

Introduzione

Prima di cominciare la costruzione di un mulino a vento bisogna studiare tutte le possibilità esistenti:

- ◆ Recuperare una vecchia macchina eolica e metterla in funzione
- ◆ Costruirsi un mulino

Recuperare vecchi mulini/pompa o gli aerogeneratori degli inizi del XX sec. è una possibilità da valutare con attenzione. I vecchi del posto possono dare informazioni sui molini un tempo funzionanti in case o masserie e può darsi il caso che ne ritroviamo qualcuno in grado di essere riparato.

Queste macchine erano state costruite per funzionare per una vita intera perciò erano molto solide, sovradimensionate e solo con qualche piccolo ritocco potrebbero continuare a funzionare ancora per molti anni ancora.

I generatori sono delle dinamo, molto buone che cominciano a caricare a basso numero di giri ed hanno un funzionamento leggero e regolare. Le scatole degli ingranaggi e le bielle dei tipici mulini per pompaggio erano costruite in modo da essere praticamente eterne.

Restaurare una vecchia macchina è un lavoro grato che esige generalmente il supporto di qualche amico abile col tornio e la saldatrice. E' possibile che ci sia bisogno di fabbricare nuove eliche di legno per un aerogeneratore, ma questo non è un grosso problema, basta seguire le istruzioni del paragrafo "Elica aerodinamica".

La seconda possibilità, quella di costruirsi un mulino da soli, deve pure essere studiata con calma. La costruzione di un mulino, basicamente non è difficile, ma richiede un certo grado di applicazione e abilità.

Il mulino dev'essere costruito per resistere a venti di tempesta, acqua, sole, freddo e caldo. In più deve necessitare di una manutenzione davvero minima, che consista, per esempio nel rifondere un poco d'olio una volta all'anno. Un mulino che si rompe spesso consuma la pazienza di chiunque. Perciò bisogna cercare di realizzare una costruzione a base di materiali e pezzi ad alta affidabilità; pezzi provenienti da veicoli già testati e che siano comunque sovradimensionati rispetto all'uso che se ne farà.

Questa affidabilità e sovradimensionamento, si consegue utilizzando bronzine e boccole di ruote d'automobile, ponti posteriori, scatole di cambio di automobile che ci permettano di effettuare moltiplicazioni di giri in ottime condizioni meccaniche (ingranaggi elicoidali trattati, bagno d'olio etc.) L'elaborata tecnologia di tutte queste componenti non è alla portata tecnica quasi di nessuno, è invece possibile salvarle dalla rottamazione pagandole a peso. Perciò raccomandiamo che prima di cominciare pensiate sempre a quanto detto e non proviate a fare un asse montando da soli i cuscinetti etc.. perchè sicuramente non vi riuscirà in maniera altrettanto perfetta nè altrettanto robusta, nè altrettanto economica.

Tutto ciò che non è costruito perfettamente si rompe. Queste rotture si verificano prima di un anno di funzionamento. Per conseguire macchine che durino molto tempo (tutta una vita) bisogna che siano costruite seguendo quattro principi:

1. Disegno corretto
2. Massima semplicità
3. Bassa velocità di rotazione
4. Sovradimensionamento dei materiali.

In questo modo venivano prodotte le cose prima che i processi di produzione attuali non ci inondassero di apparecchi molto sofisticati (lavatrici con venti programmi) che, come è logico sono esposti a moltissime possibilità di avaria.

Oggi si producono motori sempre meno sovradimensionati; i materiali lavorano al limite delle loro forze, e le alte velocità che provocano logorii e vibrazioni, danneggiano definitivamente la macchina dopo un numero di ore già calcolato (ma sempre basso).

La costruzione di mulini a vento, turbine e ruote idrauliche deve rifuggire questa formula consumista: queste macchine devono durare tutta una vita.

Posto che partiamo con pezzi di riciclo, questi devono essere sovradimensionati, e queste condizioni le possiamo incontrare solo a partire da apparati vecchi (motori a induzione...) o in talune parti molto robuste di veicoli, progettate per rispondere a degli standard di sicurezza elevati (boccole di ruote, scatole di cambio etc.=

La bassa velocità di rotazione del mulino (minore di 500 rpm) è un altro fattore importante: quanto più è lento, tanto più è silenzioso e duraturo.

Nell'elica multipala e tradizionale si consegue questo risultato per costruzione, ma nell'elica aerodinamica il pericolo del fuorigiri deve essere evitato con cura attraverso vari "sistemi di regolazione".

La norma più importante resta la semplicità: quanto meno sofisticazioni, tanto meno avarie, meno manutenzione e maggiore durata.

Bisogna tenere in conto che un mulino deve essere costruito per funzionare dalle 5000 alle 6000 ore all'anno. Un'automobile è costruita per funzionare circa 4000 durante tutta la sua vita.

In più il mulino deve essere silenzioso ed efficace. Silenzioso perchè anche se al principio il suo rumore può sembrare "caratteristico" (funziona!), a lungo andare diventa molto molesto. Non bisogna dimenticare che il rumore è una forma di inquinamento.

Il mulino deve essere efficace, il che significa che deve cominciare a sfruttare i venti a partire da una velocità che va dai 10 ai 14 Km/h non di più. Se così non fosse, le 5000/6000 ore utili in un anno, potrebbero ridursi a meno di 2000.

Bisogna evitare un errore nel quale molti costruttori (compresi noi) sono soliti incorrere: collocare un dispositivo in siti poco elevati o poco ventosi. Se vogliamo che il nostro congegno ci somministri abbondante energia, bisogna cominciare collocandolo in cima ad un traliccio che svetti un bel po' su tutti gli ostacoli del circondario (mai meno di 8 metri) A maggiori altezze il vento è più intenso, più costante e con meno turbolenze distruttivi. Non abbiate paura dell'altezza.

Farsi il mulino ha molti aspetti positivi: sappiamo dove e con che funzione è stata montata ogni singola componente e siamo capaci di risolvere qualsiasi situazione, superandola in modo da apportare dei miglioramenti alla macchina fin nei minimi dettagli. Per questo faremo molta attenzione a considerare il progetto come un sistema e non come una semplice unione di componenti separate.

La gioia particolare che si prova nel vedere un mulino che funziona alla perfezione è sperimentabile solo dai costruttori.

Si acquisisce anche una coscienza energetica: da que momento staremo certamente più attenti alle condizioni meteorologiche e che vi sia o no sole, che tiri o no il vento, per noi non sarà più indifferente. Non potremo dimenticare che il vento ci regala l'energia di cui abbiamo bisogno, ma bisogna sempre ricordare che è più efficiente risparmiare energia che produrla.

Un aspetto che è il caso di sottolineare è che non bisogna cercare macchine con un grande rendimento energetico, sofisticate e ad alto livello tecnologico. é assurdo spendere molti soldi e molto tempo per costruire una macchina ad alto rendimento energetico, superefficiente con un'elica perfettamente studiata, con sistemi sofisticati di regolazione, quando si può ottenere lo stesso risultato con un sistema molto più economico, semplice e probabilmente più duraturo che produrrà la stessa energia dell'altro semplicemente aumentando il diametro, per compensare il minor rendimento della macchina.

Siccome il combustibile è gratuito, nei mulini a vento il fattore più importante è l'investimento iniziale per raggiungere un rendimento energetico dato.

I disegni descritti a continuazione si basano su tutto quanto esposto finora, cercando la massima semplicità, il minor costo, il miglior risultato e la massima durata. Comunque, ognuno disporrà di risorse particolari alla sua portata che potranno indurlo ad apportare delle migliorie od a modificare il progetto originale. Così p. es. molte persone impiegate in industrie manifatturiere hanno accesso ad anelli collettori, scatole di riduzione etc. che possono essere utili nella costruzione del congegno. Coloro i quali vivono sulla costa possono avere un facile accesso ai generatori marini, materiali per barche etc.

Ognuno deve cercare la soluzione che risulti più comoda ed efficace.

Durante la lettura ci si potrà rendere conto di come la costruzione di un mulino a vento sia davvero alla portata di tutti ma richiede una certa abilità e pazienza. Non aspettatevi che tutto funzioni bene al primo colpo. Animo! Dagli errori si apprendono le soluzioni, e tutto ha una soluzione.

Il vento è gratis, non rilascia fattura, non inquina nè dipende dal monopolio di multinazionali, Sfruttiamolo! I mulini a vento sono il simbolo magnifico della tecnologia alternativa, una dimostrazione cinetica dell'utilizzo delle fonti naturali di energia.

TIPI DI MACCHINE

Prima di cominciare è utile conoscere e saper distinguere i differenti tipi di macchine costruiti finora, le loro caratteristiche, le loro possibilità e applicazioni.

Macchine ad asse verticale

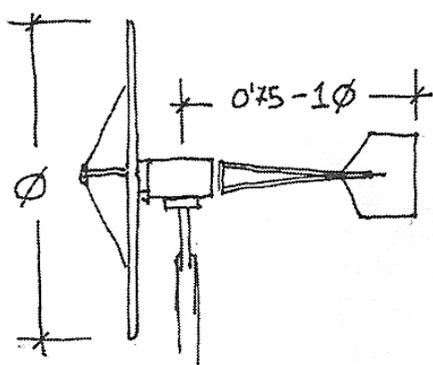
L'asse di rotazione del rotore è verticale. Sono le prime panemone che si utilizzarono in Cina 2500 anni fa. assomigliavano ad un anemometro a semisfere. Funzionano grazie alla differente resistenza al vento delle superfici interna ed esterna delle semisfere captanti.

Non c'è rischio di superare il limite di velocità, non necessitano di orientamento e sono molto indicate per lavori che richiedano lentezza ed un'elevata capacità di coppia (molire, pompare etc)

Il rotore Savonius, che è facile da costruire, non è stato incluso nel presente studio perchè non è possibile regolarlo ed abbiamo visto come veniva distrutto da una bufera. Stesso discorso per il rotore Darreius, che, a causa della sua tecnologia resta al di fuori della portata dell'autocostruttore.

Macchine ad asse orizzontale

Vengono così chiamate quelle macchine che hanno l'asse di rotazione dell'elica orizzontale. Appartengono a questa classe i mulini tradizionali europei, molto indicati per lavori meccanici



(molire, segare, pompare...) Sono inclusi in questo gruppo anche i molini multipala tipici da pompaggio, ugualmente lenti e con molta forza, come pure i mulini con elica aerodinamica rapida, utilizzati generalmente per la produzione di energia elettrica.

Tutti i mulini ad asse orizzontale devono per forza lavorare di faccia al vento, perchè questo incida perpendicolarmente al piano dell'elica. Questo si può ottenere in vari modi. Quello più semplice è di collocarvi dietro una banderuola o timone, in modo da tenere l'elica perpendicolare al vento. Questo sistema è valido per mulini con un diametro non superiore ai 6 metri. Un altro sistema è quello di far sì che il mulino funzioni di spalle al vento, senza banderuola facendo sì che la pressione del vento sull'elica mantenga il mulino orientato. Raccomandiamo questo sistema solo con elica a pale

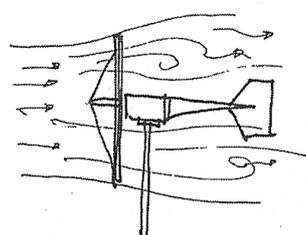
vuote, che si frenano da sole alle alte velocità, o con il sistema descritto nel capitolo sul "supergeneratore" con pale di tela, che può basculare verso il suolo in caso di bufera. Si possono raggiungere anche i 10 - 12 m. Ø.

Vi è un altro sistema, utilizzato solo dai mulini con diametri maggiori dei 10 - 12 m. e consiste nell'utilizzare delle eliche ausiliarie o mulinetti di orientamento. Possono essere notate sui mulini olandesi. Non sono tuttavia raccomandate per piccoli apparati.

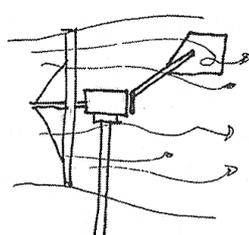
Se, come è normale, ci decideremo ad usare una banderuola, dobbiamo collocarla bene.. La banderuola va ad una distanza dall'asse sul quale pivota il mulino compresa tra i valori di 0,75 e 1 volte il diametro dell'elica. La banderuola può essere collocata dietro all'elica, in posizione centrale nella zona dove confluisce l'aria intercettata dall'elica ovvero può superare quest'area, onde intercettare flussi più regolari.

La superficie della banderuola è variabile, però suole costruirsi con un ampiezza variabile dal 3 al 15% dell'area esplorata dall'elica.

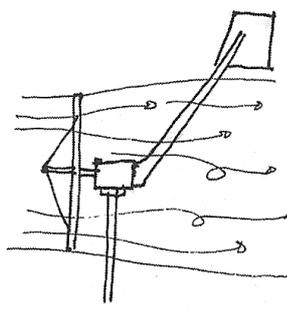
posizione della banderuola



bene
turbolenza simmetrica



male
turbolenza
asimmetrica



bene
zona priva di
turbolenze

Più la banderuola è piccola, più dolci saranno i riorientamenti del mulino, ma saranno meno precisi. Nella maggior parte dei casi si preferisce progettare in modo che il profilo del mulino risulti bello e gracile.

Tutte le banderuole devono essere montate in modo da non essere collegate in maniera troppo rigida allo scheletro del mulino. Devono piuttosto

godere di una certa mobilità che impedisca l'orientamento brusco al momento delle raffiche che sono molto pericolose per l'elica. Il tutto deve essere montato su molle elastiche così come riportato nel paragrafo "Disorientazione manuale" nel capitolo "Sistemi di regolazione", questo accorgimento allungherà di molto la vita del mulino.

Il peso della banderuola deve essere sufficiente a controbilanciare il peso dell'elica e del corpo del mulino sull'asse verticale di fissaggio. La banderuola deve avere tutti gli angoli ben arrotondati per non attrarre fulmini.

Tutti i mulini ad asse orizzontale hanno bisogno di regolazione di velocità di rotazione per evitare che si rompano con venti forti (v. "Sistemi di regolazione").

Scelta della macchina

La macchina deve coprire le nostre necessità di consumo previste con una certa comodità, che renda possibili futuri aumenti di consumo, o minori rendimenti di produzione.

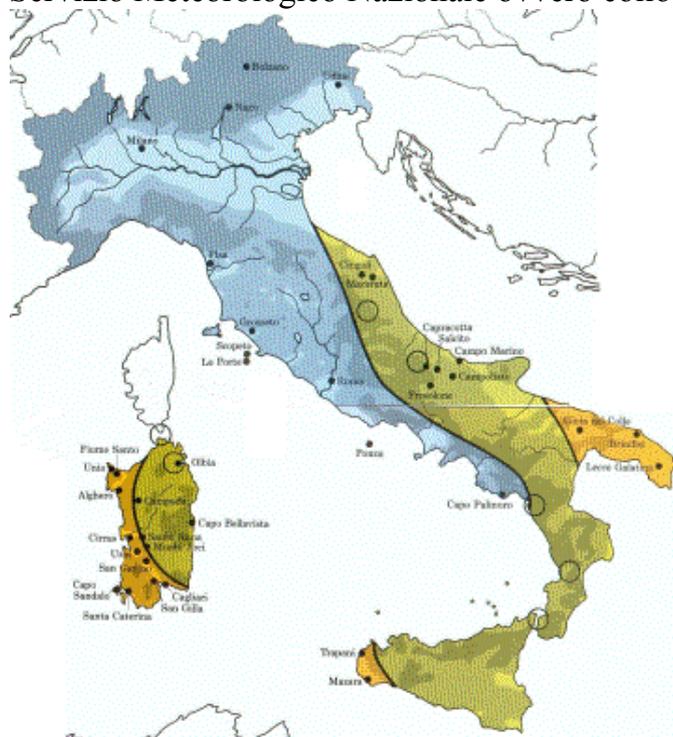
D'altro canto deve adattarsi al tipo di lavoro che vogliamo realizzare (molire, generare, pompare...) e comunque deve essere alla nostra portata di costruttori. Se p. es. siamo abili nel lavorare il legno, possiamo orientarci verso la costruzione di un'elica aerodinamica. Così, se le saldature sono il nostro forte, l'elica multipala ci verrà più facile. Ognuno deve capire qual'è l'accoppiata vincente.

Dimensioni del mulino

Quando vogliamo costruire un mulino per la produzione di energia elettrica dobbiamo innanzitutto conoscere il consumo previsto (v. "Calcolo delle necessità"). Questi calcoli devono

essere eseguiti considerando tutti i consumi massimi, più qualcos'altro, perchè il mulino non sia mai sottodimensionato.

Oltre al consumo previsto è necessario conoscere, sia pur in maniera approssimata il regime dei venti che insiste nella nostra zona e la loro velocità media. Ciò si consegue consultando i dati del Servizio Meteorologico Nazionale ovvero collocando un semplice anemometro sul posto.



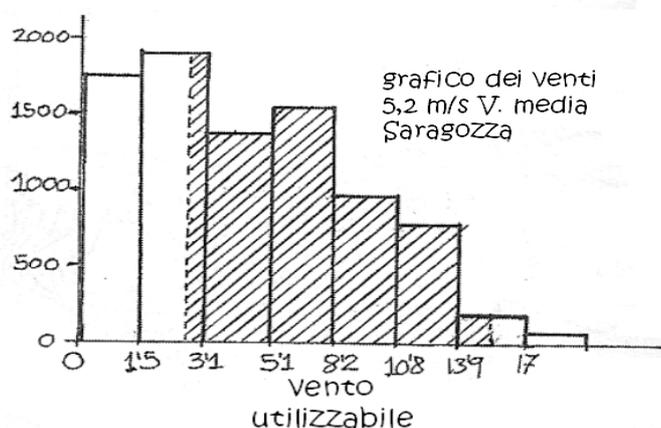
E' conveniente disporre dei dati relativi all'ultimo anno, almeno per conoscere la velocità media, la velocità massima, i periodi di calma etc. Nel capitolo "Anemometro" si può apprendere a fabbricare e calibrare anemometri che servono per conoscere la velocità istantanea e la media, oltre che la direzione del vento.

In tutti i modi, si potrà osservare che vi sono molte ore di vento leggero (8-18 Km/h) e meno di vento moderato o forte (20 a 50 Km/h).

Se vogliamo che la nostra macchina somministri abbondante energia, dobbiamo sfruttare questo vento leggero. Non importa assolutamente trascurare il vento forte perchè soffia solo per poche ore all'anno. E' un vento più energetico, ma è pure più sporco e turbolento.

In questa maniera la macchina risulterà possedere poca potenza nominale, però sul lungo periodo produrrà molta energia. Una macchina che sfrutti anche il vento leggero avrà un generatore di poca potenza, le perdite lungo i cavi saranno ridotte e la carica delle batterie avverrà in ottime condizioni.

lungo periodo produrrà molta energia. Una macchina che sfrutti anche il vento leggero avrà un generatore di poca potenza, le perdite lungo i cavi saranno ridotte e la carica delle batterie avverrà



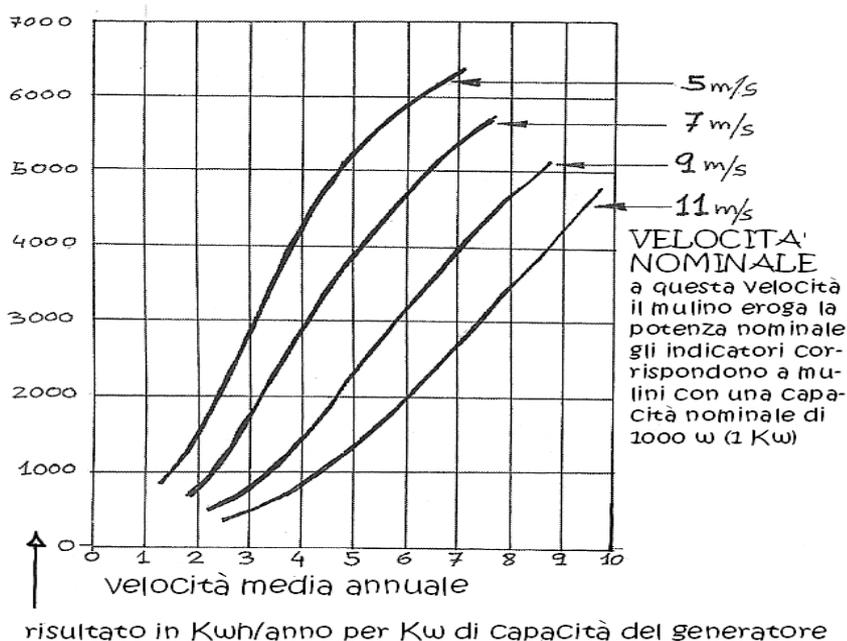
Se, al contrario, il nostro congegno comincerà a generare solo a partire da venti moderati (fra gli 8 e i 25 Km/h), lascerà passare con pena e senza gloria tutto il vento di velocità inferiore, la carica si produrrà in mediocri condizioni a "strattoni", in maniera discontinua e solo con i venti più turbolenti. Se non siamo in presenza di un posto iperventilato, alla fine dell'anno i Kw prodotti saranno davvero pochi.

E' chiaro che per sfruttare dei venti più leggeri l'elica deve possedere un diametro maggiore, è

meno veloce, si utilizzano maggiori moltiplicazioni di velocità e c'è bisogno di un sistema di regolazione efficace che protegga l'elica dai venti molto forti (superiori a 40 - 50 Km/h) ma tutto ciò non costituisce un problema, come vedremo più avanti.

D'altro canto quanto meno vento è necessario a generate, minore sarà il volume di batterie di cui avremo bisogno, e questo è un fattore molto importante giacchè sono le componenti più costose dell'intero sistema di generazione autocostruito. Tutto questo appare riassunto nel grafico a continuazione

Se disponiamo di un generatore da 1000 w e la velocità media che abbiamo è di 4 m/s (14,4 Km/h) otterremo una differente quantità di energia a seconda della macchina che lo intercetterà. A



partire dal grafico, con velocità media di 4 m/s ed un generatore da 1000 w otteniamo la tavola seguente:

VELOCITÀ MEDIA ANNUALE DEL VENTO (m/s)	PRODUZIONE ANNUA (Kw/h)
4	800
5	1500
6	2900
7	4100

ESEMPIO:

VELOCITÀ MEDIA ANNUA :

4 m/s

POTENZA NOMINALE:

1000 w

Cioè con uno stesso generatore posto su differenti tipi di mulino otterremo quantità molto differenti di energia: cinque volte di più con il congegno da 5 m/s di velocità nominale, rispetto alla produzione del congegno da 11 m/s. Per questo motivo l'energia ottenuta con un aerogeneratore di 200 w che abbia una velocità nominale di 5 m/s (4 m Ø), sarà uguale a quella ottenuta con quello da 1000 w e velocità nominale di 11 m/s (2,4 m Ø), con la differenza che nel primo caso avremo bisogno di un minor numero di batterie e la carica verrà realizzata in migliori condizioni.

Le velocità nominali dei mulini si scelgono solitamente a partire dal regime di vento di cui si dispone, così come indicato dalla tavola a continuazione.

VELOCITÀ MEDIA ANNUALE M/S (PER PASSARE A KM/H MOLTIPLICARE PER 3,6)	VELOCITÀ NOMINALE	VELOCITÀ DI INIZIO CARICA	VELOCITÀ DI FERMATA
<i>venti deboli</i> 2 - 3,5	5 - 6	1,5 - 2,5	12
<i>venti medi</i> 3,5 - 5	7 - 8	2,5 - 3,5	15
<i>venti forti</i> 5 - 7	9 - 11	3,5 - 5	20
<i>venti violenti</i> 7 - 11	12 - 15	6 - 7	30

Tutti i mulini di questo libro sono stati disegnati per venti medi, per via della loro abbondanza, quindi la loro velocità nominale sarà da 7 a 8 m/s.

Tanto è importante la velocità nominale come quella di inizio-carica, giacchè un mulino che ci dia 100 w a 7 m/s, ma cominci a girare solo a 5 m/s ci darà meno energia che se cominciasse a girare a 2,5 m/s.

Abbiamo costruito la prossima tavola per determinare il diametro che deve avere il nostro mulino a partire dalla velocità media (mensile o annuale) e le necessità energetiche di un mese. I dati provengono dai fabbricanti di mulini e dalla nostra esperienza personale possono quindi variare di qualcosa a seconda del posto e del regime dei venti.

Potenza nominale del generatore (w) a 7 m/s	Produzione mensile Kw/h a seconda della velocità media mensile m/s				Diametro dell'elica multipala e a pale vuote	Diametro elica aerodinamica	diametro elica tradizionale a vele di tela
	3	4	5	6			
60	9	12	16	22	1,80	1,70	
100	16	22	30	36	2,10	2	
200	32	44	60	74	2,50	2,20	
300	48	66	90	110	2,80	2,60	
400	64	88	120	146	3,60	3,00	
500	80	110	150	180	4,00	3,60	4,00
700	112	150	240	255	4,50	4,20	5,00
1000	160	220	300	370		5,00	6,00
2000	320	440	600	740		6,80	8,00
3000	480	660	950	110		7,50	10,00
4000	640	900	1300	1500		9	12,00

Se il mulino ci dà poca potenza quando la velocità del vento sale sopra a quella nominale, otterremo una produzione supplementare per nulla disprezzabile in periodi di vento forte (un mulino da 100 w a 7 m/s ci dà 200 w a 9 m/s). Per ottenere il diametro necessario con velocità nominali del mulino diversa da 7 m/s, interpolare i dati del grafico 86 a e consultare la tavola corrispondente al tipo di elica.

Energia del vento

L'energia che il vento possiede è energia cinetica, dovuta ad una massa d'aria in movimento:

$$E_c = 1/2 m \cdot v^2$$

dove m è la massa dell'aria (Kg) e v è la velocità istantanea del vento (metri/secondo).

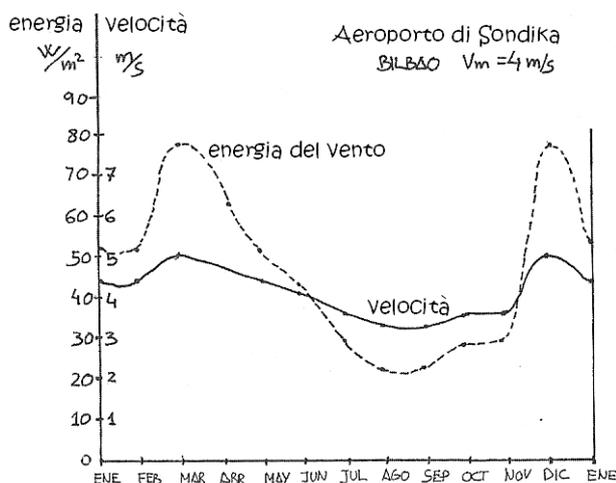
L'energia teoricamente recuperabile per unità di tempo e quindi la potenza teorica in watts sarà il prodotto della seguente formula fondamentale:

$$P_t = 1/2 \rho \cdot A \cdot v \cdot v^2 = 1/2 \rho \cdot A \cdot v^3 = 0,62 \cdot A \cdot v^3$$

ρ è la densità dell'aria (1,25 Kg/m³).

A è la superficie perpendicolare alla corrente dell'aria esplorata dalla macchina in metri quadrati. Il che vuol dire che l'energia che possiamo ottenere dipende dall'area e dal cubo della velocità del vento (ciò significa che un vento che viaggia a velocità doppia, produce 8 volte più energia) Senza dubbio però, non si può ottenere tutta questa potenza, giacché la velocità, una volta attraversata la superficie captante non diviene nulla (né potrebbe divenirlo). Betz dimostrò che il valore massimo teorico che è possibile ottenere è del 59,3 % di tutta l'energia del vento. Ciò significa che la potenza massima teoricamente sfruttabile sarà:

$$P_{m.a} = 0,37 A \cdot v^3$$



Questa è la potenza che otterremmo con un aerogeneratore dal rendimento del 100% rispetto al massimo teorico di Betz. E' chiaro che non esiste una macchina capace di questo rendimento, per cui dobbiamo aggravare la formula con un coefficiente di rendimento C_r per conoscere la potenza utile che potremo ricavare dal mulino:

$$0,62 \cdot A \cdot v^3 \cdot C_r$$

Il coefficiente C_r dipende dal tipo di mulino che sceglieremo ed anche dalla nostra abilità di costruttori. i valori tipici di C_r sono quelli che appaiono nella tabella

	Tipo di mulino	coefficiente di rendimento C_r	fattore di velocità di punta u/v	Osservazioni
asse verticale	PANEMONA	0,1	0,5	Lento, molta potenza di coppia
asse orizzontale	MULINO CRETESE	0,3	1	lento grande coppia, buon rendimento, non automatizzabile
	ELICA MULTIPALA	0,3	1	Lento, grande coppia, buon rendimento, resistente
	MULINO TRADIZIONALE	0,3	2	Velocità e coppia medi, buon rendimento e forza motrice
	ELICA AERODINAMICA	0,45	6-8	Molta velocità e rendimento, poca coppia
	ELICA A PALE VUOTE	0,3	1-4	Adeguate per lavorare di spalle al vento
	VELE DI TELA	0,3	3-4	Facile da realizzare per grandi eliche

Un'altra caratteristica importante nelle eliche è il fattore di velocità di punta u/v . Questo numero relaziona la velocità della punta o estremo dell'elica con quella del vento. Per esempio se la punta di una pala va a 60 m/s e quella del vento in quel momento è di 10 m/s

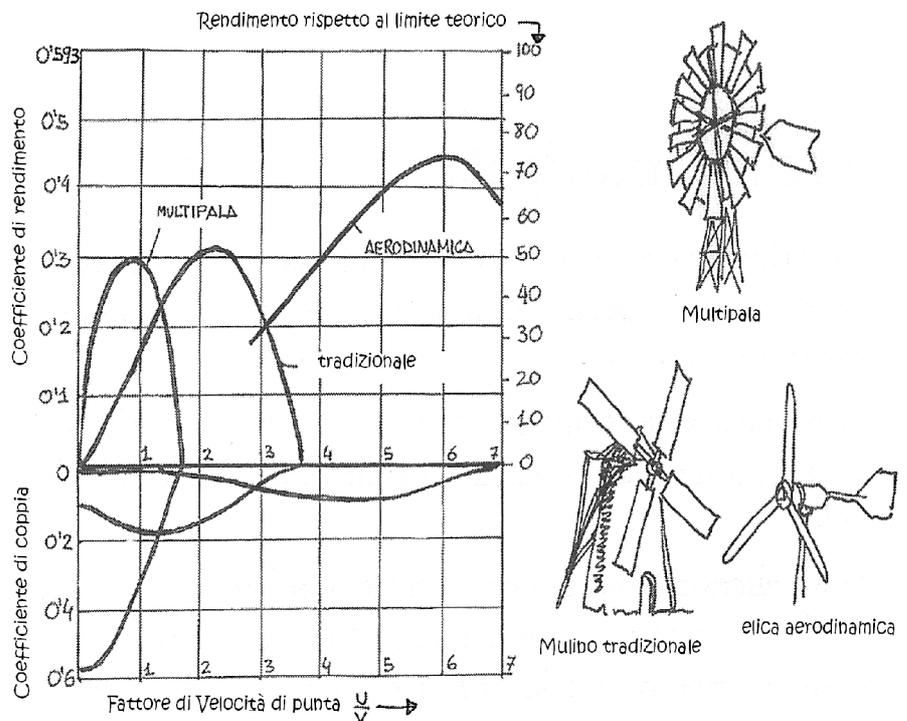
$$u/v = 60/10 = 6$$

Quanto maggiore è questo fattore, più rapidamente gira l'elica, quanto minore, tanto più lenta. Questo fattore serve a calcolare la velocità di rotazione di un'elica in funzione della velocità del vento e del suo diametro:

$$\text{rpm} = 19 v \cdot (u/v)/D$$

v:

velocità del vento in m/s



u/v: fattore di velocità di punta
 D: diametro dell'elica in metri

Nella grafica appare anche il fattore di velocità di punta di ogni tipo di rotore.

In essa appaiono queste due variabili in relazione per ogni tipo di rotore utilizzato. Con questo grafico possiamo capire come si comporta ogni tipo, giacchè appare anche il coefficiente della coppia. Quanto maggiore è la coppia maggiore è la capacità di partire e girare. Così possiamo notare l'alta coppia di partenza del multipala e la poca coppia di partenza dell'elica aerodinamica. Nelle pagine seguenti verranno trattate con attenzione i tre tipi di eliche più utilizzati: multipala, aerodinamica e tradizionale, coi dettagli per la costruzione e le caratteristiche di cadauna.

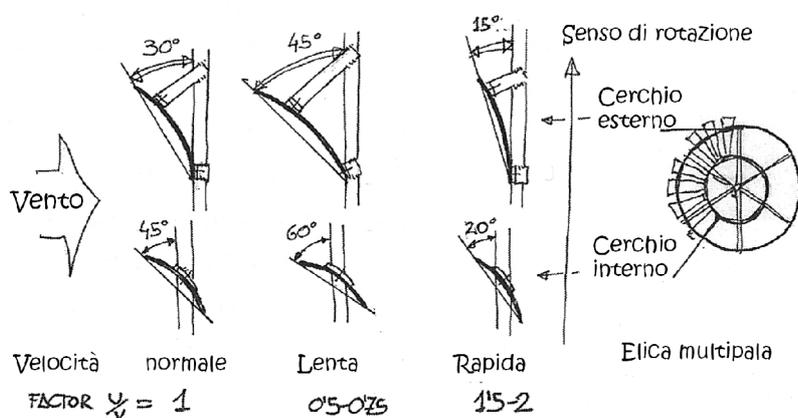
Elica multipala

E' il tipo di elica che tutti abbiamo visto nei film del far west ed è montata su tutti i mulini americani per il pompaggio.

Questa elica è formata da una circonferenza di ferro che sopporta da 8 a 36 palette metalliche che ricoprono tutto il cerchio.

Sono eliche che non presentano grossi problemi di costruzione neppure per i meno esperti. La loro costruzione richiede sì un certo lavoro e una discreta pazienza per sistemare tuttè le palette al loro posto.

Queste eliche non si lanciano a grandi velocità per cui non richiedono complicati sistemi di regolazione (basta il disorientamento automatico) Neppure necessitano di un'equilibratura di gran precisione . Sono resistenti e tengono bene agli impatti del vento. Hanno un buon rendimento ($C_r=0,3$) ed una coppia di avvio molto alta che le permette di girare anche con le brezze più leggere.



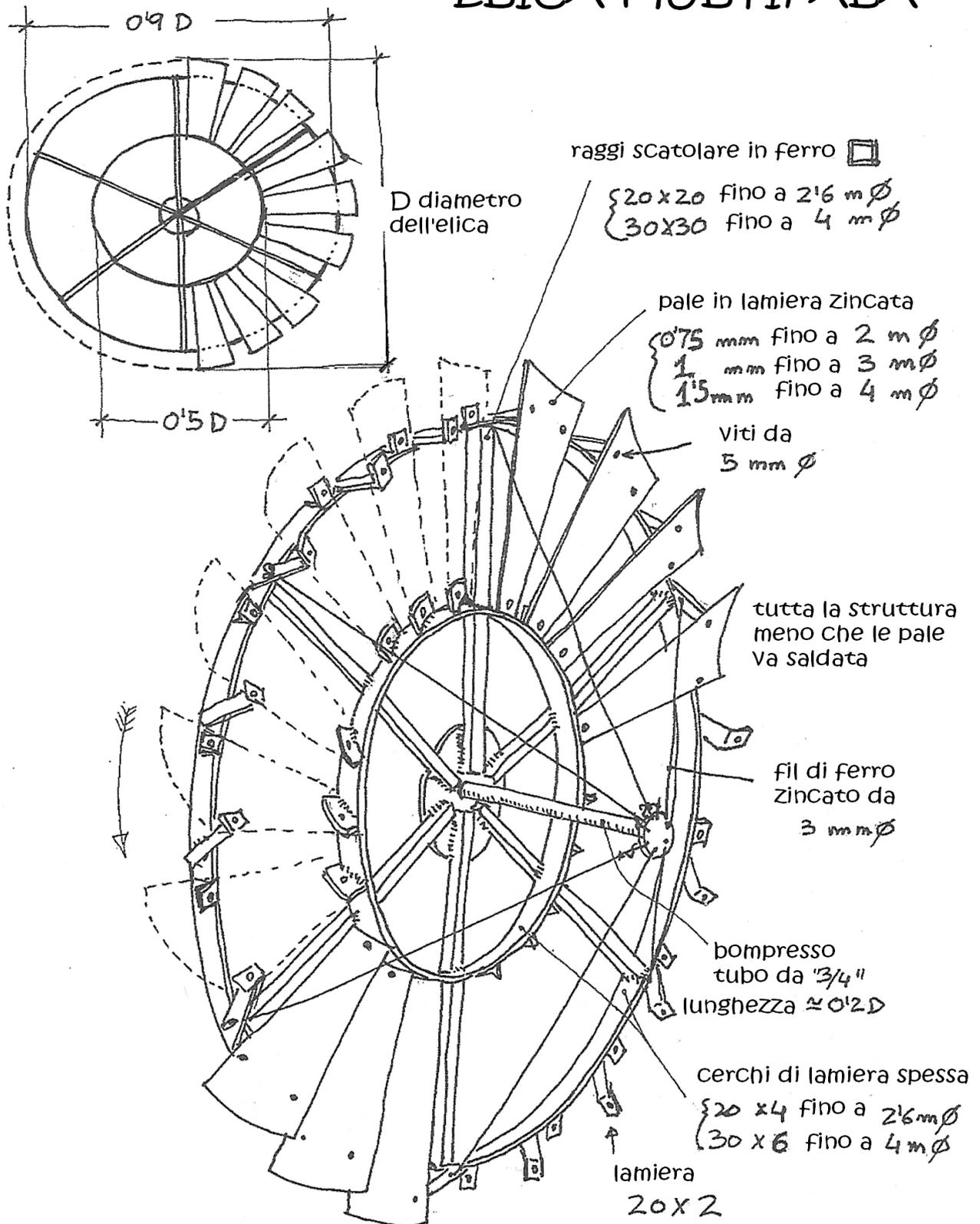
L'elica multipala è tipica dei mulini da pompa ed è adeguata anche alla produzione di energia elettrica se accoppiata ad una buona scatola di moltiplicazione che muoverà senza sforzo. Quest'elica risulta molto carina e contribuisce a dare un'immagine ecologica del paesaggio.

Con questo tipo di elica possiamo ottenere differenti velocità di rotazione con un minimo diametro e minima velocità del vento, ciò

significa che è possibile variare il fattore di velocità u/v. Tutto dipende dall'inclinazione che vogliamo dare alle palette. Se le incliniamo abbastanza, allora andrà lentamente (fattore u/v = 0,5 a 0,75) con una gran coppia di avvio. Questo è importante nei mulini per pompaggio fino a 3 m Ø che azionano direttamente la pompa. Ma possiamo inclinarle poco, in modo da ottenere velocità maggiori (fattore u/v = 1,5 a 2), molto utili in caso vogliamo produrre elettricità, diminuendo la moltiplicazione che è comunque necessaria.

In ambo i casi le palette devono essere più inclinate nella loro estremità inferiore (quella verso il centro) che non in quella esterna. Possiamo vederlo in maniera più dettagliata nel disegno, nel quale appaiono le inclinazioni rispetto al cerchio esterno e a quello interno, relativamente alle differenti velocità che vogliamo dare alla nostra elica.

ELICA MULTIPALA



I raggi dell'elica si costruiscono con uno scatolare di ferro a sezione quadrata uniti mediante un cerchio di ruota a formare due anelli, uno più grande e l'altro piccolo sui quali posizionare le palette. Queste ultime sono tenute da liste di ferro saldate agli anelli

Convien fare le palette di lamiera di ferro galvanizzata anche se può essere usato lo zinco, l'alluminio, ovvero la lamiera non galvanizzata che dovrà essere pitturata.

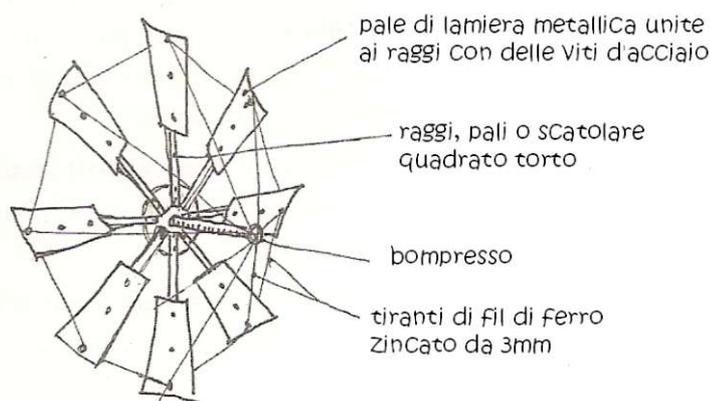
Se si tratta di un mulino per pompaggio, utilizzeremo necessariamente la lamiera in ferro, per il suo peso e la conseguente inerzia, tanto necessaria per questo compito.

Le misure delle palette di lamiera differiscono caso per caso ma dobbiamo aver cura di ritagliarle in modo da non sprecare lamiera ed il cerchio resti più o meno coperto da esse.

