

PROGETTO OPERATIVO DI MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE DI PARTE DELLE AREE ESTERNE SYNDIAL

Stabilimento di Brindisi

ALLEGATO 4 OPERE DI INGEGNERIA FORESTALE

Settembre 2013

Preparato per: URS Italia

Studio Agronomico Associato NO₃ di Bossi, Motta e Penati



TABLE OF CONTENTS

SCOPO DEL LAVORO.....	1
1. DESCRIZIONE DELL'AREA.....	1
1.1. Localizzazione dell'area	1
2. SCELTA DEL MATERIALE VEGETALE.....	2
2.1. scelta delle specie da utilizzare	2
2.2. CONSOCAZIONE CON PIANTE ERBACEE	5
2.3. sesto d'impianto	11
3. OPERAZIONI D'IMPIANTO	18
3.1. preparazione del terreno.....	18
3.2. operazioni d'impianto.....	19
4. STIMA DELL'EVATRASPIRAZIONE POTENZIALE	20
4.1. valutazione dei consumi evapotraspirativi potenziali	20
4.2. Evapotraspirazione massima delle colture scelte	22
5. STIMA DEI TEMPI DI REALIZZAZIONE	31
5.1. stima delle tempistiche e delle epoche per l'impianto del bosco ed il suo mantenimento.....	31
6. CONCLUSIONI.....	33
BIBLIOGRAFIA	34

ALLEGATI

Allegato 1 – schede descrittive delle piante.

TAVOLE

Tavola 1 – Individuazione delle opere previste;

Tavola 2 – Zona A, sesto d'impianto;

Tavola 3 - Zona B, sesto d'impianto;

Tavola 4 - Zona C, sesto d'impianto;

Tavola 5 - Zona D, sesto d'impianto;

Tavola 6 - Zona E, sesto d'impianto;

Tavola 7 – Zona D, proiezione sviluppo a 5 e 10 anni.

SCOPO DEL LAVORO

Il presente progetto d'ingegneria forestale è finalizzato a limitare progressivamente l'uso di impianti elettro-meccanici per l'asportazione di acque dall'area oggetto di intervento ricorrendo al manto vegetativo: il fenomeno dell'evapotraspirazione provvede infatti a rimuovere l'acqua dal sottosuolo, anche in modo consistente.

In climi ove le sole acque meteoriche non sono sufficienti all'approvvigionamento idrico delle piante, la traspirazione, che corrisponde al consumo idrico di una coltura, fa sì che questa, attraverso l'approfondimento radicale, riesca ad attingere dalla falda l'ulteriore acqua necessaria alle attività biologiche.

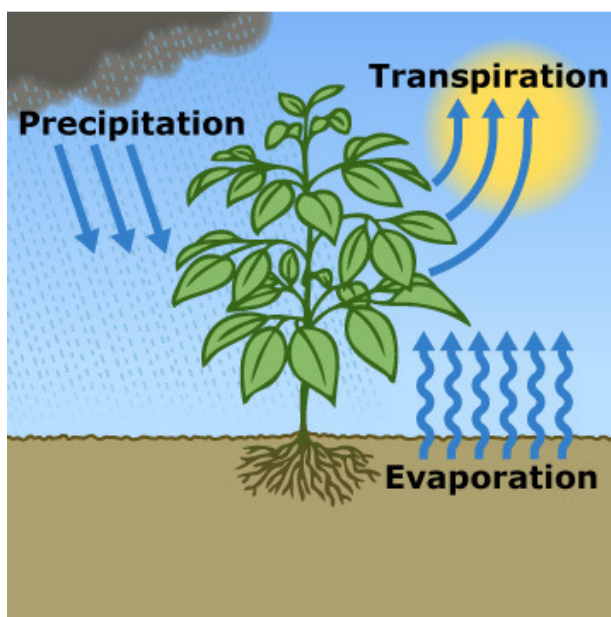


Figura 1 – Schema del fenomeno di evapotraspirazione.

1. DESCRIZIONE DELL'AREA

1.1. LOCALIZZAZIONE DELL'AREA

L'area soggetta ad intervento agronomico-forestale ricade nel territorio del comune di Brindisi, in un area adiacente allo stabilimento Petrolchimico Multisocietario di Brindisi, in prossimità dell'Area Micorosa.

Essa è costituita da 2 lotti principali, il primo a nord (settore H), con superficie pari a 12,8 ha, il secondo a sud (settori E e G), di estensione pari a 29,8 ha, localmente confinante con il parco naturale regionale "Saline di punta della Contessa".

2. SCELTA DEL MATERIALE VEGETALE

2.1. SCELTA DELLE SPECIE DA UTILIZZARE

I parametri indicati nei seguenti capitoli, come la scelta delle singole specie da utilizzare, il dettaglio dei sestri di impianto, la distribuzione delle specie, l'età delle essenze vegetali ed altri particolari, saranno ulteriormente approfonditi all'interno della progettazione di dettaglio che verrà sviluppata per l'appalto delle opere.

Nella selezione delle piante maggiormente adatte per le aree oggetto di studio si è tenuto principalmente conto di tre parametri: la resistenza alla salinità, la resistenza al ristagno idrico e, se possibile, l'origine autoctona della specie individuata.

Resistenza alla salinità

La salinità del terreno è determinata dall'accumulo di ioni ed in particolare, dello ione sodio. Tale accumulo si verifica per la vicinanza del mare o nel caso in cui la pioggia non raggiunga quantità tali da disciogliere i sali e gli ioni già accumulati nel terreno. Si possono quindi generare fenomeni di stress salino che impediscono o riducono crescita della pianta.

In genere, il cloruro di sodio (NaCl) costituisce il principale sale presente nel terreno. Gli ioni sodio (Na⁺) sono tossici per la maggior parte delle piante e le alte concentrazioni di ioni cloruro (Cl⁻) inibiscono la crescita di molte piante. Inoltre, le alte concentrazioni di sale causano la riduzione del potenziale osmotico nella soluzione circolante nel suolo con conseguente stress idrico, ovvero deficienza della disponibilità di acqua.

A tali sintomi, in piante non tolleranti, si collegano alterazioni del metabolismo quali un aumento della resistenza stomatica ed al movimento dell'acqua all'interno dei tessuti (Maas & Niemann, 1978), nonché una riduzione dei ritmi di assimilazione di CO₂ (O'Leary, 1984) ed un aumento della concentrazione di ioni tossici al suo interno.

Le piante in grado di sopportare alte concentrazioni di sali appartengono alla categoria delle alofite. Queste adottano delle strategie di resistenza, come l'accumulo di ioni al proprio interno o in speciali organi, per abbassare il potenziale osmotico. Sono quindi in grado di assorbire

acqua dal terreno o impedire l'ingresso dei sali all'interno dei tessuti adulti per non compromettere l'attività fisiologica.

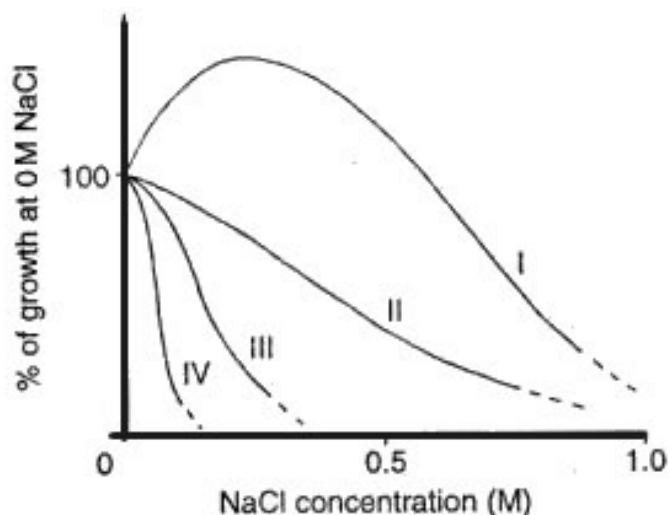


Figura 2 - Andamento della crescita in funzione della concentrazione di sale, espressa in M di NaCl, per quattro gruppi di piante – I alofite estreme o eualofite, capaci di completare il ciclo di crescita in ambienti estremamente salati, comprende generi come Suaeda, Salicornia e Atriplex. II alofite transitorie come le dicotiledoni Aster tripolium e Cochlearia anglica. III alofite facoltative (o se vogliamo le glicofite alotolleranti o pseudoalofite, tendono ad accumulare sali a livello del parenchima xilematico). IV comprende le normali glicofite. Figura tratta da: Dunes Ecology.

