

Regione
Puglia



Provincia di
Bari



Committente:

ALTA WIND S.R.L
Piazza Europa, 14
87100 Cosenza (CS) - Italy
Tel. centralino + 39 0984 408606

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo del Progetto:

PARCO EOLICO "ALTAMURA"

Elaborato:

Piano di dismissione e ripristino

CODICE PRATICA

TAI4HV3

PROGETTO	DISCIPLINA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	SCALA
E_ALT	C	EG	RE	01	-

NOME FILE:

E-ALT-C-EG-RE-01_Piano_di_dismissione_e_ripristino

Progettazione:



Ing. Saverio Pagliuso

Ing. Mario Francesco Perri

Ing. Giorgio Salatino

Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	MAGGIO 2024	PRIMA EMISSIONE	GS	GEMSA PRO	ALTA WIND

Sommario

PREMESSA	3
1. DEFINIZIONE DELLE OPERAZIONI DI DISMISSIONE	3
2.2. Navicella	5
2.3. Mozzo	5
2.4. Asse di bassa velocità	6
2.5. Moltiplicatore	6
2.6. Asse di alta velocità	6
2.7. Generatore	7
2.8. Motori di giro e riduttori	7
2.9. Gruppo o sistema idraulico	7
2.10. Gruppo di pressione	7
2.11. Condotti idraulici	8
2.12. Valvole di controllo	8
2.13. Trasformatore	8
2.14. Telaio anteriore e posteriore	8
2.15. Carcassa	8
2.16. Componenti elettrici e di controllo	9
2.17. Minuteria	10
2.18. Oli ed altri liquidi refrigeranti (idraulici e meccanici)	10
2.19. Torri	10
2.20. Base di calcestruzzo	11
2.21. Linee elettriche ed apparati elettrici e meccanici della sottostazione	12
3. SMALTIMENTO DEI COMPONENTI	12
3.2. Quantificazione delle opere di dismissione	13
3.3. Riciclo di materiali ferrosi in forni elettrici	14
3.4. Compositi nella produzione di cemento	14
3.5. Riciclo dei materiali e dei componenti elettrici	15
3.6. Smantellamento aerogeneratori	15

3.7. Procedimento di smantellamento	15
3.8. Procedimento di smontaggio	16
3.9. Ritiro del materiale smantellato	16
3.10. Selezione e separazione dei componenti ritirati	17
4. ECONOMIA CIRCOLARE E RIUTILIZZO DEI MATERIALI	17
4.1 Caratteristiche costruttive e modalità di scelta dei materiali	18
4.2 Opere per la riduzione dei gas serra	21
5. RIPRISTINO DELLO STATO DEI LUOGHI	22

PREMESSA

L'impianto di produzione di energia eolica denominato "Altamura" è costituito da n.10 aerogeneratori della potenza unitaria di 7,2 MW da una rete di cavidotti interrati MT, da una sottostazione elettrica di trasformazione (SET), da una sottostazione elettrica di trasformazione e da un tratto di cavidotto interrato di Alta Tensione.

L'energia elettrica prodotta da ciascun aerogeneratore in bassa tensione (BT) viene trasformata in media tensione (MT) tramite un trasformatore elevatore MT/BT, installato in navicella all'interno delle turbine stesse.

L'energia prodotta dalle turbine viene quindi trasportata alla sottostazione di consegna per l'allaccio alla rete elettrica Nazionale (RTN).

La relazione di dismissione delle opere e ripristino descrive gli interventi previsti per la dismissione alla fine del ciclo di vita utile degli aerogeneratori e delle opere accessorie.

È prevista l'esecuzione di diversi interventi per il reinserimento paesaggistico delle aree interessate dalla costruzione del parco.

1. DEFINIZIONE DELLE OPERAZIONI DI DISMISSIONE

Il progetto descrive gli interventi di rimozione (smontaggio e smaltimento) dell'aerogeneratore, dei cavi elettrici di collegamento, delle apparecchiature elettromeccaniche all'interno della cabina di raccolta, ed il ripristino delle aree di sedime interessate dal parco eolico.

2. DESCRIZIONE E QUANTIFICAZIONE DELLE OPERAZIONI DI DISMISSIONE

Ciascun aerogeneratore in progetto è costituito da un numero elevato di componenti di differente tipologia come elementi strutturali, tecnici, di controllo, meccanici per i quali la realizzazione, la forma e materiali degli stessi risultano differenti.

Una considerevole parte dei materiali componenti l'aerogeneratore sono riciclabili e possiedono un importante valore economico come ad esempio l'acciaio ed i differenti elementi metallici presenti.

A seguito dello sviluppo nella ricerca nel settore eolico, attualmente gli aerogeneratori sono costituiti da materiali innovativi di ultima generazione, anche se le attuali conoscenze non hanno ancora consentito di poter riutilizzare la totalità dei componenti come ad esempio la fibra di vetro delle pale. Pertanto in attesa di un ulteriore sviluppo tecnologico che consenta di individuare tecniche utili per lo sfruttamento, questi materiali dovranno essere trattati come rifiuti, con il conseguente trattamento come da normativa vigente applicabile.

Ogni componente dell'aerogeneratore è fabbricato con materiali adeguati alle caratteristiche strutturali e alle funzioni che devono assolvere.

Qui di seguito verranno descritti i principali componenti e materiali dell'aerogeneratore, così come il codice assegnato dalla Lista Europea dei Rifiuti (CER) ai materiali in seguito alla dismissione.

2.1. Pale aerogeneratore

Ciascuno dei 10 aerogeneratori previsti nel progetto del parco "Altamura" dispone di tre pale di dimensioni prestabilite e caratteristiche strutturali particolari, adatte alla potenza dell'aerogeneratore installato.

La componente principale con la quale vengono realizzate le pale è la fibra di vetro, alla quale si aggiungono altre componenti della famiglia delle resine.

Oltre alla fibra di vetro, in determinati modelli di pale, si utilizza la fibra di carbonio per alleggerire il peso delle stesse.

Le pale si compongono di due parti: una interna (l'anima della pala) e una esterna che rappresenta la parte visibile della pala. Entrambe sono realizzate principalmente in fibra di vetro e carbonio.

Le pale sono gli elementi esteriori che più soffrono il deterioramento dovuto agli effetti negativi delle scariche elettriche e anche lo sforzo strutturale dovuto alla continua tensione alle quali sono sottoposte; non di rado si rende necessaria la sostituzione di qualche pala durante la vita utile.