Bisogna fare attenzione a non lasciare spigoli vivi nè sulle palette nè sulla banderuola, tutti devono essere arrotondati per evitare che il nostro mulino attragga i fulmini, con le conseguenze che si possono immaginare.

In questo tipo di mulini è molto importante la rigidità che viene conferita loro dal bompreso (un prolungamento dell'asse dell'elica a forma di palo) e dal fil di ferro. Quest'ultimo può essere sostituito da barrette o fascette, ma solitamente non è necessaria tanta rigidezza.

Può anche essere costruita un'elica multipala priva di anelli, collocando una paletta su ogni raggio, in modo che abbia da 6 a 12 raggi. L'insieme si irrigidisce con fil di ferro o lamina metallica, come la multipala normale, ma, in più gli estremi dei raggi vengono uniti tra loro con del fil di ferro.



Il diametro massimo autocostruibile si aggira intorno ai 4,5 m \varnothing , che sarà di un'elica molto pesante e potente, mentre il minimo è di 0,5 m \varnothing (elica di ventilatore).

Nella tabella possiamo trovare le potenze relative ad eliche multipala con fattore $u/v = 1$.

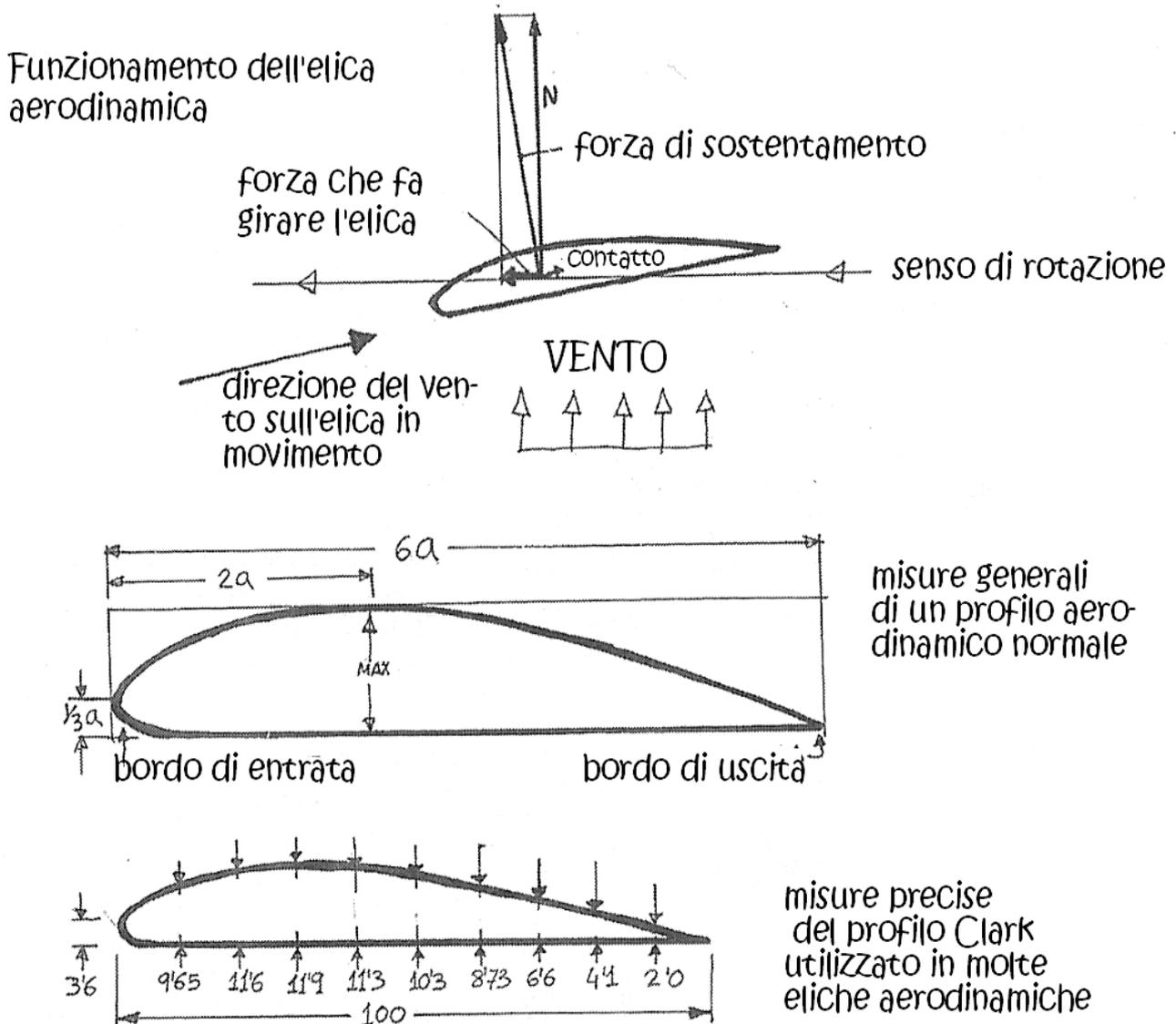
Semcostruiamo un'elica con fattore $u/v = 2$ per generare elettricità, moltiplicheremo il numero di giri indicato nella tavola per 2 e così con tutti gli altri fattori di velocità dei punta. La potenza dell'elica è la stessa.

Diametro m.	VELOCITÀ DEL VENTO m/s; km/h				
	2,2 m/s 8 km/h	4,4 m/s 16 km/h	6,6 m/s 24 km/h	8,8 m/s 32 km/h	11,1 m/s 40 km/h
0,6	0,4 w 70 rpm	3,25 w 140 rpm	10,4 w 210 rpm	25w 280 rpm	46 w 351 rpm
1,2	1,3 w 35 rpm	12 w 70 rpm	40 w 105 rpm	96 w 140 rpm	195 w 175 rpm
1,8	3,25 w 23 rpm	27 w 46 rpm	90 w 69 rpm	226 w 92 rpm	425 w 115 rpm
2,4	6,5 w 17 rpm	48 w 35 rpm	170 w 52 rpm	395 w 70 rpm	765 w 87 rpm
3	9 w 14 rpm	78 w 28 rpm	260 w 42 rpm	617 w 56 rpm	1200 w 70 rpm
3,6	13 w 11 rpm	110 w 23 rpm	351 w 35 rpm	884 w 47 rpm	1730 w 58 rpm
4,2	19 w 10 rpm	150 w 20 rpm	478 w 30 rpm	1200 w 40 rpm	2360 w 50 rpm

(C_r dell'elica = 0,3 con moltiplicazione al generatore = 0,65) \Rightarrow 0,2

Elica aerodinamica

Si cominciò a montarle su aerogeneratori al principio del XX secolo perchè dotate di una maggiore velocità di rotazione ($u/v = 5$ a 7) che permetteva di accoppiarvi un generatore con poca moltiplicazione o semplicemente a presa diretta.

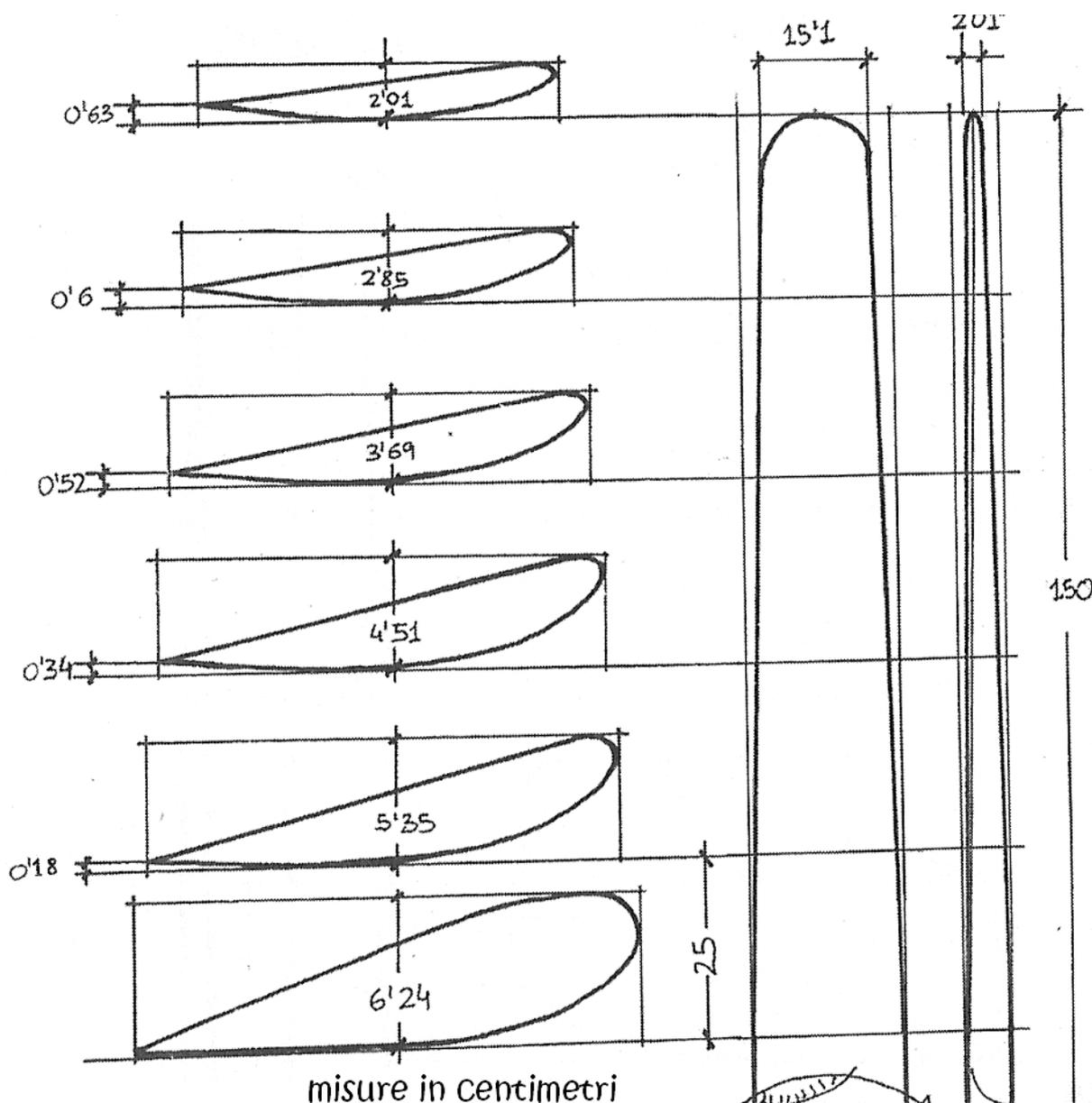


L'elica aerodinamica ha un buon rendimento energetico ($C_r = 0,45$) per cui eroga la stessa energia di una multipala a fronte di un diametro minore. Funziona grazie allo stesso principio che permette agli uccelli di sostentarsi durante il volo: il *sostentamento*.

Si utilizzano preferibilmente profili piano-convessi fra cui, i più usati risultano essere il NACA 4415 e il CLARK-Y, la faccia piana è rivolta verso il vento.

Lo svantaggio di queste eliche è che devono essere fabbricate con molta cura e precisione che le multipala, devono essere equilibrate con molta attenzione perchè durante le loro veloci rotazioni non producano vibrazioni distruttrici

SVILUPPO DI UN PROFILO LARGO



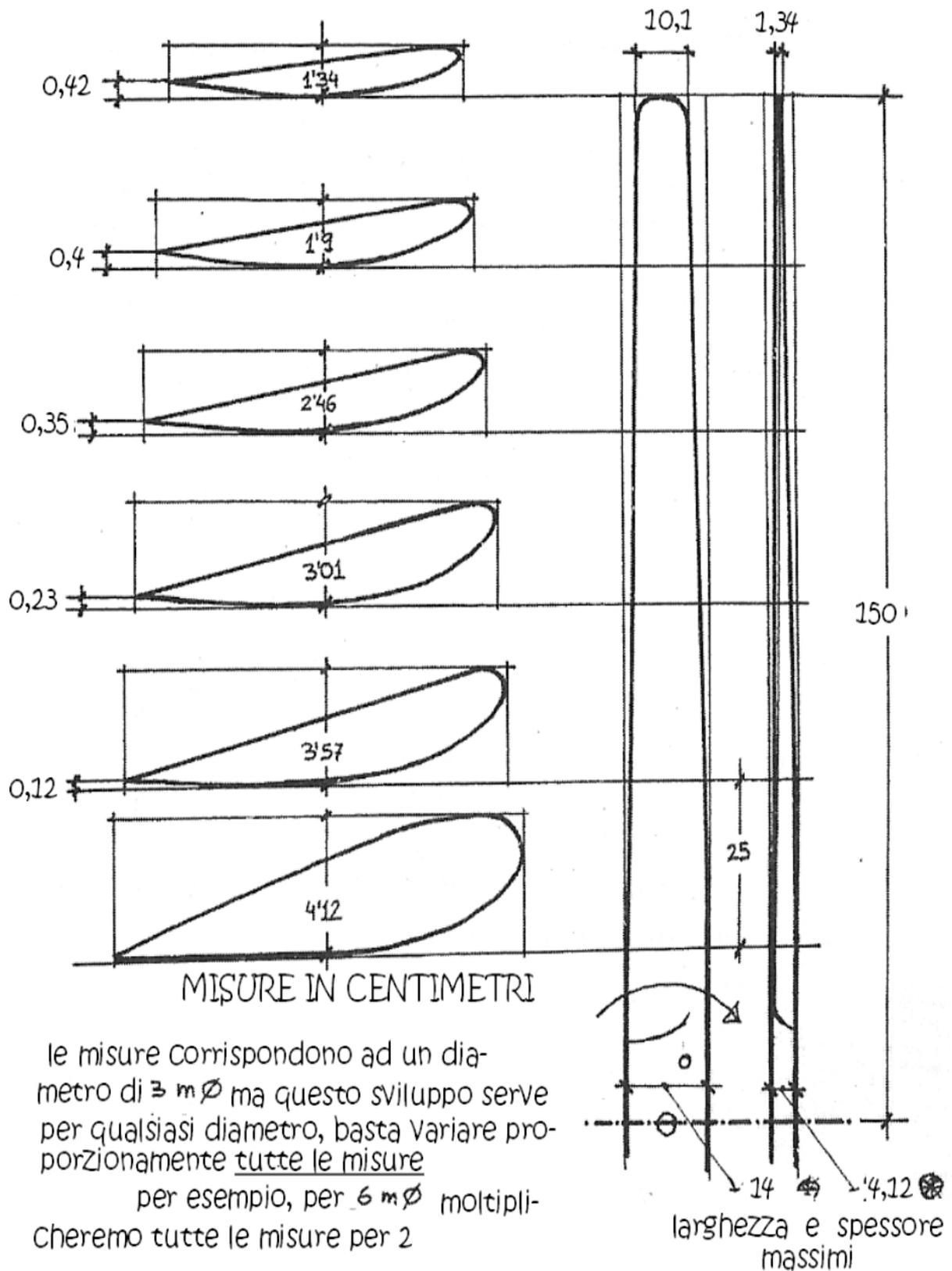
le misure corrispondono a un diametro di 3 m \varnothing ma questo sviluppo serve per qualsiasi diametro, basta Variare in proporzione tutte le misure

per esempio, per 6 m \varnothing moltiplicheremo tutte le misure per 2

⊗ = larghezza e spessore massimi

Bisogna tenere in conto che un'elica di questo tipo può raggiungere velocità di punta fra i 150 e i 200 Km/h, e, a questa velocità, un chilogrammo situato sulla punta esercita una forza centrifuga di 66 Kp per un'elica di 2 m \varnothing . Fortunatamente un'elica di 2 m \varnothing pesa solo un paio di chili, e la sua estremità è molto leggera. Per questo motivo bisogna montare qualche sistema di regolazione come quelli descritti più avanti, per evitare il fuorigiri (u/v maggiore di 12).

SVILUPPO DI UN PROFILO STRETTO



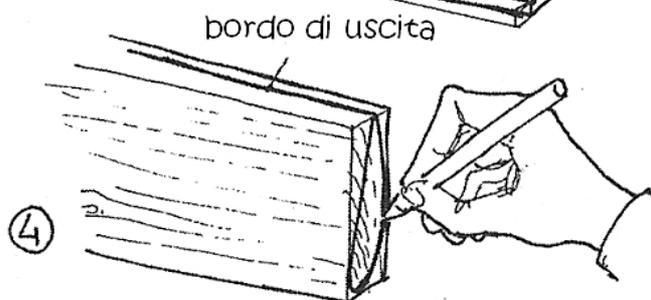
COSTRUZIONE PRATICA di eliche tripala



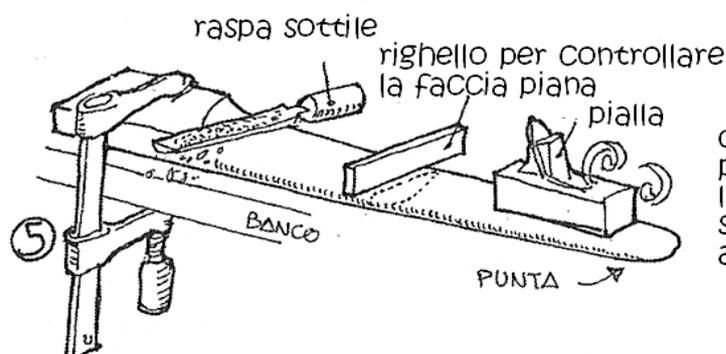
per costruire ogni pala dell'elica dobbiamo partire da tavole dello stesso legno (pino, cedro, eucalipto, frassino, noce, rovere americano, ma deve essere pulito, privo di nodi e stagionato)



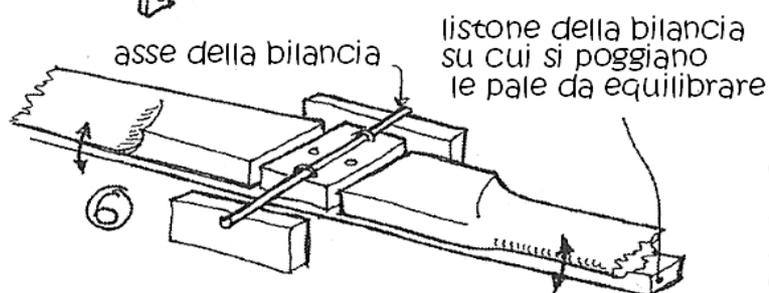
segnamo il materiale da asportare e sgrossiamo con lo scalpello e la pialla a mano o elettrica



Disegniamo in testa il profilo aerodinamico tenendo presente il senso di rotazione ed il bordo di uscita, seguendo le misure di sviluppo. (il disegno corrisponde ad un'elica che gira verso destra)



ora rimane un buon lavoro di pialla e raspa, fino a raggiungere le misure di sviluppo. Bisogna stare attenti ai due bordi ed alla punta per ridurre al minimo la resistenza



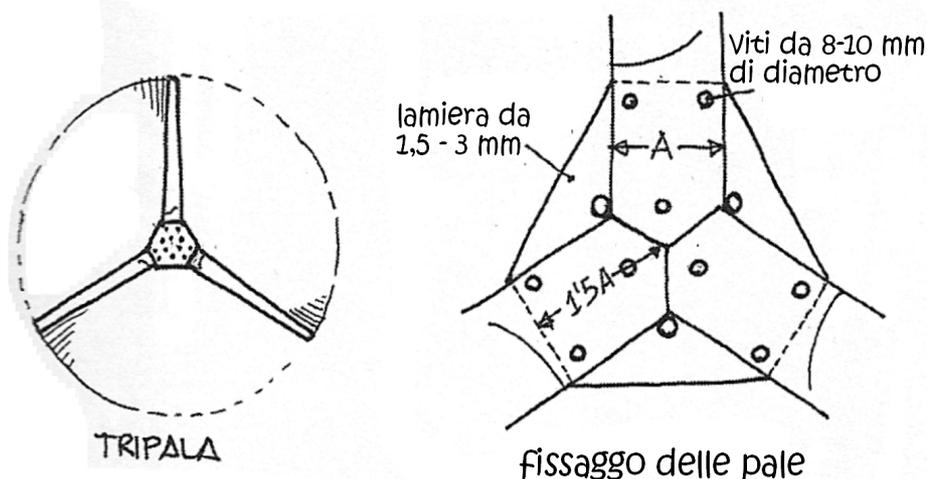
Una volta data la forma si devono equilibrare le pale, due alla volta, con una semplice bilancia. Bisogna ribassare la pala più pesante fino a farla rimanere perfettamente orizzontale, poi si passa la carta vetrata, si dà l'impregnante e infine si vernicia

Un altro svantaggio di queste eliche è la bassa coppia di partenza che hanno da ferme. Nell'assemblaggio di eliche aerodinamiche è importantissimo evitare qualsiasi tipo di resistenza al loro avvio. Le eliche tripala possiedono una coppia appena maggiore di quelle bipala, come pure

una maggiore stabilità durante il riorientamento del mulino, che, nelle bipala può produrre delle vibrazioni molto intense e pericolose. Le tripala sono molto più stabili.

La casistica di rottura di un'elica aerodinamica, tanto in congegni autocostruiti che in apparati commerciali è abbondante, e comunque tale da consigliarci di adottare tutte le precauzioni necessarie. Un asse malsicuro, debole o la mancanza di equilibratura possono determinare la rottura di un mulino.

ELICHE AERODINAMICHE



In tutti i modi, esistono migliaia di molini dotati di eliche di questo tipo, con migliaia di ore di funzionamento sulle spalle, si tratta solo di fare le cose con tutti i crismi.

Non bisogna credere che fabbricare un'elica aerodinamica sia un lavoro di precisione millimetrica, possono darsi piccole differenze di spessore, larghezza o forma del profilo fra le pale, ma se l'elica sarà ben equilibrata funzionerà bene.

Fra i materiali più adeguati per la fabbricazione di eliche a livello artigianale ci sono il legno e la fibra di vetro, entrambi leggeri e resistenti alla fatica. Proponiamo delle eliche in legno perchè è un materiale di facile reperimento e di comune lavorazione. Perchè duri nel tempo deve essere verniciata adeguatamente e con molta attenzione, applicando varie mani, le prime più diluite, perchè penetrino a fondo, le ultime senza diluente. Prima di applicare la prima mano conviene inumidire l'elica con una spugna e lasciarla seccare per passarvi sopra la lana d'acciaio ed eliminare il pelo del legno, come fanno i mobili. Ogni anno bisogna riverniciarla, avendo cura di insistere sul taglio e sulla punta, che sono le parti maggiormente esposte all'erosione. Si raccomanda caldamente di utilizzare vernici di ottima qualità, per esterni o per imbarcazioni. Vi sono molti fabbricanti di aerogeneratori che utilizzano eliche in legno (ElectroGmbH, AeroPowerJacobs, Sencenbaugh, Winco, Gemz...) Per diametri fino 10 - 14 metri.

I legni maggiormente utilizzati sono l'abete, il cedro e il pino, ma può essere usato anche il rovere americano, il frassino, il noce etc. Innanzitutto il legno non deve contenere nodi e deve essere davvero stagionato. Per costruire eliche aerodinamiche basta seguire le varie misure di sviluppo longitudinale e lavorare tanto di raspa, pialla e carta vetrata. Durante le fasi di realizzazione bisogna costantemente comprovare la regolarità della faccia piana con una buona riga. Il bordo di attacco (quello che fende il vento) deve essere arrotondato. Stesso discorso per il bordo d'uscita, che non deve assomigliare alla lama di un coltello, perchè si debilita, meglio lasciarlo ben arrotondato.

Diamo due sviluppi dell'elica: uno più stilizzato (sviluppo stretto), che funzionerà bene a condizione che la partenza del mulino sia molto dolce, ed un altro profilo un po' più spesso (sviluppo largo), più solidi e con una maggiore coppia di partenza, un po' più pesante (mulino soggetto a sforzi maggiori) Ambi hanno un rendimento molto buoni ed un fattore u/v compreso fra 5 e 9 (normalmente 6).

Le basi delle pale devono essere strette entro due lamiere ben forti, mediante viti di diametro fra i 10 e i 12 mm e bisogna avere molta cura nel disporle in perfetta simmetria ed equilibratura.

Quando l'elica (di qualsiasi tipo essa sia) viene collocata sul mulino, bisogna porre la massima cura nel far sì che giri su un asse perfettamente perpendicolare a quello dell'asse. Al contrario sorgeranno molte vibrazioni, perchè essa tenderà a disporsi su questo piano.

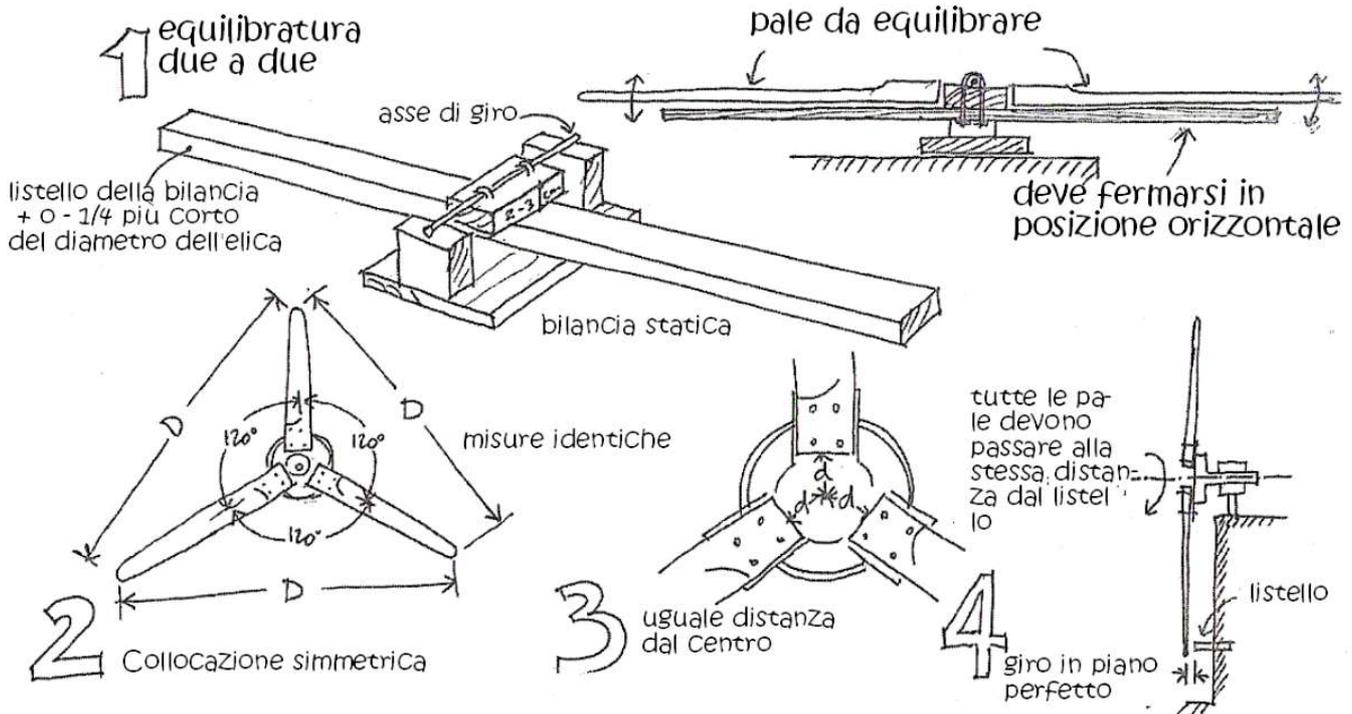
Nella tabella seguente sono riportate la potenza ed il numero di giri di eliche aerodinamiche di diversi diametri, secondo la velocità dei venti.

DIAMETRO	VELOCITÀ DEL VENTO				
	2,2 m/s 8 Km/h	4,4 m/s 16 Km/h	6,6 m/s 24 Km/h	8,8 m/s 32 Km/h	11,1 m/s 40 Km/h
1,2	2 w 211 rpm	19 w 422 rpm	64 w 633 rpm	150 w 844 rpm	300 w 1055 rpm
1,8	5 w 140 rpm	42 w 281 rpm	140 w 422 rpm	340 w 562 rpm	660 w 703 rpm
2,4	10 w 105 rpm	75 w 211 rpm	260 w 316 rpm	610 w 422 rpm	1180 w 527 rpm
3	15 w 84 rpm	120 w 162 rpm	400 w 253 rpm	950 w 338 rpm	1840 w 422 rpm
3,6	21 w 70 rpm	170 w 140 rpm	540 w 211 rpm	1360 w 281 rpm	2600 w 351 rpm
4,2	29 w 60 rpm	230 w 120 rpm	735 w 180 rpm	1850 w 241 rpm	3630 w 300 rpm
4,8	40 w 52 rpm	300 w 105 rpm	1046 w 158 rpm	2440 w 211 rpm	4740 w 263 rpm
5,4	51 w 47 rpm	375 w 94 rpm	1320 w 140 rpm	3060 w 187 rpm	6000 w 234 rpm
6	60 w 42 rpm	475 w 84 rpm	1600 w 126 rpm	3600 w 168 rpm	7360 w 211 rpm
6,6	73 w 38 rpm	580 w 76 rpm	1940 w 115 rpm	4350 w 143 rpm	8900 w 191 rpm
7,2	86 w 35 rpm	685 w 70 rpm	2300 105 rpm	5180 w 140 rpm	10 650 w 175 rpm

(C_r dell'elica = 0,045 con moltiplicazione applicata al generatore = 0,65) \Rightarrow 0,2
 $u/v = 6$

Sin dal principio della costruzione delle pale fino alla loro installazione definitiva bisogna ricercare una buona equilibratura, che darà luogo ad un perfetto funzionamento dell'aerogeneratore. Si raccomandano dunque i seguenti accorgimenti:

1. Equilibrare le pale due alla volta su una bilancia statica, effettuando l'operazione ad ogni fase della costruzione, anche dopo la verniciatura
2. Collocare le pale alla medesima distanza, misurando la distanza tra le punte e verificando che siano assolutamente identiche.
3. Anche la distanza dal centro deve essere uguale.
4. Le pale devono ruotare su un piano perfetto. Lo si comprova in officina montando l'elica sul suo asse, facendola girare lentamente e verificando che le punte passino alla medesima distanza da un listello di riferimento.
5. Quando tutto sia pronto, e si lasci girare l'elica liberamente, questa deve potersi fermare in qualsiasi posizione. Se l'elica tende a fermarsi verso un punto bisognerà cercare di correggere questo difetto con piccoli piombini aggiunti alle viti di fissaggio dell'elica.



EQUILIBRATURA CORRETTA DI ELICHE AERODINAMICHE per evitare vibrazioni ed allungare la vita utile del mulino

Note importanti:

- L'aerogeneratore deve possedere un sistema di disorientamento manuale e automatico per asse dislocato.
- Le punte dell'elica devono passare ad almeno 20 cm. di distanza dal palo o dai tiranti.

Elica tradizionale

E' quella che tutti abbiamo visto, se non altro in foto, in tutti i molini della Mancha o dell' Olanda. Nonostante gli anni (secoli) queste eliche sono ancora funzionanti e non bisogna sottovalutarle semplicemente perchè vecchie. Sono eliche davvero molto forti, adatte soprattutto ai lavori meccanici. I casi di rottura delle pale sono molto più frequenti nei "moderni generatori di oggi.

Il rendimento energetico ($C_r = 0,3$) è di qualcosina inferiore all'elica aerodinamica, ma basta ampliare appena il diametro per ottenere la stessa energia. Per ottenere la stessa potenza il diametro deve essere 1,2 volte quello di un'elica aerodinamica.

L'elica tradizionale è relativamente lenta (fattore di velocità di punta $u/v = 2$) ma è comunque più veloce di una multipala. Questo tipo d'elica raggiunse un grande sviluppo in Olanda, dove arrivarono a costruire mulini di oltre 25 m \varnothing e più di 50 CV.

Le pale possono essere costruite in legno e tela restando fedeli al disegno originale ovvero con tubi o profilati vuoti saldati tra loro per lo scheletro e laminato in fibra di vetro per le vele.

DIAMETRO	VELOCITÀ DEL VENTO
----------	--------------------

	2,2 m/s 8 Km/h	4,4 m/s 16 Km/h	6,6 m/s 24 Km/h	8,8 m/s 32 Km/h	11,1 m/s 40 Km/h
4	14 w 21 rpm	140 w 42 rpm	450 w 63 rpm	1100 w 84 rpm	2200 w 105 rpm
5	23 w 17 rpm	220 w 33 rpm	750 w 50 rpm	1760 w 67 rpm	3520 w 83 rpm
6	32 w 14 rpm	310 w 28 rpm	1050 w 41 rpm	2465 w 56 rpm	4930 w 70 rpm
8	58 w 10 rpm	550 w 21 rpm	1875 w 31 rpm	4400 w 42 rpm	8800 w 52 rpm
10	90 w 8 rpm	860 w 17 rpm	2925 w 25 rpm	6860 w 33 rpm	14000 w 42 rpm
12	132 w 7 rpm	1250 w 14 rpm	4240 w 21 rpm	9950 w 28 rpm	20000 w 35 rpm

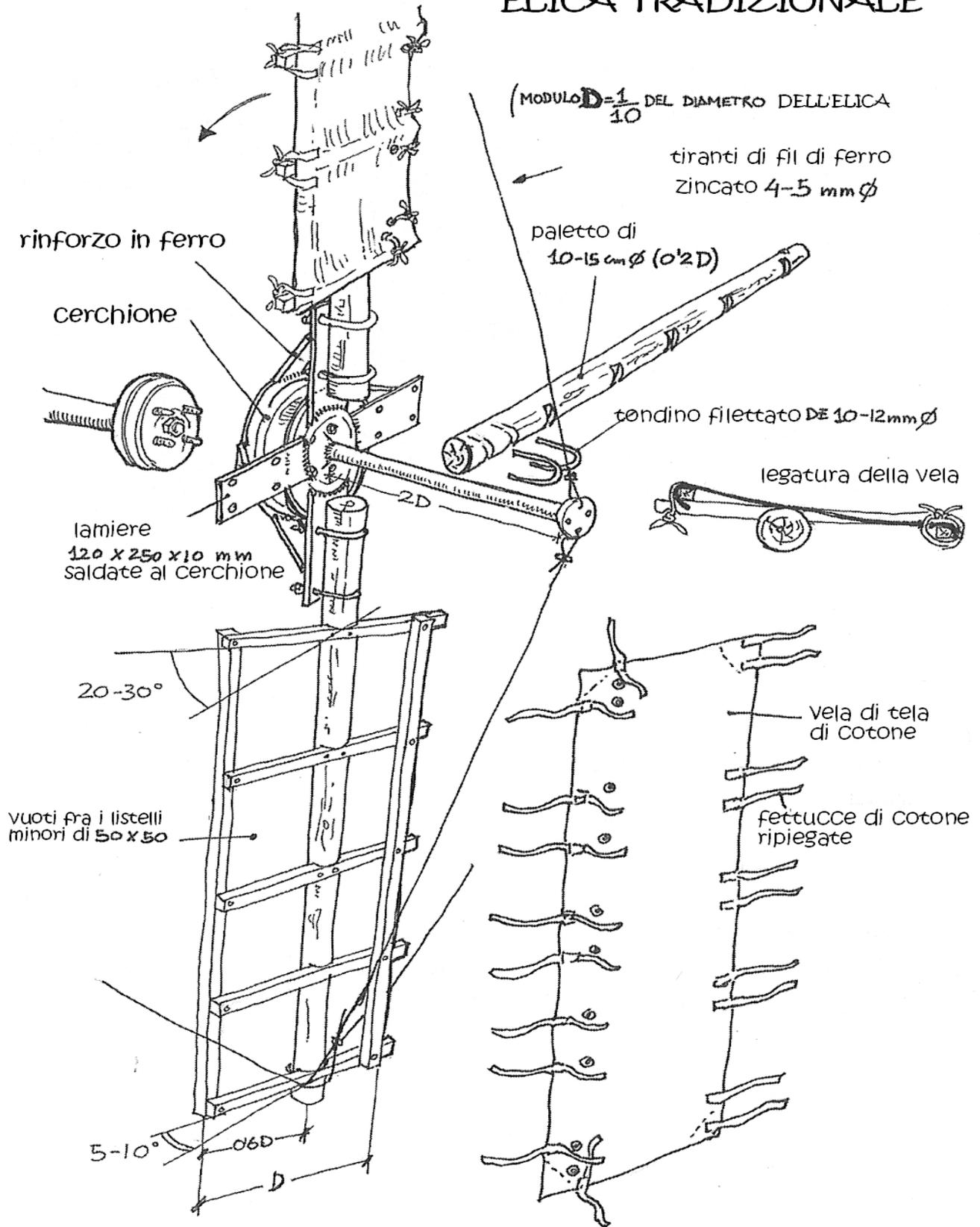
(C_r dell'elica = 0,3 con moltiplicazione applicata al generatore = 0,65) \Rightarrow 0,2

$u/v = 2$

In ogni caso conviene sempre che l'elica abbia un diametro maggiore di 4 m, perchè la rotazione sia calma e piena di dignità. Siamo di fronte ad un'elica specialmente indicata per i nostalgici e gli amanti dei valori duraturi.

La costruzione risulta semplice, ma non dobbiamo perdere di vista le graziose curvature prodotte dalla vela lungo la barra. Anche se la maggior parte di queste eliche non portava un bompreso, conviene sempre montarlo a scampo di equivoci sulla durezza e la resistenza di questi meravigliosi mulini.

ELICA TRADIZIONALE



Elica a pale vuote

Si tratta di una variante dell'elica aerodinamica, realizzata in lamiera invece che in legno. Sono facili da fare in qualsiasi autocarrozzeria di paese, pur richiedendo le stesse precauzioni di equilibratura delle eliche aerodinamiche.

Possiedono la virtù di poter essere usate di spalle al vento, giacchè, essendo vuote, non necessitano di altri sistemi di regolazione. Prendendo velocità centrifugano l'aria al loro interno e questo produce delle forze frenanti che evitano i fuorigiri distruttivi.

Si costruiscono partendo da tubi idraulici galvanizzati, ricoperti di lamiera sottile, anch'essa galvanizzata, che viene fissata con rivetti d'acciaio, perchè quelli d'alluminio si spezzerebbero dopo un po'.

A livello di rendimento possono essere equiparate alle multipala, ma con un fattore u/V regolabile da 1 a 5, variando l'angolo d'incidenza a volontà.

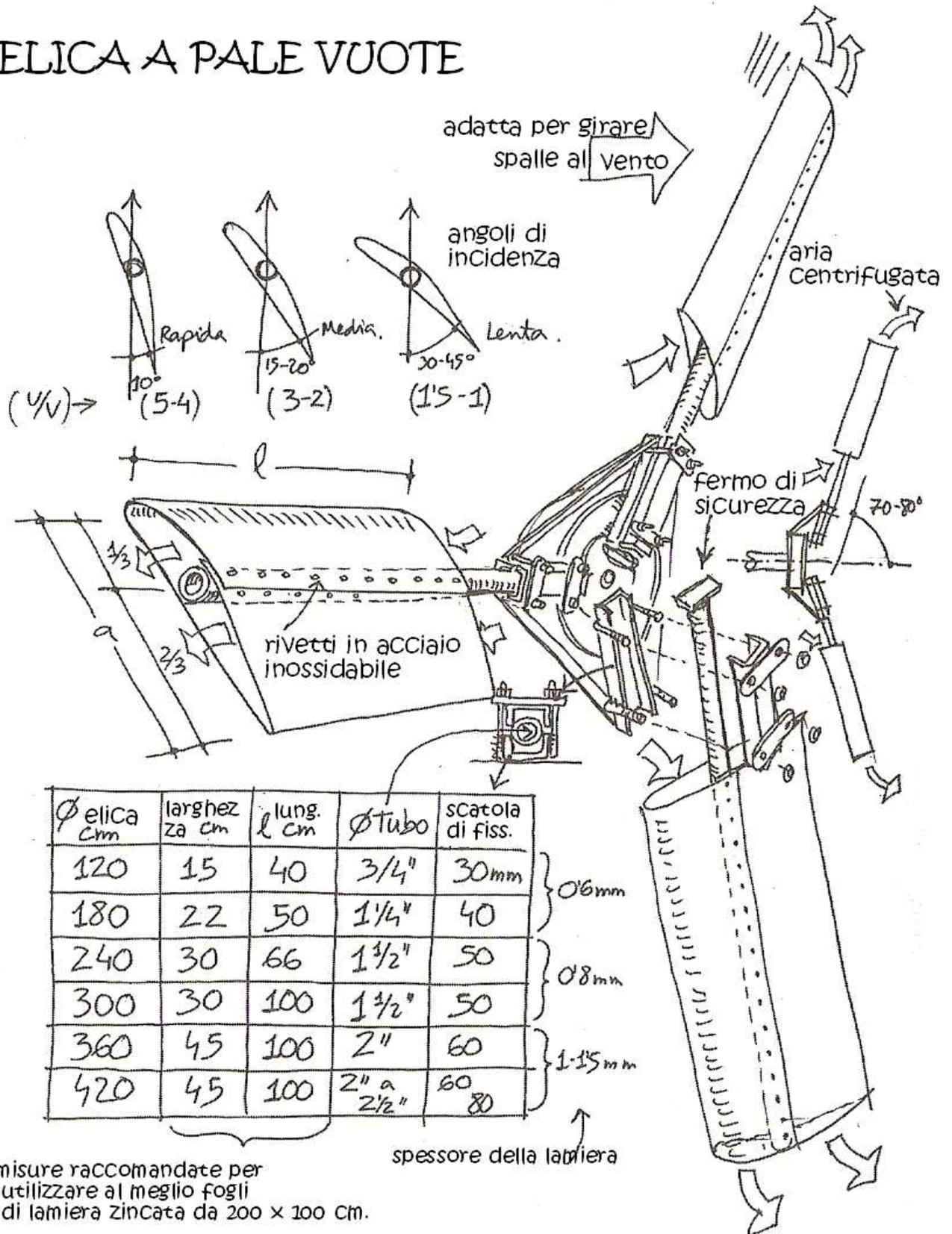
Per calcolarne la potenza possiamo usare la tabella delle multipala e se vogliamo sapere il numero di giri (rpm) bisogna moltiplicare il numero di giri per il fattore u/v che intendiamo scegliere.

