Fonte: da Florineth, 1995

Studi delle università dell'Insubria e del Molise hanno evidenziato le modifiche dei parametri morfologici delle radici di *Spartium junceum* e *Fraxinus ornus* che crescono sulle scarpate, rispetto a individui che crescono in piano. Tali specie sui pendii rinforzano l'ancoraggio al suolo con uno sviluppo delle radici più ampie e più resistenti nella parte superiore della scarpata (figura 3.3), con una risposta morfologica analoga a quella delle sollecitazioni del vento (Chiatante, Sarnataro, Fusco, Di Iorio, Scippa, 2003).

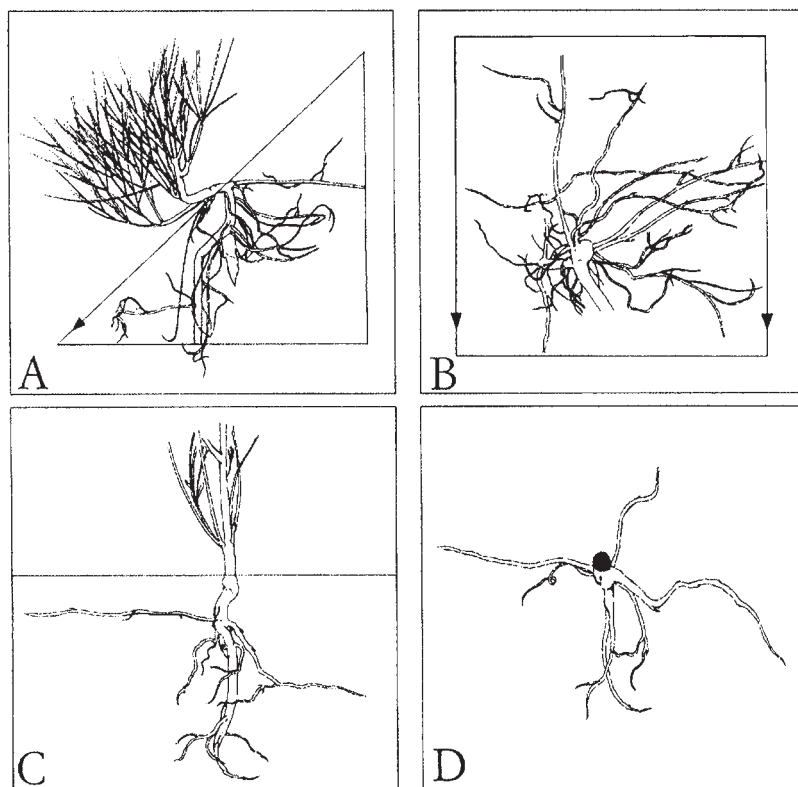


Figura 3.3: Sviluppo degli apparati radicali di *Spartium junceum* su scarpata (A e C) ed in piano (B e D) (Chiatante et al., 2003)

In Sicilia, la Sezione Regionale dell'AIPIN sta portando avanti tramite l'ing. Gianluigi Pirrera ed alcuni soci, sperimentazioni e ricerche sia sulla biotecnica delle specie mediterranee che sulla depurazione naturale.

È stato sperimentato con successo l'utilizzo di talee di alcune specie autoctone nuove per l'ingegneria naturalistica. Vanno citate, poi, le ricerche sulla resistenza a trazione di alcune specie (*Spartium junceum* e *Asparagus acutifolius*) a cura dell'ing. Gabriella Terranova presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università di Catania, quella in corso sulla depurazione naturale delle acque reflue mediante *lombrifiltrazione* nell'impianto pilota sperimentale di Castelbuono (Palermo) a cura dal Prof. Giuseppe Alonzo del Dipartimento ITAF dell'Università degli Studi di Palermo e quella sulla possibilità di un *uso integrato delle opere di stabilizzazione ai fini del miglioramento della qualità delle acque nei torrenti siciliani*, a cura del Prof. Ing. Francesco D'Asaro del Dipartimento ITAF dell'Università degli Studi di Palermo.

Si riportano di seguito una serie di raffigurazioni di apparati radicali di specie erbacee e legnose comuni, che ben mettono in evidenza il volume di terreno coinvolto dalla stabilizzazione delle radici stesse.