In caso di danneggiamento, con successiva sostituzione, le pale da smaltire vengono trasportate ad impianto di recupero o a discarica, a seconda della tipologia di materiale da dismettere.

Per lo smaltimento delle pale fabbricate in fibra di vetro e carbonio, che riducano l'impatto generato dalla loro eliminazione all'impianto di recupero o discarica autorizzata, generalmente si utilizzano due differenti soluzioni ovvero:

1. Valorizzazione come combustibile e materia prima di processo nella produzione industriale di Cemento Clinker, con trattamento fisico a monte che permetta la sua introduzione in forma controllata nei forni di produzione del Clinker;
2. Riciclo del materiale per la fabbricazione di altri componenti attraverso il processo di separazione dei differenti componenti (processo di pirolisi), con il quale è possibile ottenere in parte nuova fibra di vetro (anche se con caratteristiche prestazionali inferiori alla fibra di vetro appena uscita di fabbrica) ed in parte resina.

2.2. Navicella

La navicella o gondola costituisce il nucleo centrale dell'aerogeneratore, in essa grazie a diversi elementi avviene la trasformazione del movimento delle pale in energia elettrica.

Tale elemento rappresenta il "core" dell'aerogeneratore: è la parte più complessa con un elevato numero di componenti, unità e diversi sistemi installati.

I principali componenti della navicella sono:

- 1) Mozzo;
- 2) Generatore;
- 3) Asse;
- 4) Moltiplicatore;
- 5) Trasformatore;
- 6) Gruppo idraulico;
- 7) Telaio anteriore e posteriore;
- 8) Quadro elettrico e di controllo;
- 9) Cassa;
- 10) Minuteria;
- 11) Oli e grassi (idraulici e meccanici).

La maggior parte dei componenti della navicella sono fabbricati in diversi tipi di acciaio e leghe, sono inoltre presenti componenti e il materiale elettrico, composto per circuiti, placche di controllo, materiali metallici e non metallici di diversa purezza ma in minore proporzione rispetto al totale.

Il numero dei componenti della navicella è elevato, pertanto si analizzeranno soltanto i componenti di maggiore importanza e dimensione.

2.3. Mozzo

Il mozzo unisce le pale solidali all'asse a bassa velocità ed è accoppiato all'asse di bassa velocità dell'aerogeneratore attraverso il quale viene trasmesso il movimento di rotazione generato dalla forza del vento nelle pale.

Il materiale utilizzato per la fabbricazione del mozzo ed il relativo tappo con cono di chiusura sono realizzati in lamiere di acciaio rivettato.

Il riutilizzo come componenti di seconda mano può verificarsi generalmente per il mozzo, elemento che deve risultare strutturalmente resistente, vista il particolare stress meccanico che gli compete; tali componenti al termine della vita utile dell'aerogeneratore vengono riciclati come rottame di acciaio.

2.4. Asse di bassa velocità

L'asse di bassa velocità dell'aerogeneratore collega il mozzo del rotore al moltiplicatore ed al proprio interno scorrono condotti del sistema idraulico o elettrico.

Questo elemento dell'aerogeneratore viene progettato e realizzato interamente in acciaio, pertanto a fine vita utile sarà possibile riciclarlo come rottame.

A causa delle sue dimensioni e della sua forma specifica differente per ogni modello di aerogeneratore e, poiché è un componente sottoposto a continua usura, non è possibile il suo riutilizzo in applicazioni parallele.

2.5. Moltiplicatore

Il moltiplicatore è costruito in acciai, la configurazione tipo del moltiplicatore prevede l'installazione di altri componenti del sistema idraulico come valvole, condotti di olio e filtri.

Inoltre per il suo funzionamento è richiesta una determinata quantità di olio lubrificante che periodicamente viene sostituito durante la vita utile della macchina.

A fine vita utile dell'aerogeneratore, anche il moltiplicatore viene smantellato e, se ancora in buone condizioni, potrà essere riutilizzato come ricambio per gli altri aerogeneratori. Nel caso in cui dovesse rimanere inutilizzato, si procederà allo smantellamento dei blocchi più piccoli che verranno riciclati come materiale ferroso.

Occorre prestare particolare attenzione, in caso di smantellamento di tale componente, a ritirare in modo controllato la totalità dell'olio idraulico e lubrificante all'interno del moltiplicatore, così come i condotti e i filtri idraulici.

Sia gli oli che i filtri dell'olio si ricicleranno tramite un gestore autorizzato mediante processi di valorizzazione energetica e nel pieno rispetto della normativa vigente.

2.6. Asse di alta velocità

L'asse di alta velocità gira approssimativamente a 1500 rpm per consentire il funzionamento del generatore elettrico. L'asse, fabbricato in acciaio, è dotata di un freno a disco di emergenza ed interamente protetto da una cassa metallica, come la totalità dei suoi componenti che pertanto verranno riciclati come rottame.

L'asse lento, il moltiplicatore e l'asse di alta velocità formano il sistema di trasmissione, con un alto grado di usura dovuto al loro movimento giratorio continuo e per tale motivo quando questi componenti vengono smantellati sono destinati a diventare rottame.

2.7. Generatore

Il generatore è l'elemento della turbina che ha il compito di convertire l'energia meccanica in energia elettrica. L'elettricità prodotta nel generatore scende dai cavi fino alla base della torre per essere trasformata (elevamento di tensione e abbassamento di corrente) e inviata alla rete.

I generatori elettrici si compongono principalmente di una carcassa e di un supporto interno di acciaio. All'interno di questa struttura si trova un avvolgimento di cavo di rame.

Tanto l'acciaio quanto il rame sono destinati al riciclo come rottame. Bisogna prestare particolare attenzione al recupero del rame, a causa del suo elevato costo sul mercato.

2.8. Motori di giro e riduttori

Il meccanismo di posizionamento della turbina a favore di vento si realizza tramite movimento circolare: tale meccanismo è ottenuto con dei motori e riduttori fissi alla gondola che fanno presa sull'ingranaggio della corona di orientamento della torre.

Il segnale di posizionamento corretto viene ricevuto dal sistema di controllo della turbina, insieme alla veletta e all'anemometro installati in ogni turbina.

Sia i motori elettrici di giro sia i riduttori sono fabbricati in acciaio e ferro: i motori, grazie alla loro grande resistenza e durata, possono essere riutilizzati come ricambi in altre macchine simili o anche, grazie alla loro compatibilità in altre applicazioni al di fuori del settore eolico, essere utilizzati in un mercato di macchine usate.

Nel caso in cui tali componenti si trovino in forte stato di deterioramento verranno riciclati come materiale ferroso.