La cosa normale è che lavori ad un u/v da 3 a 4, ma se vogliamo utilizzarla su un mulino di pompaggio bisogna lasciare un'angolo di incidenza maggiore ed un fattore $u/v = 1$.

Praticamente può essere usata per qualunque mulino presentato in questo libro, tanto risulta adattabile.

Con u/v da 3 a 4 è meglio pensare ad una tripala, mentre, con u/v da 1 a 2 possono essere usate da 6 a 8 pale

ELICA A PALE VUOTE



Elica dalle vele in tela

Anni fa, nell'università di Princeton, fu sviluppato un tipo di elica che funziona come un'aerodinamica, ma la sua costruzione possiede una certa somiglianza con quella cretese con vele di tela. Il fattore u/v è da 3 a 5 e dipende dall'angolo d'incidenza. Il rendimento può essere paragonato sia ad una multipala che ad un'elica tradizionale ($C_r = 0,3$)

Il vento spinge la tela formando un profilo aerodinamico molto efficace. La sua costruzione è molto semplice ed è adatta a mulini di più di 3 metri di diametro, ne abbiamo costruiti fino a 12 metri di diametro.

Conviene fissare la tela in modo tale da poter variare l'angolo d'incidenza, per raggiungere l'optimum in ogni caso o in funzione della coppia di partenza e della velocità di rotazione richiesta.

Normalmente queste eliche vengono collocate di spalle al vento con un sistema di abbattimento del tipo descritto nel capitolo "Supergeneratore".

Può anche utilizzarsi il sistema di disorientamento automatico per asse dislocato.

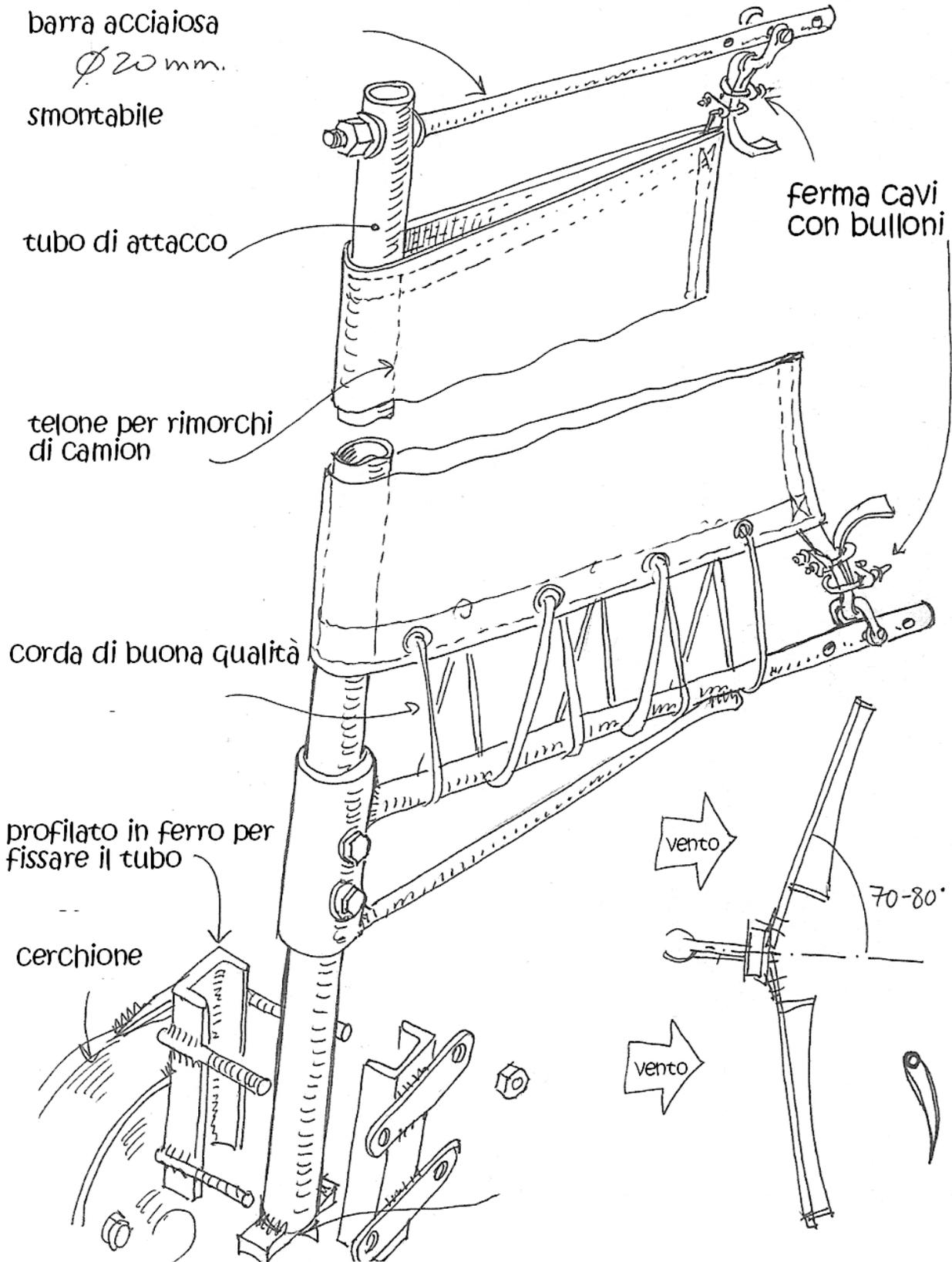
Il bordo di attacco della tela è un tubo metallico e la tela va come una federa tra il tubo ed il bordo d'uscita. La forma del bordo d'uscita dell'aria deve essere una curva, perchè tutta la tela si mantenga ben tesa, la curva ideale è la catenaria, ma la cosa non è fondamentale.

Si utilizzano tubi galvanizzati e tela plastificata di camion, che resiste alle intemperie. E' importante tendere ben bene il bordo d'uscita perchè la vela resti tesa, ma non eccessivamente.

E' chiaro che la vela dovrà essere preparata da un artigiano che realizza coperture per camion con l'aiuto dei disegni appresso riportati.

E' conveniente unire al bordo d'uscita una buona cinghia in nylon che superi in lunghezza la vela di almeno 50-60 cm da ogni lato in modo da poter essere legata al supporto ed eventualmente tirata per tendere la vela. Le eliche di questo tipo sono belle, leggere e di semplice realizzazione anche per grandi dimensioni. Il sistema di fissaggio dei raggi è simile a quella a "pale vuote", col medesimo angolo se si decide di porla spalle al vento. Per queste eliche non sono raccomandabili sistemi a passo variabile, bisogna sincronizzare le pale perfettamente e risulta complicato. Nei disegni sono riscontrabili tutti i dettagli di costruzione, mentre, per la tavola delle potenze sviluppate può essere consultata la tabella dell'elica "a pale vuote"

ELICA DALLE VELE IN TELA



E' importante comprendere bene questo capitolo per procedere al disegno ed alla costruzione del nostro mulino. Bisogna sottolineare che nei disegni inerenti ad ogni mulino è stato omesso il calcolo delle moltiplicazioni e ciò è dovuto principalmente ad alcuni fattori:

- ◆ Diametro del mulino
- ◆ Fattore di velocità della punta u/v
- ◆ Velocità nominale del vento
- ◆ Caratteristiche del generatore scelto: rpm di inizio carica, rpm di potenza nominale.

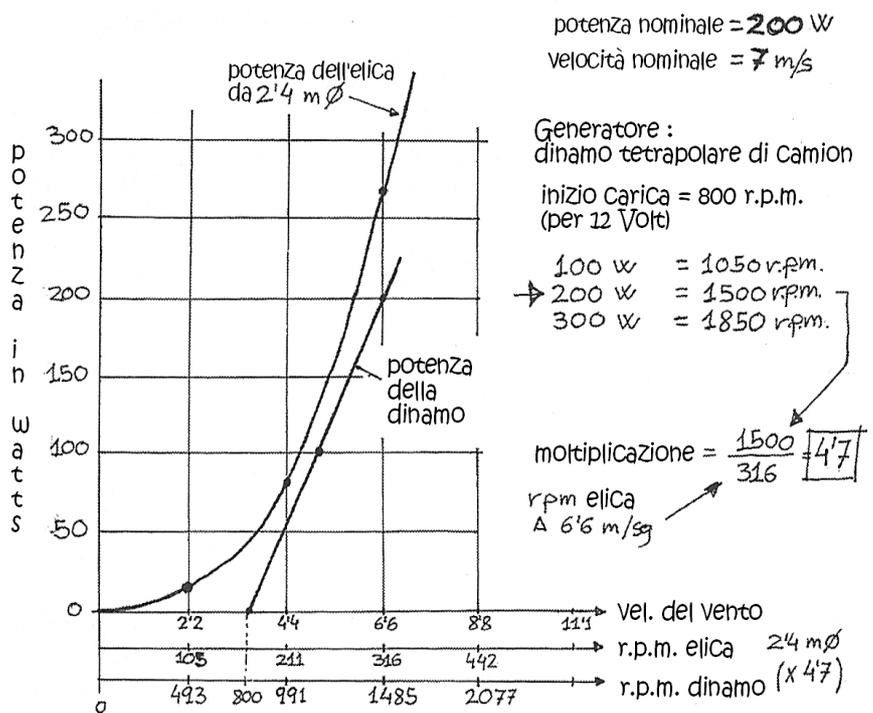
Cada mulino è differente dagli altri e abbisogna di calcoli specifici. A prescindere dalle tante variabili che possono intervenire, tuttavia il calcolo è molto semplice, basta procedere con ordine:

1. mediante la tabella n° 88 conosciamo il diametro del mulino partendo dal nostro consumo, e dalla velocità media del vento nella nostra zona.
2. Troviamo il diametro che ci interessa (o simile) nella tabella corrispondente al tipo di elica scelto (Multipala, aerodinamica o tradizionale)
3. Disegniamo un prospettino coi dati che figurano inseriti nella fila corrispondente al diametro scelto.
4. Determiniamo la produzione del nostro generatore su un banco di prova
5. Verifichiamo la velocità di rotazione dell'elica per la velocità nominale /7 m/s si legga 6 m/s) edeterminiamo i giri necessari al generatore da noi scelto per erogare la potenza nominale (dai dati del banco di prova)
- 6.

$$\text{Moltiplicazione} = \frac{\text{rpm generat. per produz. nominale}}{\text{rpm elica per produz nominale}}$$

7. Disegniamo un prospetto di produzione del generatore raccordato ai giri dell'elica sovrapponendolo al prospetto indicato nel n° 3. Se la linea riferita al generatore coincide o si mantiene sotto a quella dell'elica tutto va bene. Se, al contrario la linea riferita al generatore invade quella dell'elica, esigendo più potenza di quella che l'elica può dare, allora dobbiamo ritoccare il mulino aumentando il diametro, soprattutto se si tratta di un'elica aerodinamica.

Per chiarire quanto detto, diamo un esempio pratico. Se il nostro consumo mensile stimato è di 30 Kw/h e la velocità media del vento nella nostra zona è di 4 m/s, consultiamo la tabella e troviamo che la potenza nominale del generatore dev'essere di 200 w. L'elica aerodinamica dovrà avere 2,2 m Ø e il mulino produrrà 44 Kw.h al



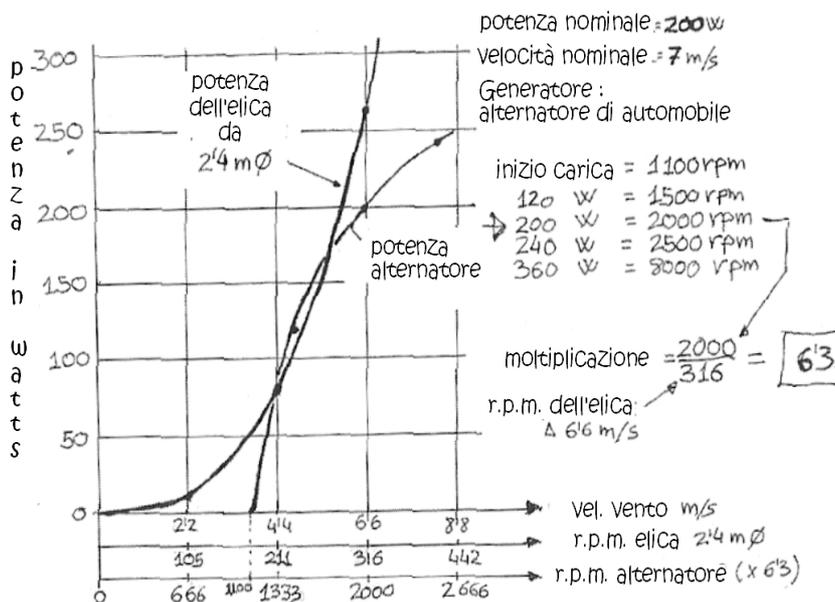
Se il generatore consiste in una dinamo che eroga 200 w a 1500 rpm, con inizio-carica a 800 rpm, la moltiplicazione necessaria sarà:

$$1500/316 = 4,7$$

Posto che il prospetto della potenza dell'elica supera ampiamente quella del generatore, possiamo costruire un'elica di 2,2 m Ø.

Se accoppiamo al nostro aerogeneratore un alternatore d'auto tipico, con inizio carica a 1100 rpm ed erogherà 200 w a 2000 rpm, la moltiplicazione sarà: $2000/316 = 6,3$

Nel prospetto, la linea dell'alternatore invade una piccola zona dell'elica da 2,4 m Ø quando la velocità del vento è più o meno di 16 Km/h, per cui non dobbiamo montare un'elica di diametro inferiore ai 2,4 m Ø.



Nelle eliche aerodinamiche sono necessari degli aggiustamenti, entro un certo margine. Queste eliche non hanno mai una velocità di rotazione fissa. Con un vento di velocità determinata la sua resa dipende dallo sforzo di carica e dalla perfezione con cui è stata fabbricata. Il fattore di velocità di punta u/v può oscillare fra 4 e 9 senza problemi, adattandosi allo sforzo richiesto dal generatore in ogni momento. L'unico problema dell'elica aerodinamica è costituito dal pericolo di non poter entrare in regime aerodinamico a causa

dello sforzo di carica richiesto in quel momento dal generatore. In questo caso invece di ridurre la moltiplicazione, è meglio alimentare di meno l'intensità di eccitazione del generatore intercalando una lampadina fra il morsetto positivo e l'eccitazione del generatore per elevare un poco il regime di giri di carica (v. "Regolatore del regime di giri)

In eliche multipala non è necessaria tanta sofisticazione, posto che, se abbiamo esagerato un po' nella moltiplicazione, l'elica andrà un po' più piano, con più forza (coppia) e senza problemi.

Sistemi di regolazione

Tutti i mulini a vento, anche i più piccoli, devono prevedere un sistema di regolazione che lo protegga dall'eccesso di velocità dei venti, o che permettano un loro bloccaggio per un qualsiasi motivo.

Un mulino senza nessun tipo di regolazione è molto probabile che si rompa durante il primo temporale: NESSUNA REGOLAZIONE = DISTRUZIONE.

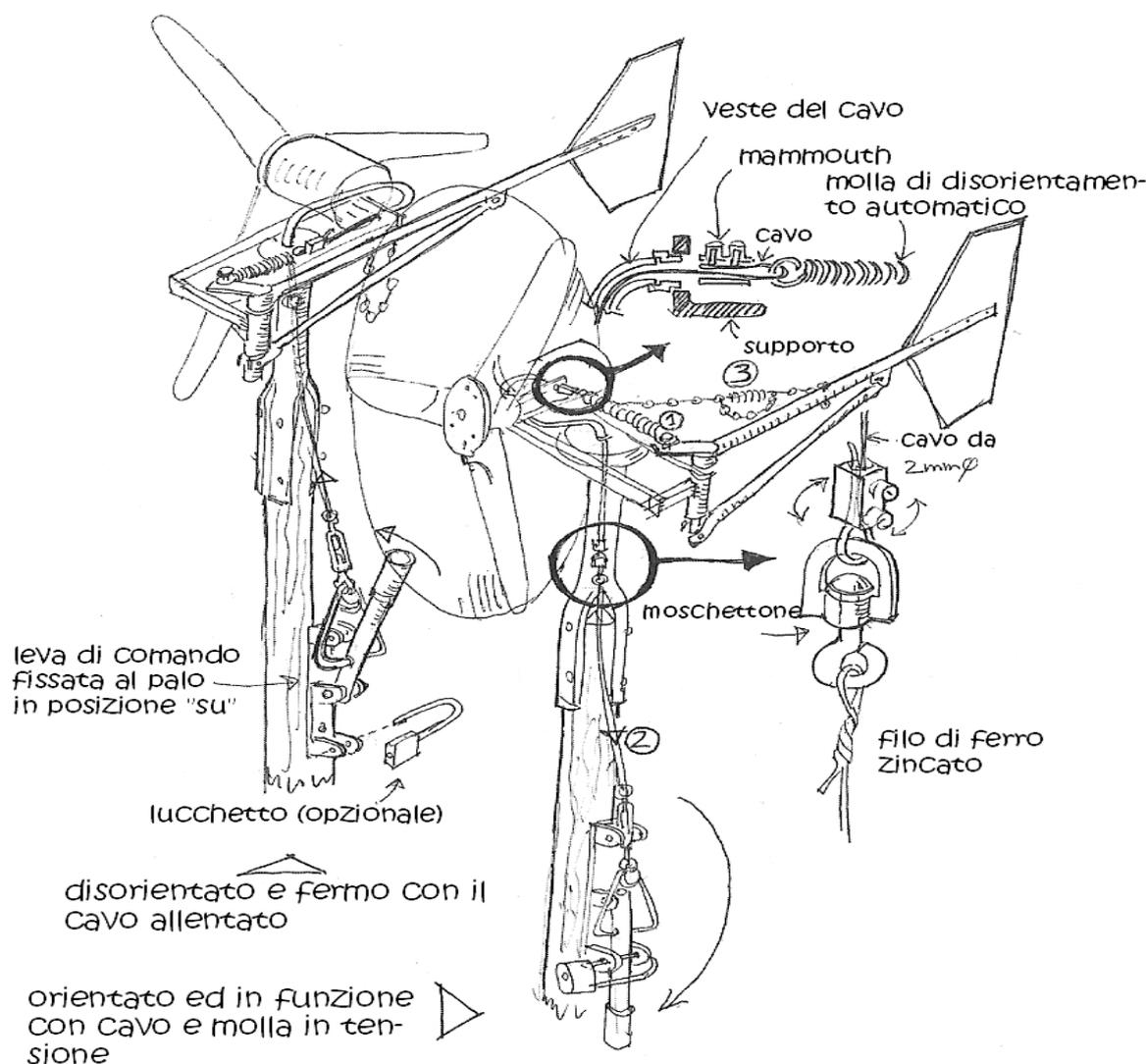
Disorientamento

Il sistema di regolazione più semplice e forse più efficace è il cosiddetto disorientamento, che consiste nel ruotare il piano dell'elica fino a collocarlo parallelo alla banderuola e, pertanto, parallelo alla direzione del vento, di modo che il vento passi di lato senza sollecitare l'elica. Questo movimento può essere ottenuto sia manualmente che automaticamente.

Disorientamento manuale

Il disorientamento manuale è il miglior sistema per fermare un mulino. Possiamo vedere il modo di azionamento nel disegno seguente. La banderuola mantiene la sua posizione originale, fermata dalle molle 1 e 3 che le permettono la mobilità necessaria. Tirando il cavo (2) l'elica si disloca in posizione di lavoro fronte al vento. Questo cavo porta una molla dura al suo estremo perchè una volta effettuato il disorientamento, il suo ancoraggio non sia troppo rigido, perchè altrimenti, una raffica potrebbe spezzare il cavo stesso. In mancanza di molle possiamo mettere delle catene di sicurezza. In caso di rottura delle catene, delle molle o del cavo il mulino si ferma da solo. Il disorientamento manuale deve inclinare il mulino nello stesso senso di quello automatico.

DISORIENTAMENTO MANUALE



in caso di rottura del cavo o della molla si ferma da solo

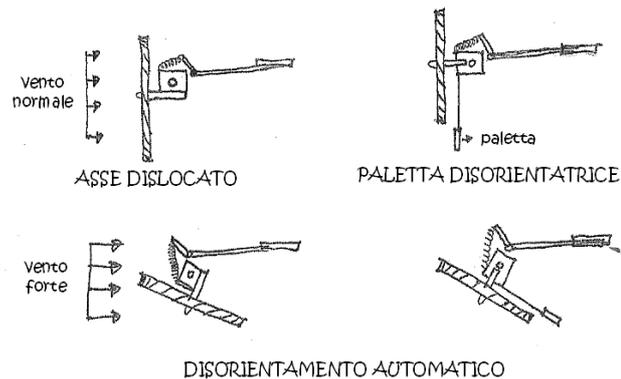
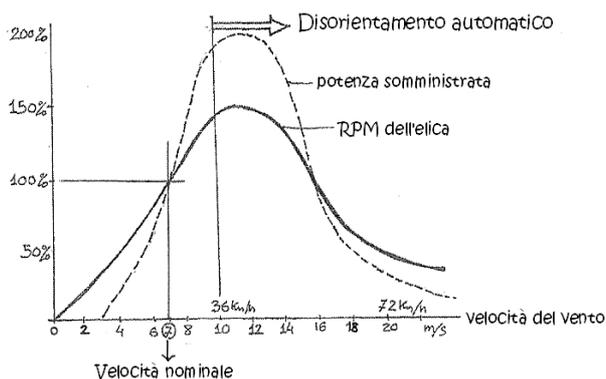
Disorientamento automatico

L'azionamento automatico si fa in maniera molto semplice, collocando una paletta disorientatrice, o dislocando l'asse di giro dell'elica di 6 - 10 cm rispetto all'asse verticale sul quale pivota il mulino.

Quest'ultimo sistema, chiamato disorientamento con asse dislocato funziona grazie alla pressione del vento sull'elica che fa che quest'ultima tenda a collocarsi parallela al vento quando la velocità aumenta. Questo sistema deve essere usato in tutti i casi in cui sia possibile usarlo, soprattutto con eliche aerodinamiche, per evitare il fuori giri.

Quando, per costruzione, l'asse dell'elica riposa proprio su quello su cui pivota il mulino, dobbiamo aggiungere una paletta disorientatrice. Quando il vento sarà forte la paletta tenderà a disorientare tutta l'elica, riducendo la sua velocità. La paletta deve superare la superficie esplorata dall'elica e le sue dimensioni devono essere la quarta o la quinta parte di quelle della banderuola vera e propria. Il disorientamento automatico deve piegare il mulino nella stessa direzione in cui lo piegherebbe il disorientamento manuale. La calibrazione del disorientamento si fa tirando più o meno la molla 1 o cambiando la distanza del braccio su cui agisce la molla. Sono operazioni che vanno definite nella pratica.

Il disorientamento automatico può cominciare ad agire con venti di 9-11 m/s (30 - 40 Km/h), in aerogeneratori con velocità nominale di 7 m/s, così che la regolazione della potenza e dei giri è quella che appare nel prospetto



Il disorientamento automatico è impiegato tradizionalmente in tutti i mulini multipala da pompaggio nonché in molti aerogeneratori commercializzati con ottimi risultati ed un numero minimo di avarie. Il disorientamento suppone un cambio di piano del giro dell'elica e questo produce forze giroscopiche che devono essere dolci e regolari. Perché questo cambio di piano sia dolce e senza salti, l'elica, nei momenti di inerzia deve essere simmetrica rispetto a qualunque asse di giro. Questo assunto si traduce in una tendenza a scartare le eliche bipala.

Altri sistemi di regolazione

Esistono freni aerodinamici, regolazione per perdita di rendimento aerodinamico, passo variabile nelle eliche, ma non sono raccomandati in questo libro, perchè sono soliti richiedere molta tecnologia ed equilibratura, cose che non sono alla portata dell'autocostruttore. Né i rotori, né le eliche devono mai essere frenate meccanicamente.

Boccole, bronzine, mozzi ed altri pezzi di riciclo.

Uno degli elementi basilari nella costruzione dei differenti mulini sono i mozzi delle ruote di automobile. Sono fatti per lavorare in condizioni molto dure con importanti sforzi e vibrazioni. Tutti i mozzi possono servire per costruire congegni. Nei mulini ad asse orizzontale vengono impiegati uno come asse dell'elica e l'altro come supporto sul quale pivota tutto il mulino.

Per l'asse verticale è particolarmente indicato il mozzo anteriore della Renault 4 perchè possiede un foro centrale molto utile per permettere la discesa dei cavi ovvero per far passare il cavo di disorientamento del mulino. Questo mozzo serve per mulini fino a 3,5 - 4 m Ø e permette la discesa di corrente con facilità, tramite spazzole.

Per diametri maggiori utilizzeremo il braccio di sospensione di una Citroen 2 CV specialmente indicato per mulini di grande diametro per la sua indiscutibile solidità. In più è dotato di un grande foro centrale che ci permette di far scendere cavi elettrici, di disorientamento etc. Anche se vanno scomparendo, tuttavia è possibile trovare ancora questi pezzi dai grandi sfasciacarrozze, altrimenti bisognerà ripiegare su mozzi montati su altre autovetture.

Discesa della corrente

Quando costruiamo un mulino per produrre elettricità, è necessario far scendere la corrente generata fino alle batterie in modo che il mulino abbia libertà di rotazione rispetto a tutti i venti. E' molto importante che sia così. Se collochiamo un fine-corsa per impedire che il mulino ruoti completamente riporteremo molti problemi e sicure avarie.

La soluzione più semplice è lasciare cadere i cavi sciolti attraverso il foro centrale del mozzo o del braccio di sospensione (2 CV) e lasciare che si arrotolino e srotolino da soli. Normalmente dovrebbe funzionare bene, ma solitamente è necessario sgrovigliare ogni tanto i fili. Generalmente in questo foro passa anche il cavo di orientamento ed allora possono insorgere maggiori problemi di attorcigliamento. Le migliori soluzioni adottate sono quelle che vedremo appresso:

Discesa con le spazzole

Questo modo di far scendere la corrente viene impiegato generalmente quando l'asse sul quale pivota il mulino è ricavato da un mozzo anteriore di Renault 4. Dal mulino partono due cavi: il positivo e il negativo. Quindi nell'aerogeneratore vero e proprio saranno montati i diodi corrispondenti, il regolatore di voltaggio etc... Il negativo lo facciamo scendere per massa, di modo che la corrente passi attraverso i cuscinetti, per assicurarne il flusso. Il positivo può procedere grazie a due sistemi, che utilizzano entrambi le spazzole del motorino di avviamento con i loro portaspazzole originali.

◆ *Sistema a cappuccio*

Si realizza un cappuccio di ottone magari tornito, da fissare su un isolante di plastica o Nylon

◆ *Sistema a laminato*

Se non disponiamo di un amico tornitore, possiamo usare la lamiera (spessa almeno 2 mm) tagliata a forma di flangia e fissata con tre viti isolate. I portaspazzole vengono montati su una ghiera anch'essa isolata dalla massa.

In questo modo il foro centrale resta libero per il passaggio del cavo di disorientamento del mulino. Il Tamburo del mozzo farà da ombrello lasciando asciutti i contatti. Questo tipo di discesa della corrente è specialmente indicato per mulini da 3 - 4 m Ø.

PRIMA DI COSTRUIRCI IL NOSTRO MULINO SCEGLIAMOLO CON CALMA IN ACCORDO CON LE NOSTRE NECESSITÀ E LE NOSTRE POSSIBILITÀ

TIPO DI MULINO	POTENZA (w) DIAMETRO (m)	UTILIZZO E OSSERVAZIONI
MINI GENERATORE	4-6 w 0,6 m Ø	Lavoretti manuali per le scuole recinti elettrici per bestiame, servizio non molto pesante
MULTIPALA-MAGNETO	30-60 w 1,6-1,8 m Ø	Luce per case da fine-settimana, manutenzione molto limitata robusto e duraturo
MULINO PER POMPAGGIO	200-1000 w 4,20 m Ø	Pompaggio con portata medio-alta per usi agricolo. semplice e resistente
MULTIPALA CON SCATOLA DEL CAMBIO	80-350 w 2-3,5 m Ø	Luce per una casa abitata continuamente; robusto e duraturo ma un po' rumoroso
ASSE DIRETTO	100-400 w 2-3 m Ø	Luce per una casa abitata continuamente. Generatore speciale, lento, molto silenzioso tecnologico
AEROGENERATORE	100-1000 w 2-4 m Ø	Elettricità per una casa abitata continuamente. Semplice e abbastanza silenzioso
AEROMOTORE	500-10000 w 4-8 m Ø	Forza motrice (molire, segare, pompare) Elettricità e incluso riscaldamento. Molto adatto per comunità.
SUPER GENERATORE	1000-20000 w 4-12 m Ø	Elettricità in quantità per grandi comunità, elettricità e riscaldamento per la casa.

Mini generatore

Questo piccolo generatore è capace di dare da 0,75 a 1 Kw/h mensili (da 20 a 40 w/h al giorno); è un congegno molto semplice e può essere costruito con poco lavoro.

Questa specie di giocattolo è molto adeguato per le scuole, come compito sulle energie rinnovabili, sul riciclaggio etc. Così i ragazzi possono comprendere tutte le parti di un aerogeneratore in modo semplice e pratico.

Il congegno è particolarmente adatto per mantenere la carica delle batterie che alimentano i recinti per il bestiame (fino a 5 chilometri di filo). Così eviteremo il molesto lavoro di prendere e riportare le batterie per ricaricarle, ma può anche soddisfare le austere necessità di illuminazione di una casa di campagna.

Questo aerogeneratore somministra un'energia equivalente a quella erogata da un pannello fotovoltaico dai 10 ai 15 w, con un costo infinitamente inferiore e una dipendenza nulla dalle multinazionali.

Per costruire un mini generatore utilizzeremo una forcella anteriore di bicicletta, con la ruota inclusa. La ruota deve essere ben centrata. Fra i raggi collocheremo nove lamine che la trasformino in un'elica multipala. Una piccola banderuola servirà per orientare il congegno fronte al vento.

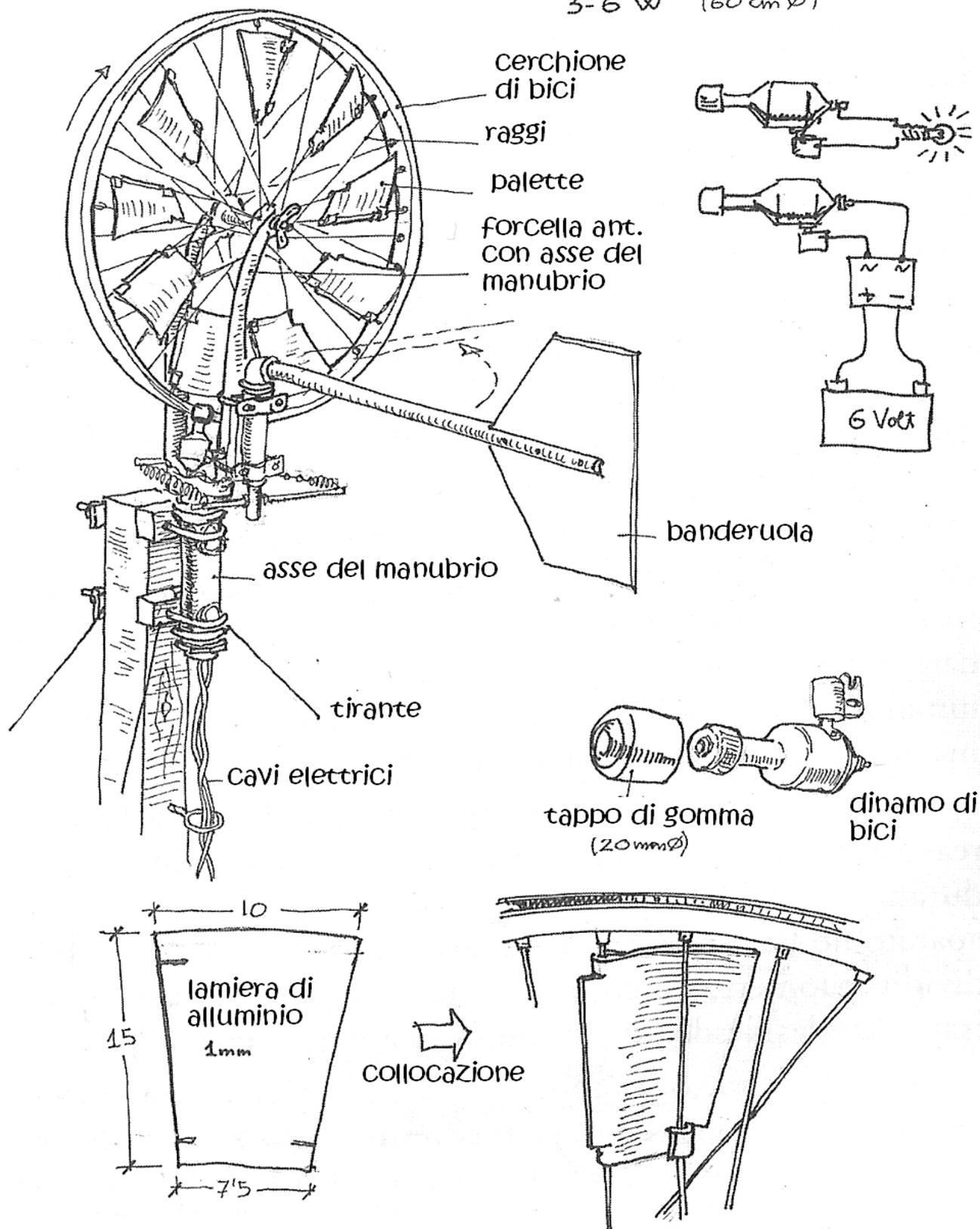
La banderuola non deve essere rigida e permetterà il disorientamento per asse dislocato (vedi "regolazione"), quando il vento superi i 40 Km/h.

Il generatore è una dinamo di bici (in realtà si tratta di un generatore a magneti permanenti).

Sulla rotellina della dinamo aggiungeremo un tappo di gomma di 20 mm Ø, di quelli utilizzati

MINI GENERATORE

3-6 W (60 cm Ø)



per le gambe delle sedie in ferro. Questo tappo striscerà sul copertone e bisognerà cambiarlo nel

caso si consumi. Possiamo aumentare il rendimento della dinamo accoppiando alla suoi poli un condensatore apolare da 10 microfaraday. La discesa dei cavi passa per il cavo della forcella e la corrente si rettifica mediante un ponte di diodi per caricare batterie da 6 V. Il generatore può essere montato su un tubo metallico o un semplice palo alto minimo 6 metri.

Multipala Magnete

Mulino ideale per case da fine settimana e per case abitate di continuo con un consumo austero (solo illuminazione). La produzione del mulino può variare dai 5 ai 10 Kw. al mese.

E' un modello molto compatto, forte ed esente da manutenzione, specialmente indicato per essere lasciato a caricare per lunghi periodi.

La sua costruzione si basa sull'utilizzo di una scatola di cambio della *Vespa* munita di mozzo e generatore. La potenza dell'accrocchio varia tra i 30 e i 60 w con venti di 7 m/s (25 Km/h). L'inizio-carica si produce già con venti intorno ai 3 m/s, per cui continuerà a caricare per varie migliaia di ore l'anno. Grazie alla sua bassa potenza nominale, il caricamento delle batterie avviene in condizioni ineguagliabili e non necessita di alcun regolatore di carica.

Anche il magnete è un alternatore a magneti permanenti senza spazzole. per cui, senza manutenzione. Le bobine dell'alternatore devono essere collegate in serie e in fase ("vedere magnete di moto" in "generatori").

La scatola del cambio con la prima innestata ci offre la massima moltiplicazione dei giri, a seconda del modello di vespa da cui avremo ricavato il cambio, la massima moltiplicazione è fra 14 e 22..

Quando vorremo ricavarlo ci sarà bisogno di togliere il cilindro, il pistone e la biella per lasciare il generatore libero. Nel buco lasciato dal motore metteremo un tappo di gomma per non farvi entrare l'umidità. In questa, come in tutte le altre scatole di cambio che potremo utilizzare, verseremo dell'olio poco viscoso SAE 10, al fine di lubrificare perfettamente tutto.

L'asse del generatore è eccentrico e sarà scompensato e, girando, vibrerà molto. Dobbiamo equilibrare questa eccentricità aggiungendo un peso sul lato del generatore più sbilanciato. Per questo, basta fare un buco nel generatore ficcarci una vite e aggiungere rondelle o pezzetti di piombo fino ad equilibrarlo. Per questa operazione bisogna utilizzare le bobine del generatore.

La migliore soluzione resta comunque quella di realizzare, mediante un amico tornitore, un asse nuovo. Sistemato l'asse, procederemo a motare il gruppo sopra un mozzo di R4 in modo da permettere alla macchina di orientarsi ai quattro venti.

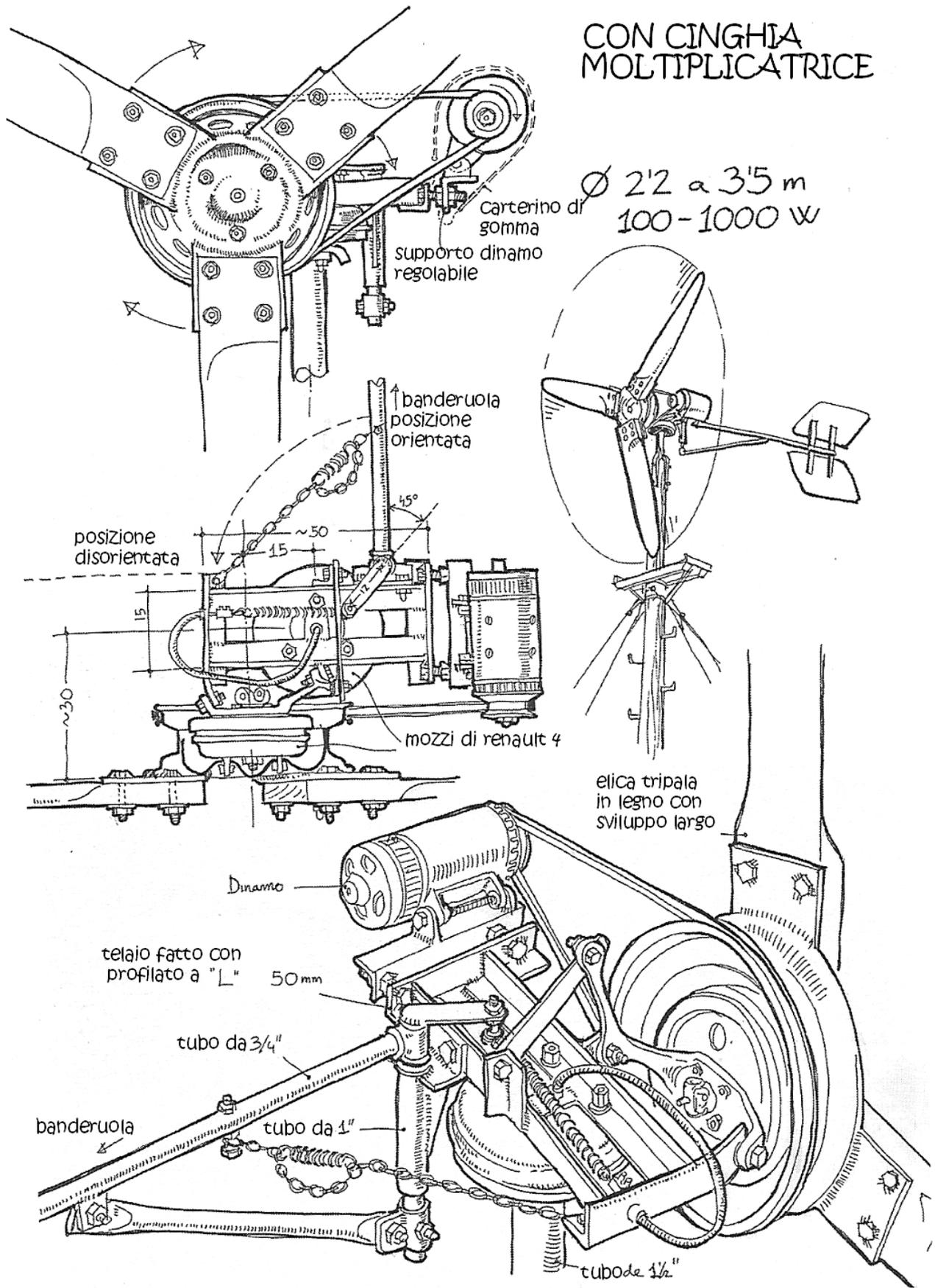
L'elica è una multipala con piccolo angolo di incidenza (rapida) da 1,6 a 1,8 m Ø (v. "elica multipala") e dovrebbe raggiungere i 150 rpm con venti da 7 m/s. La regolazione si fa col vecchio sistema automatico dell'asse dislocato (v."regolazione")

La banderuola non deve essere rigida, ma articolata e bensì ammortizzata. Il mulino deve cominciare a girarsi con venti superiori ai 30-35 Km/h. La discesa della corrente si realizza attraverso il foro centrale del mozzo della R4 e i cavi possono arrotolarsi e srotolarsi lungo tutta l'altezza del palo. Se ci accorgiamo che i fili sono troppo arrotolati su loro stessi, li stacciamo, li srotoliamo e torniamo ad attaccarli. Chi vuole, può sempre realizzare la discesa col sistema delle spazzole.