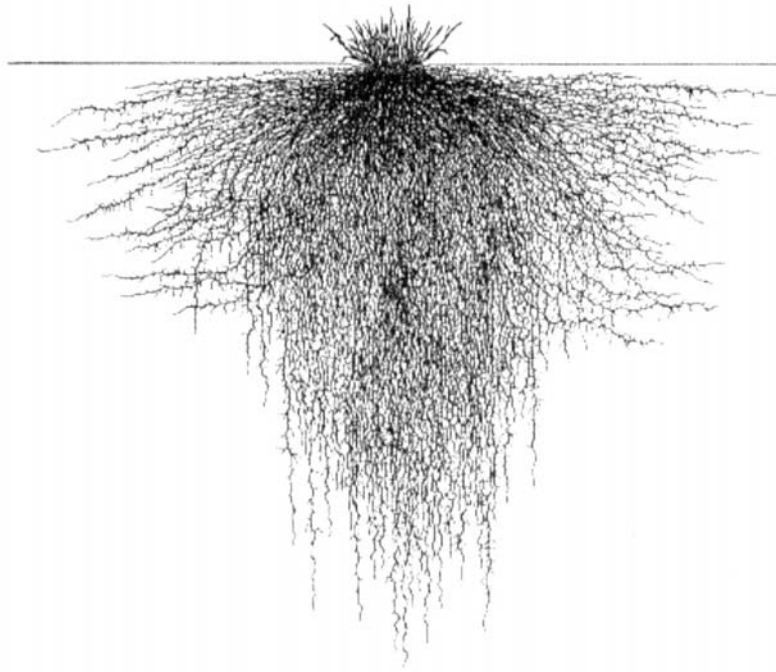


Figura 3.4: *Lolium perenne* (Kutschera –Sobotik, 1997)

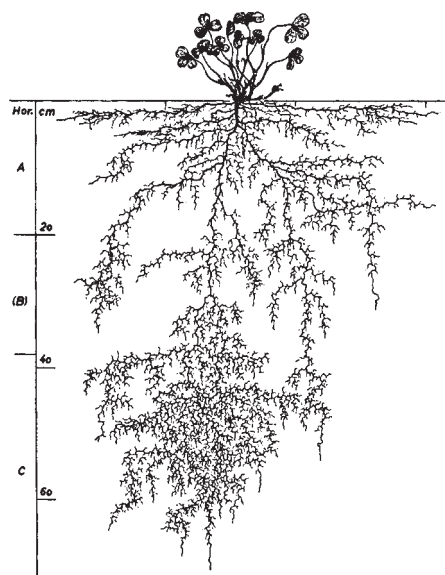


Figura 3.5: *Trifolium repens* (Kutschera –Sobotik, 1997)

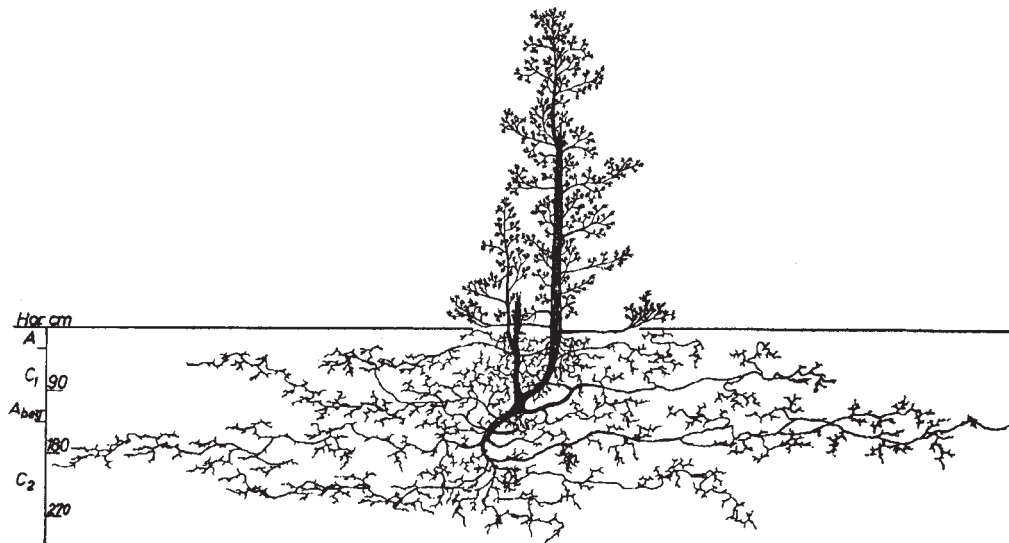


Figura 3.6: *Juniperus communis ssp. communis* (Kutschera – Sobot ik, 1997)