2.9. Gruppo o sistema idraulico

Il sistema idraulico è composto da un gruppo di pressione, valvole di controllo e un sistema di condotti idraulici che distribuiscono il liquido idraulico (olio idraulico) tra il rotore e la navicella.

2.10. Gruppo di pressione

Il gruppo di pressione ha la funzione di somministrare fluido idraulico ad una determinata pressione per consentire l'azionamento del sistema di captazione, orientazione e trasmissione; il sistema è fabbricato totalmente in acciaio e viene riciclato come rottame.

Nel caso in cui si trovi in buono stato potrà essere riutilizzato come ricambio.

2.11. Condotti idraulici

I condotti idraulici canalizzano i fluidi fino al punto di utilizzo nei componenti che si trovano sottoposti a movimenti continui di rotazione come rotore, assi, moltiplicatori, motori di giro e posizionamento dell'aerogeneratore.

In virtù delle prestazioni richieste agli stessi, tali condotti sono fabbricati in polimeri sintetici, alcuni sono rinforzati internamente con una maglia di filo d'acciaio e pertanto a fine vita lavorativa tali componenti verranno rivenduti come materia prima o inviati a centro di recupero autorizzato.

2.12. Valvole di controllo

Le valvole di controllo sono degli elementi che regolano ed adattano la pressione e la portata del fluido idraulico che circola attraverso i differenti sistemi installati nella navicella.

Nella maggior parte dei casi sono fabbricati in acciaio ed altre leghe ed inviate a fine vita utile a recupero come rottame.

2.13. Trasformatore

Il trasformatore è costituito da un dispositivo composto principalmente da placche ed avvolgimenti di piattini di rame.

I materiali costituenti l'armatura e la carcassa esteriore verranno rottamati, così come il rame generato che si recupererà per la sua rifusione.

2.14. Telaio anteriore e posteriore

Il telaio anteriore è composto da un singolo pezzo mentre il telaio posteriore è composto da due differenti pezzi: tali elementi vengono tra di loro assemblati per formare la base sulla quale si posiziona la totalità dei componenti meccanici, elettrici ed idraulici che formano la navicella.

Allo stesso modo, al telaio anteriore si assembla la corona di giro e gli ancoraggi di supporto alla torre di appoggio dell'aerogeneratore.

I telai sono fabbricati in acciaio meccanizzato saldato e la sua struttura è progettata specificatamente per il supporto della struttura della navicella, pertanto una volta arrivati alla fine della vita utile dell'aerogeneratore vengono riciclati come rottame.

2.15. Carcassa

La carcassa è un elemento generalmente composto da uno o due differenti pezzi, costituiti da fibre di vetro, come componente principale, al quale si aggiungono le resine al fine di ottenere un

materiale con una sufficiente resistenza strutturale ed isolamento contro la corrosione prodotta dai fenomeni meteorologici.

Considerato che le necessità di resistenza strutturale sono molto minori per la carcassa rispetto a quelle richieste per le pale, il materiale della carcassa è più povero di fibra di vetro.

Come per le pale, per l'eliminazione di questi componenti prima di provvedere alla dismissione completa di un parco eolico si pianificano due alternative per l'eliminazione o il riciclo delle carcasse, che riducano l'impatto generato dall'eliminazione di queste strutture in una discarica di inerti.

Per lo smaltimento delle pale fabbricate in fibra di vetro e carbonio che riducano l'impatto generato dalla loro eliminazione all'impianto di recupero/discarica autorizzata degli inerti generalmente si utilizzano due differenti soluzioni ovvero:

1. Valorizzazione come combustibile e materia prima di processo nella produzione industriale di Cemento Clinker, con trattamento fisico a monte che permetta la sua introduzione in forma controllata nei forni di produzione del Clinker;
2. Riciclo del materiale per la fabbricazione di altri componenti attraverso il processo di separazione dei differenti componenti (processo di pirolisi), con il quale è possibile ottenere in parte nuova fibra di vetro (anche se con caratteristiche prestazionali inferiori alla fibra di vetro appena uscita di fabbrica) ed in parte resina.

2.16. Componenti elettrici e di controllo

Un elevato numero di cavi, componenti elettrici e di controllo viene installato all'interno dell'intero aerogeneratore, inclusi i cavi che trasportano l'energia generata all'esterno e dall'altro i cavi appartenenti al sistema di controllo dell'aerogeneratore.

Ciascun cavo installato connette il relativo meccanismo all'unità di controllo dell'aerogeneratore, nella quale si gestiscono tutte le informazioni dei molteplici sensori installati.

La maggior parte dei cavi installati sono fabbricati in rame, sebbene si trovino anche cavi in alluminio. L'isolamento esterno nella maggior parte dei casi è in PVC, polietilene (PE) o altri polimeri.

La quasi totalità del cavidotto è recuperabile per il riutilizzo dei metalli, che risultano essere di particolare interesse considerato che il rame e l'alluminio hanno un elevato valore di mercato.

Il processo per il recupero del cavidotto è basato sulla triturazione iniziale del cavo e sulla separazione del conduttore metallico e dell'isolante plastico.

La parte isolante di PVC e PE è sfruttabile in diverse applicazioni come materia prima per la fabbricazione di strumenti e applicazione per il giardinaggio, ecc., inoltre si dovrà tenere conto di tutti quei componenti del sistema di controllo che sono fabbricati con piombo in una matrice di vetro o ceramica.

Allo stesso modo le lampade di scarica e gli schermi degli strumenti si dovranno gestire in maniera controllata visto il contenuto di metalli pesanti come piombo e mercurio.

2.17. Minuteria

Gli elementi di assemblaggio, supporto, armatura di supporto della carcassa esterna, elementi di protezione dei componenti mobili sono fabbricati in acciaio, alluminio ed altre leghe.

Nel caso della dismissione del parco eolico "Tarsia Ovest" il volume di questi piccoli pezzi sarà considerevole per cui si dovrà stabilire una metodologia o procedimento per lo stoccaggio e la gestione degli stessi.

Tali componenti verranno riutilizzati come materiale ferroso.

2.18. Oli ed altri liquidi refrigeranti (idraulici e meccanici)

Gli oli meccanici vengono utilizzati principalmente per la lubrificazione degli elementi di giro, installati all'interno e all'esterno della navicella, come il rotore, l'asse principale ed il moltiplicatore e pertanto sono presenti per la quasi totalità della navicella, attraverso condotti per l'azionamento dei vari sistemi installati.