Tutta la manutenzione di cui necessita il mulino, consiste ne cambiare l'olio una volta all'anno (SAE 10-20)

AEROGENERATORE

CON CINGHIA MoltiplicATRICE



Aerogeneratore

Elica aerodinamica ad inclinazione fissa; da 2 a 4 m \varnothing con moltiplicatore.

Nel caso fossimo decisi ad utilizzare l'elica aerodinamica questo è il modello pi facile da costruire. La sua produzione potrà largamente soddisfare il fabbisogno normale di una casa. E' una macchina abbastanza silenziosa ed efficace.

Bisogna innanzitutto tenere ben presenti le caratteristiche dell'elica aerodinamica perchè condizionerà la costruzione dell'accrocchio.

- ◆ L'elica aerodinamica ha una bassa coppia di partenza, per cui è bene evitare gli avvii lenti.
- ◆ L'elica aerodinamica può produrre un fuori-giri con funeste conseguenze, deve sempre avere un sistema di disorientamento automatico che ne limiti la velocità di giro.
- ◆ L'elica aerodinamica deve essere perfettamente centrata ed equilibrata in modo che non produca vibrazioni distruttrici.

Utilizzeremo due mozzi anteriori di R4, uno come asse dell'elica, e uno come asse verticale sul quale pivota l'intero mulino. Utilizzeremo come asse dell'elica il mozzo con i cuscinetti in miglior stato. Bisogna tener presente che quest'asse ha bisogno di un perno che passi attraverso il buco centrale del medesimo e vada a bloccare le sue due facce, per evitare che se ne esca l'asse con tutta l'elica... Per questo serve pezzo scanalato da ricavare dall'albero motore per infilarlo nel buco centrale.

L'altro mozzo sarà l'asse verticale, supporto del mulino e lo apparecchieremo per far scendere la corrente generata secondo le istruzioni date in "discesa di corrente".

L'elica verrà fabbricata così come indicato in "elica aerodinamica". Per qiasi tutti i modelli sarà bene disegnare e costruire un tripala a pale abbastanza larghe, per favorire una coppia maggiore d'avvio, mentre, nei modelli pi grandi ,oltre i 3 m \varnothing si potrà realizzare delle pale pi strette.

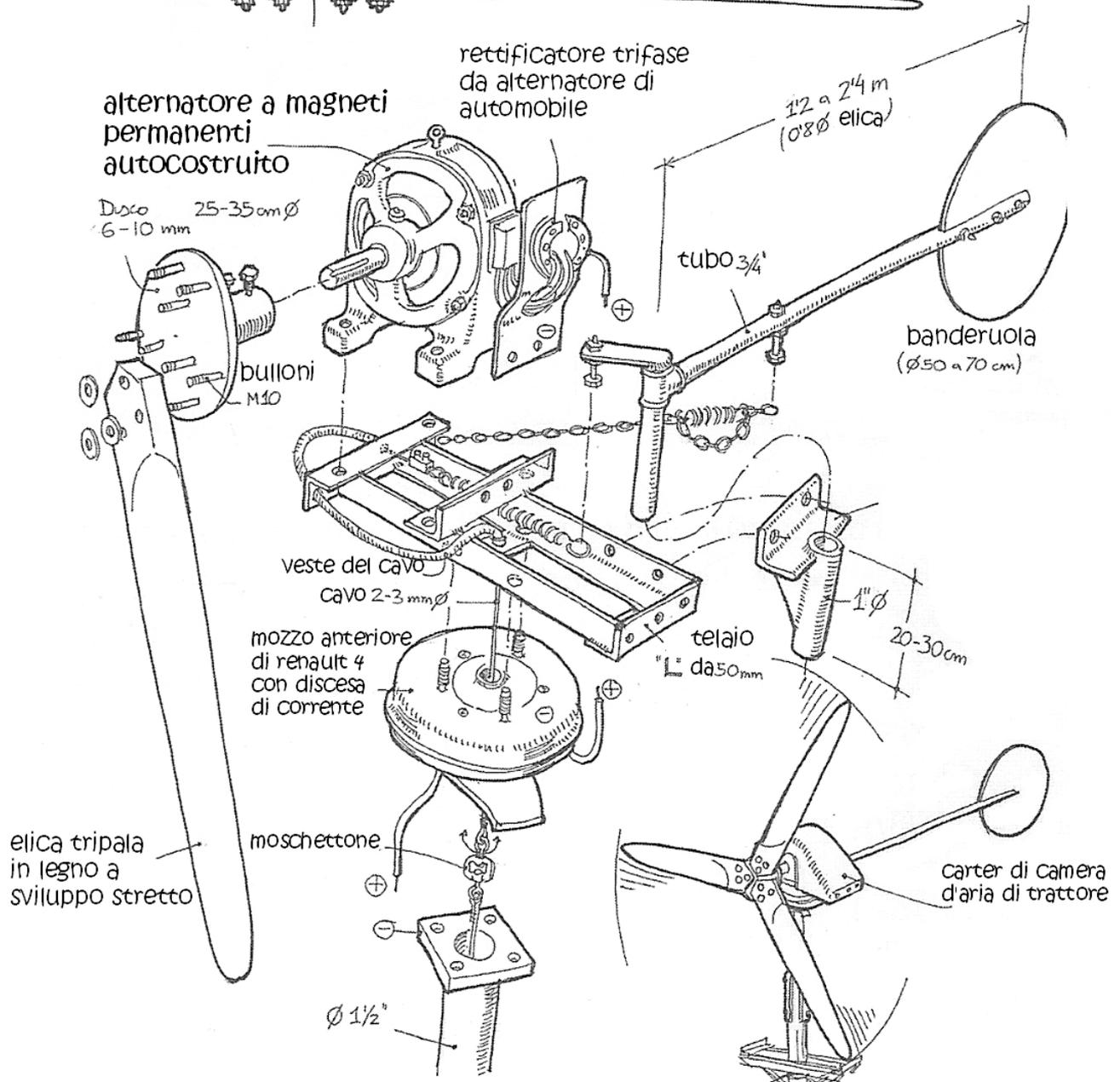
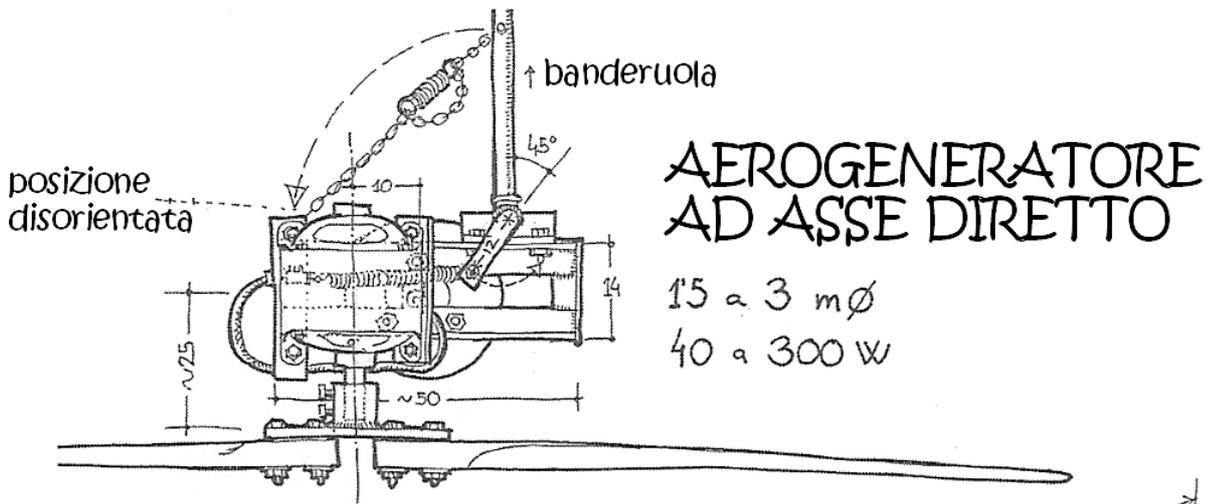
Nelle maggior parte dei casi basterà utilizzare il tamburo del freno a mò di puleggia grande, onde moltiplicare i giri del generatore. Se abbiamo bisogno di ulteriore moltiplicazione (v. "calcolo di moltiplicazione") applicheremo al generatore una puleggia pi piccola, o, meglio, applicheremo una puleggia maggiore sull'asse dell'elica. Alla bisogna possiamo servirci delle pulegge annesse ai cestelli delle lavatrici...

Dovremo comunque utilizzare una cinghia trapezoidale, del modello pi stretto, tesata al minimo, per evitare slittamenti e favorire la partenza. Le cinghie trapezoidali dentate aderiscono ancora meglio.

Il generatore può essere uno convenzionale, anche se sarebbe meglio procurarsene uno molto lento (dinamo di camion) perchè la sua vita sia pi lunga e le pulegge non realizzino una moltiplicazione eccessiva.

Se ci interessa un impianto da 125 o da 220 V dobbiamo utilizzare alternatori asincroni (v. "generatori")

La banderuola sarà articolata per poter orientare manualmente il mulino e permettere il disorientamento automatico per asse dislocato. Il cavo di disorientamento passa per il foro centrale del mozzo di supporto. L'asse dell'elica deve essere dislocato dai 5 ai 7 cm dal centro dell'asse su cui pivota, così che il disorientamento automatico comincerà con venti dai 35-40 Km/h. Per questo è importante calibrare la tensione della molla o la sua posizione sulla barra della banderuola. Quest'ultima, lo si ricordi deve avere un'area pari al 2-4% dell'area esplorata dall'elica...



Asse diretto

Quando si desidera possedere una macchina dalla manutenzione quasi nulla a fronte di buone prestazioni, priva di avarie, bisogna eliminare tutto ciò che può essere fonte di avaria o richieda manutenzione. Eliminando la moltiplicazione, abbiamo eliminato un problema. Senza dubbio ciò ha, come contropartita, il fatto che dovremo cercare dei generatori molto molto lenti, che comincino a caricare già a 150-200 rpm e che raggiungano la loro potenza nominale a 400-600 rpm.

Sono generatori molto lenti, pesanti, voluminosi e duraturi, sono le vecchie dinamo degli aerogeneratori del principio del secolo XX, sono ottime, ma portano delle spazzole che richiedono una certa manutenzione.

Per eliminare il problema delle spazzole, i migliori sono i generatori a magneti permanenti, costruiti a partire da motori trifase a induzione (v. "generatori a magneti permanenti").

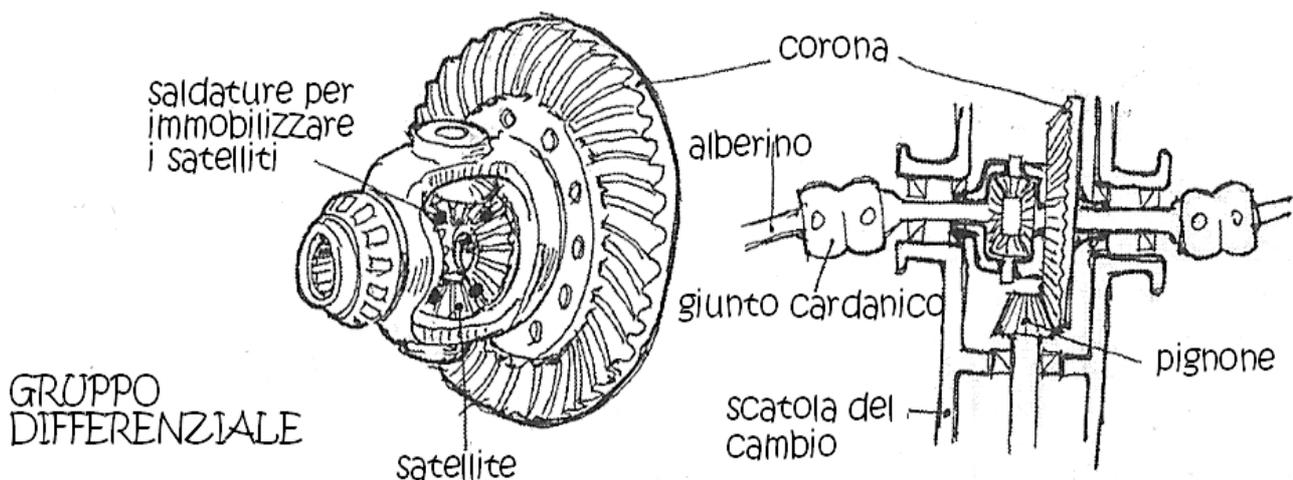
La regolazione della velocità pi semplice resta quella per asse dislocato, alla quale si accoppia quella manuale, col cavo d'acciaio, per fermarlo a volontà.

Tutto questo, se viene unito ad un'elica aerodinamica costruita con attenzione e ben equilibrata ed ad un buon sistema di discesa della corrente ci regalerà un mulino che ci durerà per tutta la vita, con una piccolissima manutenzione. La potenza dipenderà dal generatore utilizzato e dal diametro dell'elica, ma non è facile superare i 3 m \varnothing , giacchè l'elica sarà pi lenta e non permetterà che il generatore cominci a caricare già a 8 - 12 Km/h come devono funzionare i buoni mulini.

Multipala con scatola di cambio.

Elica da 1,8 a 3,5 m \varnothing 100 a 400 w a 7 m/s

E', questo, un mulino che per le sue caratteristiche è molto indicato per la produzione di energia elettrica per la casa. Sicuramente è il congegno pi affidabile che possiamo costruirci e che meno problemi è destinato a dare, tanto nella fase di costruzione, quanto in quella di manutenzione.



E' relativamente silenzioso ed ha un'immagine molto bella. Siccome l'elica multipala è lenta (50-100 rpm) avremo bisogno di moltiplicare abbastanza i giri per generare. Questo problema si risolve utilizzando una scatola del cambi di automobile. Si utilizzano tutte quelle delle auto che portano raggruppato il motore con la trasmissione: FIAT 600 e 850, Renault 4, 6, 8, Citroen 2CV, Dyane, Simca 900...

Per raggiungere la moltiplicazione massima dobbiamo immobilizzare i satelliti del differenziale in modo che la corona giri solidale all'albero motore, per farlo, occorre mettere due punti di saldatura fra i satelliti e il planetario.

Per realizzare quest'operazione suole essere necessario smontare parte della scatola. Ciò può sembrare difficile, ma basta smontare i pezzi con ordine e attenzione, perchè alla fine non ne avanzi nessuno.

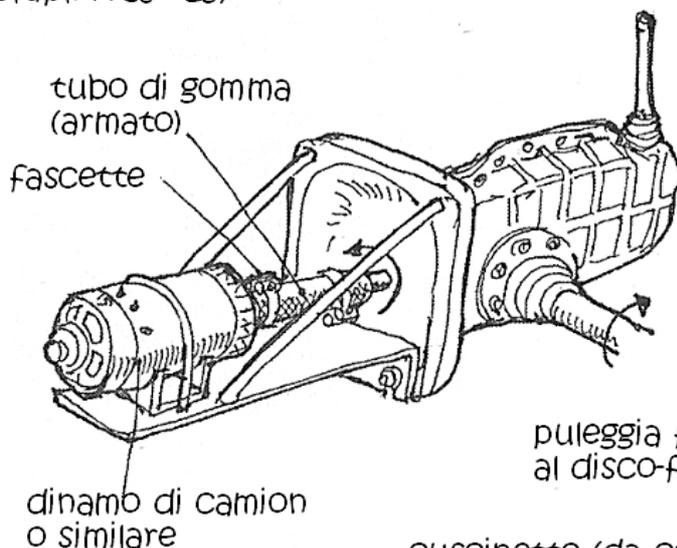
Una Scatola di cambio non è nè molto grande nè molto pesante e ci durerà tutta una vita, giacchè è stata realizzata per trasmettere 20 Kw o pi e noi difficilmente supereremo potenze di 1-3 Kw, per cui girerà praticamente "a vuoto"

Avendo innestato la prima marcia la scatola ci fornirà una moltiplicazione da 16 a 25, a seconda del modello, una moltiplicazione pi che sufficiente per la maggior parte delle dinamo lente (camion, trattore) La dinamo viene accoppiata direttamente dove andava montata la frizione.

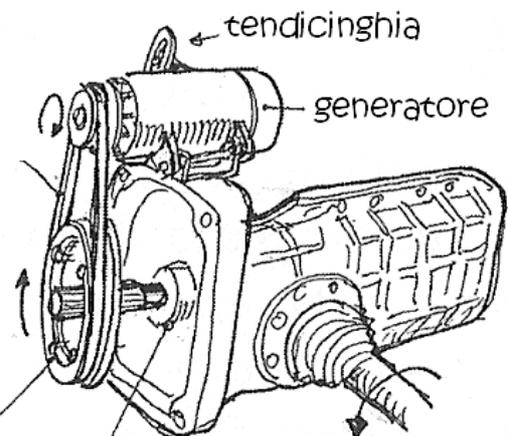
Se la moltiplicazione si presentasse insufficiente possiamo sempre ampliarla mediante l'applicazione di una puleggia, così come mostrato nel disegno

ACCOPPIAMENTO DIRETTO

(moltip. x 16 - 25)



dinamo di camion
o similare



puleggia fissata
al disco-frizione

cuscinetto (da collocare
se la scatola ne è sprovvista)

ACCOPPIAMENTO
CON CINGHIA
(moltip. x 30 - 60)

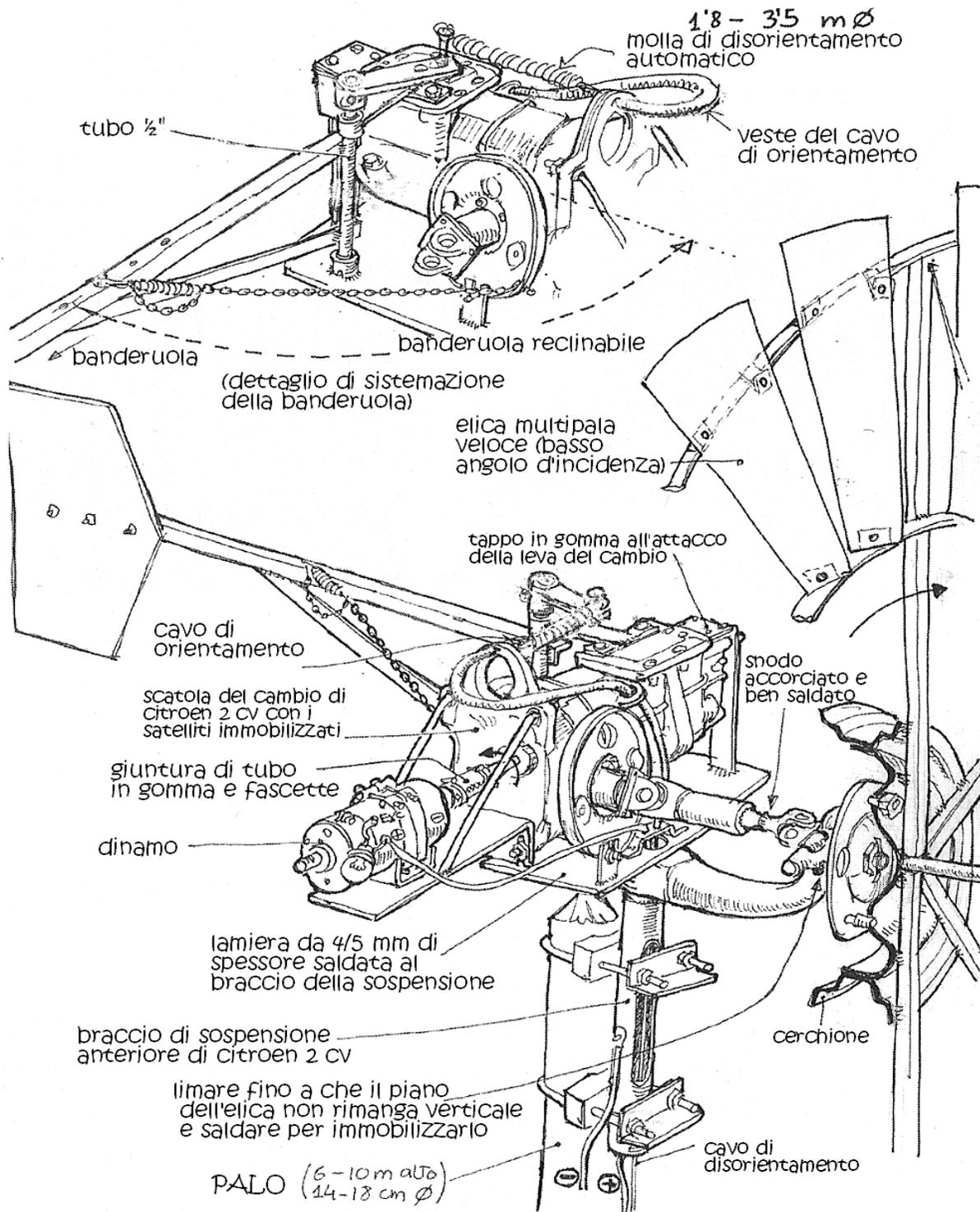
Fisseremo l'elica sul cerchione della ruota della stessa auto. Per questo, dallo sfasciacarroze prenderemo sia la scatola del cambio, sia l'albero motore che il semiasse completo di mozzo e ruota. In questo modo avremo a disposizione tutte le articolazioni (giunto cardanico e omocinetiche) che ci permettono di correggere anche eventuali errori di allineamento. Bisogna fare attenzione a disporre la scatola del cambio in maniera tale da poter effettuare la corretta lubrificazione di tutti i pezzi. E' chiaro che useremo un olio leggero SAE 10 - 20 avendo cura di lasciare libero accesso ai fori per il cambio dell'olio, effettuandolo almeno ogni 2 anni.

Costruiremo l'elica multipala con fattore di punta u/v compreso fra 1,5 e 2, così come spiegato nel paragrafo dedicato all'elica multipala. Pertanto l'angolo di incidenza delle pale deve essere piccolo (15° circa) perchè l'elica giri il pi veloce possibile. Calcoleremo il diametro mediante l'apposita tabella, ma comunque non è consigliabile che superi i 3,5 m Ø.

Il mulino sarà dotato di sistema di disorientamento automatico con asse dislocato, ponendo l'asse su cui gira il mulino spostato di 6 - 10 centimetri rispetto all'asse sul quale pivota il mulino stesso, e sarà dotato altresì di sistema di disorientamento manuale, così come descritto nel paragrafo relativo ("Regolazione"). Appresso sono riportati due disegni, uno che illustra il progetto

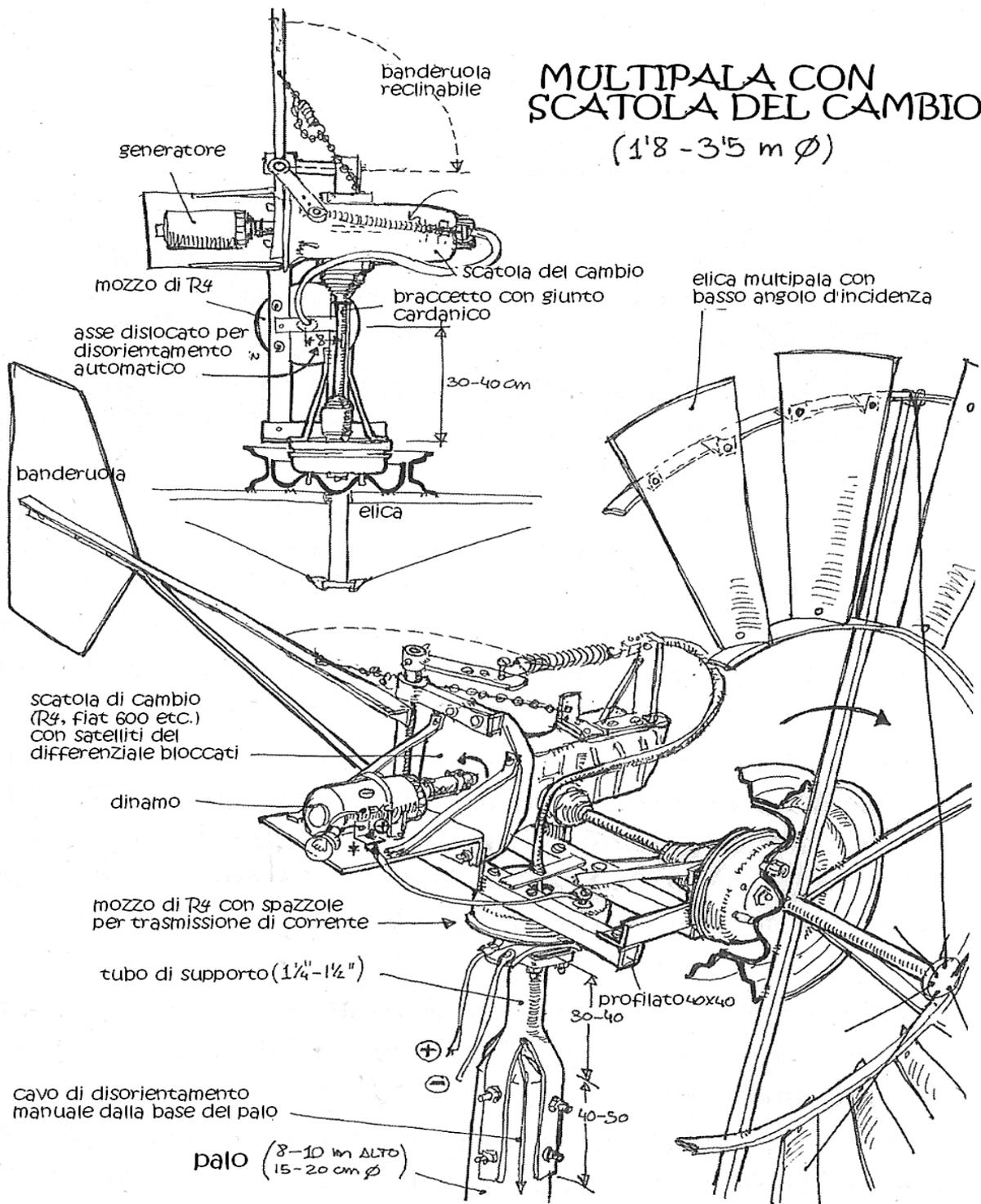
realizzato mediante l'uso di pezzi ricavati dalla Citroen 2CV, l'altro si riferisce ad un mulino ricavato utilizzando una scatola di cambio qualsiasi.

MULTIPALA - SCATOLA DEL CAMBIO - 2 CV



Primo disegno

Si tratta di utilizzare tutto ciò che di utile ci fornisce la Citroen 2 CV: il braccio di sospensione anteriore con la ruota completa di cerchione, il giunto cardanico, e la scatola del cambio. E' un disegno buono e semplice. Bisogna smontare i tamburi frenanti dalla scatola del cambio ed immobilizzare i satelliti. Poi bisogna accorciare il braccio del giunto di 15-20 cm tagliandolo e tornando a saldarlo. Si toglie il meccanismo di direzione del braccio di sospensione e si smerigliano le sporgenze dell'asse sul quale pivota il mozzo della ruota, per far sì che la futura elica giri in un piano verticale. Il disorientamento ad asse dislocato viene fuori per costruzione. Il disegno chiarisce il montaggio finale del complesso.



In questo caso ci si serve di una scatola di cambio qualsiasi fra quelle già raccomandate. Si tratta semplicemente di collocarla insieme alla sua ruota, mozzo e semiassi, sul mozzo anteriore di Renault 4 con discesa di corrente tramite cappuccio o ghiera, come riportato nel paragrafo relativo alla "Discesa di Corrente"

Aeromotore

Mulino ideale per comunità che hanno bisogno di forza motrice, elettricità e incluso riscaldamento.

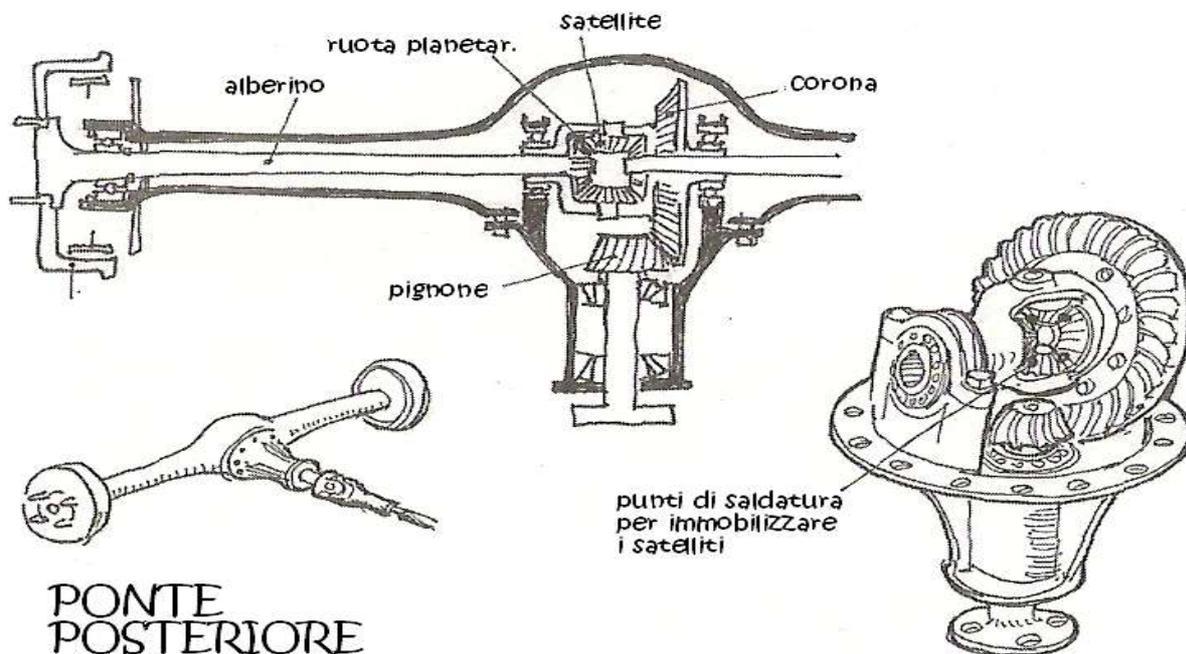
Vi sono occasioni in cui risulta molto interessante disporre di una presa di forza per segare, molire etc

Quando pensiamo a potenze poco forti (da 2 a 10 Kw) per macchine (seghe, piallatrici, torni, fresatrici trapani...) dobbiamo scartare l'ipotesi di generare corrente per immagazzinarla in enormi batterie ed usarla in seguito per muovere le macchine perchè è un'ipotesi rovinosa. Queste macchine, a meno di non sostituirci il motore, funzionano a corrente trifase. E' molto difficile e caro trovare dei convertitori che trasformino la corrente continua della batteria in corrente trifase alternata con una potenza tale da muovere i motori.

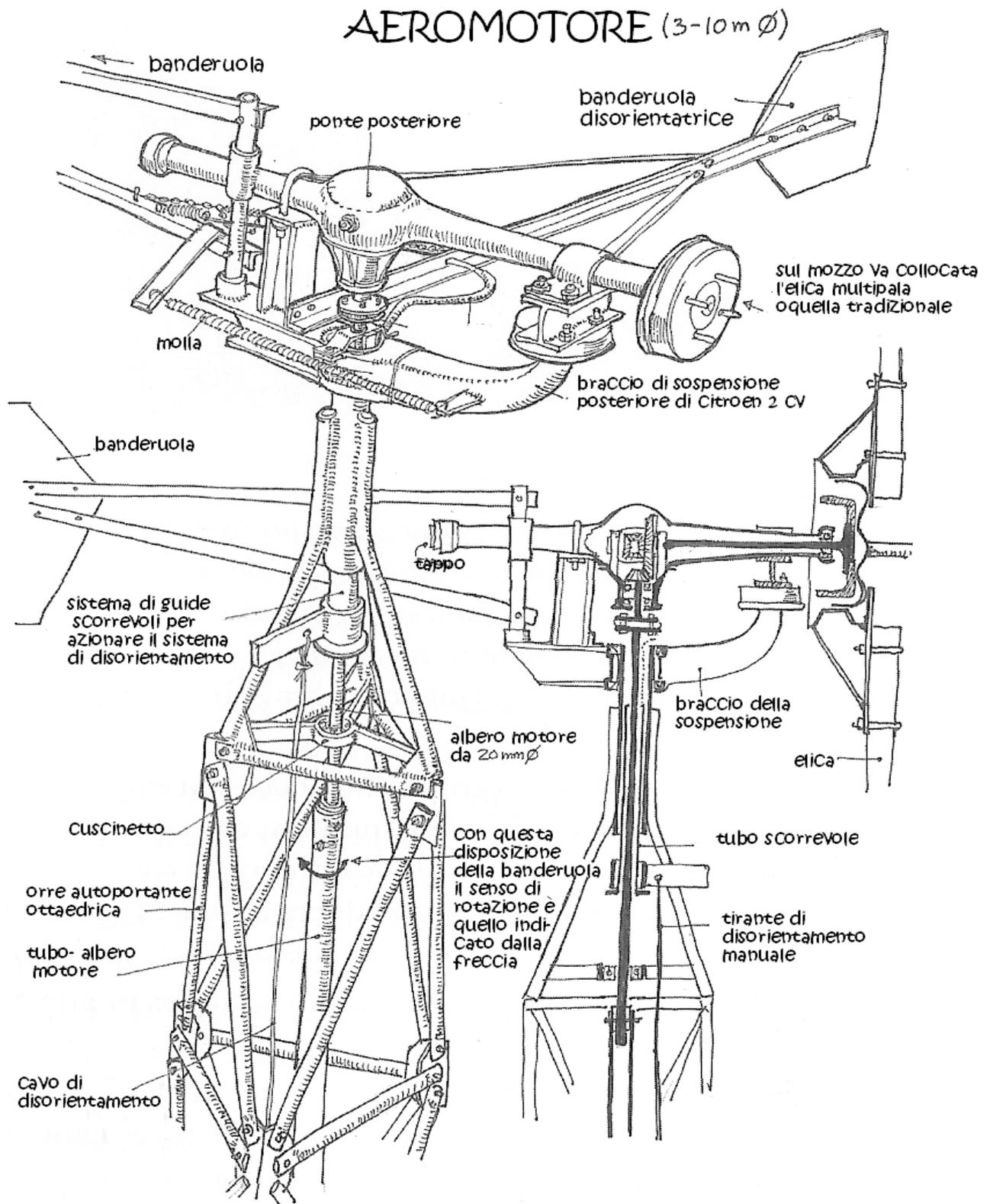
E' molto più facile, pratico ed economico utilizzare DIRETTAMENTE la forza del vento, senza mediazioni nè perdite. In un anno vi sono molte ore di vento profittevole e non dovrebbe essere molto difficile organizzare i lavori d'accordo con i venti della zona, come facevano i mugnai.

L'istallazione può assomigliare alle vecchie officine con le macchine mosse da cinghie collegate ad un solo albero motore che arriva al mulino.

Per



questo tipo di applicazione ci serve un albero di trasmissione verticale che ci trasmetta la forza generata dal mulino e questo risultato si consegue impiegando dei ponti posteriori di automobile. Il ponte posteriore è il sistema di propulsione tradizionale della maggior parte delle vecchie auto, ma anche di qualche modello attuale. Viene pure utilizzato da quasi tutti i furgoni e camioncini. E' molto robusto e possiede al suo interno ingranaggi conici elicoidali molto silenziosi che permettono una moltiplicazione dei giri dell'elica per 4 o 5.



Il ponte posteriore possiede un gruppo differenziale con ingranaggi, satelliti e planetari che dobbiamo immobilizzare con alcuni punti di saldatura fra gli ingranaggi (Attenti a non rendere

inutilizzabile nè la corona nè il pignone!). Per poter estrarre il gruppo differenziale del ponte è necessario smontare gli alberi delle ruote. In questo modo il semiasse girerà solidale alla corona, moltiplicando al massimo i giri.

In generale è chiaro che smonteremo il semiasse che non utilizziamo, per evitare problemi di ruggine o perdita di olio, chiuderemo il buco lasciato dal semiasse con un tappo di gomma.

Con il ponte posteriore così preparato già disponiamo di buona parte del mulino. Sulla ruota rimasta attaccata al semiasse montiamo l'elica e l'uscita cardanica del ponte, servirà a mandare la forza motrice verso il basso.

I ponti convenzionali di automobili vecchie ci serviranno per diametri di eliche fino a 4 metri. Per diametri maggiori (fino a 6-8 m Ø) è necessario usare il ponte di piccoli camion. Il modo più semplice di supportare questi ponti è di montarli sul braccio di sospensione di 2 CV.

L'albero motore verticale sarà accoppiato al giunto cardanico del ponte in modo che passi esattamente al centro del buco del braccio delle sospensioni.

L'elica può essere multipala con un angolo di incidenza medio (vedi "eliche a pale vuote o di tela) ovvero può essere del tipo montato sugli autentici mulini a vento, a quattro bracci (v. "elica tradizionale"). Le eliche aerodinamiche non sono indicate perchè potrebbero uscire dal regime aerodinamico e fermarsi se chiediamo loro troppo. Invece le due eliche citate, quanto più vengono frenate, tanto più mettono a frutto la loro potenza, realizzando tutti i lavori in modo soddisfacente.

L'elica multipala è adeguata all'uso se non supera i 4 m Ø, ma per diametri maggiori, sarebbe meglio usare l'elica tradizionale. Quando trasmettiamo la forza motrice ricavata dal mulino attraverso l'albero motore che scende in verticale, l'elica tende a girarsi, disorientando il mulino. Per questo motivo bisogna collocare una banderuola ben grande che contrasti questa tendenza e mantenga l'elica ben orientata verso il vento.

L'area della banderuola dovrà corrispondere al 6-10 % dell'area esplorata dall'elica e situata ad una distanza approssimativamente uguale a quella del diametro dell'elica stessa. Poi bisognerà avere cura di montarla su un'articolazione per permettere il disorientamento manuale, tramite cavo, e automatico mediante banderuola laterale (v. "sistemi di regolazione").

L'intera macchina viene montata su un grosso trave o un palo di cemento, ma a condizione che l'elica non superi i 4 m Ø, mentre per diametri maggiori c'è bisogno di un traliccio metallico. E chiaro che è possibile anche costruire una piccola torre circolare in muratura, come quelle dei vecchi mulini.

L'albero di trasmissione verticale dovrà essere assicurato con cuscinetti disposti ad una distanza non maggiore di 2,50 m, in modo da non dare luogo a vibrazioni.