Resistenza al ristagno idrico

Il ristagno idrico è il fenomeno per cui l'acqua proveniente da piogge, irrigazioni, tracimazioni, apporti di falda, staziona sulla superficie del terreno superficiale, sommergendolo, oppure occupa più o meno completamente gli spazi vuoti del terreno sottraendoli all'aria. Il ristagno può avere un carattere di temporaneità, solitamente sopportato dalle piante, ma diventa problematico se tende a ripetersi con frequenza o a prolungarsi nel tempo.

Il ristagno prolungato ostacola il regolare apporto di ossigeno alle radici causandone la morte per asfissia radicale e predispone le piante ad attacchi parassitari da parte di agenti di marciume radicale o basale.

Le piante possono essere più o meno tolleranti al ristagno, in funzione anche della fase fenologica e delle condizioni ambientali.

Le piante erbacee ed arboree che colonizzano terreni costantemente sommersi dall'acqua, si avvalgono di particolari tessuti od organi in grado di trasportare ossigeno alle radici anche in situazioni di anaerobiosi, senza quindi comprometterne lo sviluppo.

La scelta delle essenze da utilizzare nel presente progetto ha quindi tenuto conto sia della resistenza allo stress salino, che al ristagno idrico, sebbene tali condizioni difficilmente coesistono nella stessa pianta. Solitamente infatti, i terreni salini sono caratterizzati da fenomeni di siccità viceversa, i terreni con presenza abbondante di acqua sono soggetti a fenomeni di lisciviazione e quindi ad una bassa salinità.

Un ambiente salino ricco di acqua è rappresentato quasi unicamente delle paludi salmastre e dalle lagune che si formano nelle vicinanze del mare. Le piante che colonizzano questi ambienti hanno formidabili capacità di tollerare sia la sommersione per lunghi periodi che la presenza di alte concentrazioni di sale. La maggior parte di queste piante hanno però carattere erbaceo od arbustivo.

Il progetto prevede l'impiego quindi di piante alofite o alofite transitorie, indicate per la loro capacità di assorbire i sali presenti nella soluzione circolante del terreno, in consociazione con specie tolleranti il ristagno idrico ma anche alla salinità.

Per la struttura dell'impianto si è deciso di utilizzare principalmente il **salice (*Salix fragilis/alba*)** e l'**ontano (*Alnus glutinosa*)**. Queste sono piante pioniere caratterizzate da una crescita molto rapida, che vanno a colonizzare terreni marginali, sopportano bene sia il ristagno idrico che i possibili vari inquinanti. Sono piante presenti in tutta Italia dalla pianura fino alla collina.

Affiancate a queste sono state individuate piante con crescita più lenta, ma che raggiungono maggiori dimensioni e quindi che presentano capacità di evapotraspirare maggiori quantitativi di acqua.

In particolare l'***Eucaliptus* sp.**, sebbene specie non autoctona, risulta già presente e ben sviluppata nelle aree in oggetto; questo è stato utilizzato con buoni risultati nella bonifica delle paludi dell'Agro Pontino (1926-1937). Questa pianta, sempreverde, raggiunge facilmente i 25 metri di altezza e ha un apparato radicale molto espanso in grado di assorbire importanti

quantità di acqua dal terreno. La resistenza alla salsedine, soprattutto all'areosol che arriva con i venti dal mare, lo vedono utilizzato anche con successo come barriera frangivento lungo le coste, a protezione di piante più sensibili.

Il ***Taxodium disticum***, sebbene anch'essa non sia specie autoctona, lo troviamo presente in Italia sia al nord che al sud in svariate piantumazioni. Viene utilizzato nei terreni paludosi, lungo gli stagni e i corsi d'acqua. Possiede infatti caratteristici tubercoli radicali affioranti dal terreno, chiamati pneumatofori, che svolgono funzione di ossigenazione, atti a garantire cioè l'apporto di ossigeno anche in periodi di allagamento del terreno.

Il ***Quercus palustris* e *Quercus robur*** il primo originario dell'America del nord e il secondo diffuso in tutta Europa, prediligono terreni umidi e tollerano molto bene periodi di ristagno idrico. Sono piante molto longeve e resistenti con una chioma molto espansa.

La ***Tamarix gallica*** è spontanea lungo le coste mediterranee, cresce su sabbie umide e greti di torrenti. Predilige terreni leggeri e sabbiosi e tollera molto bene i venti dei litorali.

Le piante arboree che meglio possono adattarsi alle caratteristiche di questo luogo dovrebbero essere, prevedibilmente, la tamerice e l'eucalipto, anche se viene segnalata una limitata sopportazione di lunghi periodi di ristagno idrico. Si è scelto quindi di affiancare con altre specie più tolleranti l'asfissia radicale; in particolare l'ontano ed il salice, piante molto rustiche e a rapido sviluppo con caratteristiche di pianta pioniera capace di colonizzare velocemente anche gli ambienti ostili.

2.2. CONSOCAZIONE CON PIANTE ERBACEE

In un impianto di essenze ad alto fusto una buona copertura del terreno si ottiene dopo circa 8-10 anni. Nei primi anni di sviluppo, per migliorare la copertura vegetale è opportuno impiantare anche essenze arbustive ed erbacee. Queste garantiranno fin dal secondo anno una buona copertura senza interferire con la crescita degli alberi. Questi infatti, crescendo, ombreggeranno progressivamente gli arbusti e limitandone di conseguenza lo sviluppo, quando non saranno più necessari.

Per la fascia litoranea e per le zone più umide si utilizzerà la *Salicornia* sp. il *Juncus* sp. e la *Phragmites australis*. Queste sono tutte piante autoctone che troviamo nelle paludi salmastre;

per la fascia strettamente litoranea si valuterà anche la necessità di ricorrere a barriere frangivento, finalizzate a tutelare le specie più interne, meno tolleranti alla salsedine.

Per le zone meno umide, ma esposte ai venti salmastri, si utilizzerà la ginestra (*Spartium jungeum*), mentre allontanandosi dal mare buoni risultati sono ipotizzati con l'impiego del *Salix repens*, un arbusto adatto ai terreni umidi con una crescita molto veloce.

2.3. SESTO D'IMPIANTO

L'area oggetto di piantumazione si presenta con caratteristiche pedologiche differenti. Si individuano delle zone con affioramento della falda, caratterizzate da periodi di ristagno idrico, zone litoranee, più soggette all'azione dei venti salmastri e zone più interne, protette dai venti e con livelli di falda più profondi. In fase di sviluppo dell'ingegneria di dettaglio si provvederà comunque ad effettuare adeguati campionamenti ed analisi delle caratteristiche pedologiche dell'area mediante profili pedologici.

Non essendo possibile individuare a priori, un unico sesto di impianto con una medesima consociazione di piante si è quindi deciso di intervenire in modo differente per ciascuna zona, sia in termini di specie utilizzata sia in termini di sesto d'impianto (Tavola 01).

Si prevede di intervenire con le opere d'impianto in 3 differenti momenti successivi, ripartendo l'intera area in 3 lotti:

- 1 lotto (a sub della area sottoposta a bonifica) di 12,8 ha area H;
- 2 lotto (a sud-ovest della area sottoposta a bonifica) di 13 ha area E;
- 3 lotto (a sud est della area sottoposta a bonifica) di 16,9 ha area G.

Di seguito vengono schematicamente riportati i diversi sestì d'impianto prevedibili; detti sestì potranno essere meglio particolareggiati in fase di sviluppo delle progettazioni di dettaglio che verrà condotta per l'appalto delle opere.

Per la fascia litoranea soggetta a venti salmastri, ristagno idrico e maggiore salinità del terreno (denominata Zona A) verranno impiegate piante alofite tipiche delle paludi salmastre. Il sesto di impianto di dimensioni 0,5X0,5 metri sarà costituito da 10 file per una larghezza totale di 5 metri. L'*Arthrocnemum* occuperà le prime 3 file, lo *Juncus* le successive tre e la *Phragmites* le ultime 4 file.