Vista la composizione degli stessi, questi oli sono considerati impattanti ed il loro smaltimento è sottoposto a controllo: devono essere rimossi in forma controllata prima dell'inizio dei lavori di smontaggio di uno dei componenti o dello smantellamento dell'aerogeneratore.

Gli oli esausti, una volta recuperati adeguatamente, hanno la possibilità di essere reimpiegati come combustibile in impianti di generazione dell'energia.

I liquidi di refrigerazione devono essere, allo stesso modo, rimossi in forma controllata specialmente quando contengano cromo esavalente, a causa della loro grande tossicità queste soluzioni saranno trattate in impianti speciali per l'eliminazione di componenti pericolosi.

2.19. Torri

Le torri di sostegno ed i conci di fondazione di ancoraggio alla base degli aerogeneratori vengono interamente realizzate con piastre di acciaio e, sia all'interno sia all'esterno, sono ricoperte da vari strati di pittura.

Le loro dimensioni e caratteristiche strutturali variano in funzione della potenza della macchina da installare. In generale le torri installate si compongono di tre trami assemblati tra di loro ed ancorate alla base di cemento.

All'interno delle torri si installano vari componenti come scale, cavi elettrici di connessione dell'aerogeneratore, porta della torre e casse di connessione. Tali manufatti sono assemblati con piastre di acciaio di spessore variabile tra i 16 e i 36 mm, a loro volta ricoperte al loro esterno e al loro interno da strati di pittura per proteggerli dalla corrosione.

All'interno delle torri si installano una serie di piattaforme, scale e linee di vita per l'accesso degli operai all'interno della navicella. Tali componenti sono fabbricati in acciaio o ferro galvanizzato visto che all'interno sono protetti dalla corrosione.

Nel caso in cui questi componenti vengano smantellati, il loro riutilizzo nell'ambito del settore eolico si presenta poco fattibile, a causa delle esigenze di resistenza strutturale che richiede l'installazione degli aerogeneratori di nuova generazione. Allo stesso modo, i nuovi aerogeneratori installati probabilmente richiederanno strutture più grandi e resistenti, per cui non è fattibile lo sfruttamento di strutture obsolete.

L'opzione più attuabile relativamente alla gestione finale dei trami che costituiscono le torri è il riciclo come rottame.

2.20. Base di calcestruzzo

Tutti i modelli degli aerogeneratori si sostengono su una base monoblocco costruita con calcestruzzo armato realizzata al di sotto del piano campagna e concio di fondazione di sostegno di acciaio.

La struttura di fondazione delle torri è composta da una soletta in calcestruzzo armato con una base circolare con diametro di 23,0 metri ed un'altezza di 2,50 metri poggiante su pali in calcestruzzo da 100 cm di diametro con profondità di 20 metri.

Lo smantellamento dell'aerogeneratore prevede lo smontaggio della torre e di tutte le sue componenti e la successiva rimozione della fondazione di calcestruzzo armato.

Il risultato finale della rimozione della fondazione è un materiale misto di calcestruzzo mescolato a ferro appartenente all'armatura della piazzola.

È possibile recuperare ulteriore ferro delle armature metalliche con vari strumenti di taglio, tale parte metallica è destinata al trasporto ad impianto di recupero.

La base in calcestruzzo può essere trasportata ad impianto di recupero ed utilizzata, a seguito di adeguato trattamento, come materiale misto riciclato per vari utilizzi nelle costruzioni civili.

2.21. Linee elettriche ed apparati elettrici e meccanici della sottostazione

I cavi elettrici utilizzati all'interno dell'impianto eolico per permettere il collegamento tra le varie turbine con la cabina di raccolta e quelli utilizzati all'esterno dell'impianto per permettere il collegamento della cabina con la sottostazione sono posati tutti sotto il manto stradale esistente.

L'operazione di dismissione, salvo diversi accordi stipulati con i titolari pubblici o privati dei fondi interessati dagli interventi, prevede le seguenti operazioni:

- scavo a sezione ristretta lungo la trincea dove sono stati posati i cavi;
- rimozione in sequenza di nastro segnalatore, tubo corrugato, tegolino protettivo, conduttori;
- rimozione dello strato di sabbia cementato e asfalto ove presente.

Al termine della sequenza di rimozione dei materiali saranno ripristinati i manti stradali utilizzando il più possibile i materiali di risulta dello scavo stesso.

Il manto stradale interessato dalla dismissione dei cavidotti verrà ripristinato alle condizioni precedenti: dove il manto stradale sarà di tipo sterrato sarà ricostituito il fondo originario, mentre dove il manto stradale è in materiale asfaltato sarà ripristinato l'asfalto asportato.

I restanti materiali da smaltire includono il nastro segnalatore, il tubo corrugato, la coppella protettiva, i pozzetti di ispezione ed i materiali edili di risulta dello scavo e quant'altro occorra per dare un completo ed indisturbato ripristino dello stato dei luoghi.

3. SMALTIMENTO DEI COMPONENTI

3.1. Descrizione opere di dismissione

La sequenza di dismissione degli aerogeneratori viene di seguito riportata:

1. Rimozione degli aerogeneratori

Gli aerogeneratori verranno smontati e smantellati da ditte specializzate, qualificate anche per il recupero dei materiali secondo le modalità precedentemente indicate. Le torri degli aerogeneratori, comprese le parti elettriche, saranno smontate e ridotte in pezzi per consentirne il trasporto e lo smaltimento presso centri di recupero della zona e/o discarica a seconda del materiale.

2. Parziale Demolizione Fondazioni

Le fondazioni realizzate verranno parzialmente demolite: verrà rimossa una porzione superficiale della soletta in calcestruzzo pari ad un metro, oltre ad eventuali platee/plinti degli aerogeneratori emergenti dal piano di campagna che verranno demolite e trasportate a recupero. Il volume di soletta rimosso verrà riempito con terreno vegetale e, dopo un ulteriore strato di terreno di 20 cm, si procederà ad un inverdimento con idrosemina.

3. Sistemazione piazzole a servizio degli aerogeneratori

La sistemazione delle piazzole prevede diversi interventi:

- Posa strato terreno vegetale (a fine operazioni di smontaggio aerogeneratore) per uno spessore di circa 20 cm;
- Rinverdimento mediante preparazione del terreno, con idrosemina e piantumazione di specie vegetali autoctone.

4. Sistemazione strade di accesso a servizio degli aerogeneratori

La sistemazione strade di accesso a servizio degli aerogeneratori prevede diversi interventi:

- Posa strato terreno vegetale (a fine operazioni di smontaggio aerogeneratore) per uno spessore di circa 20 cm;
- Rinverdimento mediante preparazione del terreno, con idrosemina e piantumazione di specie vegetali autoctone.