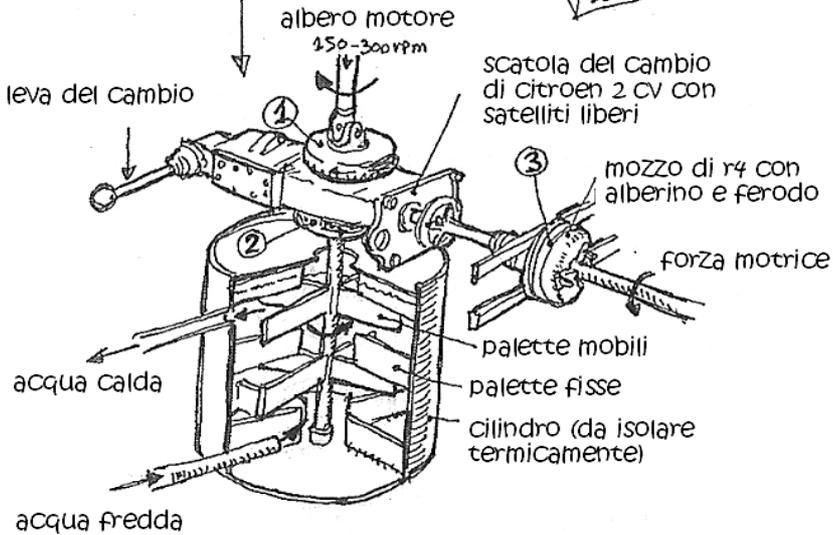
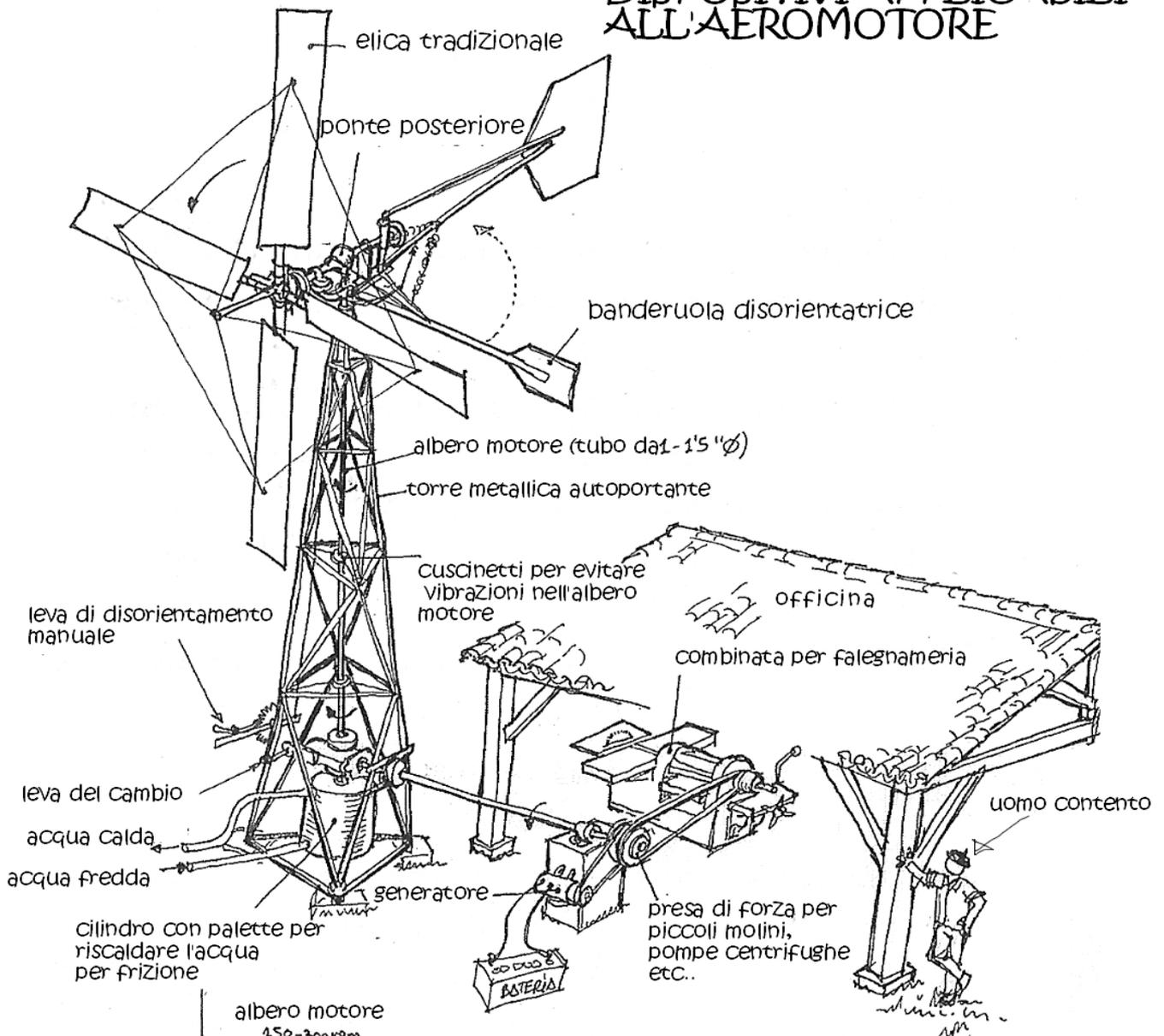
Alla base della torre disporremo i macchinari che dovranno ricevere l'energia cinetica dall'aeromotore. La soluzione più normale può essere quella di accoppiare una scatola di cambio in modo da disporre di una presa di forza con varie velocità, a seconda degli usi e delle necessità.

Così, se abbiamo p. es un mulino di 6 m Ø, che gira a 50 rpm con vento a 30 Km/h, grazie alla moltiplicazione del ponte posteriore (x 5) e quella della scatola del cambio (con satelliti non immobilizzati), possiamo disporre della seguente gamma di velocità:

MARCE	retromarcia	prima	seconda	terza	quarta
RPM	-2000	2000	1000	700	500

Possiamo usare la forza motrice anche per il riscaldamento, collocando sotto alla scatola del cambio un cilindro dotato di palette immerse in acqua, che trasforma l'energia in calore. Per indirizzare l'energia ad un apparecchio piuttosto che ad un altro si deve prevedere la possibilità di disattivare i vari giunti. Se pensiamo che è possibile aggiungere anche una dinamo, ci renderemo conto di come l'aeromotore sia un sistema molto versatile, utile soprattutto alle comunità.

DISPOSITIVI APPLICABILI ALL'AEROMOTORE



- utilizzo del freno
- libero: la forza motrice è distribuita ai diversi apparecchi
 - n°1 fermo si ferma il mulino
 - n°2 fermo forza motrice alle macchine e alla dinamo
 - n°3 fermo forza motrice al cilindro per la produzione di calore

Super generatore

Il modello che proponiamo per questo mulino di grandi dimensioni è basato su prove disparate, compiute negli ultimi anni.

Si tratta di un mulino "spalle al vento" auto orientabile, senza banderuola con un sistema molto curioso che permette di abbattere la torre sia manualmente che in modo automatico, in presenza di venti forti. E' un mulino molto sicuro, facile da montare da terra nella quasi totalità dei pezzi e con un disegno robusto.

L'elica raccomandata è quella a pale di tela, ma possono essere utilizzate anche pale vuote di lamiera, fino ad un diametro di 4 - 5 m. Ø.

Il montaggio è conveniente in presenza di comunità con forte domanda di corrente.

Esistono mulini simili costruiti industrialmente con sistemi di trasmissione idraulici e generatori posti all'interno della torre (impresa: Ades di Zaragoza y Ebro Cantabrica de Energias renovables).

Quello che proponiamo qui è un po' più semplice perchè destinato all'autocostruzione, partendo da pezzi riciclati e assemblaggio casalingo.

In ogni modo, prima di cimentarsi con questa costruzione è bene fare esperienza con modelli più piccoli e semplici (Multipala con scatola di cambio o aeromotore)

L'elica muove un ponte posteriore di un piccolo camion, come l'Aeromotore, ma l'albero motore scende parallelo alla torre reclinabile, fino a giungere alla scatola del cambio che fa da moltiplicatore collegato al generatore vero e proprio (si veda Multipala con scatola di cambio). Bisogna immobilizzare i satelliti del ponte posteriore (si veda aeromotore) mentre il mozzo avanzato viene utilizzato pcome asse di pivotaggio.

Il gruppo generatore è posto vicino al suolo, il che facilita di molto le operazioni di manutenzione ordinaria. Al fine di motare e smontare l'elica, è necessario predisporre un tirante che reclini la torre mediante l'uso una manovella, che può essere attivata anche in previsione di una burrasca.

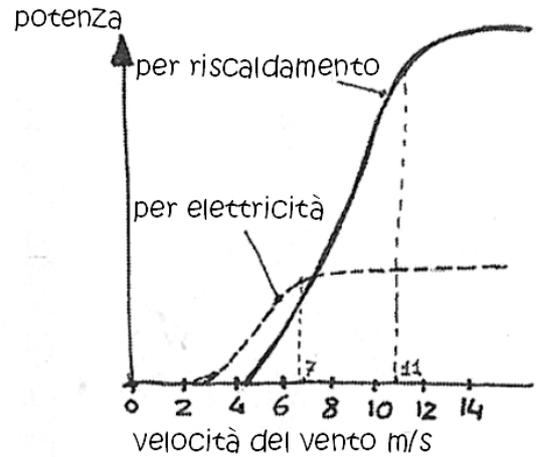
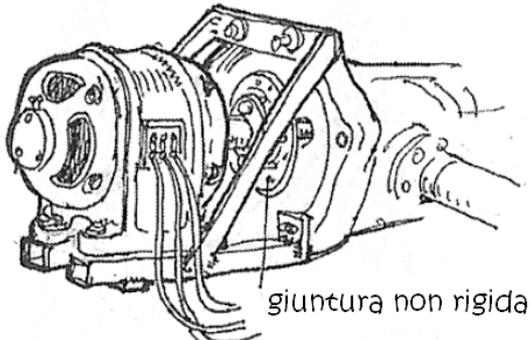
Va da sè che questo tipo di torre necessita di uno slargo che la circonda, privo di ostacoli su cui potersi reclinare.

Il gruppo generatore fa da contrappeso al gruppo elica-ponte posteriore. Onde regolare la velocità di orientamento si possono collocare dei contrappesi vicino al gruppo cambio-generazione, che possono constare di depositi vuoti da riempire di cemento. Le prime prove ci diranno quanto peso aggiungere. Il mulino deve cominciare a reclinare con venti di 9 - 10 m/sec evitando che l'elica vada in fuorigiri anche quando il generatore sia stato disconnesso.

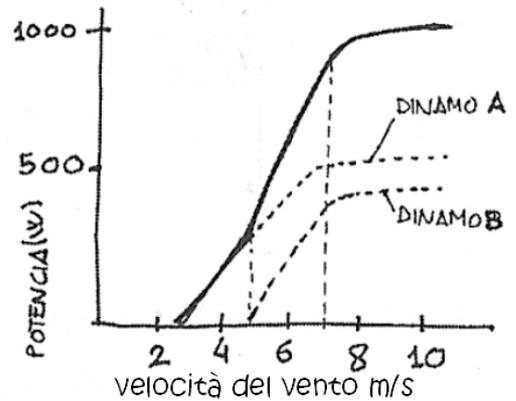
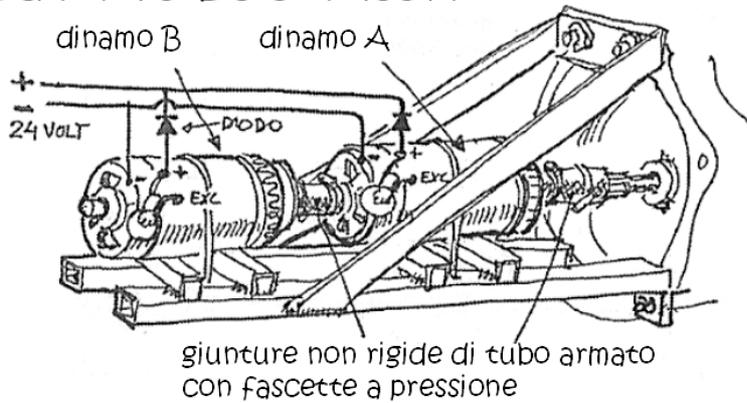
E' molto importante provvedere al montaggio di ammortizzatori che evitino movimenti bruschi ed eccessive sollecitazioni al pilastro fisso. Il fondo corsa dell'inclinazione della torre reclinabile deve risultare elastico.

Possiamo provvedere questo mulino di uno o più generatori, a seconda delle necessità, il tutto è mostrato nei disegni. La soluzione più semplice rimane quella di utilizzare generatori asincroni.

GENERATORE ASINCRONO

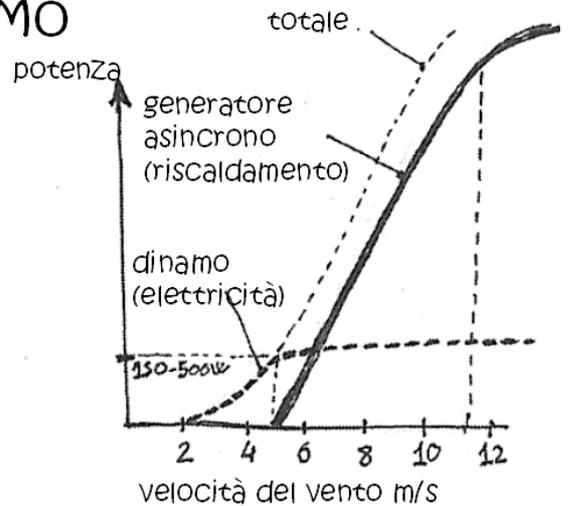
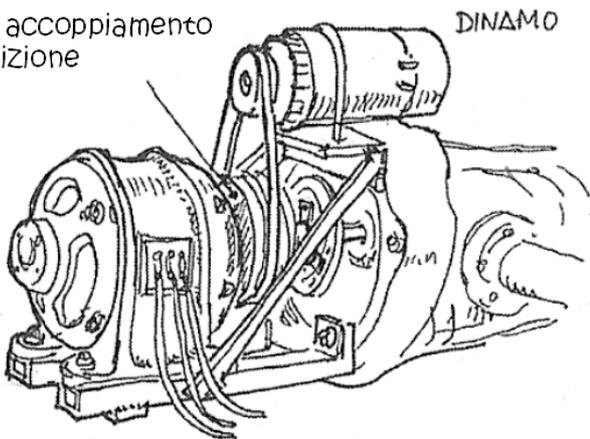


DINAMO DI CAMION

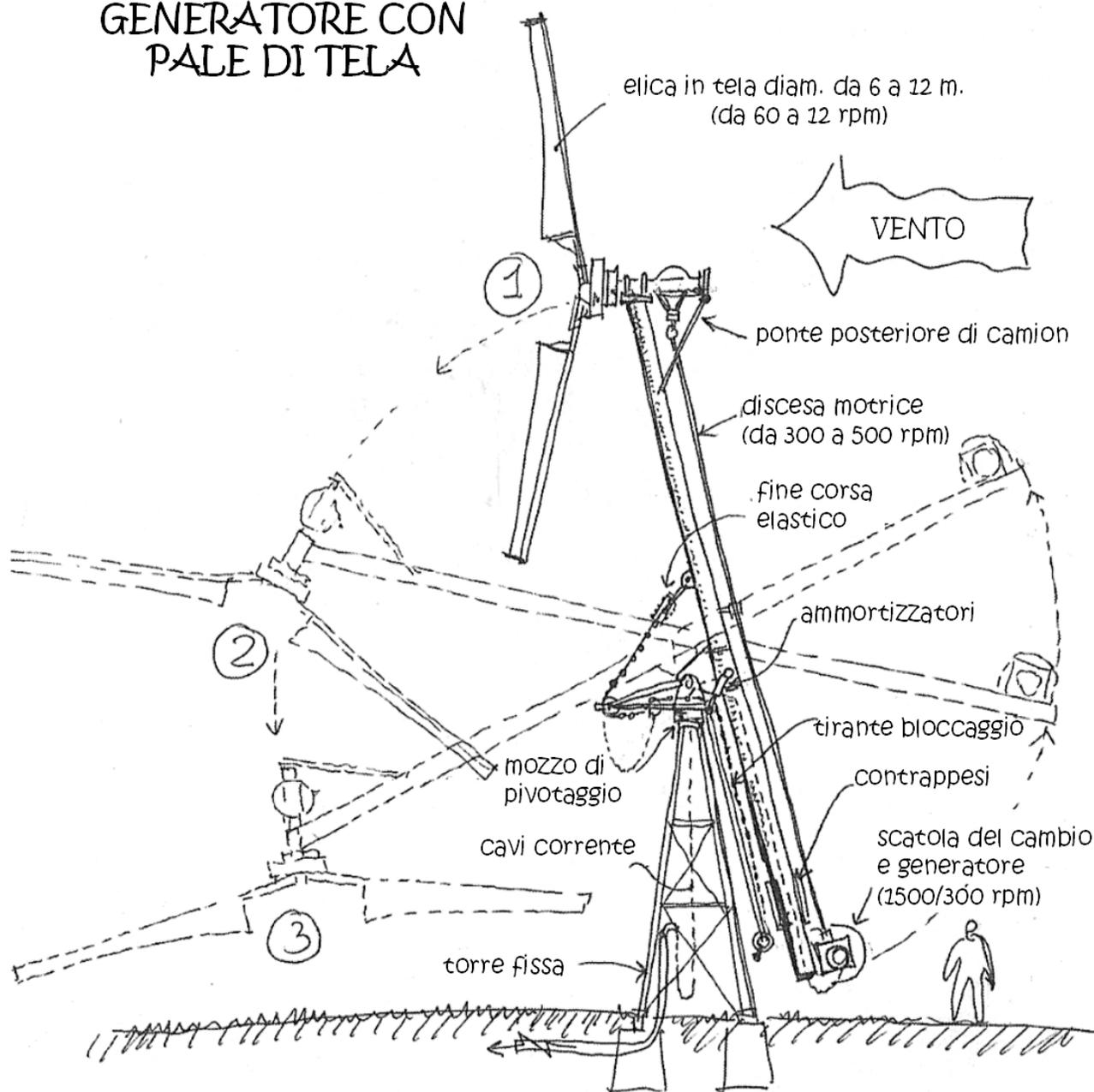


GENERATORE ASINCRONO + DINAMO

puleggia e accoppiamento al disco frizione



FUNZIONAMENTO DEL SUPER GENERATORE CON PALE DI TELA



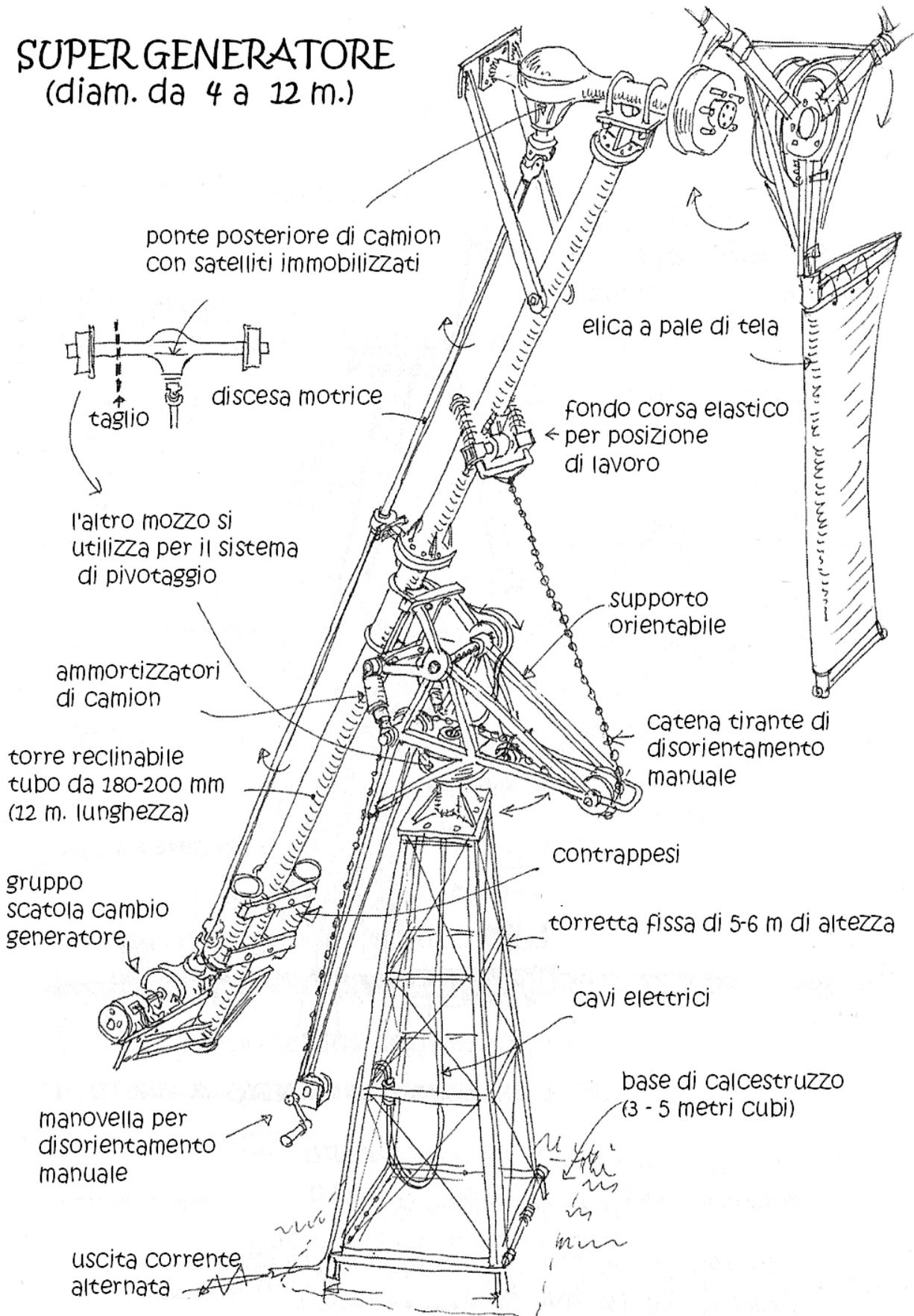
1- posizione di lavoro orientamento automatico spalle al vento

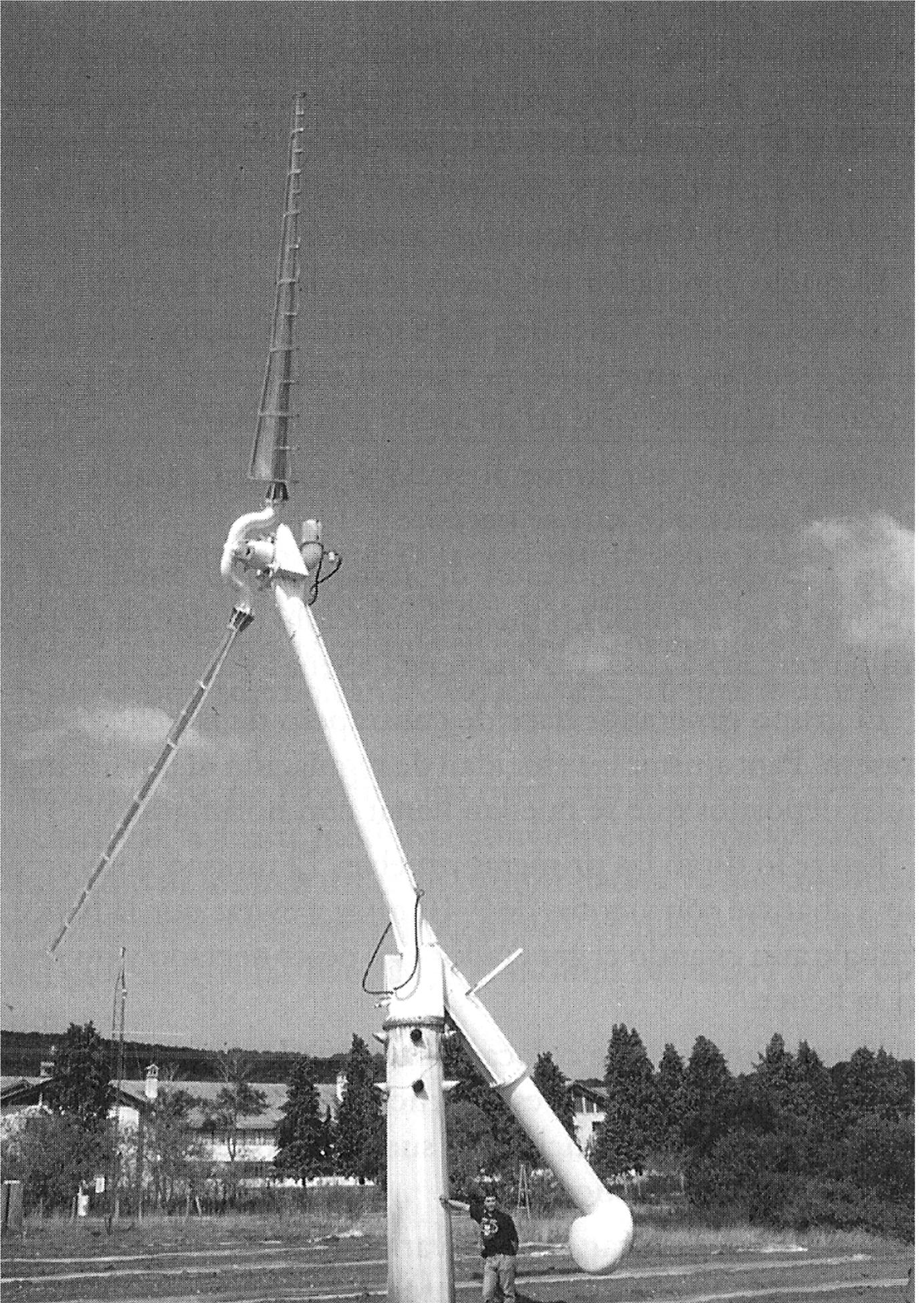
2- posizione di perdita di rendimento con venti forti
(maggiori di 9 - 10 m/s)

3- posizione di montaggio e manutenzione dell'elica o di bloccaggio
in caso di bufera

SUPER GENERATORE

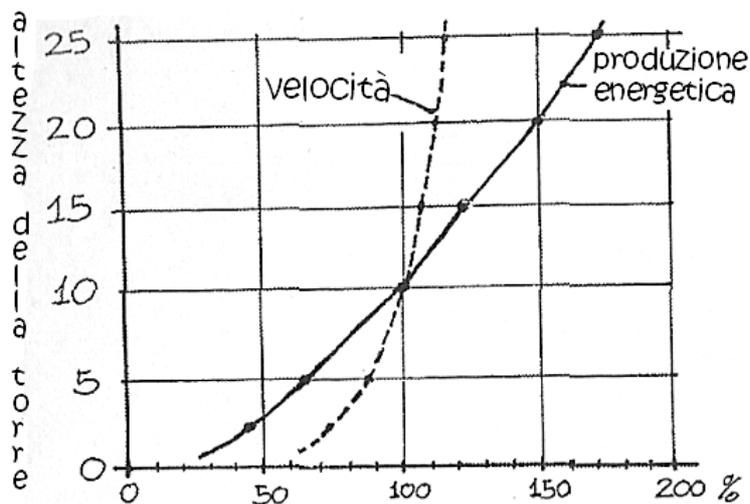
(diam. da 4 a 12 m.)





Torri per mulini

Nelle installazioni eoliche la torre gioca un ruolo decisivo, giacchè dalla sua altezza e dal suo posizionamento dipenderà la produzione energetica del mulino.

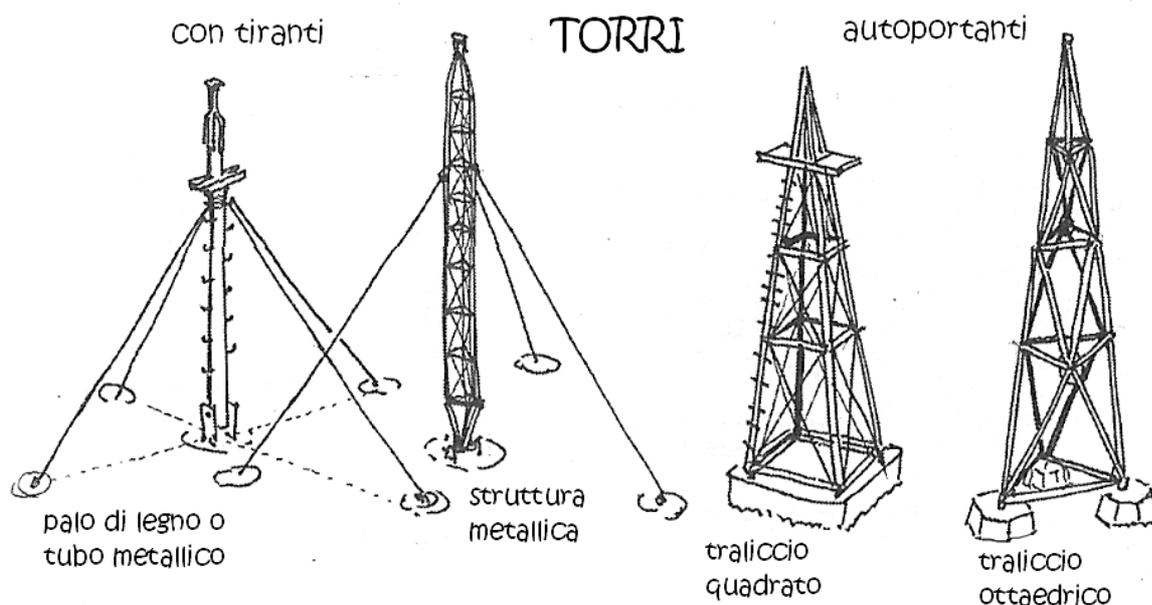


variazione della velocità e dell'energia del vento in funzione dell'altezza della torre in un terreno di media rugosità ($\alpha=0,20$)

$$V = \left(\frac{H}{10}\right)^\alpha \quad H = \text{altezza della torre}$$

La torre deve superare ampiamente tutti gli ostacoli dei dintorni per permettere al mulino di intercettare venti di velocità e direzione costanti. L'altezza più raccomandabile è di 10 - 15 metri e in nessun caso deve essere inferiore ai 7 metri. E' scontato che la torre deve essere in grado di sopportare qualsiasi vento forte senza cedere.

Esistono due tipi fondamentali di torre: quelle con tiranti e le autoportanti. Le prime sono le più economiche e facili da installare e, per questo, sono anche le più diffuse per i piccoli mulini. Le autoportanti sono più costose e vanno usate solo quando non ci sia altro rimedio e non possiamo applicare i tiranti.



Una volta issata la torre, monteremo il mulino, pezzo per pezzo cercando di non perdere viti e bulloni nell'erba. è un lavoro che richiede pazienza. Non bisogna cercare di montare il mulino senza essersi assicurati che ogni pezzo funzioni alla perfezione, perchè le sorprese posteriori al

montaggio costano moltissimo lavoro. Conviene trasportare tutti i pezzi e gli attrezzi in una bisaccia o un secchio legati a una corda. La manutenzione del mulino è un'arte che non si apprende se non dopo essersi arrampicati parecchie volte sulla torre.

POSIZIONAMENTO



Palo telegrafico

È il tipo di palo più semplice ed economico. Serve per mulini fino a 4 m. Ø, ammesso che abbia almeno 15-20 cm. Ø. Questi pali possono essere di diverse altezze, dai 5 ai 12 metri. Vi sono molti pali abbandonati in ottimo stato, ma se non fosse possibile procurarsene uno in questo modo, conviene informarsi presso la società di gestione dei telefoni o dell'elettricità, per trovarne uno nuovo senza spendere molto.

Il fissaggio al suolo si fa in modo che il legno non venga a contatto con il terreno altrimenti marcirebbe. L'aggancio al suolo deve essere piuttosto una cerniera, sulla quale fissare il palo e ruotarlo fino a metterlo in piedi.

I tiranti possono essere di acciaio ricoperto di plastica o di fil di ferro zincato di spessore massimo. Devono essere installati in modo da avere un'inclinazione di 45° o inferiore, in modo che lavorino il più orizzontalmente possibile. Mai, MAI, affidarsi a fil di ferro con diametro inferiore ai 5 mm

Nella tabella seguente si specificano i diametri in rapporto all'elica, come pure il volume di calcestruzzo utile a fissarli al suolo.

Diametro dell'elica (m.)	2	3	4	6	8
Diametro del cavo (mm.)	4	6	8	12	16
Volume di cemento per ogni cavo (m ³)	0,2	0,3	0,7	1	2

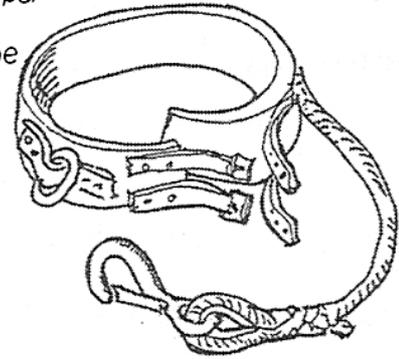
Se c'è qualcosa su cui non bisogna lesinare sono i cavi che mantengono il palo perché devono poter resistere a condizioni meteorologiche estreme. ne abbiamo la possibilità è meglio disporre quattro cavi, in modo da poter scalare il palo in massima sicurezza. I tiranti (in numero di 3 o 4) si fissano al palo alla massima altezza possibile, ma sempre a distanza di sicurezza dall'elica. Nel punto in cui vegono legati al palo è opportuno disporre un battistrada, come appare nel disegno

uomo attento
uomo contento



mulino in posizione disorientata per realizzare la manutenzione

cintura di sicurezza



piattaforma



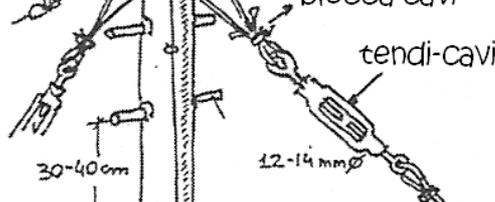
battistrada

fil di ferro zincato

barra filettata (10-12 mm Ø)

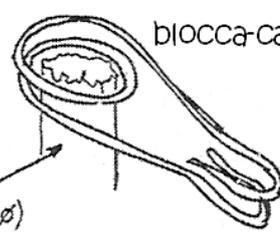
blocca-cavi

tendi-cavi

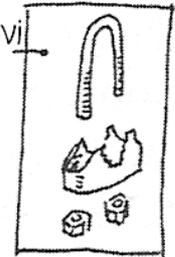


30-40 cm

12-14 mm Ø



blocca-cavi



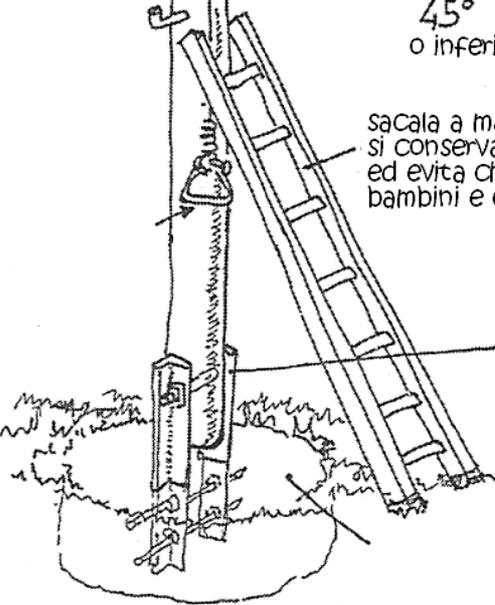
diámetro elica (m)	2	3	4	6	8
diámetro cavo (mm)	4	6	8	12	16
volumé di cemento per cavo (m³)	0'2	0'3	0'7	1	2

tavola 22

45°
o inferiore

CAVO (acciaio plastificato o fil di ferro zincato)

scala a mano che si conserva in casa ed evita che salgano bambini e curiosi

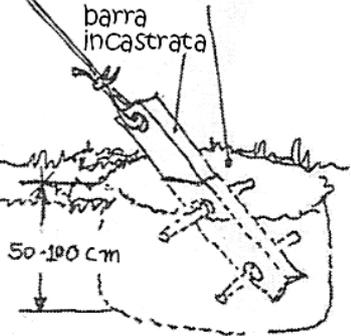


massa di ancoraggio per il cavo (cemento)

barra incastrata

ancoraggio della base con asse a cerniera per issare il palo (barra di 16-20 mm Ø)

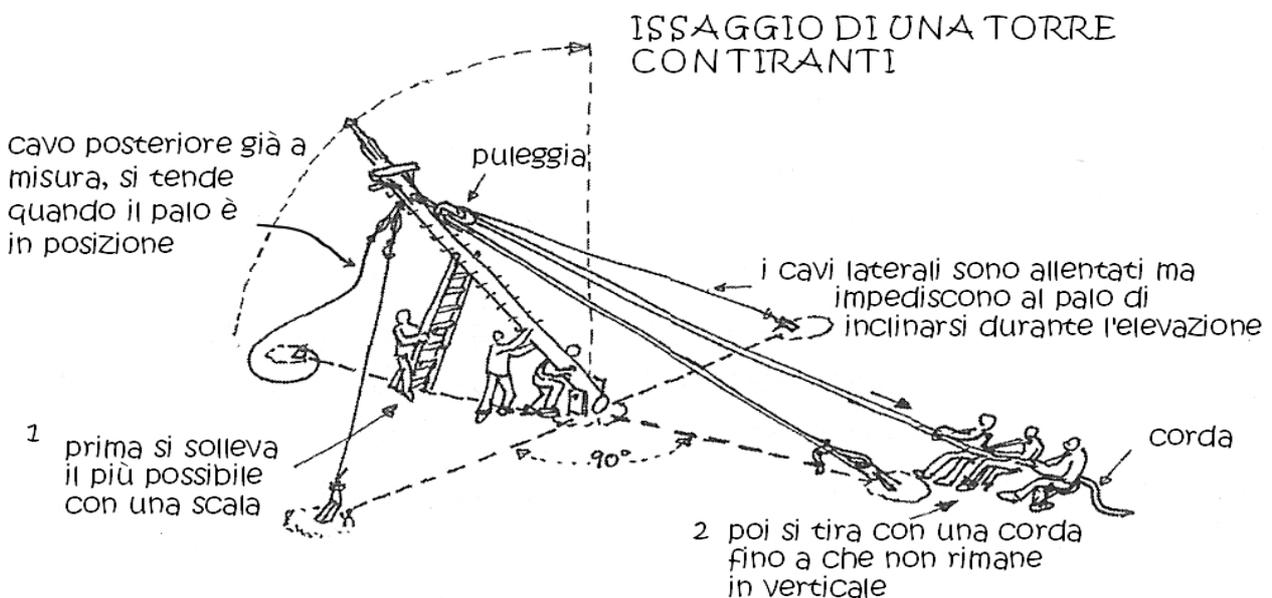
50-100 cm



Per scalare il palo bisogna applicarvi dei pioli, possibilmente di quelli usati dalle compagnie telefoniche, che vengono avvitati direttamente nel palo. Se non ne troviamo, possiamo facilmente costruirceli da soli, l'importante è che il primo piolo non si trovi ad un'altezza inferiore ai m. 2,50, per evitare che in nostra assenza bambini o curiosi possano salire, correndo molto pericolo. Per eseguire comodamente la manutenzione conviene applicare una piccola piattaforma, sulla quale appoggiare i piedi, giacchè tenerli su un piolo risulta scomodo e, dopo un po', doloroso. Una volta sulla piattaforma, dovremo agganciarci al palo con una cintura di sicurezza che ci permetta di lavorare con entrambe le mani libere, in piena sicurezza. Ve ne sono di già pronte, dotate di chiusura automatica e moschettone da agganciare al palo, ma l'autocostruzione è comunque molto semplice.

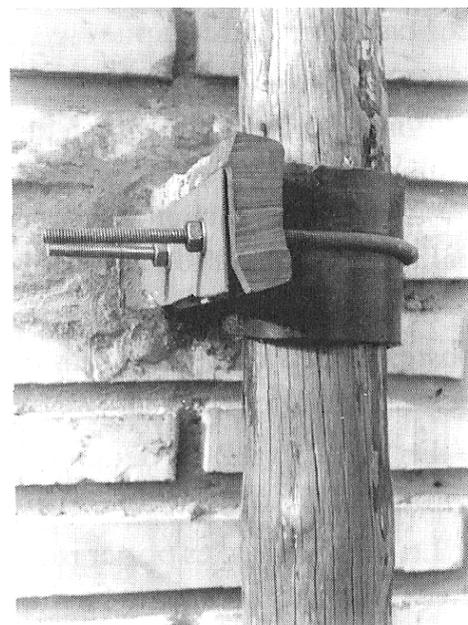
Issaggio del palo

Una volta montata la piattaforma, applicati i pioli ed il supporto dove pivoterà il mulino, possiamo pensare a disporre il palo in posizione verticale, scegliendo all'uopo un giorno senza vento.

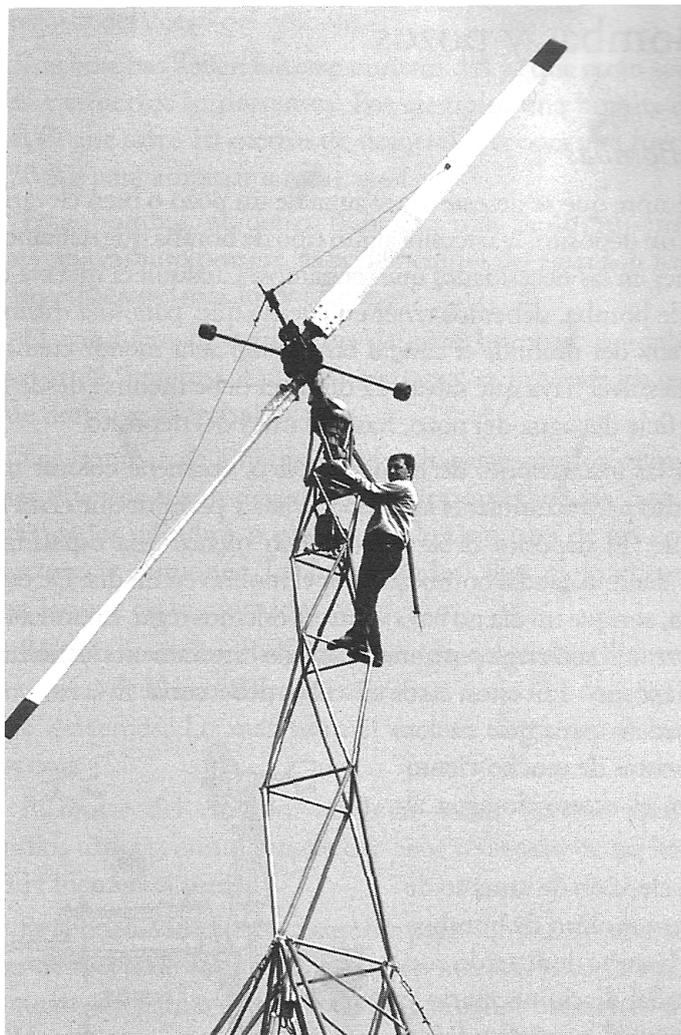


Si tratta di un lavoro gratificante da eseguire in più persone. Il palo si alza il più possibile mediante l'impiego di una scala, e poi, grazie ad una puleggia fissata alla punta si fa il resto, fino a disporlo in verticale. Ricordarsi di predisporre i tiranti laterali, anche se un poco allentati, in modo da non permettere al palo dei movimenti indesiderati. Questa operazione si esegue con tutte le torri dotate di tiranti, anche quelle metalliche.

