



FACOLTA' DI INGEGNERIA  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E  
DELL'INFORMAZIONE

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA INDUSTRIALE

Progettazione nel dettaglio di una turbina  
con i magneti permanenti sul rotore

Relazione discussa in sede di esame finale  
dal candidato Paolo Lombardi

Docente tutore: Prof. Stefano Farnè  
Correlatore: Dott. Vito Lavanga

A.A. 2017/2018

## **INTRODUZIONE**

Negli ultimi anni, la ricerca e il progresso tecnologico, stanno ricercando maggiormente modi per produrre energia rinnovabile, cercando di utilizzare sempre più le risorse naturali che la natura ci offre gratuitamente, e inesauribili, come l'energia solare, l'energia idroelettrica ed eolica. Purtroppo, la risorsa che utilizziamo maggiormente, il petrolio, non è infinita e la sua produzione, raffinazione e utilizzo è molto inquinante e non più sostenibile.

E' bene quindi cercare di sfruttare il più possibile ciò che riceviamo gratuitamente e trasformare quell'energia, in elettricità.

Lo scopo di questa tesi è quello di creare un dispositivo per la produzione di energia elettrica che sia compatto e poco invasivo e che possa sfruttare energia che altrimenti andrebbe persa. Pensiamo, per esempio, a quanta acqua cade sui nostri tetti, la quale defluisce in canali di scolo per poi disperdersi nel terreno o nei fiumi. Se riuscissimo a sfruttare l'energia di questa acqua defluente, quanto vantaggio riusciremmo a trarne? Oppure, se nei nostri canali o rogge si riuscissero ad installare dispositivi che riescano a trasformare il moto dell'acqua in energia elettrica sebbene la corrente sia solitamente lenta e non costante nell'arco dell'anno?

Nelle pagine che seguono, si parlerà dell'iteg, un dispositivo con delle sue particolarità che lo differenziano dagli altri della sua categoria.

# CAPITOLO 1

## DESCRIZIONE

L'iteg (integrated turbine electric generator) è un dispositivo in grado di produrre energia elettrica, unendo sia la turbina che il generatore, entrambi integrati nel condotto.

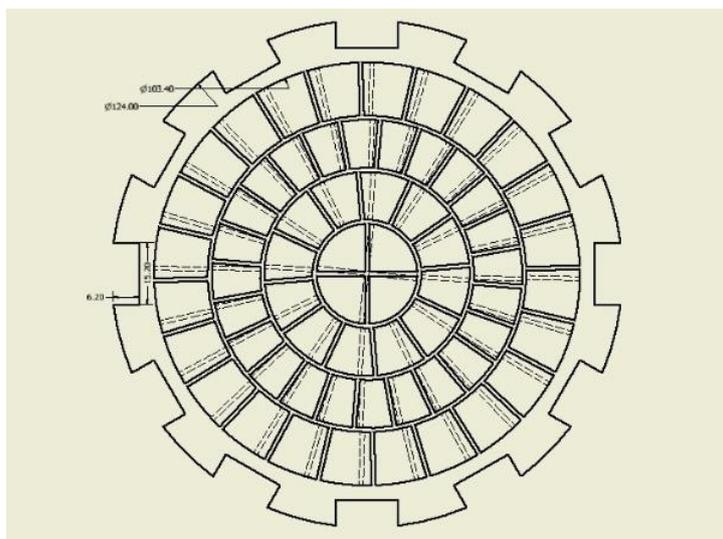
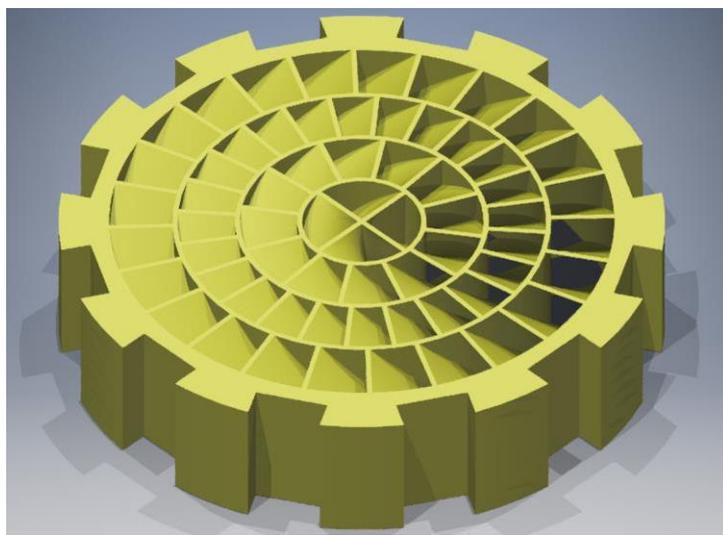
La particolarità dell'iteg è quella di avere un assetto del rotore che garantisce una massima superficie di intercettazione, grazie al fatto che riempie tutta la superficie interna del tubo senza presentare elementi strutturali che ne devierebbero il flusso dell'acqua che vi scorre, portando inoltre ad una omogeneità di intercettazione. Invece di usare delle pale, l'energia dell'acqua viene ceduta mediante il contatto con le superfici delle pareti dei cavedi presenti nel rotore e questo garantisce un'elevata flessibilità costruttiva, come l'altezza del rotore che può essere aggiustata caso per caso senza fare cambiamenti radicali del disegno di progetto, creando uno sviluppo elicoidale dei cavedi a piacimento. Inoltre, per questo prototipo, si è provato posizionare il rotore tramite cuscinetti magnetici.