5. Rimozione della sottostazione elettrica

La stazione di trasformazione del parco eolico sarà dismessa, inclusi tutti gli apparati elettromeccanici e le opere strutturali del manufatto, con trasporto ad impianto di recupero o discarica per i materiali di risulta ed, infine, rinverdimento dell'area.

3.2. Quantificazione delle opere di dismissione

La destinazione finale dei componenti derivanti dallo smantellamento di ogni aerogeneratore dipenderà dalle caratteristiche descritte nei paragrafi precedenti e dal loro stato di conservazione finale.

La valutazione finale terrà conto di questi due fattori:

- 1) i tempi di riutilizzo dei materiali che costituiscono questi componenti;
- 2) valutazione dei componenti nel mercato attuale. Sarà pertanto il bilancio economico ottenuto alla fine della gestione che determinerà la destinazione finale di ognuno dei componenti dell'aerogeneratore.

Le possibilità di gestione dei componenti sono le seguenti:

- a. riutilizzo dei componenti in buono stato e garanzia di funzionamento in macchine simili o con componenti simili;
- b. riutilizzo di macchine e componenti e di macchinari interi ed in buono stato per la vendita ai Paesi di maggiore esigenza tecnologica e minore possibilità economica e successiva installazione per continuare il processo produttivo;

- c. riciclo dei componenti che grazie al loro materiale e alla loro valutazione economica rendono possibile la loro trasformazione per altri usi;
- d. valorizzazione dei componenti che per le loro dimensioni, forma o struttura rende impossibile una gestione vantaggiosa degli stessi per cui si effettuano operazioni di adeguamento del componente per facilitarne la gestione;
- e. eliminazione per quei componenti per i quali non si dispone di una via di approvvigionamento o che, per la loro natura pericolosa, devono essere eliminati in maniera controllata.

3.3. Riciclo di materiali ferrosi in forni elettrici

Gli scarti ferrosi vengono portati ad impianto di recupero, trattati e trasformati in nuovo prodotto attraverso un'unica operazione in forni ad arco elettrico.

Questa operazione è caratterizzata da un recupero di metalli dato che il rifiuto (scarto) è trasformato quasi completamente in prodotto.

Il risultato del processo (acciaio) ha caratteristiche simili a quelle del prodotto iniziale e ciò è una delle condizioni necessarie per considerare questo processo come riciclo.

3.4. Compositi nella produzione di cemento

Le plastiche rinforzate con fibre minerali (compositi) possono essere introdotte nel processo di produzione del cemento Clinker: la ragione dell'introduzione dei compositi in questo processo è dovuta alla loro composizione, infatti quando il materiale utilizzato come rinforzo è la fibra di vetro, questa parte inorganica formata fundamentalmente da composti di silicio sostituisce le materie prime naturali di silicio, alluminio e calcio.

I restanti elementi che costituiscono il composito sono costituiti esclusivamente da composti organici, che contribuiscono come combustibili, agendo da fonte di energia necessaria per parte del processo di produzione del Clinker.

La parte organica dei composti varia dal 10% al 70%. L'utilizzo dei compositi come fonte di energia o come materia prima minerale dipenderà da aspetti puramente quantitativi e da parametri fisici e chimici che controllano il processo.

Dal punto di vista ambientale e del recupero dei rifiuti, la via di valorizzazione attraverso il processo del Clinker sembra essere la forma più positiva.

In tal senso, al completamento della gestione attraverso la via del Clinker, si produrranno unicamente emissioni in atmosfera provenienti dalla combustione dei componenti organici.

3.5. Riciclo dei materiali e dei componenti elettrici

Il materiale e i componenti elettrici, anche se in minore proporzione, rivestono una grande importanza nel bilancio economico finale della gestione dell'intero aerogeneratore visto che la maggior quantità si trova nel cavidotto di potenza e di connessione dei diversi strumenti, realizzato in rame e alluminio.

La via di gestione per questi componenti è il riciclo attraverso i processi di rifusione dei metalli, dopo aver separato il materiale plastico che forma l'isolante: il processo di riciclo di questi componenti ha un alto rendimento e il prodotto finale ottenuto è di alta qualità ed è utilizzabile in tutte le applicazioni.

All'interno dei componenti elettrici si trovano i pannelli di controllo, gli schermi, i circuiti e uno svariato numero di componenti specifici. Il riciclo di questi componenti si realizza sia a partire dal componente completo, sia a partire dal triturato.

Il valore di questo materiale si trova in metalli come il rame, lo stagno, il piombo, l'oro, il platino, che si trovano in diverse proporzioni e che apportano un alto valore aggiunto alla gestione.

Il processo per il riciclo di questi componenti elettrici consiste nella rifusione del materiale bruto utilizzando il materiale plastico come combustibile per raggiungere una maggiore temperatura e come agente riduttore, così come da composto organico viene distrutto nella combustione.

A causa della differente composizione dei metalli, il materiale fuso viene sottoposto ad una serie di diversi processi nei quali si separeranno tutti i metalli.

3.6. Smantellamento aerogeneratori

Una volta conclusa la vita utile del parco si procede a ritirare tutti i componenti degli aerogeneratori partendo dalle pale fino ad arrivare alle torri, la tecnica di smantellamento dei componenti è simile alle operazioni di montaggio, ma con la sequenza invertita.

Nel caso in cui venga richiesta la rigenerazione completa dello spazio dove era installato il parco si procederà al ritiro della parte superficiale della base dell'aerogeneratore.

Lo smantellamento di un aerogeneratore consiste nel ritiro dei componenti vecchi dall'area di installazione del parco; come per il montaggio, il ritiro dei componenti più voluminosi si realizza attraverso trasporti speciali.

3.7. Procedimento di smantellamento

Le opere di smantellamento per un aerogeneratore classico necessitano generalmente di almeno:

- 1) n. 1 gru principale tralicciata modello da 350 e 450 tonnellate;

- 2) n. 2 gru idrauliche di carico da 90 tonnellate;
- 3) n. 1 Camion con braccio da 12 tonnellate con piattaforma.

I mezzi d'opera sopraindicati rappresentano una formazione minima per eseguire tale operazione per la quale, inoltre, necessitano almeno n. 8 operai più un supervisore.

3.8. Procedimento di smontaggio

Il procedimento di smontaggio degli aerogeneratori, come il processo di montaggio, prevede l'utilizzo di mezzi d'opera e di operai specializzati.