Se il mulino viene collocato sulla casa il palo deve essere fissato alla parete in modo che non trasmetta vibrazioni moleste nè rumori. Per questo basta interporre fra le staffe ed il palo una fascia di battistrada o di nastro trasportatore, entrambi molto resistenti. Assicurarsi bene che la parete dove viene fissato il palo sia abbastanza forte da sopportare tutte le sollecitazioni a cui sarà sottoposta....attenzione a che non vi cada la casa addosso!.



Torre



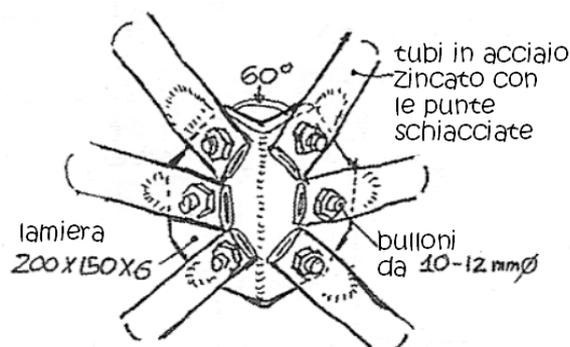
metallica autoportante

Quando il sito non ci permette di alloggiare dei tiranti per un palo, bisognerà optare per una torre autoportante. Normalmente sono fatte in profilato di ferro di 40 x 40 mm assemblato con bulloni, un buon esempio è costituito dai tralicci telefonici. La relazione altezza/base deve essere di 5 a 1, così che una torre alta 10 metri dovrà avere una base di 2 metri. La base deve a sua volta essere affogata in una grande massa di calcestruzzo (da 1 a 2 m³ per un mulino di 2 -3 m. Ø) atta ad impedire il ribaltamento di tutta la torre. Questo tipo di tralicci possono essere montati pezzo per pezzo, senza bisogno di gru. Specialmente resistenti sono le torri ottaedriche, costruite con tubi galvanizzati da un pollice. Si battono le estremità dei tubi e si uniscono con bulloni da 12 mm Ø.

I nodi della torre si realizzano con angoliere in lamiera da 150 x 200 x 6 mm. In ogni modo, queste torri risultano più costose rispetto ai pali con tiranti e prima di procedere alla loro fabbricazione è sempre bene controllare che lo sfasciacarrozze non disponga di un traliccio che faccia al caso nostro.

Tipi di moltiplicazione

Nei mulini e nelle turbine, di solito è necessario qualche tipo di moltiplicazione che elevi il numero di giri dell'elica per accoppiare il generatore elettrico, la combinata, il boiler etc.



NODO DI TORRE OTTAEDRICA

Di seguito, descriveremo differenti sistemi fra i più utilizzati allo scopo di moltiplicare il numero di giri, indicandone i vantaggi e gli inconvenienti.

Scatola di ingranaggi

Possiedono relazioni di moltiplicazione molto differenti e possono essere reperite sul mercato anche nuove, ma il costo è decisamente alto. E' meglio utilizzare le scatole del cambio usate di automobili dismesse che montino motore e trasmissione raggruppati. (2CV, Renault 4, Fiat 600...)

Queste scatole ci forniranno varie relazioni di moltiplicazione in ottime condizioni (da 1:5 a 1:25 nella Citroen 2 CV, da 1:4 a 1:16 nelle Renault 4) e portano montati ingranaggi elicoidali in bagno d'olio e sono molto silenziose, eccetto che in prima. Scatole del cambio delle moto sono buone, ma rumorose, perchè quasi tutti gli ingranaggi sono dritti, tranne gli ingranaggi della scatola del cambio della Vespa, sono elicoidali. Queste scatole di moto solitamente hanno bisogno di qualche aggiustamento al tornio giacchè conviene sostituire l'asse del motore che è eccentrico, con uno ben bilanciato e centrato. Ma la maggior parte delle volte è sufficiente un'equilibratura, così come descritto in "alternatori di motociclo".

I ponti differenziali posteriori sono pure buoni moltiplicatori (da 1:4 a 1:5) con ingranaggi elicoidali. Sono silenziosi e sicuri anche se sono un po' duri a muoversi per via delle molte guarnizioni atte ad impedire perdite d'olio. Per moltiplicazioni maggiori (1:100) si utilizzano le scatole del cambio dei trattori, soprattutto se vogliamo applicarle a ruote idrauliche di grosso diametro.

Gli ingranaggi non devono mai funzionare a secco, ma devono lavorare a bagno d'olio leggero SAE 10-20, tranne che per trasmissioni di grande potenza (10-20 Kw) dove sarà opportuno usare SAE 60-80. Una scatola di cambio non ha quasi nessun bisogno di manutenzione, basta sostituire l'olio ogni uno o due anni. In ogni caso la scatola deve sempre essere molto sovradimensionata (3 o 4 volte almeno) perchè dovrà funzionare per varie migliaia di ore all'anno.

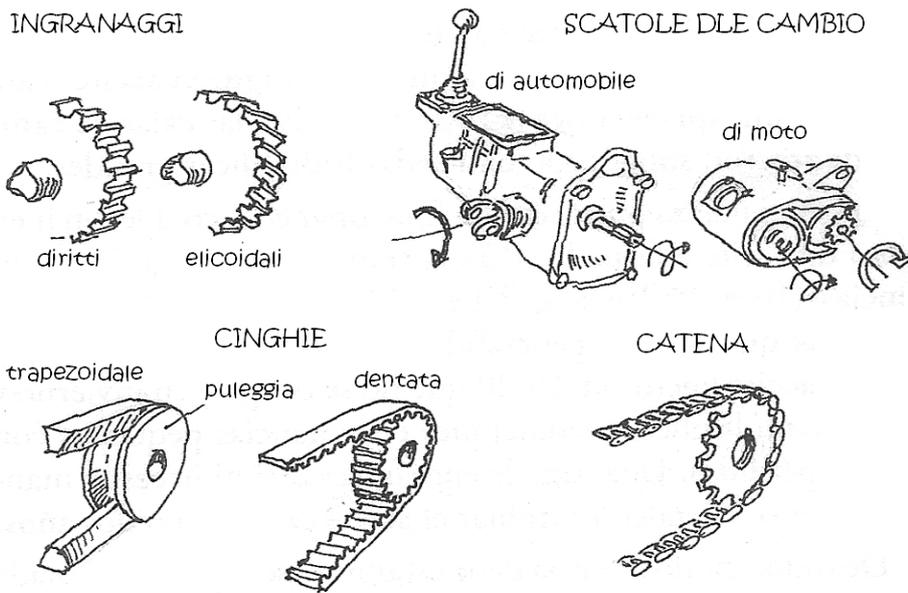
Cinghia trapezoidale

La cinghia è di facile installazione, economica e molto standardizzata, per cui è facile trovare cinghie di tutte le misure (vecchie lavatrici...) La cinghia risulta anche facile da accoppiare ai generatori, ammesso che quasi tutti posseggono una puleggia incorporata ed è utile per moltiplicazioni fino a 1:6 in una sola tappa. E' silenziosa, non importa se si bagna e comunque necessita di poca manutenzione. La cinghia può presentare qualche problema di slittamento, soprattutto può dare problemi di partenza in mulini con eliche aerodinamiche. In tali casi deve essere tesata al minimo, per evitare che slitti.

Catene

Le catene risultano efficaci per moltiplicazioni non molto elevate (da 1:2 a 1:4). Sono un po' più difficili da accoppiare delle pulegge, ma offrono una resistenza minima. Le catene di bicicletta rimangono utili per generatori fino a 500 w. Hanno il problema di essere un po' rumorose e vogliono abbastanza manutenzione. Se vogliamo che una catena ci duri dobbiamo pulirla con nafta ed ingrassarla ogni tre-quattro mesi. In più, la catena deve essere protetta dalla pioggia. Non risulta facile costruirle un carter perchè lavori a bagno d'olio.

Cinghia dentata piana



Riunisce i vantaggi della catena e della cinghia trapezoidale, è silenziosa e conferisce una trasmissione efficace. E' molto più costosa della cinghia trapezoidale ed è altresì molto difficile trovare pulegge dentate del diametro che di solito ci serve e, anche qualora le trovassimo, risultano molto costose.

Generatori: dinamo ed alternatori

Una dinamo o alternatore è una delle parti più importanti dell'aerogeneratore o della turbina, giacché la sua funzione consiste proprio nel trasformare l'energia cinetica in energia elettrica. Entrambi i tipi di generatori si basano sul movimento relativo di un avvolgimento e di un campo magnetico, in modo che si produca corrente elettrica. Ve ne sono di parecchi tipi, il loro disegno, la costruzione, la loro potenza e tutte le altre caratteristiche sono molto variabili, dalla dinamo di bicicletta fino alle grandi centrali, passando per i generatori usati nelle moto e nelle autovetture, negli aerei, nei camion etc.. Esistono alcuni generatori con caratteristiche particolarmente appetibili, come il basso numero di giri, o destinati ad un servizio "pesante". Si tratta di macchine dalla durata pressochè illimitata e quasi del tutto esenti da avarie. La semplicità di funzionamento e la minima richiesta di manutenzione completano il quadro del perfetto generatore. Per esempio i generatori di automobile non sono molto indicati, perchè non si autoeccitano e bisogna accoppiarli ad altri sistemi complementari con l'innalzamento del rischio di avarie etc.

Nella prossima tabella vengono descritte le caratteristiche principali di differenti generatori. Le dinamo producono corrente continua, cioè corrente che circola sempre nello stesso senso. Questa corrente può essere utilizzata direttamente o accumulata in batterie, ma non può essere trasformata, se non con mezzi elettronici più o meno complicati e costosi. Gli alternatori producono corrente alternata, cioè corrente che circola alternatamente nell'uno e nell'altro senso. Questa corrente può essere utilizzata direttamente e si può trasformare, ma non può essere accumulata in batterie. Per convertire la corrente alternata in continua si utilizzano i diodi.

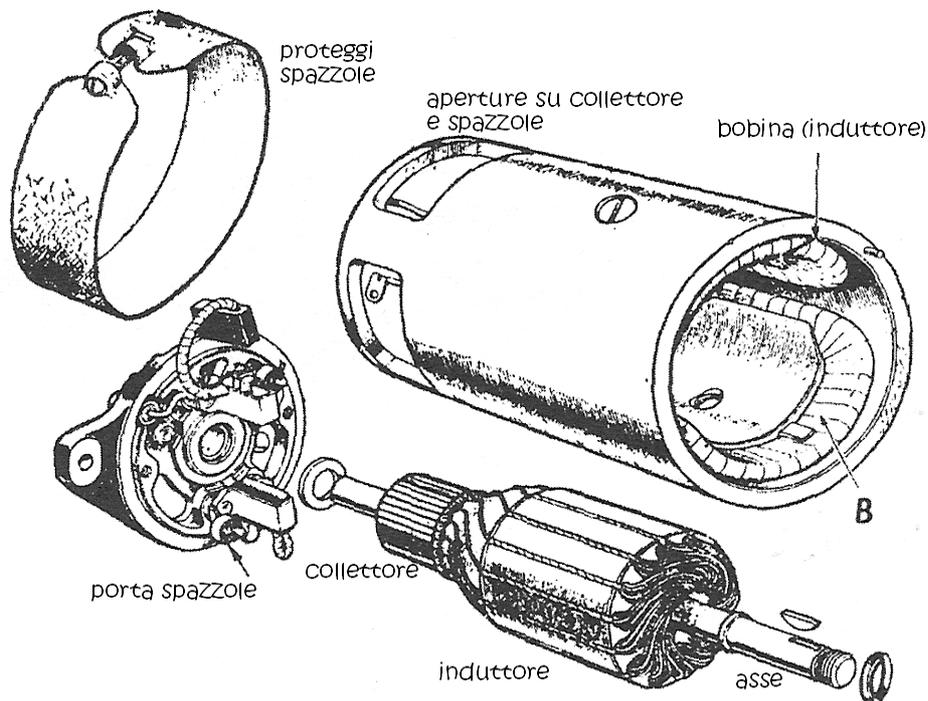
CARATTERISTICHE DEI GENERATORI

Tipo di generatore	Watt	RPM	Volt	Vantaggi	Inconvenienti
Generatore di moto	< 50 w	900-2.000	12 V	No manutenzione, No spazzole	No regolazione
Dinamo di auto	< 300 w	1.500- 2.500	12 V	Autoeccitata Sì regolazione	Sì spazzole; mediocre
dinamo di camion e trattore	< 500 w	700-1.500	12-24 V	Autoeccitata; Sì regolazione Solida	Sì spazzole.

Alternatore di auto	< 600 w	1.200-2.500	12-24 V	Sì regolazione;	No autoeccitazione; e anelli collettori mediocri
Alternatore a magneti permanenti	< 600 w	150-600	12 V	No manutenzione; No spazzole; Molto lento	No regolazione; Autocostruzione tecnologica
motore trifase convertito in alternatore asincrono	<50.000 w	600-1.500	125 V 220 V 380 V	No manutenzione; No spazzole, Autoeccitato Economico	No regolazione
Alternatore sincro commerciale	<50.000 w	700-1.500	125 V 220 V 380 V	Sì regolazione; Lento; Sì seconda mano	Costoso; Sì spazzole

Dinamo

Una dinamo è un generatore elettrico di corrente continua che trasforma l'energia meccanica che riceve dall'asse in energia elettrica che somministra attraverso i morsetti. Una dinamo è formata da due parti fondamentali: quella che gira, chiamata rotore, formata dall'indotto ed il collettore, e quella che non gira, chiamata statore, che porta gli avvolgimenti induttori, le spazzole etc..

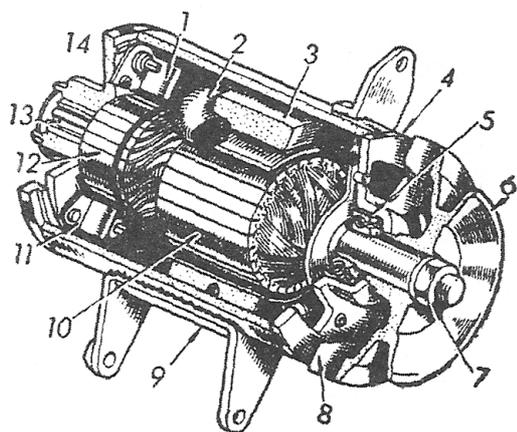


In una dinamo viene prodotta corrente continua nell'indotto, grazie alla rotazione del medesimo all'interno del campo magnetico creato dagli avvolgimenti induttori dello statore. Questa corrente esce dall'indotto mediante delle spazzole che strisciano sul collettore. Il collettore è formato da pezzi di rame isolati elettricamente tra di loro e uniti agli avvolgimenti dell'indotto.

Le dinamo hanno due circuiti elettrici: quello dell'indotto, e quello degli avvolgimenti

induttori. Comunque possiedono solo tre attacchi o morsetti: positivo (+), negativo o massa (-), e eccitazione (ex). Ciò si deve al fatto che la spazzola negativa va unita al finale negativo degli avvolgimenti induttori.

1 e 11 spazzole



- 2 bobina - induttore che circonda il polo 3
- 4 coperchio con fori per la ventilazione
- 5 cuscinetti a sfera
- 6 puleggia per cinghia che fa ruotare l'asse 7
- 8 palette della puleggia che aspirano -dai fori di 4- l'aria che entra dal lato opposto 14
- 9 supporto della dinamo
- 10 indotto
- 12 collettore su cui strisciano le spazzole 1 e 11
- 13 bronzina
- 14 coperchio posteriore. Se non ha fori per l'entrata

dell'aria, si troveranno nell'anello-copri-spazzole

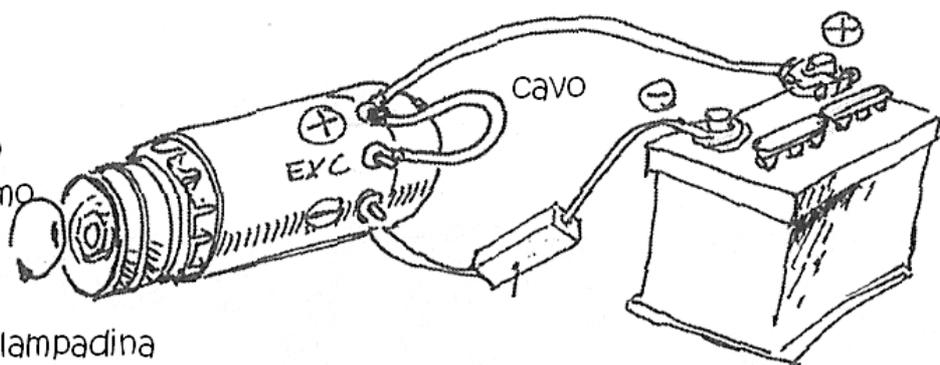
Quando funziona una dinamo, si produce corrente nell'indotto e da questo fuoriesce attraverso le spazzole. Una parte di questa corrente si fa passare attraverso gli avvolgimenti induttori, per mantenere il campo magnetico creato dagli stessi. Gli avvolgimenti induttori non sono altro che elettrocalamite: quanto più è intensa la corrente che circola attraverso di essi, più intenso risulta il campo magnetico creato. Se la dinamo è ferma, resta comunque un po' di magnetismo; grazie al quale, quando la dinamo comincia a girare viene prodotta una piccola corrente che viene fatta passare attraverso gli avvolgimenti induttori ed aumenta il voltaggio. Questo processo si chiama "Autoeccitazione". A misura che la dinamo gira più veloce, dà luogo ad una maggiore intensità di carica. Per controllare la carica della dinamo vengono impiegati dei regolatori (v. "regolatori").

Volendo, è possibile conseguire buone dinamo di riciclo, ma è difficile fissare delle norme per scegliere una buona dinamo a occhio. Bisogna che siano lente, che producano, cioè, corrente a basse velocità, per questo ci si può riferire al diametro della dinamo e della puleggia che porta accoppiata. Quanto maggiore è il diametro della dinamo e della puleggia, tanto più è lenta e quanto più è lungo il cilindro, tanto più è potente. Una dinamo lenta, comincia a generare intorno ai 500 rpm, anche se esistono dinamo di grande diametro che sono più lente.

Come raccomandazione, diremo che le dinamo di camion, di trattore, di macchinari per opere pubbliche o le dinamo delle imbarcazioni sono più lente e robuste di quelle di automobile.

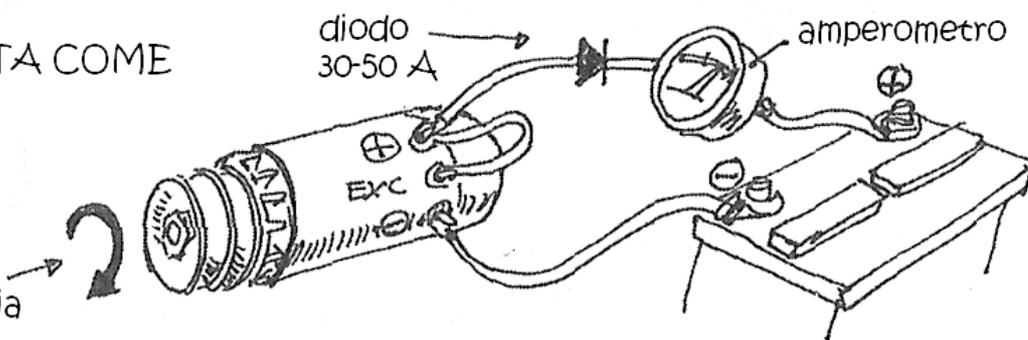
DINAMO USATA COME MOTORE

se al posto di un cavo
fra exc e + collochiamo
una lampadina, la
velocità di rotazione
sarà maggiore quanto
meno potente sarà la lampadina



DINAMO USATA COME GENERATORE

portiamo i giri
della dinamo alla
velocità necessaria



Una volta trovata la dinamo, sarà necessaria una buona pulizia ed una revisione (contatti, isolamenti, spazzole...) Fatto questo, la dinamo sarà pronta per essere provata come motore, per vedere se funziona, e poi come generatore su un banco di prova di un'officina di elettrauto. E' conveniente fare una tabella con le rpm e gli Ampère prodotti. Serve a conoscere le dimensioni dell'elica ed a disegnare l'aerogeneratore opportuno.

Prova del funzionamento di una dinamo

Come prima cosa proveremo che la dinamo si comporti normalmente come motore. Per questo uniamo i morsetti positivo (+) e eccitazione (Ex) con un cavo ed alimentiamo la dinamo con una batteria da 12 V in modo che il morsetto (+) della batteria sia unito al morsetto (+) della dinamo e il (-) della batteria col negativo della dinamo (massa). Intercaliamo un fusibile nel circuito, se tutto è a posto la dinamo girerà come un motore, nel caso in cui non giri o salti il fusibile c'è un'avaria, quindi bisogna smontare la dinamo e revisionarla, dopo di che, si può ripetere la prova.,

Poi comproviamo che la dinamo si comporti altrettanto bene come generatore. Per fare ciò, manteniamo uniti i morsetti (+) ed (Exc) della dinamo e proviamo la dinamo su un banco di prova, intercalando nel circuito un diodo e un amperometro, annotando gli Ampère per rpm. La dinamo genera nello stesso senso nel quale gira quando si comporta come un motore, ma comincia a generare approssimativamente quando raggiunge un numero di giri pari ad 1,7 volte quello raggiunto quando si comporta come un motore. Nota: esistono dinamo con eccitazione negativa. Con queste, bisogna fare le prove unendo il morsetto Exc al negativo (-).

Uso di una dinamo da 24 V per generare a 12 V

Quando si vuole utilizzare una dinamo da 24 V per generare una corrente di 12 V, si deve usarla direttamente come tale. Le dinamo da 24 V di camion sono le migliori e caricano indistintamente a 12 V o 24 V, a seconda delle batterie che vengono loro accoppiate. Normalmente le dinamo di camion cominciano a caricare a 12 V a 800 rpm, mentre cominciano a caricare a 24 V intorno ai 1100 rpm. del senso di rotazione delle dinamo

Inversione del senso di rotazione di una dinamo

Per conseguire l'inversione del senso di rotazione delle dinamo basta scambiare tra loro i cavi degli avvolgimenti induttori.

Altre considerazioni sulle dinamo.

Tutte le dinamo portano montate delle spazzole che sono destinate a consumarsi. Nel caso in cui la dinamo venga accoppiata ad una pala eolica, il consumo delle spazzole (carboncini) dovrebbe essere stimabile intorno ai 2 mm all'anno. Nei mulini, le dinamo lavorano al minimo dei giri -per generare vanno dai 700 ai 1200 rpm- e non raggiungono mai grandi velocità, mentre accoppiate ad un motore a scoppio, lavorano costantemente fra i 4000 e i 6000 giri.

Quando rileviamo un consumo delle spazzole elevato, normalmente dipende dal fatto che sono un po' sottodimensionate rispetto alle sedi che le ospitano. In questo caso bisogna reperire delle spazzole (carboncini) della giusta misura e comprovare che non ballino nelle sedi.

Le dinamo possono generare un numero di Ampère più alto di quello nominale. Una dinamo da 11 A può generare normalmente anche 20 A. Le dinamo erogano la loro carica nominale prima di raggiungere il doppio dei giri necessari all'inizio carica, cosa che non succede con gli alternatori di automobile. Le dinamo ammettono pure la regolazione del regime di giri e la regolazione elettronica del voltaggio.

Alternatori

L'alternatore è un generatore elettrico di corrente alternata che trasforma l'energia meccanica ricevuta attraverso l'asse, in energia elettrica che eroga attraverso i morsetti.

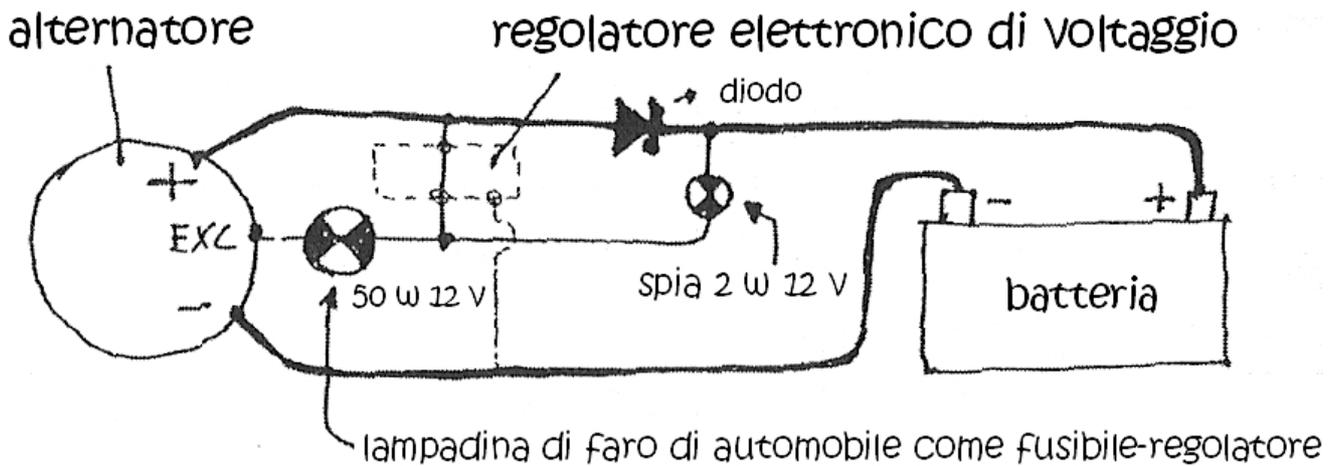
questo tipo di generatori l'indotto è lo statore, mentre il rotore è l'induttore, al contrario delle dinamo. campo magnetico creato dal rotore può essere originato in due modi: mediante corrente elettrica e bobine, ovvero attraverso dei magneti permanenti. Qui ci interessano gli alternatori convenzionali con dinamo eccitatrice ed i motori trifase utilizzati come alternatori grazie all'accoppiamento di condensatori.

Sono alternatori a magneti permanenti le cosiddette dinamo di bicicletta, gli alternatori delle moto, e gli alternatori a calamite, autocostruiti ovvero commerciali. Qui tratteremo di ognuno di essi.

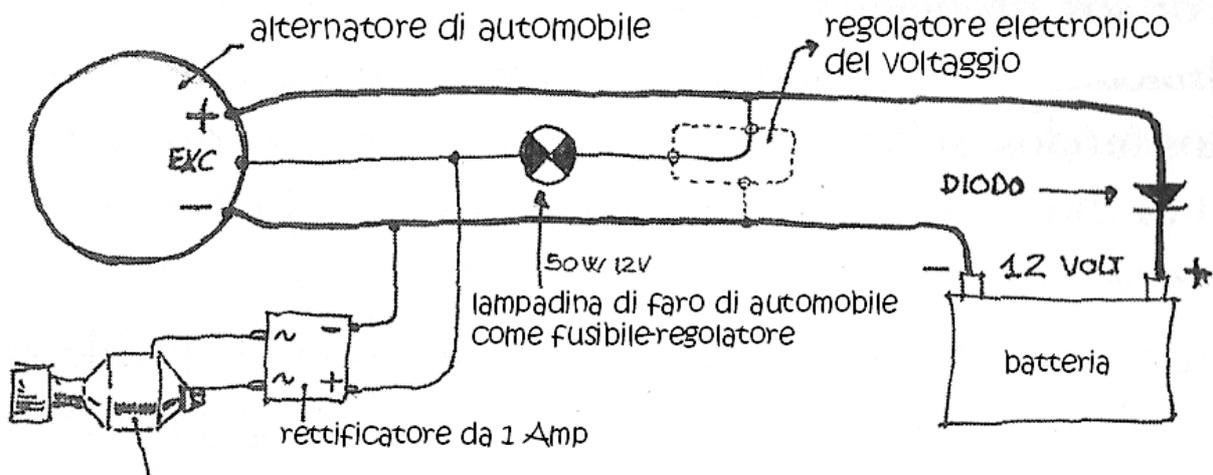
Alternatori di autoveicoli

Sono costruiti per dare un certo rendimento nelle autovetture, ma accoppiati ad una pala eolica pongono alcuni problemi. Il rotore di questi alternatori non contiene magnetismo rimanente, per questo gli alternatori NON si autoeccitano.

Ci sono vari modi di risolvere questo inconveniente: una soluzione è quella di installare una lampadina da 12 V 2 W, e far passare sempre una debole corrente attraverso il rotore per creare un certo campo magnetico. Così l'alternatore genera come fa nell'automobile, ma la lampadina consumerà 1, 1,5 Kw/h in un mese.



Un'altra soluzione consiste nell'accoppiare ad esso una "dinamo" di bici. Quando l'aerogeneratore comincia a girare, la "dinamo" produce corrente alternata che viene rettificata da un ponte di diodi da 1 A, per alimentare gli avvolgimenti induttori dell'alternatore. Il cavo proveniente dal + del ponte rettificatore, si unisce a quel dell'eccitatore dell'alternatore e il negativo del ponte si unisce alla massa. A questo sistema può essere accoppiato il "regolatore del regime di giri" ed il "regolatore elettronico". La "dinamo" deve andare isolata dalla massa, perchè è un generatore indipendente.



"dinamo" di bicicletta, deve essere isolata dalla massa e il suo regime di giri non deve superare le 500- 1000 rpm

Una terza soluzione consiste nell'accoppiare un interruttore centrifugo all'asse dell'alternatore. L'interruttore centrifugo viene calibrato in modo da collegare l'eccitazione all'alternatore quando questo gira già ad una velocità sufficiente a caricare.

Esistono altri metodi per rimediare all'assenza di autoeccitazione, ma sono troppo poco semplici per essere presi in considerazione in questa sede.

Negli autoveicoli, gli alternatori funzionano anche quando il motore è al minimo. Questo perchè sono accoppiati ad una puleggia molto piccola. Teniamo in considerazione che questi alternatori cominciano a generare alla velocità di 1000, 1300 rpm, mai di meno. Se a ciò, si aggiungono i problemi dati dalle spazzole e da altri pezzi che possono usurarsi, sconsigliamo vivamente l'uso di alternatori di automobile negli aerogeneratori. In ogni caso, se proprio volete utilizzarne

qualcuno, almeno procurate che sia trifase (6 diodi) e non monofase (2 diodi), perchè sono ancora peggiori.

Inoltre, un alternatore di automobile non permette di ricavare la potenza nominale di un mulino, perchè a questo scopo occorrerebbe lanciarlo a più di 10000 rpm, cosa impossibile con i mulini, per cui la potenza reale disponibile si riduce solitamente alla metà di quella nominale dell'alternatore.

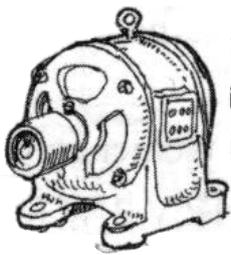
Alternatori con dinamo eccitatrice: alternatori sincroni

Queste macchine si utilizzano per produrre corrente alternata a 125V, 220 V o più, e la loro potenza va dai 2 Kw in su. Vennero utilizzati soprattutto in piccole centrali idrauliche che, piazzate nei pressi di una piccola cascata d'acqua, approvvigionavano di corrente elettrica varie frazioni o villaggi. E' un ottimo e molto profittevole esercizio recuperare queste macchine per poterle utilizzare oggi. Sono generatori lenti, molto solidi, che necessitano di una manutenzione minima. L'asse porta accoppiata una dinamo la cui corrente si utilizza per attivare gli avvolgimenti induttori dell'alternatore

Motore trifase utilizzato come generatore: alternatore asincrono

I motori trifase ad induzione, col rotore a gabbia cilindrica, possono essere utilizzati come generatori, grazie

un motore trifase a induzione



può essere trasformato
in un alternatore asincrono
accoppiando ad esso



dei Condensatori apolari

generatori, grazie all'accoppiamento con un gruppo trifasico di condensatori. Questo fatto è poco conosciuto, anche se ci sono vari gruppi di persone che già lavorano con questi generatori, anche I fabbricanti di

turbine idrauliche adottano questo tipo di generatore.

I principali vantaggi di questo generatore sono la sua robustezza e l'assenza di spazzole, per cui, sono praticamente esenti da avarie. La semplicità di funzionamento ed il suo basso costo lo rende ideale per installazioni di una certa potenza o caricare batterie a 110 e 220 v.

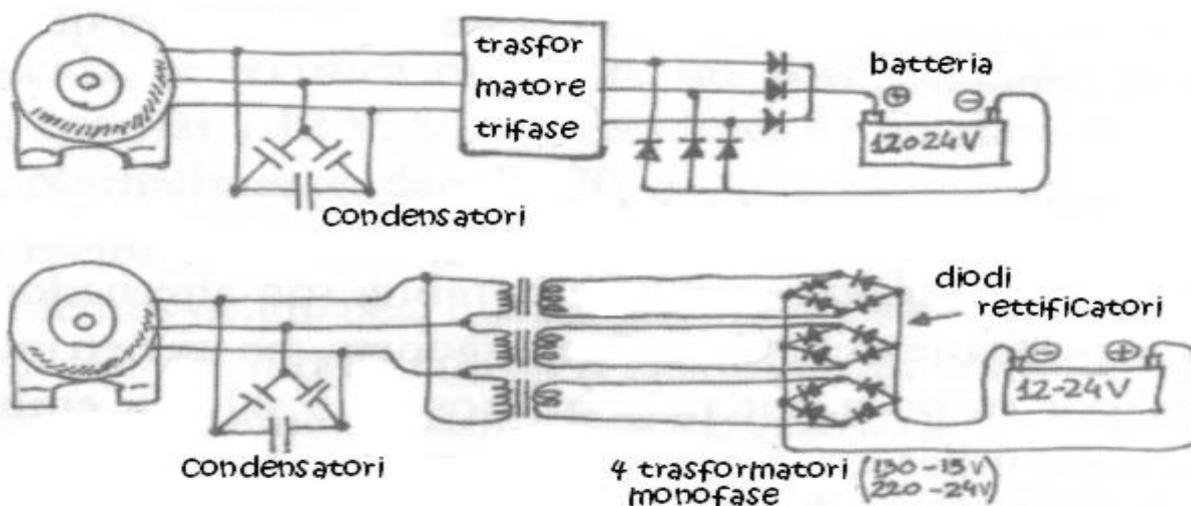
Il motore trifase si comporta da generatore grazie al gruppo trifasico di condensatori accoppiato ad esso. In questo modo quando il motore gira, il piccolo magnetismo rimanente, aiutato dai condensatori dà luogo al processo di autoeccitazione più o meno come accade nelle dinamo.



Per caricare batterie, si rettifica la corrente alternata mediante un ponte a 6 diodi (i diodi dell'alternatore di automobile solitamente non servono per sopportare poca tensione opposta e si fondono).

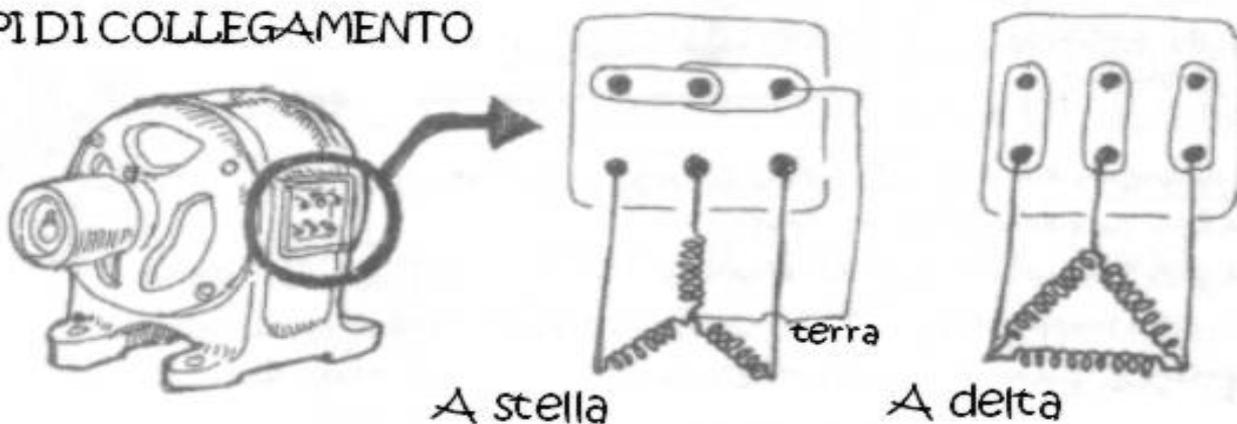
Questo sistema non serve per caricare direttamente a 12 o 24 v (servono condensatori sproporzionati e il rendimento del generatore si abbassa di molto a causa delle perdite interne). Comunque si può aggiungere un trasformatore trifase e, all'uscita di questo va aggiunto il ponte rettificatore; se non si dispone di un trasformatore trifase si possono utilizzare tre trasformatori monofase, rettificando indipendentemente la corrente di ciascuno di essi

Solitamente si utilizzano condensatori attorno ai 15 microfaraday e 220 V per Kilowatt di potenza del motore. Si tratta di condensatori apolari; quelli di tipo elettrolitico non sono



indicati in quanto esploderebbero. Maggiore è la capacità dei condensatori, minore è il numero di giri di cui necessita il generatore per funzionare. Quanto maggiore è il numero dei poli del motore, tanto minore è il numero dei condensatori necessari a generare corrente elettrica allo stesso numero di giri. Per ogni motore con un gruppo di condensatori vale la regola che vuole che se la connessione dei suoi avvolgimenti è fatta a stella, il motore genera lo stesso voltaggio con un numero minore di giri per minuto. In ogni caso concreto al principio bisogna effettuare qualche prova, a seconda del motore che siamo riusciti a recuperare o dei rpm di cui disponiamo etc.

TIPI DI COLLEGAMENTO



Quanto alla potenza elettrica generata, possiamo ricavarne i 3/4 della potenza nominale dichiarata come motore. Non è conveniente superare questo limite, altrimenti si rischierebbe di rovinare gli avvolgimenti a causa del calore.

La regolazione di carica delle batterie si ottiene grazie all'applicazione di resistenze che scartano l'energia avanzante, controllata da tiristores. Nel disegno seguente è descritto lo schema elettronico per regolare fino a 3 Kw-220 V. Le resistenze possono essere sommergibili e riscaldare acqua per riscaldamento. E' comunque importante fare sempre una prova con un caricabatterie connesso a due fasi e a una batteria di automobile per essere sicuri che il voltaggio non salga troppo e bruci i condensatori.

L'altro tipo di funzionamento è quello diretto con la rete trifase convenzionale. Non vi sono problemi di accoppiamento, anzi, questo tipo di generatore migliora il coseno della rete. Deve essere accoppiato ad un dispositivo che disconnette il generatore quando si abbassa troppo il numero di giri, perchè non si metta a consumare corrente attuando come un motore, e comunque bisogna fare un accordo di compravendita con la compagnia elettrica (riferimenti legislativi spagnoli BOE del 27/01/1981 e del 10/05/1982 riguardanti "autogenerdores")

Alternatori a magneti permanenti

Così come indicato dal nome, sono alternatori nel cui rotore sono stati inseriti dei magneti permanenti, pertanto sono generatori senza spazzole nè bobine induttrici, e, per questo, praticamente esenti da avarie.

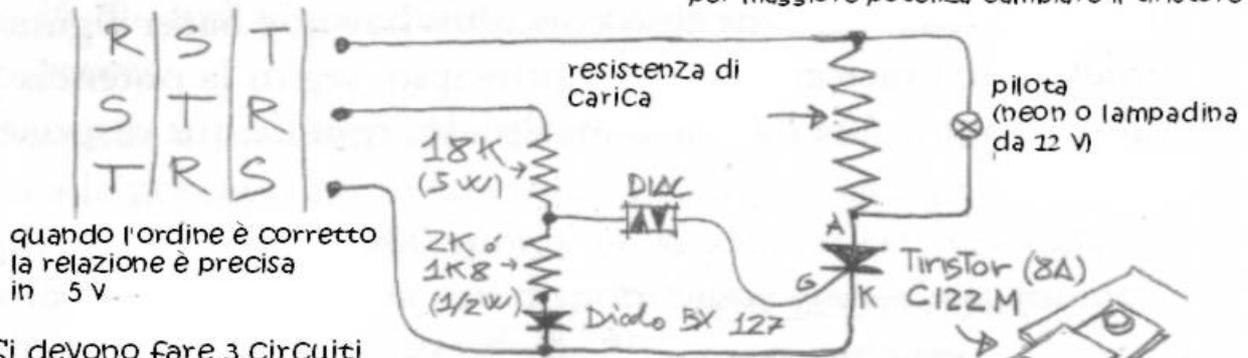
Anche se non è possibile regolare il campo magnetico creato dai magneti, questi generatori possiedono per costruzione un'intensità-limite che non può essere superata, salvo che non vengano loro accoppiati dei condensatori.