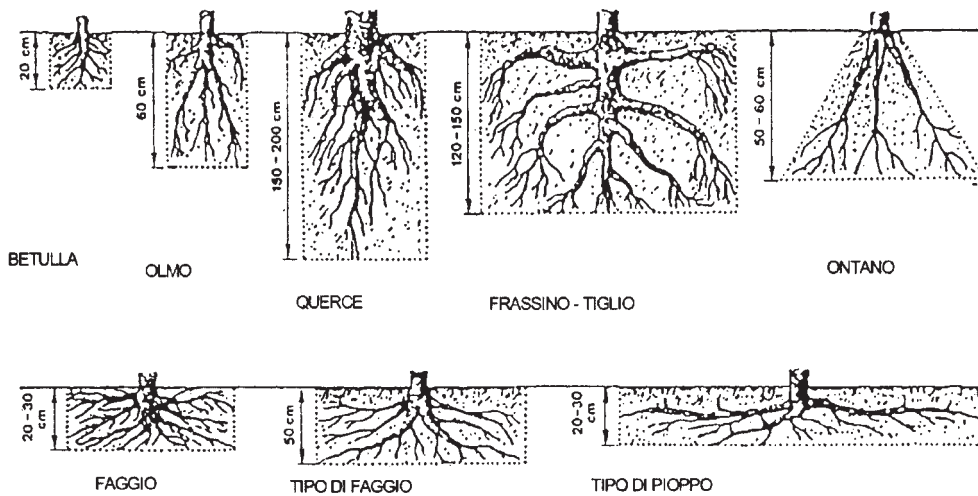


Figura 3.7: Confronto tra i diversi apparati radicali delle diverse specie di alberi (Mathey, 1929)

### 3.2.3 I Salici

Nelle sistemazioni con tecniche d'Ingegneria Naturalistica, i salici vengono utilizzati soprattutto nelle sistemazioni idrauliche perché hanno un'ottima attitudine biotecnica e una rapida propagazione vegetativa.

Nell'eseguire opere d'ingegneria naturalistica, si possono impiegare convenientemente solo quelle specie che hanno facoltà di propagazione vegetativa almeno nella misura del 70%, dal momento che alcune, infatti, radicano e ricacciano in modo insufficiente come, ad esempio, il Salicione (*Salix caprea*) (Schiechtl, 1973). Il taglio delle talee va effettuato nel periodo favorevole, che coincide generalmente con quello del riposo vegetativo (piante prive di foglie). Dall'esperienza in ambito mediterraneo si è visto che il taglio delle talee è possibile, a seconda della ecologia della stazione (umidità, altitudine, esposizione, etc.) anche in alcuni mesi primaverili e autunnali, ad eccezione, comunque, del periodo fra la fioritura e la fruttificazione e quello dell'alterazione cromatica autunnale delle foglie, periodi nei quali la capacità di attecchimento è bassissima. Nel tagliare i salici va ricordato che la talea più lunga e più grossa possiede, a causa di una maggiore riserva di rizocalina immagazzinata nelle cellule del cambio, una maggiore capacità d'accrescimento nei primi tre anni di vita. Generalmente la maggior parte delle specie di salice è dotata di un sistema radicale espanso che spesso si spinge in profondità nel terreno.



Foto 3.8: Sviluppo radicale di talea di salice sul rio Inferno (FR) - Foto P. Cornelini

Il numero delle possibili specie utilizzabili non è molto grande e, comunque, già all'interno degli stessi salici vi sono esigenze molto diverse.

Le specie di salici più frequenti nelle regioni meridionali sono: *Salix alba*, *S. purpurea*, *S. triandra*, *S. eleagnos*, *S. cinerea* e *S. caprea*.