Zona A Ha = 0,6 Sesto di Impianto 0,5X0,5 metri (Tavola 02)

Simbolo	Specie	N. piante/ ha
C	<i>Phragmites australis</i>	13333
J	<i>Juncus maritimus/sp</i>	13333
SA	<i>Arthrocnemum sp</i>	13333

Tabella 1 – Specie e n. piante/ha per zona A.

```

SA SA SA SA SA SA
SA SA SA SA SA SA
SA SA SA SA SA SA
J J J J J J
J J J J J J
J J J J J J
C C C C C C
C C C C C C
C C C C C C
C C C C C C

```

Figura 3 – Schema del sesto d'impianto zona A.

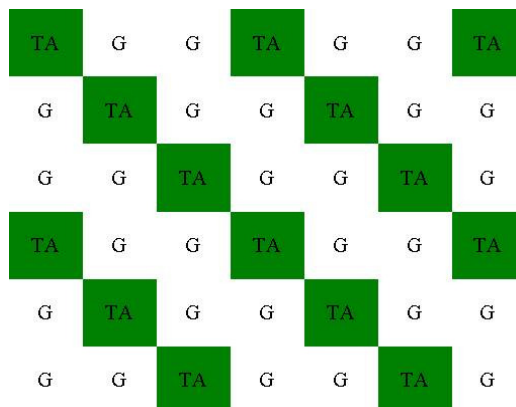
La seconda fascia (Zona B), caratterizzata da un minore ristagno idrico e della larghezza di 20 metri, vedrà la consociazione tra la *Tamarix* e lo *Spartium*, piante tipiche delle zone di litorale. Il sesto di impianto prevede file distanti 4 metri e sulla fila distanze di 1 metro con un'alternanza di *Tamarix* separate da due *Spartium*. Nelle interfile con un sesto di impianto di 0,5X0,5 metri verranno messe a dimora una fila centrale di *Phragmites* e due file laterali con l'*Arthrocnemum* e lo *Juncus*. Non tutte le interfile sono piantumate per garantire il passaggio per le operazioni di manutenzione dell'arboreto.

Zona B Ha = 0,6 Sesto di Impianto 4X1 metri (Tavola 03)

Interfila 0,5x0,5 metri

Simbolo	Specie	N. piante/ ha
TA	<i>Tamarix gallica</i>	833
G	<i>Spartium jungeum</i>	1667
C	<i>Phragmites australis</i>	13333
J	<i>Juncus maritimus</i> /sp	13333
SA	<i>Arthrocnemum</i> sp	13333

Tabella 2 – Specie e n. piante/ha per zona B.



Interfila:

SA SA SA SA
C C C C
J J J J

Figura 4 – Sesto d'impianto zona B.

La Zona C, di circa 30 metri di larghezza, ha una funzione di barriera frangivento. Con un sesto d'impianto di 5X5 metri le *Tamerix* sono dapprima alternate all'*Eucalyptus* per poi lasciare spazio al solo *Eucalyptus* per le ultime tre file. Quest'ultima pianta è ottima nella realizzazione di barriere frangivento. Nelle interfile con un sesto di impianto di 1,3X2 metri verranno messe a dimora in modo alternato una pianta di *Spartium jungeum* e un *Salix repens*. Anche qui si prevede di lasciare in alternanza delle interfile non piantumate per garantire il passaggio per le operazioni di manutenzione dell'arboreto.

Zona C Ha = 0,9 Sesto di Impianto 5X5 metri (Tavola 4)

Interfila: sesto di impianto 1,3X2 metri

Simbolo	Specie	N. piante/ ha
E	<i>Eucalyptus</i>	280
TA	<i>Tamarix gallica</i>	120
SR	<i>Salix repens</i>	1923
G	<i>Spartium jungeum</i>	1923

Tabella 3 – Specie e n. piante/ha per zona C.

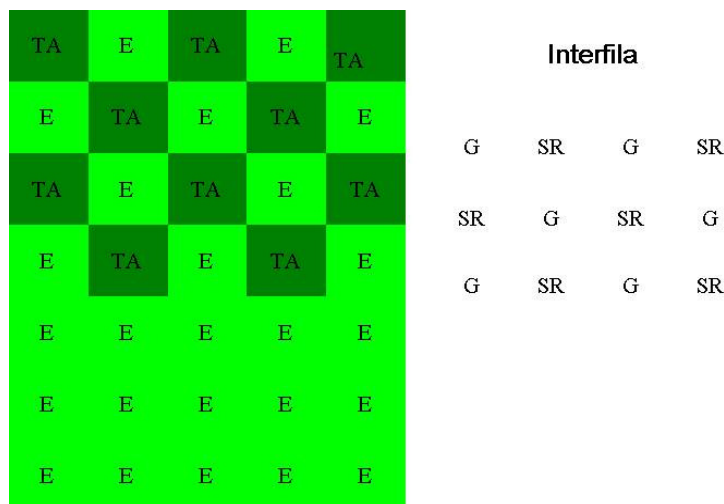


Figura 5 – Sesto d'impianto zona C.

La zona D caratterizza l'intero arboreto occupandone circa il 60%. Con un impianto di 5X5 metri la struttura è costituita da un'alternanza di *Alnus* e *Salix* che rappresentano il 50% delle essenze impiegate. Il 25 % è costituito da *Eucalyptus* e la restante parte dal *Quercus* sp., dal *Taxodium* e dalla *Tamerix* in uguale proporzione. Nelle interfile con un sesto di impianto di 1,3X2 metri verranno messe a dimora in modo alternato una pianta di *Spartium jungeum* e due piante di *Salix repens*. Anche in questo caso si prevede di lasciare in alternanza delle interfile non piantumate per garantire il passaggio per le operazioni di manutenzione dell'arboreto.

Zona D Ha = 22 Sesto di Impianto 5X5 metri (Tavola 5)

Interfila: sesto d'impianto 1,3X2 metri

Simbolo	Specie	Numero ha
S	<i>Salix alba/fragilis</i>	100
A	<i>Alnus glutinosa</i>	100
E	<i>Eucalyptus</i>	100
Q	<i>Quercus palustris</i>	33
TX	<i>Taxodium distichum</i>	33
TA	<i>Tamarix gallica</i>	33
SR	<i>Salix repens</i>	2564
G	<i>Spartium jungeum</i>	1282

Tavola 4 - Specie e n. piante/ha per zona D.

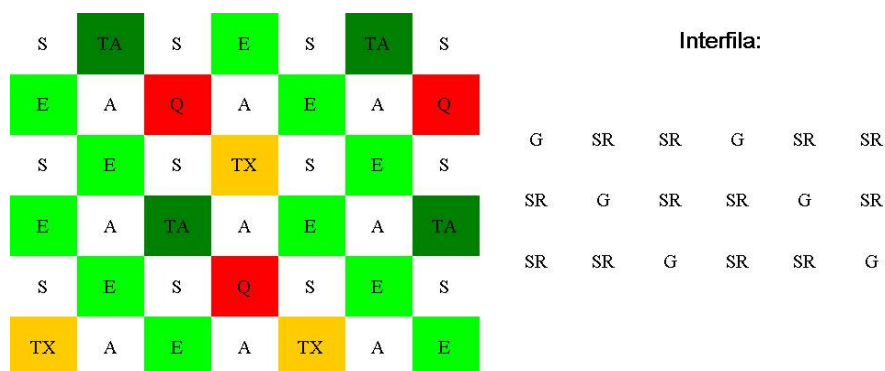


Figura 6 - Sesto d'impianto zona D.

La zona E è ipotizzata come ambiente più umido rispetto alla zona D e per periodi non troppo lunghi si può avere affioramento della falda. Per questo motivo, è stata aumentata la frequenza del *Salix* fino a quasi il 50%, gli *Alnus* rappresentano il 35%, mentre la restante parte è costituita in uguale proporzione da *Eucalyptus*, *Quercus*, *Taxodium* e *Tamarix*. Nell'interfila si è scelto di utilizzare unicamente il *Salix repens*.