"Dinamo" di bicicletta

Anche se vanno sotto il nome di "dinamo" sono in effetti degli alternatori a magneti permanenti. In qualità di generatori non rivestono particolare interesse per via della poca potenza generata (meno di 5 w). Possono comunque essere utili in alcuni casi, cos' come descritto per l'eccitazione di alternatori d'automobile, o come generatori per consumi estremamente ridotti (v. microgeneratore)

LIMITATORE DI TENSIONE PER CONSUMO IN CARICA PER GENERATORI TRIFASE. (fino a 3 Kw - 220 V)

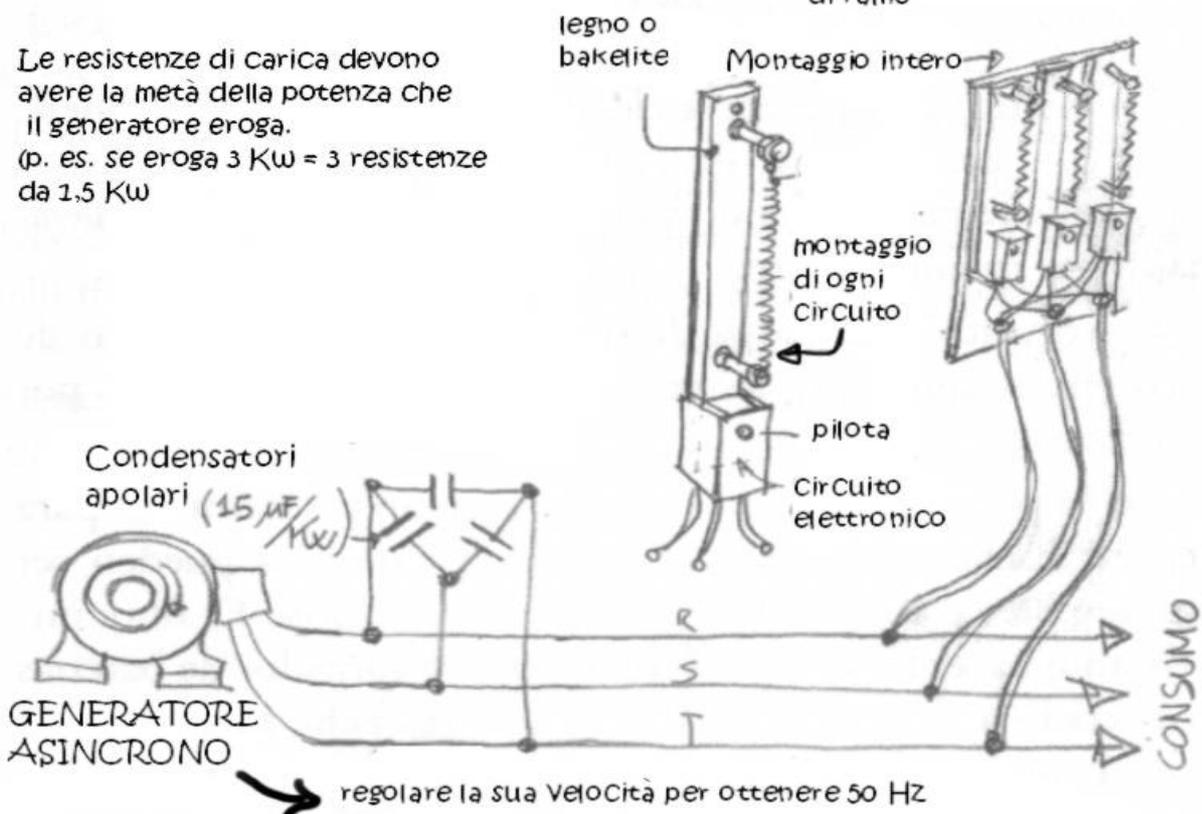
per maggiore potenza Cambiare il tiristore



Si devono fare 3 circuiti uguali connessi alle fasi del motore nell'ordine indicato. Il circuito proposto è tarato a 220 V. Per voltaggi differenti regolare il divisore di tensione che controlla il DIAC

placchetta di refrigerazione di alluminio o di rame

Le resistenze di carica devono avere la metà della potenza che il generatore eroga.
(p. es. se eroga 3 Kw = 3 resistenze da 1.5 Kw)



Alternatori autocostruiti a magneti permanenti

Descrizione

È un generatore lento, robusto, senza spazzole, ideale per un aerogeneratore ad asse diretto. Solitamente comincia a caricare a 12 V intorno ai 200 rpm, a maggiore velocità produce vari ampère.

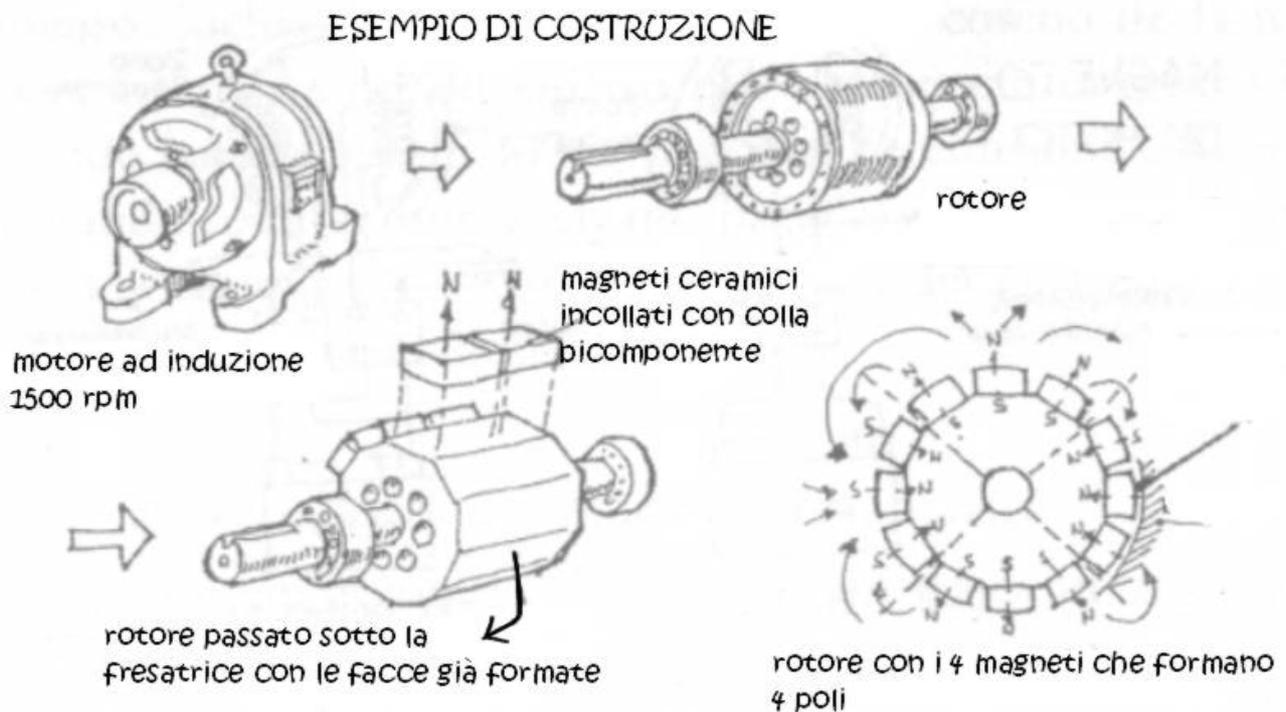
Costruzione

In sintesi, si tratta di trovare un motore trifase ad induzione, assicurarsi che funzioni, smontarlo, ribassare il rotore per alloggiare negli spazi ricavati dei magneti permanenti, rimontarlo e comprovarne il funzionamento.

E' preferibile prendere le mosse da un motore di tipo vecchio, per la sua costruzione elettrica e meccanica robusta e semplice. Questi motori possono essere conseguiti negli sfasciacarrozze a prezzi modici. E' preferibile trovarne uno che già funzioni bene così che non sia necessario ritoccare gli avvolgimenti, dei quali è però necessario misurare la resistenza, dalle viti di attacco dei fili elettrici al motore. Deve sempre essere minore di 1Ω o le perdite di potenza saranno eccessive ($P=RI^2$)

Controllo del funzionamento del motore

Controlliamo le caratteristiche indicate nel motore, per vedere se funziona a 125/220 v o a 220/380 v, poi lo colleghiamo alla rete trifase al voltaggio che gli corrisponde. Una volta messo in funzionamento, bisogna misurare l'intensità che circola in cadauna delle fasi.



Le misurazioni devono essere il più precise possibili. Il motore non deve riscaldare nè produrre rumori strani.

Con un tachimetro bisogna misurare la velocità di rotazione e si controlla che corrisponda a quella indicata nella placca delle caratteristiche .

Normalmente dovrebbe esserci una corrispondenza, salvo che il motore non sia stato ri-bobinato.

Numero di poli del motore

Per sapere dove e come bisogna mettere i magneti, bisogna conoscere il numero di poli del motore e mantenerlo tale anche nelle sue funzioni di generatore.

Per conoscere il numero di poli bisogna conoscere le rotazioni per minuto a cui gira il motore. La relazione tra il numero di poli e la velocità di rotazione in rpm è la seguente

$$\mathbf{n^\circ \text{ di poli} \times \text{rpm} = 6000}$$

Così un motore a 1500 rpm ha 4 poli, uno di 1000 rpm tiene 6 poli etc.

Alloggiamento dei magneti

Utilizzeremo magneti ceramici. Vi sono dei magneti da porta, di piccole dimensioni che pure danno buoni risultati. Alcune misure di magneti ceramici IMA in ferrite II sono 40x25x10 mm, 40x25x10, 30x10x16 mm.

Ora descriveremo due modi differenti di realizzare un alloggiamento per i magneti.

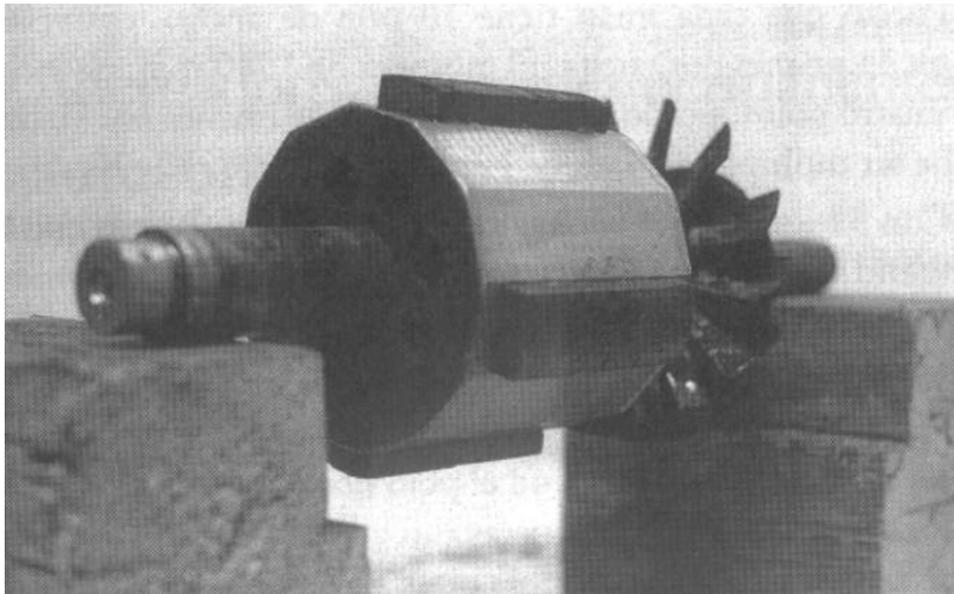
- a) cilindratura semplice per i magneti piccoli
- b) cilindratura e fresatura per magneti grandi.

In entrambi i casi si tratta di costruire un alternatore a magneti permanenti a partire da un motore Siemens da 1430 rpm (1500) 1,7 w, il cui rotore misura 120 mm di diametro e 100 mm. di lunghezza.

a) Cilindratura semplice

Questo sistema richiede solo una tornitura o cilindratura del rotore, per alloggiarvi i magneti. Vi alloggeremo dei magneti di 30 x 10 x 6 mm, per far ciò, portiamo il rotore al tornio e lo ribassiamo 6,5 mm (lo spessore del magnete più un piccolo margine per l'adesivo). Posto che il diametro originale è di 120 mm, ora ci resta un rotore di $120 - (2 \times 6.5) = 107 \text{ mm } \varnothing$.

La lunghezza della circonferenza di 107 mm è $l = \pi \cdot D = 3,14 \cdot 107 = 336 \text{ mm}$.



Posto che ogni magnete misura 10 mm di larghezza, ci potrebbero entrare fino a 33 magneti in un giro. Il motore è da 1500 rpm, il che vuol dire che ha 4 poli, per cui il numero di magneti che incolleremo sulla circonferenza esterna del rotore dovrà essere multiplo di 4: 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32, 36...

Con 32 magneti a giro tutto va bene. Posto che l'altezza del cilindro è di

100 mm e quella dei magneti è di 30 mm possiamo tranquillamente ricoprire la superficie del cilindro con tre file da 32 magneti, quindi avremo bisogno di $32 \times 3 = 96$ magneti più uno o due di riserva, 98 magneti in tutto.

Possiamo mettere insieme i magneti in fila (poli di valore diverso si attraggono) e marcare 48 poli Nord e 48 poli Sud con piccole etichette autoadesive. Sui magneti di prova possiamo attaccare due targhette, tanto per non sbagliare.

Procediamo poi col dare un colpetto di carta vetro a grani grossi sul lato dei magneti sul quale andremo a stendere l'adesivo, in modo da facilitarne la presa.

Posto che abbiamo quattro poli, li andremo a segnare sulla superficie del rotore per la ripartizione omogenea dei magneti.

Fatto questo, provvederemo ad incollare solo alcuni magneti, utilizzando un adesivo bicomponente (colla epossidica o similari) stendendone uno strato sottile sia sul magnete che sulla superficie del rotore seguendo le indicazioni del fabbricante. Il magnete viene poi fissato al rotore tramite un elastico molto stretto, lo stesso si procede a fare durante il

fissaggio dei successivi magneti, alcuni per ogni fila, giacchè le cariche uguali si respingono.

Così possiamo lasciare i quattro poli con alcuni magneti già fissati lungo ogni fila. Lascieremo asciugare l'adesivo almeno per un giorno a temperatura da 25° a 50° C.

Nelle tappe successive terminiamo la copertura del rotore coi magneti mettendo molta attenzione nel disporli secondo le polarità. Alla fine del lavoro dovranno rimanere solo 4 poli, ogni polo formato da 24 magneti dello stesso segno.

Una volta terminato il rotore, si monta tutto, si osserva se gira fluidamente e si determinano le caratteristiche del generatore (vedere in seguito).

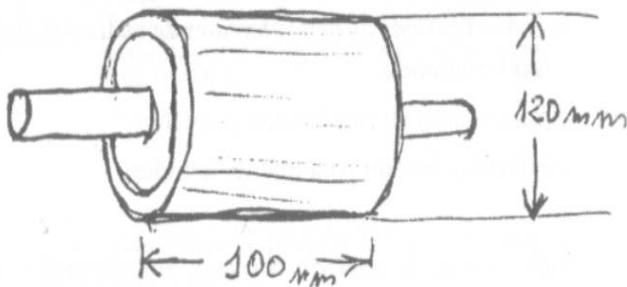
b) alloggiamento di magneti grandi mediante cilindratura e fresatura:

La cilindratura permette di eliminare la maggior parte del materiale eccedente del rotore in maniera semplice e rapida, la fresatura lascia delle superfici piane, sulle quali disporre i magneti.

Determinazione del numero di facce del rotore:

Il numero di facce da realizzare sul rotore con la fresatrice deve essere multiplo del numero di poli del motore ed è condizionato dalle dimensioni del rotore e dai magneti disponibili.

Nel nostro esempio, il motore è da 1430 rpm, quindi 1500 rpm a vuoto, pertanto abbiamo stabilito 4 poli, quindi, come accennato anche nel paragrafo precedente, il numero di facce da realizzare sul cilindro dovrà essere pari a 4 suo multiplo: 4, 8, 12, 16...



Raggio del rotore: $120/2=60$ mm. In questo caso disponiamo di magneti di $40 \times 25 \times 10$ mm. La distanza fra le facce piane è $60 - 10,5 = 49,5$ mm di raggio, $49,5 \times 2 = 99$ mm di distanza tra le facce contrapposte.

Per determinare il numero di facce, consideriamo la lunghezza della circonferenza dove si dispongono i magneti: $l = 2 \cdot \pi \cdot R = 2 \cdot 3,14 \cdot 49,5 = 311$ mm. Ogni magnete è largo 25 mm: $311/25 = 12,4$ facce. Pertanto dovremo realizzare 12 facce.

al rotore, che alla fine, ospiterà 24 magneti di $40 \times 25 \times 10$ mm su 12 facce, due magneti per faccia. La trasformazione del rotore si effettua in due fasi: cilindratura e fresatura.

Cilindratura: si consuma la maggior parte del materiale di troppo. Nel nostro esempio torniremo il rotore fino a ridurne il diametro alla misura di 102 mm (51 mm di raggio)

Fresatura: ci disporremo a realizzare dodici facce sul rotore fino a raggiungere il raggio di 49,5 mm, 99 mm di distanza tra facce.

Per facilitare l'incollaggio dei magneti, una volta cilindrato il rotore sarà conveniente fresarlo formando dei canali da 1 a 2 mm di profondità. in ogni caso bisogna studiare se le misure del rotore e quelle dei magneti permettono la formazione degli alloggiamenti per i magneti più quella di bordi rialzati.

E' consigliabile fresare a piccole profondità, per evitare di consumare totalmente i lamierini per non minarne la coesione che durante il funzionamento dell'alternatore potrebbe venir meno, sfaldando il rotore.

Il tipo di colla da usare potrebbe essere Araldit, Nural 21, ovvero altre resine, premurandoci di effettuare l'incollaggio in un posto tiepido, a temperatura compresa fra i 25 e i 50° C.

Prima di incollare i magneti procederemo a segnarne i poli con etichette autoadesive per evitare confusioni. Una metà dei magneti verrà marcata a Nord e l'altra verrà marcata a Sud, è pure conveniente marcare allo stesso modo le facce del rotore, così da non fare errori e procedere in maniera rapida e sicura.

Anche qui procediamo col dare un colpetto di carta vetro a grani grossi sul lato dei magneti sul quale andremo a stendere l'adesivo, in modo da facilitarne la presa, avendo cura di ripulire bene con alcool la faccia così trattata. Procediamo alla stessa maniera per le facce del rotore. Mescoliamo la resina con l'indurente secondo le istruzioni del fabbricante, stendiamo la miscela su entrambe le parti da incollare,. E' consigliabile stendere l'adesivo anche fra i bordi di contatto dei magneti fermandoli con un elastico molto stretto per evitare che si respingano.

Mettiamo pure un forte anello di gomma sopra i magneti abbracciando il rotore, assicurandoci dell'orientamento dei magneti stessi. Viste le potenti forze di attrazione e di repulsione magnetiche, in una prima fase incolleremo solo la terza parte dei magneti, cioè li incolliamo su una faccia del cilindro e lasciamo le due facce seguenti senza magneti, e così via.

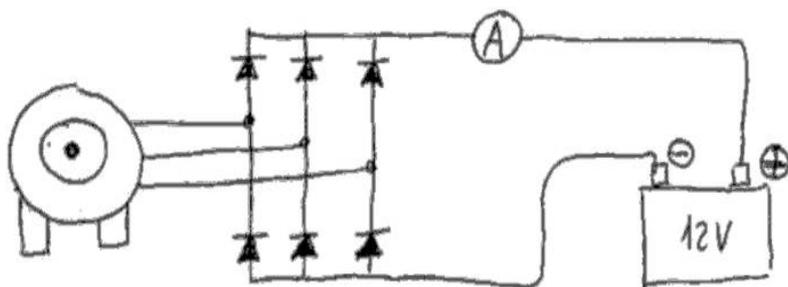
Se la giornata è calda e soleggiata possiamo lasciare che la resina si asciughi al sole, in ogni caso l'indurimento dell'adesivo deve avvenire in un locale asciutto con temperatura fra i 25° e i 50° C.

Il giorno successivo possiamo terminare l'incollaggio dei magneti, intercalando ad essi degli stecchini, per far loro mantenere un'esatta posizione. E' importante, prima che l'adesivo si secchi del tutto, testare il corretto orientamento dei magneti utilizzando un altro magnete, sentendo le attrazioni e le repulsioni.

Prova del generatore

Possiamo collegarlo ad una lampadina da 12V 200W e far girare l'asse a mano, per comprovare che funziona.

Oppure possiamo misurare le caratteristiche del generatore accoppiandone l'uscita ad un ponte rettificatore trifase, un amperometro ed una batteria. Facciamo girare l'asse con un trapano elettrico ed una cinghia e misuriamo la velocità di rotazione (rpm) e l'intensità di corrente (A) tanto per la connessione a stella quanto per la connessione a delta.



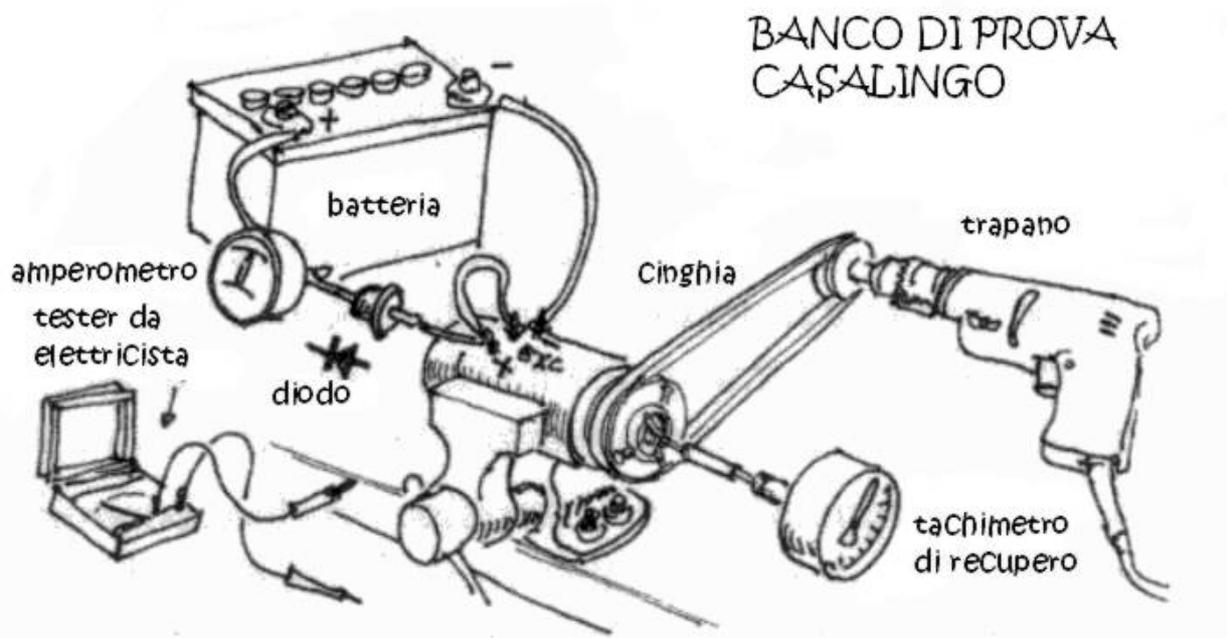
E' divertente vedere il nostro lavoro coronato dal successo, la manutenzione di questo generatore consiste nell'ingrassare le parti rotanti una volta all'anno.

Il risultato dell'insieme, per la carica di batterie a 12 V è: inizio carica a 170 rpm, 2 A a 220 rpm, 5 A a 360 rpm, 10 A a 660 rpm.

Banco di prova casalingo

Se nell'officina dell'elettrauto che è provvista di banco di prova ti fanno problemi o non hai voglia di pregare nessuno, puoi fare le tue prove in casa. Muoviamo il generatore con un trapano elettrico attraverso una cinghia. Misuriamo l'intensità con un amperometro (serve quello che utilizzeremo nel quadro di controllo) e il voltaggio con un tester. Conviene che il trapano sia provvisto di regolatore di velocità, per misurare la produzione di energia a differenti rpm, che a loro volta devono essere misurati con un tachimetro casereccio ricavato da un contachilometri di automobile. La calibrazione è semplice: dov'è scritto 60 Km/h si scrive 1000 giri, dove c'è scritto

120 Km/ scrivere 2000 giri etc. Il tachimetro si accoppia al generatore come meglio si riesce a



fare. E' conveniente eseguire queste prove in due persone

Regolatore del regime di giri

Questo regolatore è il sistema più semplice che si possa accoppiare ad una dinamo o alternatore di un aerogeneratore. Vi sono moltissimi aerogeneratori autocostruiti e non, che funzionano da anni utilizzando questo sistema di regolazione senza aver presentato mai nessun problema.

Il regolatore ha solo due componenti: un diodo e una lampadina

Il diodo si colloca generalmente all'uscita del morsetto positivo (+) del generatore con una piastrina di dissipazione, per permettere che la corrente prodotta dal generatore verso le batterie passi solo in uscita e non al contrario.

Diodo: deve poter sopportare molta intensità di corrente (più o meno 40 A). Si possono utilizzare diodi di basette di alternatori di automobile. Nelle officine si cambiano queste basette anche quando falla un solo diodo. Per comprovare se i diodi sono buoni si utilizza un tester posto su scala "Ohm". Un diodo funziona se lascia passare la corrente in un senso ma non nell'altro.

Lampadina: permette di regolare il regime di giri a cui il generatore incomincia a caricare e in più protegge le bobine dell'induttore perchè attua anche come fusibile. La lampadina si connette al morsetto positivo (+) e all'eccitazione (Exc) del generatore nella maggior parte dei generatori. In generatori con eccitazione sul negativo si colloca fra il morsetto del negativo (-) e quello dell'eccitazione (Exc).

Ci sono lampadine di differenti potenze, tanto a 12 V come a 24 V. Ogni lampadina possiede una resistenza elettrica diversa (più potenza = meno resistenza).

Amesso che collochiamo la lampadina intercalata al circuito di eccitazione, in serie con le bobine induttrici, possiamo ridurre l'intensità di eccitazione a volontà, a seconda della lampadina che andiamo a collocare.

Man mano che si riduce l'intensità di eccitazione, aumenta il numero di rpm utile al generatore per cominciare il processo di carica. Molte volte un generatore comincia a caricare "troppo presto" e, se è mosso da un'elica aerodinamica, quest'ultima non riesce a prendere velocità e non entra in regime aerodinamico. La lampadina costituisce la soluzione a questo problema.

In più la lampadina ha il compito di mantenere costante la I_{ex} anche quando aumenta il voltaggio fra i morsetti (+) e (-) del generatore, inquanto la sua resistenza elettrica aumenta con la

temperatura. La resistenza elettrica di una lampadina accesa è più o meno di sette volte maggiore di quando è spenta. Questo effetto aiuta a moderare l'intensità massima prodotta dal generatore e, in certa misura, lo protegge.

In ogni caso, questo regolatore non limita l'intensità massima erogata dal generatore per cui la velocità massima di rotazione deve essere in qualche modo regolata con qualche soluzione già trattata in "Sistemi di regolazione".

La

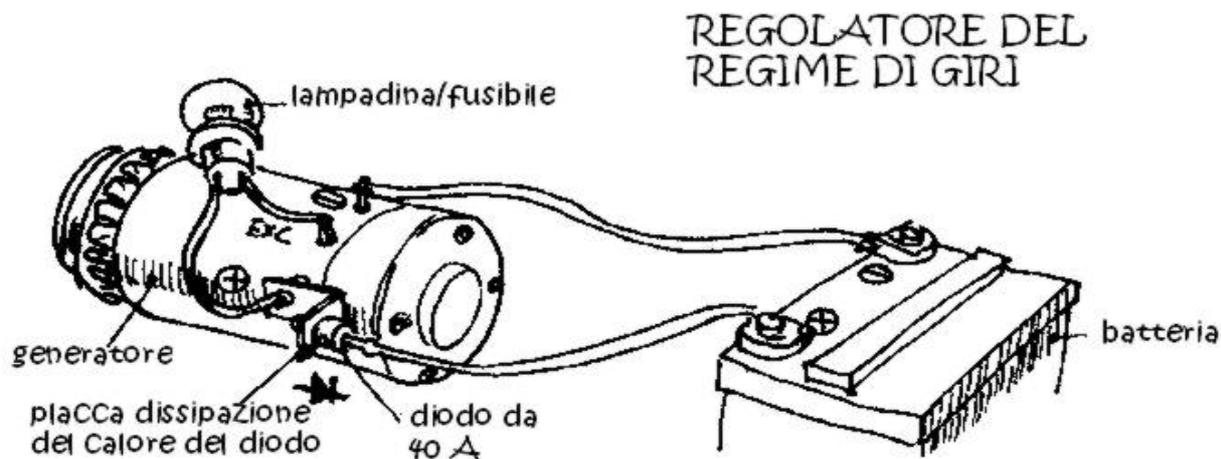


tavola seguente può orientare nella scelta della lampadina da utilizzare a seconda dell'intensità di eccitazione del generatore.

fino a:	1	12 V - 20 V
	1,5	24 V - 50 V
	2	12 V - 50 V

Con questo regolatore l'aerogeneratore carica solo quando c'è vento, perciò bisogna controllare la carica delle batterie e disorientare l'apparato quando siano completamente cariche.

Si può controllare lo stato di carica delle batterie col densimetro (v. "Batterie ") e attraverso dei diodi luminescenti del quadro di controllo. Anche se questo sembra essere un piccolo inconveniente, si ha il vantaggio di poter ignorare le perdite di tensione nei cavi che vanno dall'aerogeneratore alle batterie , così come capita quando i cavi sono molto lunghi. In questo tipo di installazioni i regolatori commerciali non servono.

Regolazione elettronica del voltaggio

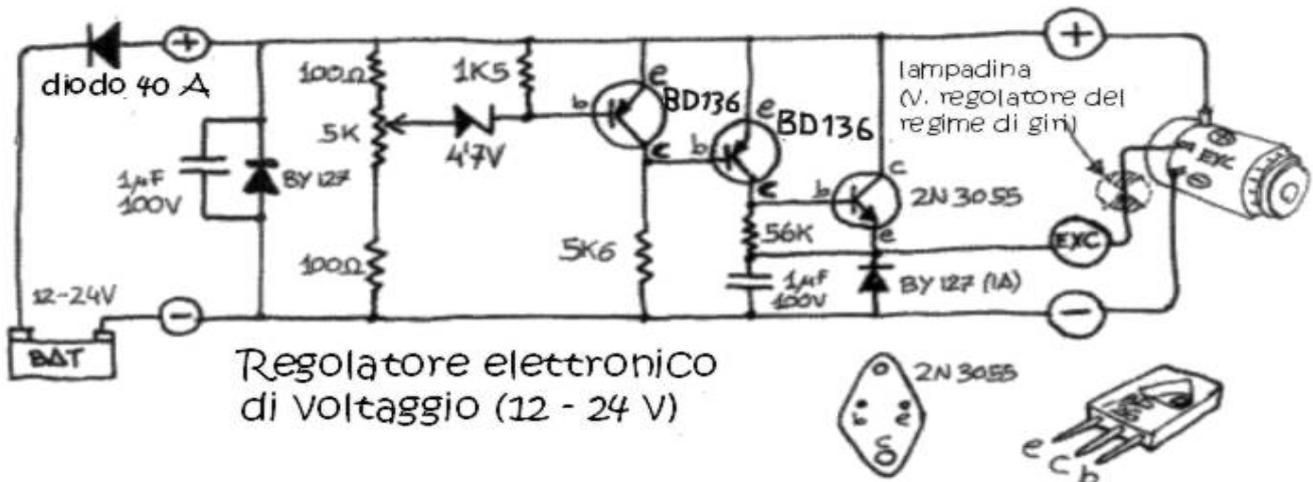
Un regolatore, permette che passi la corrente dal generatore alle batterie ma non il contrario, altrimenti le batterie si scaricherebbero. In più il regolatore permette al generatore di caricare solo quando le batterie ne hanno davvero bisogno, impedendo sovraccarichi dannosi (vedere "Batterie")

Il regolatore limita l'intensità massima prodotta dal generatore perchè l'indotto non venga danneggiato dall'eccessivo calore sviluppato in questi casi.

Il regolatore si colloca fra il generatore e le batterie. Conviene disporlo proprio nell'aerogeneratore, in modo da dover portare fino alle batterie solo due cavi: il positivo e il negativo, passando per il quadro di controllo. Se il regolatore fosse collocato vicino alle batterie bisognerebbe portarvi tre cavi, complicando le operazioni e aumentando il rischio di contatto.

Vi sono due tipi di regolatori: meccanici ed elettronici. I regolatori meccanici (bobine) non devono essere usati con gli aerogeneratori perchè presentano molti inconvenienti: permettono solo una lieve regolazione che comunque si perde dopo un po' di tempo, si rompono presto perchè i

contatti si deteriorano, consumano molta energia prodotta dell'aerogeneratore, disturbano i segnali radio etc...



Inquanto ai regolatori elettronici, possono essere commerciali o autocostruiti. I regolatori elettronici commerciali possono essere acquistati quando la distanza tra aerogeneratore e batterie sia breve, e non hanno la possibilità di essere regolati, sono costosi e si rompono con molta facilità.

Un'altra alternativa consiste nel costruirsi da soli il proprio regolatore elettronico regolabile. Chiunque abbia già costruito qualche circuito elettronico troverà l'operazione molto semplice. Il circuito viene preparato per proteggersi dalle irregolarità di funzionamento e si può regolare il voltaggio del generatore a seconda delle necessità. Serve per le dinamo e gli alternatori da 12 e 24 V, funzionando associato al "regolatore del regime di giri". In questo modo l'istallazione può essere anche "abbandonata a sè stessa" senza pericolo si sovraccarica delle batterie. Quando l'istallazione è di 12 V, il regolatore si calibra a 14 V.

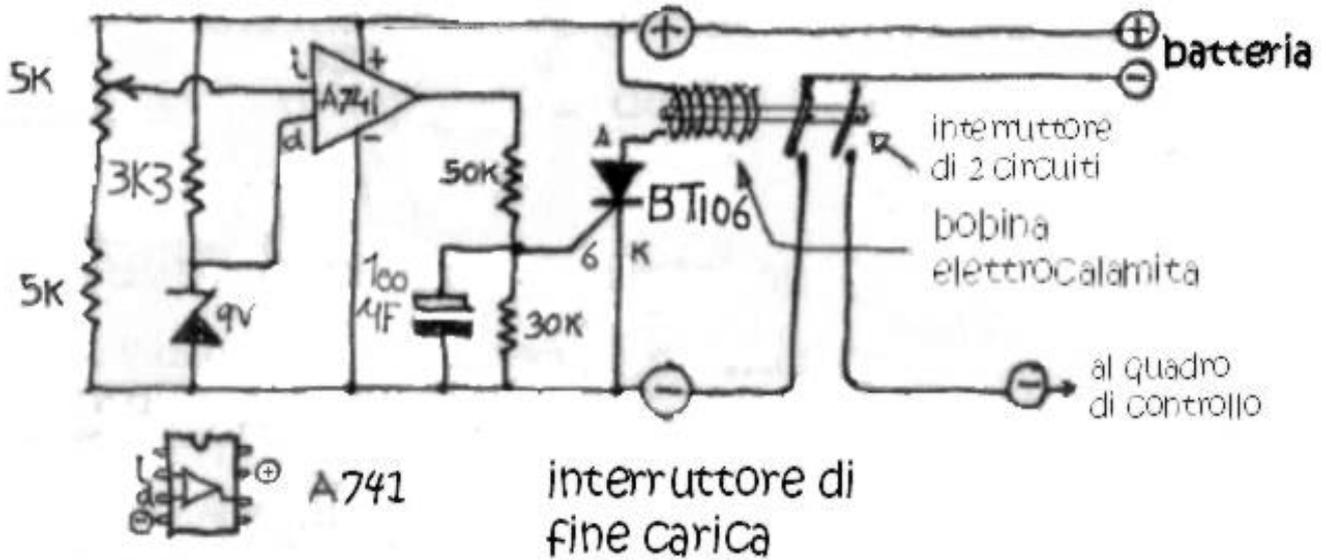
L'interruttore di fine scarico

Il regolatore di minima ha la missione di disconnettere automaticamente le batterie dal resto dell'istallazione quando il voltaggio è inferiore a quello determinato e regolato preventivamente. In istallazioni da 12 V si regola a 11,5 V, così, se per sbaglio qualche apparato elettrico resta in funzione impedisce alle batterie di scaricarsi completamente, giacchè ciò sarebbe molto pregiudizievole per la loro durata (v. "Batterie"). Quando funziona, l'interruttore di scarico disconnette sè stesso e le batterie.

Per costruire questo apparato servono i seguenti componenti: un interruttore da 30 A da due posizioni per due circuiti e una bobina provvista di nucleo, di quelle che si trovano accoppiate ai motori di avviamento.

La bobina e l'interruttore possono essere sostituiti da un interruttore magnetico automatico ritoccato.

In una situazione ordinaria il circuito consuma solo 3 mA. Nel momento della disconnessione il circuito dà corrente alla bobina, questa tira l'interruttore e disconnette le batterie.

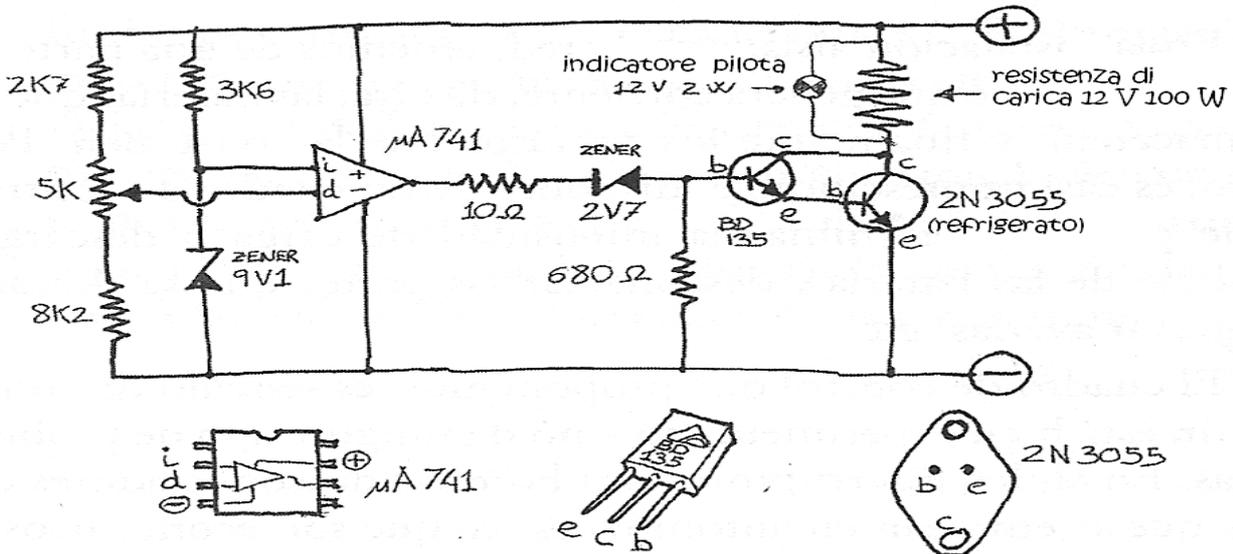


Circuito di fine-carica

Il sistema più semplice è mandare l'eccesso di carica verso una resistenza. Possono essere combinate molte fonti somministratrici di energia (fotovoltaica, idraulica ed eolica) e usare un unico circuito che permetta di mantenere il voltaggio della batteria al disotto dei 14 V.