La sequenza delle fasi di smontaggio prevede generalmente:

1. Ritiro dei cavi di rete e di connessione, quadri e armadi;
2. Ritiro dei liquidi, oli idraulici e condotti di trasmissione degli stessi;
3. Smontaggio dell'asse di Pitch;
4. Smontaggio del rotore dalla navicella per poi essere posta in terra; successivamente si realizza lo smontaggio delle componenti del rotore;
5. Smontaggio delle pale dal rotore;
6. Smontaggio della navicella dalla torre, carico e trasporto;
7. Smontaggio dei trami che compongono la torre, dei pezzi di snodo dalla base,
8. carico e trasporto.

Successivamente verrà rimossa la fondazione mediante macchinari pesanti, come martelli e cesoie idrauliche, ottenendo la frammentazione del materiale.

Il passo seguente sarà il taglio, mediante cesoie idrauliche, dei cavi di ferro forgiato, in modo tale che si possano separare ed essere facilmente maneggiabili; al termine di tale operazione si prospettano due opzioni per il ritiro e la gestione dei residui provenienti dalla demolizione.

3.9. Ritiro del materiale smantellato

Sia nelle operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria, sia durante lo sfruttamento del parco, sia allo smantellamento finale dello stesso, alla fine della sua vita utile, una volta che si sia sostituito o smantellato integralmente il parco o parte dei componenti dell'aerogeneratore, si procederà al ritiro in maniera controllata dell'area di installazione del parco.

Tale attività si realizzerà con mezzi uguali a quelli utilizzati per il montaggio iniziale.

3.10. Selezione e separazione dei componenti ritirati

Il ritiro di uno o più componenti generati sia in operazioni di manutenzione sia di smantellamento degli aerogeneratori si realizzerà in funzione delle caratteristiche materiali e d'accordo a quanto stabilito dalla normativa vigente.

Come in tutto il sistema di gestione dei rifiuti, l'identificazione, la selezione e la separazione di ognuno dei componenti o rifiuti generati saranno operazioni necessarie per una gestione efficace. Tali operazioni si realizzeranno durante la manutenzione, nello sfruttamento ed in particolar modo durante lo smantellamento finale dell'aerogeneratore.

In base ai dati che descrivono le caratteristiche per ognuno dei componenti o gruppo di componenti, si realizzerà una classifica dei componenti stessi che verranno classificati in base alla naturalezza del materiale nel quale sono fabbricati.

4. ECONOMIA CIRCOLARE E RIUTILIZZO DEI MATERIALI

In un'ottica di economia circolare e riutilizzo dei materiali sono stati fatti significativi passi in avanti nel settore eolico considerato che le pale eoliche sono manufatti realizzati con numerosi componenti utili per la produzione di altri beni.

Per tutti i componenti verrà valutato il LCA (Life Cycle Assessment), cioè una valutazione del ciclo di vita dei materiali adoperati. Il LCA è una metodologia che valuta l'insieme di interazioni che un prodotto ha con l'ambiente, considerando il suo intero ciclo di vita che include le fasi di:

- pre-produzione (incluse le fasi di estrazioni e produzione dei materiali);
- produzione;
- distribuzione;
- uso, riuso e manutenzione;
- riciclaggio;
- dismissione finale.



4.1 Caratteristiche costruttive e modalità di scelta dei materiali

Ai fini di valutare l'impatto ambientale e di sostenibilità del progetto è indispensabile valutare la fase post esercizio ovvero la fase di "fine vita" dell'impianto in progetto. Poiché l'industria eolica continua a crescere per fornire energia rinnovabile in tutto il mondo l'impegno è quello di promuovere un'economia circolare che riduca l'impatto ambientale durante tutto il ciclo di vita dei prodotti.

Al riguardo, WindEurope (che rappresenta l'industria dell'energia eolica), Cefic (che rappresenta l'industria chimica europea) e EuCIA (che rappresenta l'industria europea dei compositi) hanno creato una piattaforma intersettoriale per avanzare approcci per il riciclaggio delle pale delle turbine eoliche mediante lo studio di tecnologie, processi e della gestione del flusso dei rifiuti.

WindEurope, Cefic ed EuCIA sostengono fortemente l'aumento e il miglioramento del riciclaggio dei rifiuti compositi attraverso lo sviluppo di tecnologie di riciclaggio alternative che producono riciclati di maggior valore e consentono la produzione di nuovi compositi.

Facendo riferimento alle più recenti ricerche, ad oggi circa l'85-90% della massa totale delle turbine eoliche può essere riciclato.

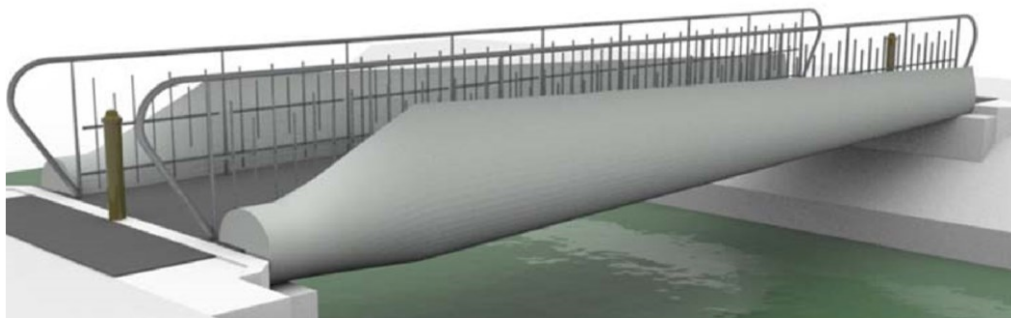
La maggior parte dei componenti di una turbina eolica sono completamente riciclabili, come la fondazione, la torre e i componenti nella navicella. Ad esempio, l'acciaio nelle torri è riciclabile al 100%; il calcestruzzo dalle fondamenta rimosse può essere riciclato in aggregati per materiali da costruzione o per la costruzione di strade.

I Dipartimenti ricerca e sviluppo dei principali produttori mondiali di aerogeneratori stanno facendo passi da gigante per aumentare la percentuale di riciclo delle pale: tali elementi vengono realizzati riscaldando un mix di fibre di vetro o di carbonio e resina epossidica che vanno a creare un materiale resistente e leggero che non consente di raggiungere le stesse capacità di riciclo degli elementi metallici.