Il prototipo dell'iteg è composto da rotore, statore, i porta-avvolgimenti e due testate, il tutto dimensionato per una tubazione con un diametro esterno di 110mm e tutti i pezzi sono stati realizzati mediante una stampante 3D.

- **ROTORE:** Il rotore presenta una sezione formata da quadroidi di diametro 103mm pari al diametro interno della tubazione, in modo da poter intercettare il flusso di acqua o altri liquidi nella sua interezza. I quadroidi, si avvolgono in direzione dell'altezza, per 30mm intorno al centro del rotore, formando dei canali inclinati attraversati dal fluido che a contatto con la superficie di quest'ultimi mette in rotazione il rotore. Lo spessore dei tramezzi è di 1mm, dato dal limite dalla stampa e della plastica, che per spessori inferiori, avrebbe dato problemi di robustezza del canale se investito con una notevole forza dal liquido nella tubazione.

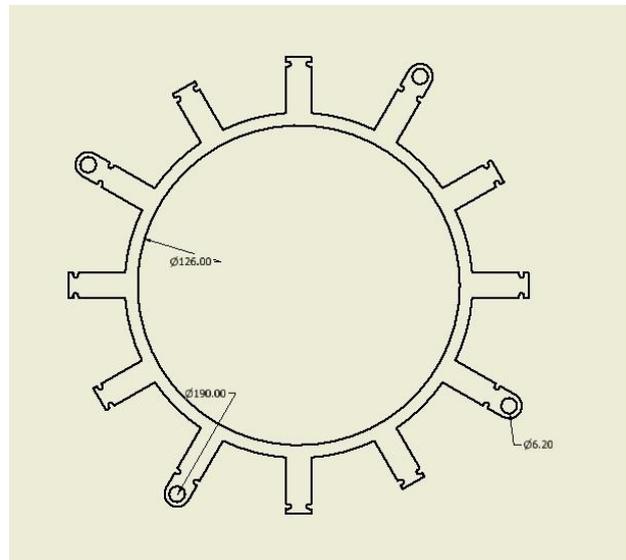
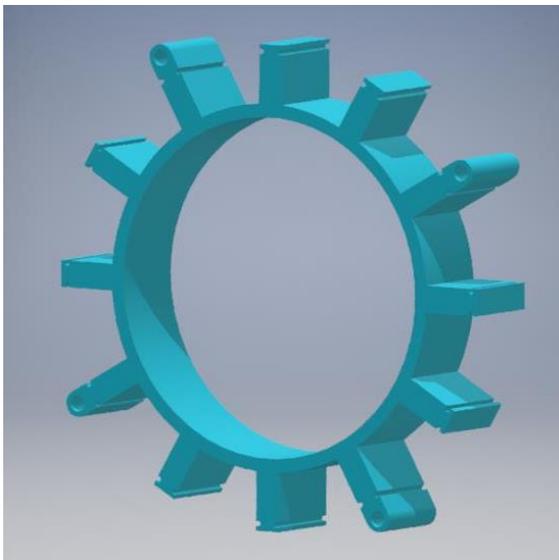
Sul perimetro esterno vi sono degli incavi, 12 per l'esattezza che, nei quali saranno collocati i magneti permanenti, di dimensione 30x15x6 millimetri, fissati con una colla bicomponente, che hanno una duplice funzione, quella di generare il campo magnetico variabile per la generazione di corrente elettrica una volta messi in moto dal movimento de rotore e quella di essere il magnete intermedio dei cuscinetti magnetici.