Zona E Ha = 5 Sesto di Impianto 5X5 metri (Tavola 6)

Interfila: sesto di impianto 1,3X2 metri centrato nell'interfila

Simbolo	Specie	Numero ha
S	<i>Salix alba/fragilis</i>	187
A	<i>Alnus glutinosa</i>	113
E	<i>Eucalyptus</i>	25
Q	<i>Quercus palustris</i>	25
TX	<i>Taxodium distichum</i>	25
TA	<i>Tamarix gallica</i>	25
SR	<i>Salix repens</i>	3846

Tabella 5 - Specie e n. piante/ha per zona E.

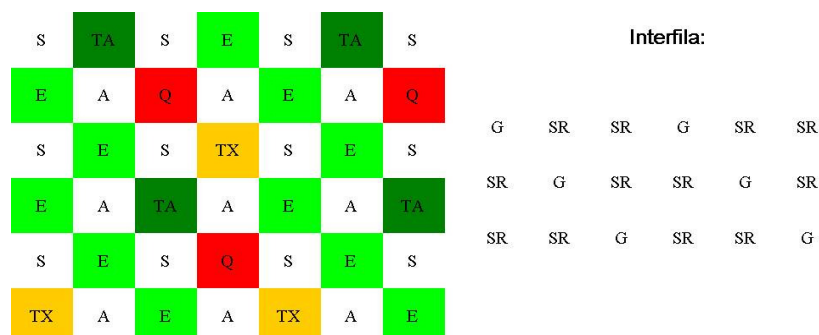


Figura 7 – Sesto d’impianto zona E.

La Zona F è difficoltosa poiché potenzialmente la falda può ricoprire per lunghi periodi la superficie o scende di poche decine di centimetri al di sotto di essa. La piantumazione prevede di utilizzare la *Phragmites* nelle zone con maggior ristagno per poi essere sostituita dal *Juncus*, dall'*Arthrocnemum* e dal *Salix repens* spostandosi in zone meno umide. Nelle parti con meno ristagno si collocherà il *Salix alba* e il *Taxodium* consociato con *Salix repens*. A distanza di alcuni anni, se le condizioni lo permetteranno, si potrebbe considerare l'opportunità di espandere la zona con le piante ad alto fusto e di introdurre anche le altre essenze. Per il sesto di impianto si utilizza una griglia 5X5 metri per gli alberi e un sesto di 0,5X0,5 metri per la canna e il giunco. LA progettazione dei sestini d'impianto per questa zona tuttavia dovrà essere necessariamente approfondita in fase di progetto esecutivo delle opere.

Zona F Ha = 4 Sesto di Impianto 5X5 metri

Interfila: sesto di impianto 1,3X2 metri centrato nell'interfila

Simbolo	Specie	Numero ha
S	<i>Salix alba/fragilis</i>	100
TX	<i>Taxodium distichum</i>	100
SR	<i>Salix repens</i>	2000
C	<i>Phragmites australis</i>	6000
J	<i>Juncus maritimus/sp</i>	6000
SA	<i>Arthrocnemum sp</i>	2000

Tabella 6 - specie e n. piante/ha per zona F.

SR	SR	SR	SR	SR
SR	SR	SR	SR	SR
SR	SR	SR	SR	SR

Figura 8 – Sesto d'impianto dell'interfila zona F.

Nella Tavola 07, allegata al presente documento, viene rappresentata graficamente la previsione dell'impianto forestale della zona D dopo 1, 5 e 10 anni.

3. OPERAZIONI D'IMPIANTO

3.1. PREPARAZIONE DEL TERRENO

L'impianto sarà essere eseguito nel tardo inverno, prima della ripresa vegetativa dei soggetti. La preparazione del terreno all'impianto dovrà comporsi delle seguenti fasi:

Trinciatura dei vegetali presenti (eventuale): autunno precedente l'impianto o inizio inverno.

Questa operazione è da eseguirsi solo se la vegetazione presente ha uno sviluppo tale da impedire le successive operazioni colturali di scarificazione e aratura. Deve essere eseguita con un'attrezzatura in grado di trinciare la vegetazione ad una lunghezza non superiore ai 10-15 centimetri. Tutti i residui andranno lasciati in campo e saranno successivamente interrati.

Scarificazione profonda: autunno precedente l'impianto o inizio inverno.

Questa operazione consiste nel rimuovere il terreno fino ad una profondità di 70-80 centimetri senza creare inversione degli strati allo scopo di eliminare eventuali strati di terreno compatti che impedirebbero lo sviluppo in profondità delle radici. Si crea in questo modo uno strato di almeno 80 centimetri di terreno più "soffice" che non ostacola, ma stimola, lo sviluppo radicale delle piante.

Concimazione organica: autunno precedente l'impianto o inizio inverno.

La concimazione è utile per apportare del nutrimento alle piante, soprattutto nel primo e secondo anno d'impianto. Si prevede di utilizzare, se reperibile in loco, del letame maturo o in alternativa del concime organico disidratato e pellettato (cornunghia o similari).

La dose di letame prevista risulta pari a 20-30 tonnellate per ettaro, o in alternativa a 700-800 kg di cornunghia.

Aratura superficiale: tardo inverno.

L'aratura, eseguita ad una profondità di 30 centimetri, rivoltando il terreno permette di interrare i residui vegetali presenti in superficie che intralcerebbero le operazioni di messa a dimora delle piante ed il loro sviluppo iniziale.

Fresatura superficiale del terreno: pochi giorni prima la messa a dimora delle piante.

Operazione che permette di affinare il terreno.

Tracciamento: pochi giorni prima la messa a dimora delle piante o contestuale alla stessa.

Si prevede l'utilizzo di un'apparecchiatura laser che permette di tracciare in modo preciso il reticolo di filari e quindi, individuare l'esatta posizione delle piante.

3.2. OPERAZIONI D'IMPIANTO

La messa a dimora avverrà tramite apertura manuale di buche per soggetti in vaso con diametro inferiore a 20 centimetri, mentre per soggetti in vaso di dimensioni maggiori o in zolla, si prevede l'utilizzo di un mini-escavatore.

Le buche dovranno essere scavate in modo che risultino larghe e profonde almeno una volta e mezzo rispetto alle dimensioni della zolla. La messa a dimora degli alberi dovrà avvenire in relazione alle quote finite, avendo cura che le piante non presentino radici allo scoperto né risultino, una volta assestatosi il terreno, interrare oltre il livello del colletto.

L'imballo della zolla, costituito da materiale degradabile (juta, canapa ecc...), dovrà essere tagliato al colletto, aperto sui fianchi, senza rimuoverlo da sotto la zolla, che dovrà essere integra, sufficientemente umida ed aderente alle radici. Prima del riempimento delle buche, gli alberi dovranno essere resi stabili per mezzo di sostegni idonei alla grandezza della pianta (canne di bambù e/o pali tutori) e legature, al fine di limitare lo scalzamento ad opera del vento.

A riempimento ultimato, dopo aver costipato con cura la terra in modo che non rimangano vuoti attorno alla zolla, intorno alle piante dovrà essere formata una conca per la ritenzione dell'acqua. Le piante andranno irrigate subito dopo l'impianto per facilitare il costipamento e l'assestamento della terra attorno alle radici e alla zolla.

Attorno ai soggetti arborei verranno poste delle idonee protezioni contro la selvaggina. Pertanto, si utilizzeranno delle reti cilindriche o triangolari plastiche di altezza di almeno 60 centimetri, fissate mediante l'utilizzo di due tutori ciascuna.

4. STIMA DELL'EVATRASPIRAZIONE POTENZIALE

4.1. VALUTAZIONE DEI CONSUMI EVAPOTRASPIRATIVI POTENZIALI

La seguente analisi agrometeorologica è stata eseguita a partire dai dati meteorologici della stazione di Brindisi appartenente alla Rete Agrometeorologica Nazionale del CRA-Cma disponibili presso il portale della rete stessa (http://cma.entecra.it/Banca_dati_agrometeo/index3.htm).

La lunghezza della serie (20 anni), sebbene inferiore rispetto allo standard climatologico per questo tipo di progettazione, (30 anni), è comunque sufficiente a garantire la robustezza delle valutazioni oggetto di questa relazione nell'attuale contesto climatico.