Sebbene esistano varie tecnologie che possono essere utilizzate per riciclare le pale, queste soluzioni sono ancora essere ampiamente disponibili e competitivi in termini di costi. Si guarda anche a future tendenze di design per le pale finalizzate al miglioramento della circolarità delle stesse. Per esempio, si pensa ad una riduzione della massa con conseguente minor materiale da riciclare e ad una diminuzione del tasso di guasto e un conseguente prolungamento della durata del progetto anche grazie ad adeguati e mirati interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria.

Sulla base di quanto riportato nel rapporto "*Accelerating Wind Turbine Blade Circularity*" pubblicato da WindEurope, Cefic ed EuCIA ne Maggio 2020, a fine vita si propone agli Enti locali che

ospiteranno il parco, il riutilizzo di una parte della lama per scopi diversi da quello per cui è stata ideata prevedendo un riutilizzo delle pale eoliche per la realizzazione ad esempio di parchi giochi, rifugi biciclette, camminamenti o arredo urbano, per come si può osservare nelle applicazioni delle immagini che seguono, riportate dal Rapporto di WindEurope:



Le restanti parti e porzioni di pale per cui non è possibile prevedere un riutilizzo per scopi di arredo urbano o per la realizzazione di parti strutturali specifiche, saranno sottoposte ad operazioni di riciclo per la produzione e formazione di materiali compositi da riutilizzare a loro volta con diversa funzionalità o di recupero.

Il rapporto di WindEurope suggerisce diverse tecnologie, come riportato nel rapporto su citato, le principali tecnologie per il riciclaggio dei rifiuti compositi sono le seguenti:

1. produzione del calcestruzzo
2. rettifica meccanica dei materiali;
3. pirolisi;
4. impulso ad alta tensione frammentazione;

Tali tecnologie sono le più rappresentative ed incisive ad oggi, se ne riporta una breve descrizione:

1- Produzione del calcestruzzo

All'interno del processo di costruzione del calcestruzzo può essere utilizzata la fibra di vetro, riciclata come una componente di miscele cementizie (clinker di cemento) mentre, la matrice polimerica viene bruciata come combustibile per il processo che riduce l'impronta di carbonio della produzione del cemento. Tale processo ha anche una catena di approvvigionamento semplice. Le pale delle turbine eoliche possono essere ripartite vicino al luogo di smontaggio così facilitare il trasporto all'impianto di lavorazione.



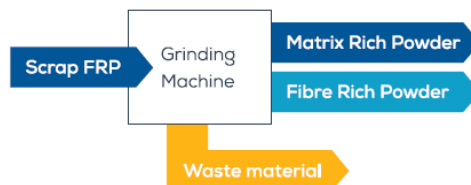
Si segnala che nel raggio di alcuni chilometri dal Parco Eolico sono presenti diversi impianti per la Produzione di Cementi e Leganti.

2- Rettifica meccanica dei materiali

La rettifica meccanica dei materiali consente di ottimizzare i processi di costruzione, abbattendo i costi, soprattutto in campo energetico è una tecnologia comunemente usata per la sua efficacia, basso costo e basso fabbisogno energetico.

Gli svantaggi di tale tecnica sono due:

- 1- Impoverimento delle prestazioni meccaniche;
- 2- Diminuzione generale delle proprietà del materiale

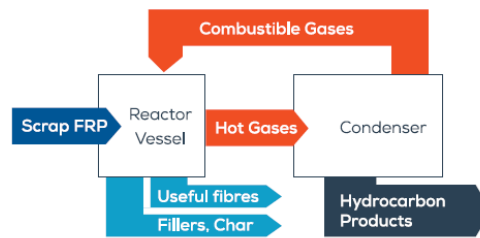


3- Pirolisi

Il processo di pirolisi consente il recupero delle fibre dei materiali, attraverso un processo termico che rilascia cenere e polimeri.

Il processo, molto accurato dal punto di vista tecnico e produttivo, richiede notevoli costi di esercizio pertanto è legato spesso a fattori economia di scala dell'intero processo produttivo.

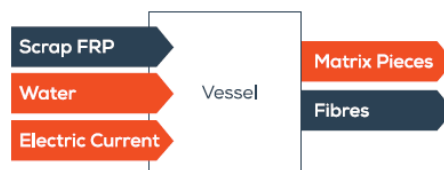
In termini pratici tale processo si utilizza spesso all'interno del ciclo di produzione delle fibre di carbonio.



Si fa notare che con il sempre crescente taglio degli aerogeneratori, con conseguente aumento della geometria degli stessi, i termini di convenienza del processo di pirolisi troveranno già nell'immediato futuro crescenti consensi.

4- Impulso ad alta tensione frammentazione

L'impulso ad alta tensione o frammentazione è un moderno progetto elettromeccanico che offre un'altissima efficacia nel separare le matrici delle fibre di carbonio mediale l'utilizzo dell'energia elettrica. Ad oggi il processo consente il recupero delle sole fibre corte, ma gli sviluppi di tale tecnica sono molto rapidi.



Occorre segnalare che tale processo, rispetto ad una tradizionale macinazione meccanica, offre una qualità delle fibre migliore, generalmente con materiali restituiti ovvero fibre più lunghe e più pulite.

4.2 Opere per la riduzione dei gas serra

All'interno delle Relazione generale del progetto viene dimostrato come il saldo in termini di produzione di CO₂ del Parco Eolico sia nettamente positivo e pertanto non sono necessarie specifiche opere di mitigazione e/o compensazione in tal senso.

Il proponente si impegna comunque a mettere in atto azioni per la compensazione delle emissioni di gas ad effetto serra che non è stato possibile evitare. La compensazione di CO₂ e di gas serra, rappresenta infatti l'azione successiva e complementare alla riduzione, e costituisce come una valida soluzione di mitigazione climatica rispetto alle "emissioni non riducibili". La compensazione delle CO₂ si configura come un bilanciamento delle emissioni mediante la realizzazione di azioni e attività di segno positivo.

5. RIPRISTINO DELLO STATO DEI LUOGHI

Gli obiettivi principali di questa forma riabilitativa sono i seguenti:

- riabilitare, mediante attenti criteri ambientali, le zone soggette ai lavori che hanno subito una modifica rispetto alle condizioni pregresse;
- consentire una migliore integrazione paesaggistica dell'area interessata dalle modifiche.