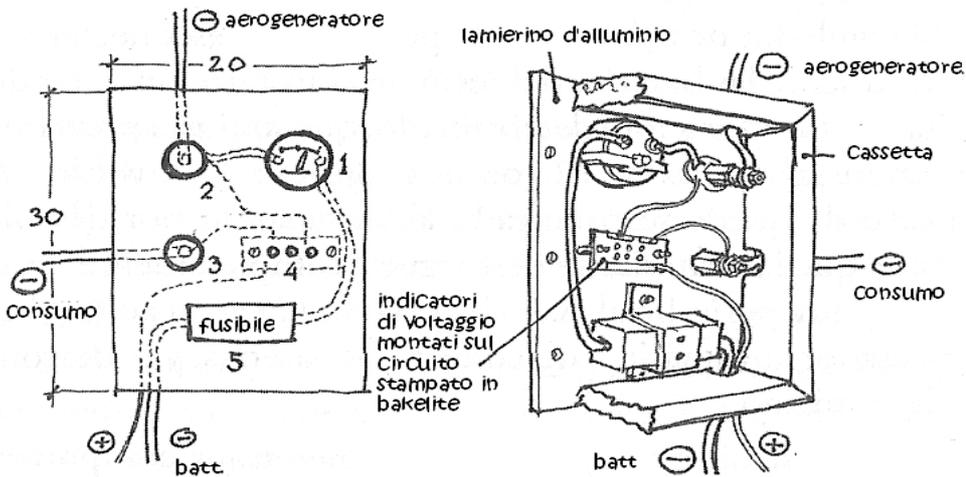
REGOLATORE DI VOLTAGGIO MEDIANTE CONSUMO DI ENERGIA IN ECCESSO

(10-15 V_{cc.})
100 W
consumo a vuoto
di 2,4 mA a 12 V



Il quadro di controllo

Nell'installazione isolata dalla rete, abbiamo, da una parte il vero e proprio apparato produttore di corrente, dall'altra, le batterie che la immagazzinano ed infine gli apparati che la consumano. Per questo motivo è quasi imprescindibile disporre di un quadro di controllo che permetta di

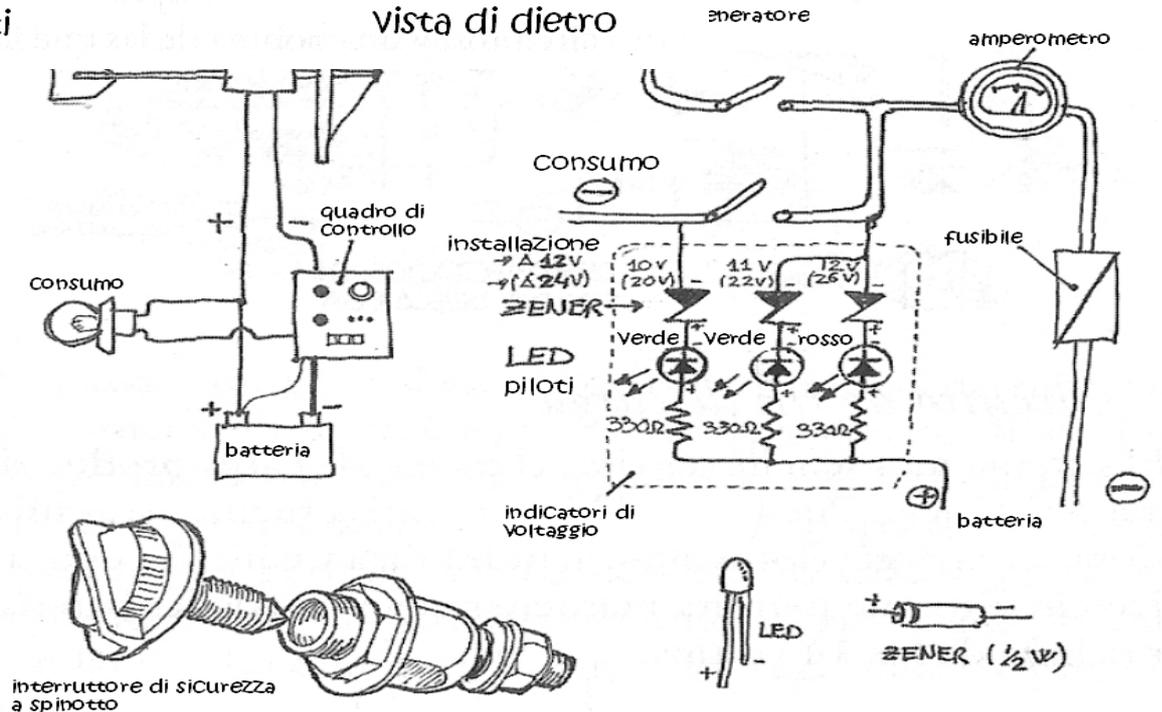


determinare l'intensità di carica delle batterie, il loro voltaggio, disconnettere le parti che si desidera disconnettere, cercare avarie etc..

Il quadro di controllo che proponiamo è semplice da costruire, è ben testato e non dà nessun tipo di problema.

Vista davanti

Vista di dietro



In esso gli interruttori sono costituiti da bottoni sconnettori di quelli impiegati nelle automobili, giacchè sono economici ed esenti da avarie. I cavi che passano nel quadro, sono quelli corrispondenti al polo negativo (-), in modo da evitarne la corrosione.

Descrizione dei componenti del quadro:

- 1 Amperometro: permette in ogni momento di determinare il livello di carica delle batterie
- 2 Botone interruttore dall'aerogeneratore: permette di disconnettere le batterie dal generatore in ogni momento.
- 3 Botone interruttore del consumo: permette di disconnettere l'installazione dal consumo quando si vuole assentarsi normalmente da casa.
- 4 Indicatore di voltaggio delle batterie: consta di tre piloti indicatori: uno di bassa carica, uno di media carica e uno di sovraccarica. Il primo pilota (verde) entra in funzione quando il bottone

n° 3 è connesso, mentre gli altri due sono sempre connessi in modo da funzionare anche col bottone n° 3 disconnesso.

In installazioni da 12 v il primo indicatore rimarrà sempre acceso quando la tensione è superiore a 11,5 V, il secondo quando sia superiore a 12,5 V, e il terzo (rosso) quando questa superi i 14 V.

Quando il primo indicatore verde è acceso possiamo consumare corrente, se non si accende pur con l'interruttore n° 3 connesso, allora significa che non si può consumare corrente perchè le batterie sono molto scariche e l'assorbimento potrebbe dare luogo a fenomeni di solfatazione (v. "Batterie") ovvero il fusibile è saltato. I due indicatori verdi accesi stanno a significare che la batteria è a piena carica, se si accende l'indicatore rosso, significa che le batterie sono già a piena carica e che il generatore deve essere disconnesso perchè non continui a caricare.

Ogni indicatore di voltaggio si realizza con un diodo luminoso (LED) da 3 mm Ø, un diodo zener e una resistenza da 330 Ohm, il tutto in serie, rispettando la polarità dei diodi. Indichiamo di seguito le caratteristiche dei componenti:

Volts	zener	LED
11,5	10 V	Verde
12,5	11 V	Verde
14	12 V	Rosso

Un voltmetro convenzionale ad acqua, è molto più costoso, meno visibile e non ha la sufficiente sensibilità richiesta per questa funzione. Esistono sul mercato alcuni misuratori di voltaggio che hanno tre LED con un'indicazione molto chiara del voltaggio e si possono trovare nei negozi di accessori per auto

5 Fusibile: serve per interrompere la corrente quando raggiunge valori anormalmente alti (cortocircuito) Possono essere impiegati fusibili a filo, tenendo presente che quello in rame di 0,4 mm Ø sopporta 30 Ampères

Se si vive nella casa dove è montato un aerogeneratore la cosa normale è quella di tenere i bottoni 2 e 3 connessi, e, per questo, anche l'indicatore di voltaggio verde sarà acceso (c'è corrente da consumare). Se in queste condizioni il pilota non si accende può essere che il fusibile è saltato ovvero le batterie sono scariche. Cambiamo il fusibile: se si accende il pilota dobbiamo ricercare le ragioni per le quali il fusibile è saltato. Se, una volta cambiato il fusibile il pilota non si accende, allora le batterie sono completamente scariche e non bisogna consumare corrente.

Se si cambia il fusibile e questo torna a saltare, allora c'è un'avaria in atto. In questo caso disconnettiamo i bottoni 2 e 3, cambiamo il fusibile e connettiamo solo il bottone 2. Se l'amperometro segna rosso, al massimo della scala, allora l'avaria è da ricercarsi nell'aerogeneratore. Lasciamo il bottone 2 disconnesso e ripariamo l'avaria, poi riconnettiamolo, se l'amperometro non segna nulla, disconnettiamolo ancora e connettiamo il bottone 3. Se l'amperometro segna rosso, a fondo scala, allora l'avaria è da ricercarsi nell'installazione di consumo. Disconnettiamo il bottone 3 e ripariamo l'avaria

Calcolo delle necessità

Prima di costruire un mulino o una turbina per produrre elettricità, dobbiamo stabilire il consumo previsto che andremo a sostenere.

La nostra possibilità di generare deve essere ampiamente superiore al consumo previsto, in modo da avere la possibilità di ampliarlo senza dover potenziare la produzione. Bisogna tuttavia cercare di non strafare, ricordando che a macchine più grandi corrisponde un investimento iniziale maggiore, che non sempre trova una valida giustificazione.

Il consumo di energia si misura in Kw.h e corrisponde alla potenza dell'apparato in funzione (espressa in Kw) moltiplicata per il tempo (h) durante il quale rimane in funzione. Così, p. es una lampadina da 50 W, restando accesa durante 2 ore consuma 200 w ovvero 0,2 Kw.h:

$$0,02 \text{ Energia (kw.h)} = \text{Potenza (kw)} 0,05 \times \text{Tempo (h)} 2$$

Per rendere le cose più semplici si può consultare la tabella appresso riportata

APPARECCHI	W	APPARECCHI	W
Lampada per fari di "posizione"	5	Motore tregicristalli	6-12
Lampada per freni o frecce	20	Ventilatore normale	30-50
Lampada per fari abbaglianti	50	Dinamo usata di motore	60-400
Neon corto	15	Frullatore	200-400
Neon lungo	30	Saldatore elettrico	50-100
Televisore portatile	35	Ferro da stiro a secco	150-300
Televisore normale	100	Ferro da stiro a vapore	1000
Radio stereo	50-70	Boiler elettrico	1000
			2000
Frigorifero	80-120	Cucina elettrica	2000
			3000

Per orientarsi ancor meglio sui consumi complessivi di una casa abitata continuamente da 4 o 5 persone che vivano senza grossi sprechi, abbiamo riportato un'altra tabella:

TIPO DI CONSUMO	CONSUMO DIARIO Kw.h	TIPO DI CONSUMO	CONSUMO MENSILE Kw.h	
			Casa abitata continuamente	Casa del fine settimana
① ILLUMINAZIONE (lampadine e neon)	0,4-0,6	①	12-18	4-6
② ELETTRODOMESTICI (lavatrice, televisore, ferro da stiro frullatore)	0,2-0,4	①+ ②	15-30	5-10
③ FRIGORIFERO	0,7-1	③+ ①+ ②	40-60	14-20

Quando la casa viene abitata solo durante i fine-settimana, si può stimare un consumo che è la terza parte di quello di una casa abitata continuamente.

L'energia elettrica è di alta qualità, per questo motivo non è indicata per essere convertita in calore, giacchè un Kw.h equivale a 860 Kcal., mentre un chilo di legna ne produce più di 4000 (corrispondenti a 5 Kw.h)

Vi sono taluni apparecchi, come i ferri da stiroo le saldatrici etc. che impiegano elettricità per sviluppare calore, ma il loro uso è limitato a poche ore, e comunque può essere riservato ai giorni ventosi.

Frutta più il risparmio chge l'efficienza produttiva. Anche se il sole, il vento o l'acqua forniscono energia gratuita bisogna cercare sempre di evitare le dannose abitudini proprie della nostra società dei consumi.

Apparecchi d'illuminazione

Per illuminare un locale è molto più importante il rendimento complessivo della lampada che la potenza della lampadina. non serve a nulla tenere molte lampadine da 50 w coperte da schermi o vetri che non lascino passare la luce. Le lampade devono permettere alla luce di uscire senza

ostacoli e devono dirigerla laddove sia necessaria. Non sono raccomandabili le parabole dei fari d'automobile, perchè concentrano la luce in modo eccessivo.

Lampadine

La maniera più usata per convertire l'energia elettrica in luce è mediante lampadine a incandescenza. In installazioni di poca potenza, in cui si lavora a 12 volt si impiegano lampadine di automobile. Possono essere usate quelle lampadine a cui si è fuso il filamento dei fari bassi, ma che recano il filamento più potente ancora integro. Queste lampadine sono facili da trovare fra i rifiuti di qualsiasi elettrauto.

Sono molto efficaci, e possiamo incontrarne di tutte le potenze, dalle più piccole fino alle alogene. Possiamo farci un'idea della loro efficacia confrontando il rendimento luminoso di una lampadina per casa da 40 w con quello di una lampadina di faro della stessa potenza.

Tubi fluorescenti e lampadine a basso consumo

I tubi fluorescenti danno il doppio della luce delle lampadine, a fronte del medesimo consumo, ma necessitano di corrente alternata per funzionare. Per passare dalla corrente continua a quella alternata si usano dispositivi transistorizzati ad alta frequenza (20000 Hz) ma sono abbastanza cari.

La luce fluorescente è più diffusa di quella di lampadina e può risultare migliore per talune attività come la lettura. In tutti i modi, se il nostro congegno di produzione (mulino o turbina) eroga sufficiente energia, allora non sarà necessario ricorrere ai tubi fluorescenti. Questi vengono solitamente utilizzati negli allevamenti per ingannare gli animali e far credere loro che ci sono 15 ore di luce anche in inverno. In questo caso vengono impiegati da 5 a 10 w/m² e durante l'inverno le luci restano accese in inverno cinque ore al dì.

Elettrodomestici

Gli elettrodomestici rappresentano un fattore importante nel calcolo dei consumi di un'abitazione. Oggigiorno vengono costruiti per durare poco e consumare molto.

Per un uso razionale di questi apparati è quasi sempre necessario apportarvi qualche ritocco.

Lavatrice

Le lavatrici vengono disegnate con lo scopo di divorare acqua e grandi quantità di energia, mentre i programmi di lavaggio durano due ore, durante le quali non fanno altro che spillare, riscaldare e buttare acqua calda e sapone.

Il consumo maggiore di queste macchine sta nella resistenza per riscaldare l'acqua (2000 w). La pratica dimostra che per lavare non sono necessarie tante complicazioni, basta che la biancheria continui a rotolare nel cestello per 15 o 20 minuti sempre nello stesso senso e ne verrà fuori pulita.

Per avere una lavatrice ecologica e di basso consumo si può cominciare col procurarsene una a tamburo a carica dall'alto dallo sfasciacarrozze. Possiamo togliere il vecchio motore e la maggior parte dei cavi e dei programmatori. Poi montiamo un motore piccolo (50 - 100 W) che può essere una dinamo di auto da far funzionare come motore (vedere "Dinamo"). Questo motore funzionerà con corrente continua di batteria e dovrà muovere il cestello pieno approssimativamente a 60 rpm . Per far ciò, bisogna fare diverse prove con pulegge di diametro differente.

Resta solo da isolare termicamente il cassone con lana di roccia e lasciare un bottone per accendere il motore.

Per lavare basta introdurre acqua calda (da pannello solare o latta da cucina economica) e sapone sufficiente, si aziona l'interruttore e si aspetta una ventina di minuti, dopo di che la si spegne.

Se vogliamo sciacquare, svuotiamo l'acqua e introduciamo acqua pulita mentre il cestello gira ancora. Dopo di che lo lasciamo girare ancora, ma senz'acqua, come se stesse centrifugando e stendiamo la biancheria con delle mollette.

La stiratura si fa con un ferro a cui avremo sostituito la resistenza da 220 v con una da 12 o 24 v e da 150 w all'incirca. Invece del ferro a vapore impareremo a polverizzare dell'acqua con uno spruzzatore manuale.

Frigorifero

Il frigorifero o congelatore, è un elettrodomestico che può condizionare abbastanza le dimensioni del mulino o della turbina, giacchè può duplicare il consumo della casa, tanto da aver bisogno di un maggior numero di batterie ed un conseguente maggior investimento iniziale.

Innanzitutto bisogna interrogarsi sulla necessità reale di un frigorifero. Quest'elettrodomestico è nato per il fatto che il consumatore è sempre più consumatore e sempre meno produttore. Quando il modo di vita si avvicina sempre più all' autonomia e all'autoconsumo, il frigorifero serve a ben poco. Gli ortaggi sono nell'orto, le galline fanno uova diariamente e se vogliamo mangiare coniglio lo prendiamo direttamente nel recinto.

Il frigo può servire in questi casi solo per tenerci un pezzo di burro qualche yogurt, o le bevande fresche e questo si consegue con una temperatura di 6 - 10 C°. Non serve ulteriore freddo per null'altro, anzi, potrebbe essere pregiudizievole per la salute.

Per risolvere il problema del frigo, vi sono varie alternative, innanzitutto il frigo deve essere posizionato in una stanza fresca, situata a Nord per ridurre i consumi.

Se vogliamo utilizzare un frigo convenzionale dobbiamo sapere che consumerà ogni giorno circa 1 Kw/h e per connetterla alle batterie è necessario un convertitore (da 12 o 24 cc a 125 o 220 ca) di almeno 300 w. Questi apparecchi sono cari ed emettono un'onda quadrata, mentre quella della rete è sinusoidale.

Un'altra alternativa per avere un frigo che congela è di comperarne uno che funziona a gas butano. Il consumo di questi frigoriferi è di una bombola al mese. Questi apparati solitamente possono funzionare anche a 12 v, ma il loro consumo sarà almeno di 1 Kw/h al giorno, se non di più.

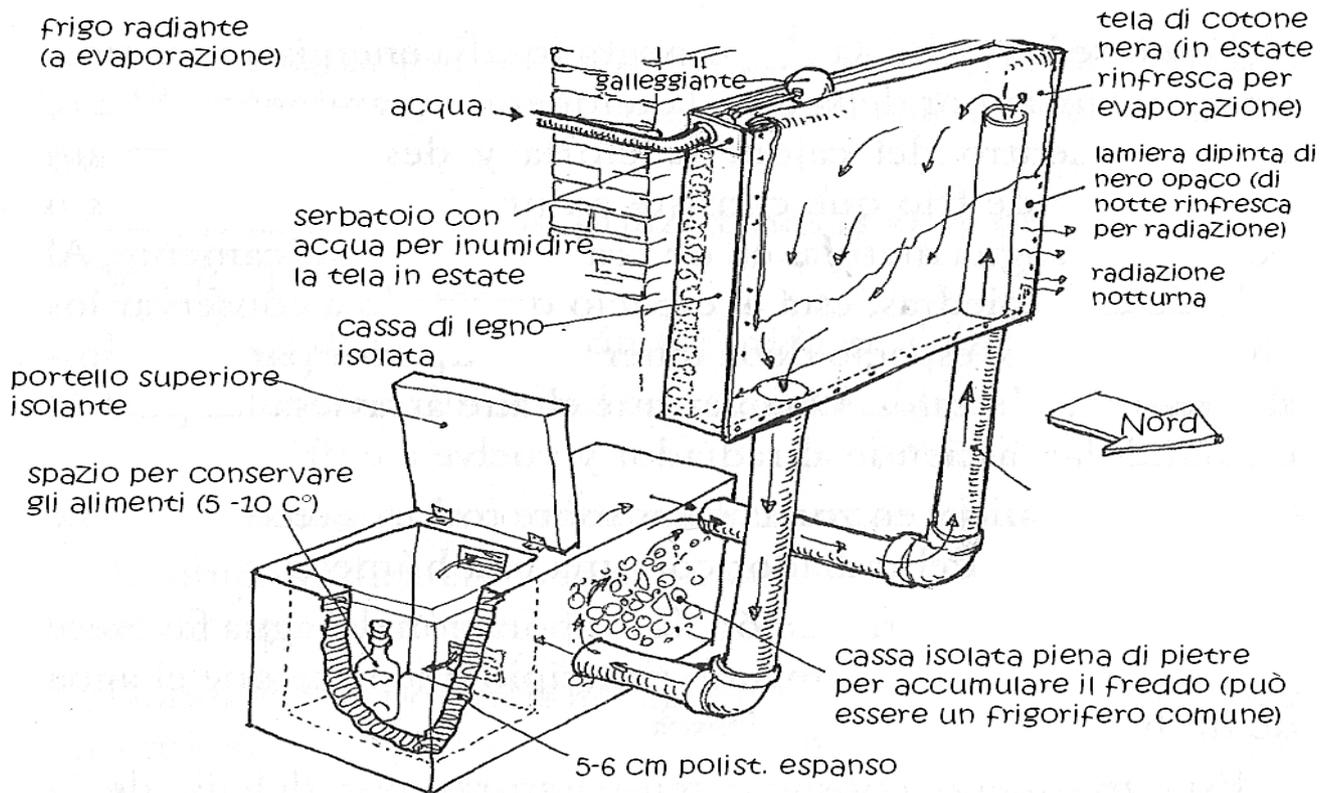
Frigido a radiazione.

Per conservare la maggior parte delle cose che solitamente mettiamo in frigorifero basta un frigo a radiazione notturna. Può funzionare facilmente grazie a semplici principi, in maniera totalmente passiva, senza bisogno di pompe, consumi di energia, nè avarie.

Il frigo consta di un radiatore di latta che chiude la faccia frontale di una cassa di legno. La latta deve essere dipinta di nero opaco, il tutto va collocato a ridosso di una parete rivolta a Nord, o meglio ancora se si tratta dello spiovente di un tetto rivolto appunto verso Nord.

Durante la notte, la latta nera irradia energia nell'atmosfera e si raffredda al disotto della temperatura ambiente. L'aria che c'è dentro alla cassa si raffredda e scende fino ad un accumulatore di freddo consistente in un mucchio di pietre o di bottiglie piene d'acqua poste in una cassa isolata termicamente. Al lato delle pietre vi è lo spazio riservato a conservare gli alimenti.

Questo spazio deve avere un coperchio superiore per minimizzare l' entrata del calore. Una volta che l'aria attraversa le pietre, raffreddandole, ascende al radiatore, dove torna a rinfrescarsi.



Per l'estate, soprattutto in zone siccitose, è raccomandabile coprire la latta del radiatore con una tela umida. Così, oltre alla radiazione l'evaporazione dell'acqua favorirà il raffreddamento per lo stesso principio per il quale l'acqua di un otre in pelle si mantiene fresca.

Questo frigo raggiunge temperature al disotto della minima esterna e mantiene 6 - 10 c° con facilità. In inverno può addirittura congelare. Gli arabi adottano un sistema simile per fare il ghiaccio nel deserto.

Televisione, radio

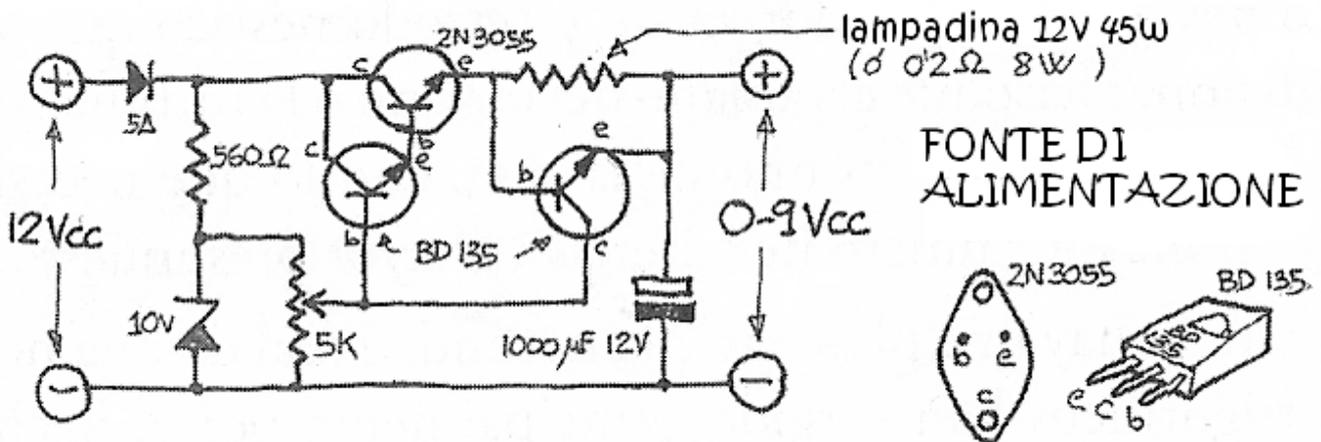
Gli apparecchi elettronici solitamente hanno anche un'entrata a 12 v c.c. e ci sono moltissime radio, registratori e televisori che funzionano a 12 v.

Alcuni impianti hi fi e televisori a colori, funzionano solo a 220 v c.a. e richiedono degli inverter ad onda sinusoidale per funzionare correttamente.

Per poter connettere le batterie da 12 v a degli apparecchi radio registratori ecc. che funzionano a voltaggi minori (4,5 V, 9 V) possiamo costruire una fonte di alimentazione a 2 Ampère cortocircuitabile e molto buona che fornisce un uscita regolabile con continuità fra zero e 9 V c.c.

Impianto

Prima di allungare qualsiasi cavo, è meglio sedersi e fare qualche calcolo. Bisogna tenere in conto che si può perdere una importante quantità di energia lungo i fili di un impianto elettrico, se sono troppo sottili, ma dei cavi molto spessi supererebbero il preventivo di spesa. Dobbiamo cercare in ogni caso una soluzione intermedia.



Nella tabella seguente indichiamo i valori della sezione raccomandabile del cavo di rame in mm² per installazioni da 12 v, a seconda della distanza che intercorre tra le batterie e il punto di consumo e la potenza trasportata, per perdite di energia del 5%

Potenza P (Watts)	Distanza L fra le batterie ed il punto di consumo			
	5	10	20	40
12	1	1	1,5	2,5
25	1	1,5	2,5	6
50	1,5	2,5	6	10
100	2,5	6	10	20
200	6	10	20	40
400	10	20	40	80

In installazioni da 24 V, è sufficiente la quarta parte della sezione per la medesima potenza con perdite uguali. La tabella anteriore serve pure per calcolare il diametro del cavo che parte dal mulino, la turbina o i pannelli fotovoltaici, per arrivare alle batterie. Possiamo calcolare la sezione del cavo raccomandabile per impianti a 12 v con cavo di rame e una perdita del 5% con l'aiuto della seguente formula:

$$s = 0,005 \cdot L \cdot P$$

s: sezione del cavo di rame in mm²

L: distanza in metri dalla batteria al punto di consumo

P: potenza dell'apparecchio in watts

Se vogliamo realizzare i nostri propri calcoli per qualsiasi installazione possiamo adottare la formula seguente

$$s = \frac{200 \cdot \rho \cdot \lambda \cdot P}{\% \rho \cdot v^2}$$

ρ : resistività del materiale del cavo

$\% \rho$: percentuale di energia perduta nei cavi.

v: voltaggio d'installazione

Possiamo verificare la potenza dei differenti apparecchi nella tabella.

I cavi si fabbricano solo in certe sezioni determinate che sono 1; 1,5; 2,5; 4; 6; 10; 16; 25... millimetri quadrati.

Esistono due tipi di cavi: rigidi e flessibili. I rigidi sono formati da uno o vari fili spessi, i flessibili da molti fili sottili. Bisogna tenere in conto che mentre il filo rigido può essere teso all'aria per la sua rigidità, è altrettanto vero che non sopporta di essere piegato più volte spezzandosi con facilità. Il cavo flessibile è un po' più caro. Se l'impianto si sviluppa sottotraccia non riusciremo a far passare il cavo rigido attraverso le curve.

Non bisogna spaventarsi per i calcoli da fare, se si legge con attenzione quanto segue si sarà in grado di conoscere le nozioni fondamentali.

Per i nostri calcoli utilizzeremo la "legge di Ohm" $V = R \cdot I$ ①

V: voltaggio dell'impianto (si misura in volt)

R: resistenza o difficoltà con cui passa la corrente (si misura in Ohm)

I: intensità della corrente elettrica (si misura in Ampère).

Utilizzeremo anche l'espressione: $P = V \cdot I$ ②

Dove P è la potenza dell'apparecchio che collegheremo (si misura in Watt)

Sostituendo V di ① in ② otterremo un'altra utile equazione: $P = R \cdot I^2$

Per esempio una lampadina di automobile porta le seguenti indicazioni: 12 V 48 W. Qual'è l'intensità del suo consumo? Vediamolo secondo l'espressione ②

$$P = V \cdot I = I = P/V.$$

Nel nostro caso la potenza (P) è di 48 watt e il voltaggio (V) è di 12 volt: $I = 48W/12V = 4 A$.

Cioè, quando colleghiamo una lampada di 12 V 48 W circola corrente di 4 A.

Ora possiamo chiederci qual'è la resistenza di questa lampada applicando la legge di Ohm:

$$V = R \cdot I \text{ dove } R = V/I$$

Ricordiamo che nel nostro caso il voltaggio ammonta a 12 Volt e l'intensità a 4 Ampère, avremo così: $R = 12V/4 A = 3 \text{ Ohm } (\Omega)$

Quindi la nostra lampadina ha una resistenza di 3 Ohm.

Posto che lavoriamo con voltaggi bassi, circoleranno intensità di corrente relativamente grandi, anche collegando apparecchi di piccola potenza, e la resistenza di questi sarà sempre piccola: per questo dovremo installare cavi più spessi di quelli utilizzati nelle installazioni da 125 o 220 V.

Un cavo possiede tanto maggiore resistenza quanto più è sottile e lungo. In più la resistenza dipende anche dal materiale con il quale è fatto il cavo. Per calcolare la resistenza di qualsiasi cavo possiamo applicare la formula seguente $R = \rho \cdot L/S$

dove ρ è la resistività caratteristica di ogni materiale.

L è la lunghezza del cavo in metri

S è la sezione del cavo in mm^2

La Tabella annessa riporta la resistività di alcuni metalli: Se abbiamo qualche amico elettricista possiamo reperire i cavi con il 40% di sconto.

RESISTIVITÀ DEI MATERIALI:			
ARGENTO	0,0163	FERRO	0,1200
RAME	0,0172	PIOMBO	0,204
ALLUMINIO	0,0283	GRAFITE	7,50

Si può utilizzare il cavo isolato con plastica marrone per il polo positivo e azzurra per quello negativo, in modo da poter sempre riconoscere la polarità dei cavi, per eliminare ogni dubbio si può testarli con una lampada e un diodo collegati in serie.

I collegamenti vanno fatti con i mammouth, e sempre in numero limitato, per evitare avarie e perdite.

Voltaggio dell'impianto

Giacchè le perdite per trasporto di corrente dipendono dal quadrato della sua intensità esiste un voltaggio raccomandabile per ogni gamma di potenza dei generatori, in modo che in nessun caso l'intensità sia superiore a 40 Ampère.

Il che significa che per generatori fino a 500 W avremo 12 V, fino a 1000 W avremo 24 V. Per potenze maggiori è meglio utilizzare 110 o 220 volts. Per queste tensioni (12, 24, 110, 220) esistono moltissime lampade e lampadine, motori e apparecchi, però per altre, come 36 V e 48 V la cosa è più difficile.

Batterie

La corrente elettrica prodotta dal generatore può seguire due strade, essere consumata nell'atto ovvero accumularsi.

Normalmente l'impianto di un aerogeneratore o turbina, annovera un certo numero di batterie o accumulatori, la cui missione è quella di immagazzinare energia per i giorni senza vento e mantenere costante il voltaggio dell'impianto stesso.

Descrizione

Esistono differenti tipi di batterie, ma noi ci occuperemo solo di quelle al piombo perchè sono le più comuni ed economiche.

Le batterie al piombo sono formate da varie celle, siccome ognuna di queste restituisce 2 V, si comprende come le batterie da 6 V siano formate da tre celle (tre tappi) quelle da 12 V da sei celle (sei tappi) e così via.

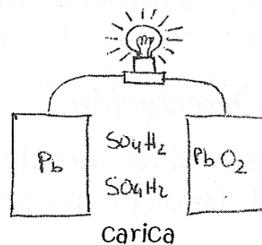
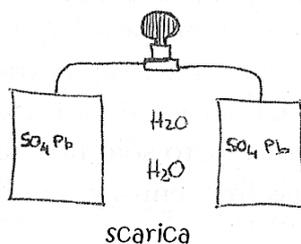
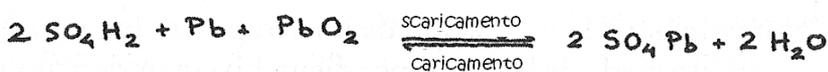
Ogni cella è formata da un contenitore entro il quale vi sono varie grate di piombo unite tra loro ed intercalate da altre grate, anche unite tra loro, ma separate dalle prime da separatori di vari materiali isolanti (legno, fibra di vetro, plastica etc)

I vuoti della grata positiva, vengono riempiti con ossido di piombo (PbO_2) o minio ($Pb_3 O_4$) e quelli della placca negativa con piombo spugnoso (Pb) o litagirio (PbO).

L'insieme va immerso in una soluzione di acido solforico ed acqua (elettrolito) a concentrazione adeguata.

Funzionamento

Durante lo scaricamento, l'acido solforico dell'elettrolito si consuma e si diluisce formando solfato di piombo solido e acqua. Durante la carica della batteria si verificano le medesime reazioni, ma in senso opposto:

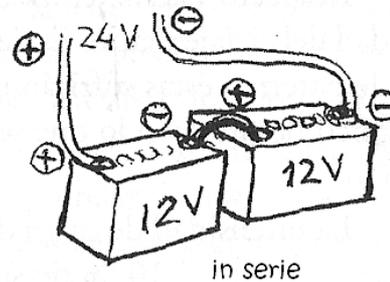
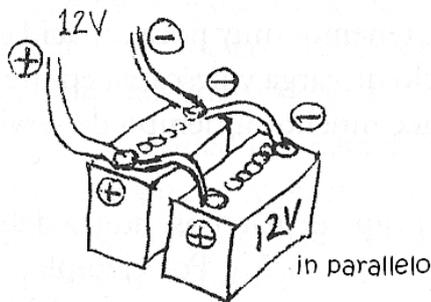


Batterie collegate

Per aumentare la riserva di energia possiamo associare varie batterie in serie o in parallelo. Quando si associano in parallelo, si devono collegare batterie dello stesso voltaggio, unendo tra loro i morsetti con la medesima carica (positivi con positivi, negativi con

negativi). Il voltaggio rimane quello della singola batteria, ma si dispone di maggiore energia e intensità che con una singola batteria.

Quando invece si associano in serie bisogna collegare batterie di capacità simile perchè se una cella grande viene collegata ad una cella piccola, consumando corrente la piccola si esaurisce subito ed anche se la cella grande non è esaurita, non disporremo ugualmente di corrente. Il voltaggio rinveniente dall'associazione in serie è dato dalla somma dei voltaggi di ogni batteria. Si utilizza quest'associazione in impianti da 24 V (12 + 12), e di 110 o 220 V. In questo tipo di



associazione vengono collegati tra loro i morsetti di segno opposto come indicato nel disegno

Prima di accoppiare una batteria usata a quelle che abbiamo già, dobbiamo assicurarci che non sia solfatata, nè che abbia vasi

(celle) comunicanti. Possiamo provarlo caricando la batteria fino al massimo con poca intensità (3 A) Poi dobbiamo lasciare la batteria per un paio di settimane, passate le quali, andremo a misurare il voltaggio fra i morsetti, che mai dovrà essere inferiore a quello nominale della batteria (6 o 12 V) altrimenti significa che vi è qualche vaso comunicante.

Collegiamo allora una lampadina di faro di automobile (p. es da 48 w) e controlliamo il tempo che la batteria impiega a scaricarsi (fino a che la luce della lampadina non ingiallisce). Quando la batteria dà l'impressione di essere scarica, mettiamola a caricare completamente, utilizzando una bassa intensità di carico. Moltiplicando le ore in cui la lampadina è rimasta accesa per l'intensità, avremo la capacità attuale in Ampère/Ora (Ah) della batteria. Se La lampadina è rimasta accesa poco tempo, dovremo disfarcì della batteria perchè probabilmente è solfatata.

Manutenzione e accorgimenti.

- 1) Bisogna evitare che la batteria si scarichi completamente giacchè quando il piombo spugnoso si consuma, viene a formarsi il solfato a detrimento delle grate e non è più possibile effettuare la carica. Si dice allora che la batteria è solfatata. Non bisogna lasciare le batterie con poca carica nemmeno per un breve periodo di tempo.
- 2) Anche la sovraccarica va evitata, perchè una volta caricata, nella batteria si produce un fenomeno di elettrolisi dell'acqua e si formano idrogeno ed ossigeno che si disperdono attraverso gli sbocchi sui tappi, con pericolo di esplosioni. Inoltre, l'ossigeno formato, ossida le placche, le deforma o le torce, rompendole. Comunque qualora la carica non scendesse mai sotto livelli alti, bisognerebbe provvedere a scaricare le batterie una volta ogni mese o due e tornare a ricaricarle.
- 3) Bisogna fare attenzione che l'elettrolito ricopra sempre le placche, superandole di almeno un centimetro, rabboccando, se necessario con acqua distillata e MAI con acido solforico, perchè quest'ultimo non evapora nè si scompone ed un eccesso di acido sfascerebbe la batteria.
- 4) Possiamo conoscere lo stato di carica di una batteria attraverso un densimetro. La densità dell'elettrolito varia da 1,26 o 1,28 con la batteria completamente carica fino a 1,15 con la batteria scarica.
- 5) I tappi e tutta la parte esterna della batteria vanno sempre conservati sempre puliti e asciutti onde evitare l'auto-scaricamento dovuto all'umidità. Perciò ,una volta puliti, i morsetti vanno unti con del grasso.

- 6) Conviene sempre scegliere delle batterie grandi. Per la stessa riserva di energia avremo meno morsetti da pulire e ingrassare, meno collegamenti e meno vasi da controllare col densimetro

Calcolo delle batterie

La capacità delle batterie si misura in Ampère-ora (Ah). Una batteria possiede 100 Ah quando può somministrare 1 A durante 100 ore (o 2 A durante 50 ore, 5 A durante 20 ore etc)

Per sapere quanti Ah devono accumulare le nostre batterie dobbiamo cominciare conoscendo il voltaggio (V) dell'impianto (12, 24, 110, 220 V) la quantità di enregia (E) consumata durante le 24 ore in Kw/h, ed i giorni di autonomia di cui abbiamo bisogno. Nel caso di un'istallazione eolica i giorni di autonomia devono essere commisurati ai massimi periodi di calma (solitamente compresi fra i 5 e i 10 giorni). In istallazioni idrauliche basta tenere una riserva equivalente ai due giorni per non costringere la batteria a cicli profondi di scaricamento e ricarica.

Inoltre bisogna tenere presente un coefficiente di 1,3 per perdite di rendimento e massima profondità consigliabile di scaricamento. capacità (C) delle batterie in Ah è:

$$C = 1300 \cdot E \cdot d/V$$

Per esempio: se consumiamo 30 Kw/h al mese, ovvero 1 Kw/h al giorno e vogliamo avere un'autonomia di 5 giorni (in modo da avere consumi normali per 5 giorni senza vento) La capacità di un impianto a 12 V sarà:

$$C = 1300 \cdot 1 \cdot 5/12 = 542 \text{ Ah.}$$

Rispetto alle batterie dobbiamo tenere in conto la profondità del ciclo giornaliero. Cioè, se abbiamo batterie poco capaci, queste soffriranno un ciclo di caricamento-scaricamento molto breve, riducendone la vita. l'intensità di caricamento di un gruppo di batterie, non deve mai superare il 10% della sua capacità in Ah. Per esempio se abbiamo un aerogeneratore che può caricare 10 A su 12 V, la capacità minima delle batterie dovrà essere di 100 Ah. In questo caso sarà raccomandabile possedere una capacità di accumulo pari a 200 Ah.

Consideriamo pure che non è bene sottoporre le batterie a cicli profondi di caricamento-scaricamento, la capacità "reale" di una batteria deve essere considerata al 70-80% della normale, in buone condizioni di lavoro.

Sul mercato si trovano batterie di tutte le capacità, dai 10 o 20 Ah di quelle delle moto ai 35-40 Ah di quelle delle automobili, ai più di 100 Ah di quelle dei camion. Se vogliamo comperare delle batterie nuove la cosa migliore è di comperarle della massima dimensione possibile (100 o 200 Ah) o, se possibile bisogna comperare batterie per veicoli elettrici. Queste ultime sopportano dai 3000 ai 5000 cicli di caricamento-scaricamento prima di perdere il 20% delle loro capacità nominali. Le migliori batterie sono quelle specifiche per impianti fotovoltaici. Non conviene mai comperare delle batterie "di messa in moto" perchè sopportano solo 250 cicli di caricamento. caso di acquisto di batterie nuove è meglio rivolgersi a qualche amico elettrauto perchè può accedere a sconti minimi del 30%. Possiamo anche riutilizzare delle batterie di camion o di carrelli elevatori, purchè vengano preventivamente testate come abbiamo spiegato più sopra.

Gli accumulatori commerciali sono costosi e la loro produzione è molto inquinante, sarebbe necessaria un indagine ad hoc che permetta di raggiungere buoni risultati nell'autocostruzione di accumulatori con buone caratteristiche e a basso costo.

Fine

Indice

Introduzione	pag1
Tipi di macchine	3
Dimensioni del mulino	4
Energia del vento	7
Elica multipala	9
Elica aerodinamica	12
Elica tradizionale	18
Elica a pale vuote	21
Elica dalle vele in tela	23
Calcolo di moltiplicazione	26
Sistemi di regolazione	27
Disorientamento	28
Boccole, bronzine ed altri pezzi di riciclo	30
Discesa della corrente	30
Scegliamo il nostro mulino	31
Mini generatore	31
Multipala-magnete	33
Aerogeneratore	34
Asse diretto	37
Multipala - scatola del cambio	37
Aeromotore	41
Supergeneratore	45
Torre per mulini	50
Annessi e connessi	
Tipi di moltiplicazione	54
Generatori: dinamo e alternatori	56
Dinamo	57
Alternatori	59
Alternatori autocostruiti a magneti permanenti...	65
Regolatore del regime di giri	69
Quadro di controllo	73
Calcolo delle necessità	75
Impianto	78
Batterie	81