In figura 9 vengono riportati gli andamenti giornalieri delle temperature massime (Tx) e minime (Tn) e delle precipitazioni (RR). In tabella 8 vengono riportati i valori medi mensili della serie meteorologica.

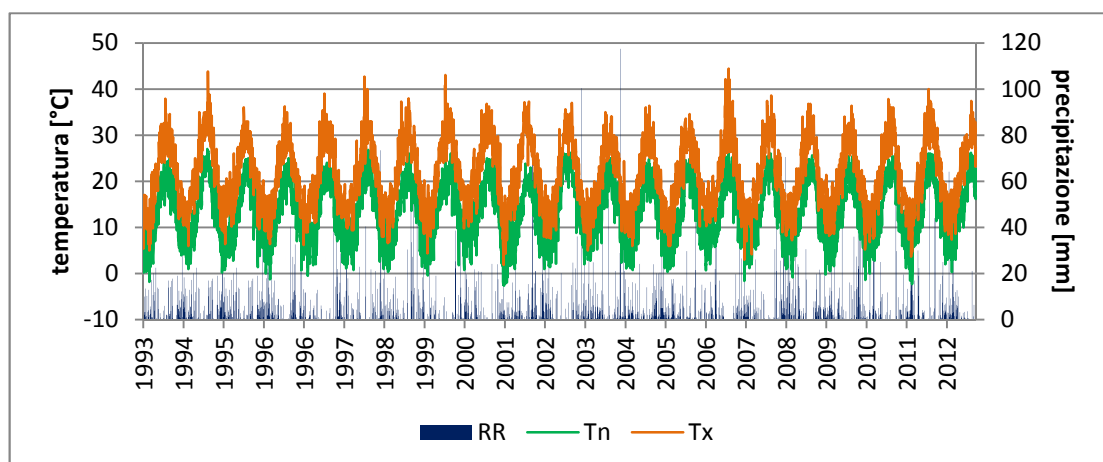


Figura 9 – Andamento giornaliero delle variabili meteorologiche considerate sul periodo 1993-2012.

	Tx [°C]	Tn [°C]	RR [mm]
Gennaio	13.8	6.7	75.4
Febbraio	12.6	6	56
Marzo	16.3	8.7	66
Aprile	18.9	10.8	53
Maggio	24.7	15.7	33.2
Giugno	28.1	19.4	19.1

Luglio	31.6	22.9	22.8
Agosto	31.9	23.1	29.7
Settembre	26.3	18.3	76.8
Ottobre	22.3	15	67.8
Novembre	17.4	10.8	90
Dicembre	14.3	7.7	94

Tabella 8 - Valori medi mensili delle variabili meteorologiche considerate sul periodo 1993-2012. Tx è la temperatura massima media, Tn la temperatura minima media e RR la precipitazione cumulata.

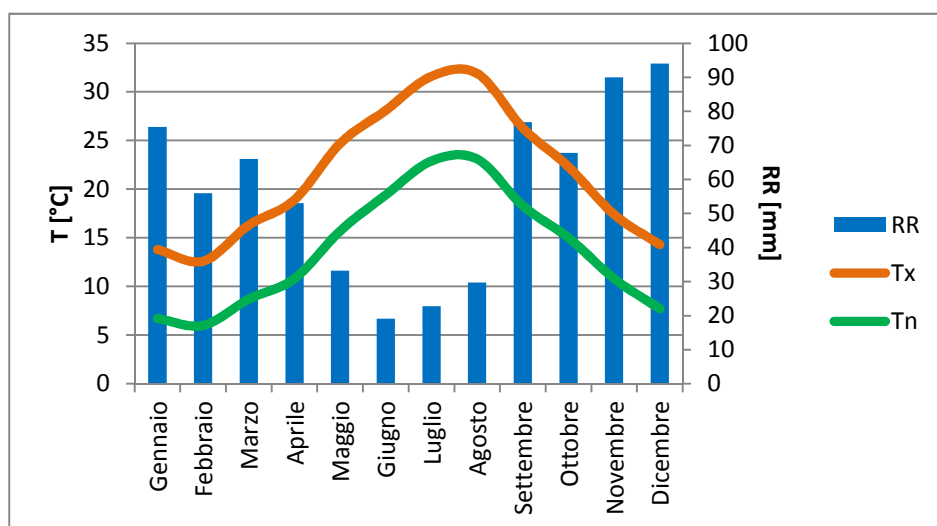


Figura 10 – Andamento medio mensile delle variabili meteorologiche analizzate.

La precipitazione media annua della stazione di Brindisi per il periodo 1993 - 2012 (figura 9) è pari a 669 mm (linea nera), il valore massimo riscontrato nel periodo in esame è pari a 919 nel 2004 (rettangolo blu) ed il valore minimo di 449 mm nel 2000 (rettangolo verde). La deviazione standard della serie in esame è pari a 132 mm.

Questi valori si traducono in un apporto precipitativo medio pari a **6690 ± 1320 m³ ha⁻¹** (media ± deviazione standard).

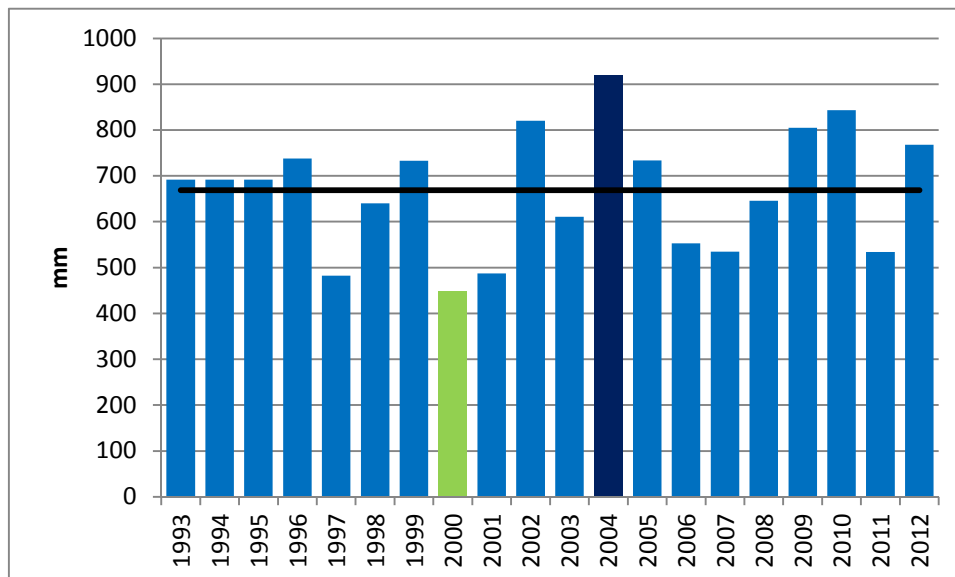


Figura 11 – andamento annuale delle precipitazioni sul periodo 1993-2012. I valori sono espressi in mm.

4.2. EVAPOTRASPIRAZIONE MASSIMA DELLE COLTURE SCELTE

L'evapotraspirazione è l'insieme dei processi di evaporazione dell'acqua dal suolo e di traspirazione dell'acqua da parte degli organismi vegetali. E' comunemente espressa in mm.

1 mm equivale ad un litro per metro quadro e quindi a 10 m cubi per ettaro:

$$1mm = 1 \text{ l m}^{-2} = 10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \quad (\text{eq. 1})$$

Al fine di determinare l'effettivo consumo di una specifica coltura viene introdotto il concetto di evapotraspirazione da coltura di riferimento.

L'evapotraspirazione da coltura di riferimento (**ET₀**) è l'evapotraspirazione di un'ipotetica coltura erbacea, con un'altezza pari a 12 cm, una resistenza di superficie fissa a 70 s/m ed un albedo pari a 0,23. Si considera una superficie verde ben irrigata, di altezza uniforme, caratterizzata da crescita attiva e che ombreggi in maniera completa il suolo. ET₀ può essere calcolata sulla base dei dati meteorologici. La formula di riferimento assunta dalla FAO (formula FAO Penman-Monteith method) necessita delle seguenti variabili: radiazione, temperatura dell'aria, umidità e vento. Come segnalato nel quaderno FAO n. 56, qualora non

si disponga di dati relativi a radiazione, velocità del vento ed umidità relativa, ET0 può essere efficacemente ricavata con l'equazione di Hargreaves seguente (eq.2):

$$ET0 = 0.0023 \cdot (T_d + 17.8) \cdot (T_x - T_n)^{0.5} \cdot R_a \text{ [mm]} \text{ (eq. 2)}$$

Dove T_d , T_x e T_n sono rispettivamente temperatura media, massima e minima giornaliera [°C] e R_a la radiazione solare extraterrestre giornaliera [MJ m^{-2}].