Per il compimento degli obiettivi sopra citati il programma dovrà contemplare i seguenti punti:

- 1) prestare particolare attenzione durante la fase di adagiamento della terra vegetale, facendo prima un'adeguata sistemazione del suolo che dovrà riceverla;
- 2) effettuare una attenta e mirata selezione delle specie erbacee, arbustive ed arboree maggiormente adatte alle differenti situazioni. Inoltre, particolare cura si dovrà porre nella scelta delle tecniche di semina e di piantumazione, con riferimento alle condizioni edafiche ed ecologiche del suolo che si intende ripristinare;
- 3) procedere alla selezione di personale tecnico specializzato per l'intera fase di manutenzione necessaria durante il periodo dei lavori di riabilitazione.

Le azioni necessarie per l'attuazione di tali obiettivi sono le seguenti:

- 4) Trattamento dei suoli: le soluzioni da adottare riguardano la stesura della terra vegetale, la preparazione del suolo secondo le tecniche classiche. Il carico e la distribuzione della terra si realizza generalmente con una pala meccanica e con camion da basso carico, che la scaricheranno nelle zone d'uso. Quando le condizioni del terreno lo permettono si effettueranno passaggi con un rullo prima della semina. Queste operazioni si rendono necessarie per sgretolare eventuali ammassi di suolo e per prepararlo alle fasi successive.
- 5) Inerbimento sedime aree di lavoro con semina di specie erbacee con elevate capacità radicanti in maniera tale da poter fissare il suolo.
- 6) In particolare, si consiglia di adottare un manto di sostanza organica triturrata (torba e paglia), spruzzata insieme ad un legante bituminoso ed ai semi; tale sistema consente un'immediata protezione dei terreni ancor prima della crescita delle specie seminate ed un rapido accrescimento delle stesse.

Questa fase risulta di particolare importanza ai fini di:

- mantenere una adeguata continuità della copertura vegetale circostante;

- proteggere le superfici rese particolarmente più sensibili dai lavori di cantiere e dall'erosione;
- consentire una continuità dei processi pedogenetici, in maniera tale che si venga a ricostituire un orizzonte organico superficiale che permetta successivamente la ricolonizzazione naturale senza l'intervento dell'uomo.

L'importo dei lavori per la dismissione dell'impianto ed il ripristino è pari ad € 2.604.300,25. Come riportato all'interno del Computo metrico delle lavorazioni per la dismissione ed il ripristino, chiaramente tale importo fa riferimento ai prezzi delle lavorazioni attualmente in vigore ed andrà aggiornato a fine vita dell'impianto.

L'evoluzione naturale verso forme più evolute di vegetazione (arbustive e successivamente arboree) può avvenire in tempi medio-lunghi a beneficio della flora autoctona. Per questo motivo le specie erbacee selezionate dovranno essere caratterizzate da una crescita rapida, una capacità di rigenerazione elevata, "rusticità" elevata e adattabilità a suoli poco profondi e di scarsa evoluzione pedogenetica, sistema radicale potente e profondo ad alta proliferazione. Per realizzare un'alta percentuale di attecchimento delle specie, dovranno essere adottate misure particolarmente rigorose quali la delimitazione delle aree di semina ed il divieto di accesso e/o controllo di automezzi e personale. La scelta delle specie da adottare per la semina dovrà comunque essere indirizzata verso le essenze autoctone e già presenti nell'area di studio.

Per la scelta delle tecniche e delle specie da adottare sono stati seguiti i seguenti tre criteri:

- obiettivo primario degli interventi;
- ecologia delle specie presenti;
- ecologia delle specie da inserire e provenienza (biogeografia) delle stesse.

L'ecologia delle specie presenti è stata dedotta dallo studio delle associazioni vegetali presenti nell'area. È infatti chiaro come l'ecologia delle specie presenti sia espressione delle condizioni stazionali. Poiché, nelle opere di sistemazione previste, dovranno essere impiegate unicamente specie vegetali che si trovano su stazioni analoghe, la successiva scelta sulle specie da adottare è possibile mediante l'analisi sulla vegetazione. Le associazioni individuate nell'area soggetta ad indagine mostrano una certa variabilità nei gradienti ecologici, che pone la progettazione del verde di fronte a scelte che mirino a obiettivi polifunzionali.

Inoltre, poiché si lavorerà su aree prodotte artificialmente e/o su aree fortemente modificate dall'uomo, sprovviste spesso di uno strato unifero superficiale e dunque povero di sostanze

nutritive, è chiaro che in tali condizioni estreme sia consigliabile utilizzare solo associazioni pioniere, compatibili dal punto di vista ecologico.

Tali associazioni dovranno rispondere inoltre alle seguenti caratteristiche:

- larga amplitudine ecologica;
- facoltà di colonizzare terreni grezzi di origine antropogenica e capacità edificatrici;
- resistenza alla sollecitazione meccanica;
- azione consolidante del terreno.

Nella scelta delle metodiche da adoperare si è dunque dovuto far fronte a tutte le esigenze sopra riportate. Per tale motivo, e seguendo la sistematica introdotta da Schiechl (1973) che prevede quattro differenti tecniche costruttive (interventi di rivestimento, stabilizzanti, combinati, complementari), sono stati scelti interventi di rivestimento in grado di proteggere rapidamente il terreno dall'erosione superficiale mediante la loro azione di copertura esercitata sull'intera superficie.

Per l'esecuzione di tali interventi è stata scelta la metodica dell'idrosemina. Infatti, nei terreni particolarmente poveri di sostanze nutritive e facilmente erodibili dalle acque meteoriche, l'idrosemina, adottata in periodi umidi (autunno), si rivela un'ottima metodica per la protezione di tali aree. Il materiale da adottare è un prodotto in miscuglio pronto composto da semente, concimi, sostanze di miglioramento del terreno, agglomerati e acqua.

La miscela prevede differenti dosi per ettaro che verranno adeguatamente scelte in fase di realizzazione delle opere di rinverdimento. Qualora si osservi una crescita troppo lenta, rada o nulla si dovrà procedere ad un nuovo trattamento in modo da evitare una eccessiva presenza delle aree di radura. Inoltre, almeno nei primi due-tre mesi verrà interdetto qualsiasi passaggio sulle aree trattate, che eventualmente dovranno essere recintate, e che andranno protette con frammenti di paglia sparsi da appositi macchinari.

Le operazioni di manutenzione e conservazione dovranno perseguire prevalentemente l'obiettivo di funzionalità ed estetica. In particolare, si dovrà mantenere una copertura vegetale continua così da prevenire ogni forma di erosione, si dovrà limitare il rischio di incendi e la loro propagazione. Infine, sarà necessario evitare un'antropizzazione delle forme di vegetazione per errata gestione nelle semine, per questo motivo è importante ribadire il concetto della semina casuale visto precedentemente.