In figura 12 viene rappresentato l'andamento giornaliero di ET0, calcolata con il metodo Hargreaves sulla serie storica di Brindisi, per il periodo 1993 – 2012. In figura 13 seguente sono invece rappresentati i totali annui per lo stesso periodo di riferimento: l'anno con maggior consumo evapotraspirativo è stato il 2002, mentre l'anno con il minor consumo è risultato essere il 2004. Questi valori si traducono in una evapotraspirazione da coltura di riferimento pari a $9730 \pm 637 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (media \pm deviazione standard).

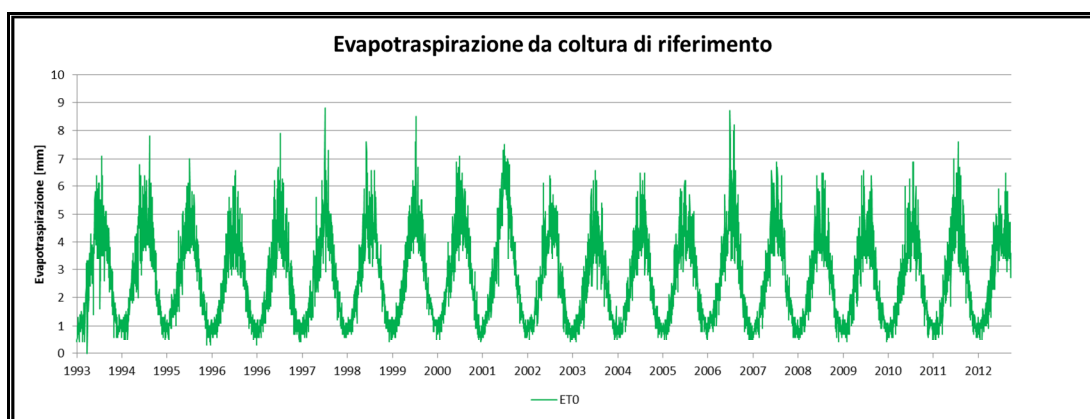


Figura 12 – Evapotraspirazione da coltura di riferimento calcolata con il metodo Hargreaves sulla base dei dati di temperatura giornaliera di Brindisi. I valori sono espressi in mm.

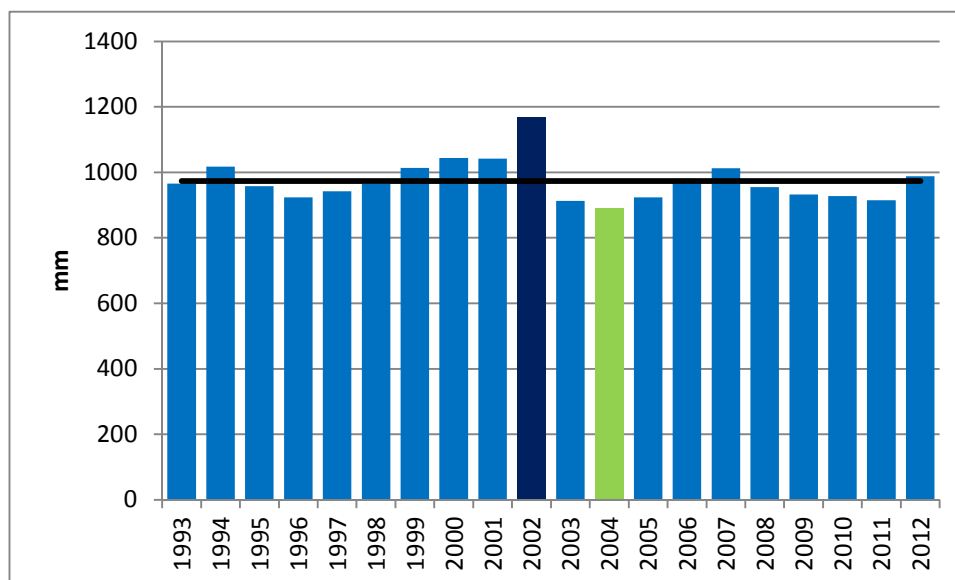


Figura 13 - Evapotraspirazione annua da coltura di riferimento. I valori sono espressi in mm.

L'evaporazione di una data coltura in condizioni di buono stato fitosanitario, di corretta disponibilità di nutrienti ed in condizioni ottimali di rifornimento idrico, in grado di giungere alla piena produzione nelle specifiche condizioni climatiche del sito in esame, viene definita evapotraspirazione potenziale o massima (ETM). Il passaggio da ET0 ad ETM è regolato da opportuni coefficienti moltiplicativi specifici per le diverse colture (Tabella 9) per cui:

$$ETM = k_c ET0 \text{ (eq. 3)}$$

Il coefficiente colturale K_c rende conto delle differenze esistenti fra la coltura di riferimento e la coltura specifica oggetto di analisi con particolare riferimento all'altezza della coltura ed alle sue caratteristiche aereodinamiche e fisiologiche.

Il coefficiente colturale rende quindi conto di alcune caratteristiche della coltura soggette a variazione nel corso della stagione poiché legate allo sviluppo della specie stessa. Per tale ragione K_c può essere reso dinamico e quindi variare nel corso dei mesi. In questo lavoro, basandosi su una robusta bibliografia, si sono utilizzati coefficienti medi colturali mensili e l'uso di una interpolazione lineare per rendere continuo il valore di K_c per ogni giorno dell'anno.

Giorno dell'anno	Consociazione erbacea spontanea	Salix alba	Salix Repens	Tamarix	Eucalyptus
1	0,8	0,3	0,3	0,15	0,3
32	0,8	0,3	0,3	0,15	0,3
60	0,8	0,3	0,3	0,15	0,3
91	0,85	0,45	0,35	0,25	0,4
121	0,9	0,6	0,45	0,4	0,55
152	0,95	0,8	0,55	0,5	0,75
182	1	1,2	0,7	0,55	1
213	1	1,3	0,8	0,6	1,1
244	0,95	1,1	0,7	0,5	0,95
274	0,85	0,65	0,5	0,4	0,6
305	0,8	0,4	0,35	0,2	0,4
335	0,8	0,3	0,3	0,15	0,3
365	0,8	0,3	0,3	0,15	0,3

Tabella 9 - Coefficienti colturali mensili adottati per il calcolo dell'evapotraspirazione massima.

Con riferimento alle diverse consociazioni di specie arboree, arbustive ed erbacee ipotizzate per l'area in esame, considerando il contributo non trascurabile di specie erbacee spontanee, si ipotizzano i complessivi coefficienti colturali mensili riportati in tabella 10.

In figura 14 viene rappresentata l'evapotraspirazione potenziale giornaliera per i 20 anni oggetto di analisi, mentre in figura 15 viene riportato il cumulo annuale espresso in mm: il valore medio per il periodo 1993 - 2012 è pari a $9386 \pm 633 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ (media \pm deviazione standard), un valore assai vicino a quello della corrispondente ET0.

In tabella 11 vengono riportati i valori medi mensili e le rispettive deviazioni standard.

Giorno dell'anno	K _c mensile
1	0,7
32	0,7
60	0,75
91	0,8
121	0,9
152	1,0
182	1,15
213	1,2
244	1,1
274	0,9
305	0,8
335	0,7
365	0,7

Tabella 10 - Coefficienti culturali mensili complessivi per il calcolo dell'evapotraspirazione massima media dell'area in esame.

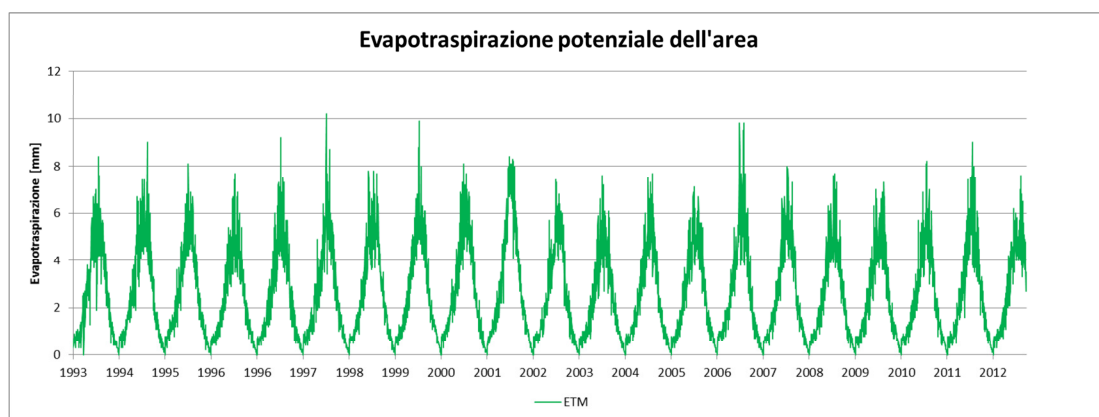


Figura 14 – Evapotraspirazione potenziale giornaliera media per l'area in esame espressa in mm.

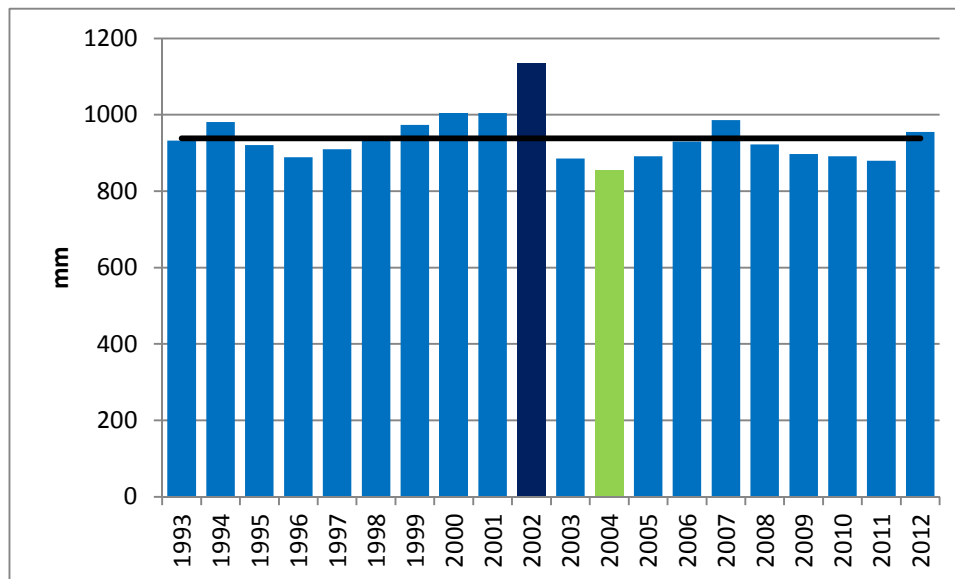


Figura 15 - Evapotraspirazione annua della media delle specie adottate per l'area in esame nel periodo 1993-2012. I valori sono espressi in mm.

Mese	Media	Deviazione Standard
Gennaio	210	18
Febbraio	273	30
Marzo	483	45
Aprile	743	53
Maggio	1174	102
Giugno	1509	149
Luglio	1720	153
Agosto	1491	117
Settembre	912	74
Ottobre	514	40
Novembre	271	22
Dicembre	87	8

Tabella 11 - Evapotraspirazione media mensile delle specie adottate per l'area in esame nel periodo 1993-2012. I valori sono espressi in m³ ha⁻¹.

Il potenziale evapotraspirativo sopra illustrato si riferisce alla media delle consociazioni ipotizzate a pieno regime e quindi nelle condizioni di pieno sviluppo delle diverse specie scelte.

Al fine di fornire una stima della potenzialità evapotraspirativa durante i primi anni di impianto, si ipotizza che il suolo sia soggetto a copertura parziale per i primi tre anni per raggiungere una situazione di regime a partire dal quarto anno.

Si ipotizza pertanto che la copertura sia pari al 50% durante il primo anno, pari al 70% il secondo e pari a 85% il terzo. Coperture parziali del suolo determinano un calo dei coefficienti colturale secondo la seguente formula:

$$k_c = (cop\%/100)^{0.5} \quad (\text{eq. 4})$$

Dove *cop%* è la percentuale di copertura rispetto a quella a regime.

Questi valori determinano un consumo medio pari a 4694 m³ ha⁻¹ per il primo anno, 6571 per il secondo 8918 per il terzo e 9387 dal quarto in avanti.

Pertanto, su base annua, al secondo anno si raggiungerà un sostanziale pareggio fra apporto precipitativo e consumo evapotraspirativo e dal terzo anno il bilancio fra questi due termini diverrà a favore dell'evapotraspirazione rendendo quindi efficace l'impianto.

È tuttavia importante segnalare che, in caso di un suolo mantenuto in buone condizioni idriche, l'instaurarsi di vegetazione erbacea spontanea dovrebbe fornire un contributo positivo già dal primo anno, avvicinando i valori del triennio iniziale a quelli ipotizzabili per il sistema a regime.

Mese	copertura al 50%		copertura al 70%		copertura al 90%		copertura a regime	
	MEDIA	DEV ST	MEDIA	DEV ST	MEDIA	DEV ST	MEDIA	DEV ST
Gennaio	105	09	147	13	200	17	210	18
Febbraio	137	15	191	21	259	29	273	30
Marzo	242	23	338	32	459	43	483	45
Aprile	372	27	520	37	706	50	743	53
Maggio	587	51	822	71	1115	97	1174	102
Giugno	755	75	1056	104	1434	142	1509	149
Luglio	860	77	1204	107	1634	145	1720	153
Agosto	746	59	1044	82	1416	111	1491	117
Settembre	456	37	638	52	866	70	912	74
Ottobre	257	20	360	28	488	38	514	40
Novembre	136	11	190	15	257	21	271	22
Dicembre	44	4	61	6	83	8	87	8

Tabella 12 – Evapotraspirazione potenziale nei primi 4 anni di impianto a seguito della crescente copertura del suolo da parte delle specie selezionate. I valori sono espressi in m³ ha⁻¹.

Il consumo reale si ottiene attraverso l'applicazione di un bilancio idrico. In base ad esso l'evapotraspirazione reale di una coltura assumerà giorno dopo giorno un valore pari ad una frazione (compresa fra 0 e 100%) di ETM. Tale frazione è funzione della quantità di acqua giornalmente disponibile per la coltura.

Qualora non vi siano limitazioni nella disponibilità idrica l'evapotraspirazione reale eguaglierà quella potenziale. Nel caso specifico, si è ipotizzato che il contenuto idrico dei suoli in esame si mantenga sempre fra la capacità di campo ed il limite di riserva facilmente utilizzabile. Condizioni di eccesso o di carenza (quest'ultima ipotizzabile nei mesi estivi qualora alle normali condizioni di scarsità di precipitazione si associ un limitato apporto idrico dalla falda sottostante) porteranno alla diminuzione del consumo reale della coltura.

Va inoltre segnalato che le conseguenze di prolungate condizioni di stress non sono esclusivamente quelle immediatamente percepibili in una riduzione dei consumi, in quanto ad un ridotto consumo idrico conseguirà una minore crescita della pianta e della sua chioma, con conseguenti limitazioni sul suo normale sviluppo e sull'attività evapotraspirativa.

È inoltre evidente che condizioni di stress severe e prolungate possono portare alla morte delle specie (in condizioni diverse a seconda della specifica tolleranza alle condizioni di stress). Questo comporta che, al fine di consentire alle piante un corretto sviluppo ed una conseguente capacità evapotraspirativa prossima a quella potenziale, qualora ciò si

realizzasse potrà essere necessario garantire un corretto rifornimento idrico per tutta la stagione estiva provvedendo da un lato a limitare le condizioni di eccesso, dall'altro garantendo un sufficiente apporto idrico nei momenti di necessità.

Va infine ricordato che condizioni di alta salinità delle acque possono determinare una riduzione nella crescita delle chiome e quindi della capacità evapotraspirativa anche in piante resistenti come ad esempio l'eucalipto, con riduzioni dell'ordine del 50% in concomitanza con analoghe riduzioni in termini di produzione di biomassa.

5. STIMA DEI TEMPI DI REALIZZAZIONE

5.1. STIMA DELLE TEMPISTICHE E DELLE EPOCHE PER L'IMPIANTO DEL BOSCO ED IL SUO MANTENIMENTO

Si ipotizza di intervenire con le opere d'impianto in 3 momenti successivi, ripartendo l'intera area in 3 lotti:

- 1 lotto (a sud della area sottoposta a bonifica) di 12,8 ha area H;
- 2 lotto (a sud-ovest della area sottoposta a bonifica) di 13 ha area E;
- 3 lotto (a sud est della area sottoposta a bonifica) di 16,9 ha area G.

Gli interventi saranno effettuati nel periodo precedente la ripresa vegetativa (tardo inverno) per una durata di circa tre mesi.

Nei primi cinque anni dell'impianto sono inoltre previsti dei risarcimenti, ovvero delle integrazioni di piante morte o deformate. Successivamente a questo periodo non sarà più conveniente sostituire eventuali fallanze in quanto l'accrescimento delle piante sarà tale da generare una competitività verso le nuove piante che difficilmente riuscirebbero a crescere rigogliose.

Nel primo e secondo anno successivo all'impianto sono previste tre ripuliture dell'area (Maggio, Luglio e Settembre). La ripulitura consisterà nel trinciare la vegetazione spontanea per una fascia di circa 1,5-2 metri lungo la fila, mentre nell'interfila sia dove sono stati piantumati gli arbusti sia quelle incolte non verrà eseguita alcuna lavorazione.

Tra il terzo e il decimo anno si prevede di ridurre a due le ripuliture rispettivamente a Maggio e Settembre. Mentre dopo il decimo anno le piante dovrebbero creare una competizione tale da non rendere più necessarie le ripuliture, tuttavia si potrebbe ipotizzare di effettuare una ripulitura nel mese di Giugno.

Se gli arbusti messi a dimora nelle interfile o la vegetazione spontanea dovessero creare competizione alle piante principali si provvederà a trinciare tutto lo spazio interfila. Questa operazione però sarà valutata nel momento in cui gli arbusti dovessero recare danno.

Nei primi tre anni se le condizioni climatiche lo rendessero necessario sono da prevedere delle irrigazioni di soccorso.

Nei primi cinque anni si dovranno eseguire sulle specie principali le potature di formazione, che dovranno garantire il mantenimento della dominanza apicale. L'innalzamento della chioma negli anni successivi dovrebbe essere garantito dalla competizione che si viene a creare tra i soggetti allevati.

La composizione specifica varia e la buona preparazione del terreno, dovrebbero limitare l'insorgenza di patologie o l'attacco di insetti. Nel momento in cui si verificassero delle patologie si interverrà tempestivamente con prodotti specifici.

Di seguito i riporta il piano decennale di manutenzione previsto.

PIANO DECENNALE DI MANUTENZIONE				
ANNO	POTATURA	IRRIGAZIONE	RIPULITURA	RISARCIMENTI
I	Di formazione	Di soccorso	Maggio - Luglio - Settembre	Se necessari
II	Di formazione	Di soccorso	Maggio - Luglio - Settembre	Se necessari
III	Di formazione	Di soccorso	Maggio - Settembre	Se necessari
IV	Di formazione		Maggio - Settembre	Se necessari
V	Di formazione		Maggio - Settembre	Se necessari
VI - X			Maggio - Settembre	-

Tabella 15 – Piano decennale di intervento.

6. CONCLUSIONI

Le specie da impiantare sono state scelte sulla base delle caratteristiche note del sito (zone umide, altimetria, dati meteorologici) e discriminate sulla base del potere evapotraspirativo e dell'adattabilità alle particolari condizioni del sito, ovvero zone di saturazione del suolo ed elevata salinità.

Per lo sviluppo dell'ingegneria di dettaglio, si renderà necessario disporre di ulteriori elementi di interesse agrario/forestale (profilo pedologico del suolo, analisi chimiche dei micro e macro nutrienti del suolo, livelli di salinità nel suolo e nelle acque profonde) per una valutazione più puntuale ed accurata delle specie da impiantare, dei sesti di impianto e delle modalità in modo da poter realizzare con successo l'intervento.

Il contributo delle piante, in termini di asportazione di acqua dal suolo, può avere un ruolo di primaria importanza nel coadiuvare i trattamenti di "extraction" tradizionali. Potenzialmente, in condizioni ideali, le piante possono assorbire nei mesi vegetativi quantitativi equivalenti alle acque meteorologiche più una quota rilevante; bisogna comunque tener anche presente che: elevata salinità, fitopatologie, competizione con infestanti, carenze nutrizionali, danni meccanici, carenze idriche e saturazione del suolo possono ridurre, anche notevolmente, la capacità evapotraspirativa complessiva.

Per questo motivo la disponibilità dei mezzi elettro-meccanici di emungimento dovrebbe comunque essere mantenuta in efficienza, almeno per i primi 5 anni di crescita, fino alla stabilizzazione dell'assetto vegetativo dell'area.

BIBLIOGRAFIA

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration, Guidelines for computing crop water requirements, FAO Irrigation and drainage paper 56, pp 356.
- Borges Alves M. E., Chartuni Mantovani E., Chohaku Sedyama G., Lima Neves J.C., 2013. Estimate of the crop coefficient for eucalyptusultiated under irrigation during initial growth. Cerne Lavras 19(2), 247-253.
- Cleverly J.R., Dahm C.,N., Thibault J.R., Gilroy D.J., Allred Coonrod J.E., 2002. Seasonal estimates of actual evapotranspiration from Tamarix ramosissima stands using 3-dimensional eddy covariance. Journal of Arid Environments, 52 (2), 181-197.
- Dennison P.E., Nagler P.L., Hultine K.R., Glenn E.P., Ehleringer J.R., 2009. Remote monitoring of tamarisk defoliation and evapotranspiration following saltcedar leaf beetle attack. Remote Sensing of Environment 113, 1462–1472.
- Doorenbos J., Pruitt J. O., 1977. Guidelines for predicting crop water requeriments. FAO Irrigation and drainage paper 24, pp 179.
- Flowers T. J., Hajibagheri M. A., Clipson T., 1986. Halophytes. Q. Rev. Biol. 61: 313.
- Grattan R., Shannon M. C., Grieve C.M., Rhoades J. D., Suarez D., Francois L., Sachs R., Osterj J. Production functions of eucalyptus for the design of saline-drainage water reuse systems. Proceedings AGRITECH SPRING, Seventh International Conference on Water and Irrigation, Tel Aviv, Israel.
- Guidi W., Piccioni E., Bonari E., 2008. Evapotranspiration and crop coefficient of poplar and willow short-rotation coppice used as vegetation filter. Bioresource Technology 99, 4832-4840.
- Legge Regionale n° 28 del 23/12/2003 - REGIONE PUGLIA - "Istituzione del Parco naturale regionale 'Salina di Punta della Contessa, art. 1.
- Kuklev M. Y., Soloviev A. A., Karnaukhova T. V., 2003. The adaptative potential of tomato transgenic plants (*L. esculentum*) to drought and salty conditions in the greenhouse. Acta Horticulturae 609: 39-46.
- Maas E. V. and Niemann H., 1978. Physiology of plant tolerance to salinity. Am. Soc. Agron. 32: 277-299.
- O'Leary J. W., 1984. Physiological basis for plant growth inhibition due to salinity. Food, Fiber and the Arid Lands. Mc Guinness eds. Tucson University, Arizona
- Zhao K. F., 1991. Desalination of saline soils by *Suaeda salsa*. Plant Soil 135: 303-325.

Zuriak R. A., Koury N. F., Talhouk S. N., Baalbak R. Z., 2001. Salinity heavy metal interactions in four salt-tolerant plant species. J. Plant Nutrit. 24: 1773-1786.

ALLEGATI

TAVOLE