Segue una illustrazione isometrica in 3D del rotore e un disegno in cui è visibile la sezione coi quadroidi.



- **STATORE:** Lo statore ha la forma di una corona cilindrica, con dei raggi che si propagano dal perimetro esterno; essi sono i supporti dei porta-avvolgimenti e dei bracci che fissano lo statore alle due testate laterali.

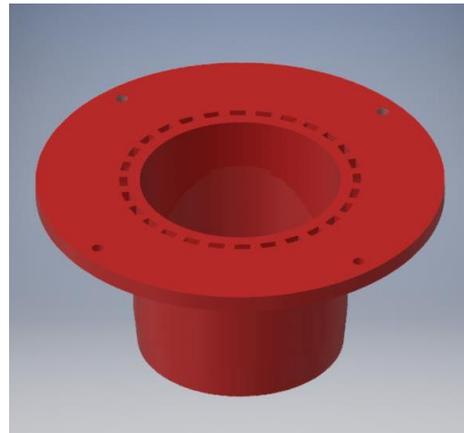
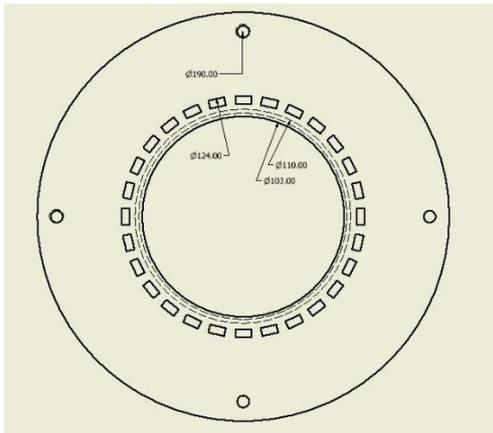
Il diametro interno dello statore è di 126 mm, solo 2 mm più grande del rotore, e una altezza di 32mm, questo per evitare il più possibile perdite dovute al fluido che si incanala nei margini esterni del rotore. Eventualmente si può realizzare lo statore con i porta avvolgimenti già integrati a discapito della facilità di avvolgimento del filo ma a vantaggio di una più veloce realizzazione di tutti i pezzi.



- **TESTATE:** Le testate servono a racchiudere il rotore e a mantenerlo in galleggiamento tramite dei magneti presenti in esse. Presentano 28 cavità ciascuna, in cui sono stati inseriti i magneti esterni del cuscinetto, a una distanza dal centro tale da essere sovrapposti ad i magneti del rotore.

Più esternamente presentano 4 fori di diametro 6mm, i quali saranno allineati a quelli dello statore, per poi chiudere il tutto in una morsa tramite barre filettate e dadi.

Infine le testate si allungano in quello che è l'innesto da inserire nel tubo tramite un giunto a bicchiere.



- **CUSCINETTI MAGNETICI:** Generalmente, i cuscinetti magnetici che si trovano sul mercato, sono molto più complessi di quelli utilizzati nell'iteg. Infatti possiamo affermare che i cuscinetti dell'iteg sono di tipo “passivo”.

Un cuscinetto magnetico “attivo” radiale è molto simile ad un motore elettrico, il quale però invece di generare una coppia motrice, crea una forza di attrazione che mantiene il rotore o l'albero sospeso nel campo magnetico. Il campo magnetico è controllato da un sensore di posizione, che rileva il delta di posizione del rotore e di conseguenza, grazie ad algoritmi, regola la corrente che circola nell'attuatore per variare il campo magnetico generato,

Il cuscinetto magnetico dell'iteg non presenta questo complesso sistema di controllo, si è scelto invece di utilizzare il campo magnetico di magneti permanenti al neodimio per sostenere e mantenere il rotore in posizione. Questo ha portato ad alcuni compromessi: il primo è che i magneti del rotore devono essere orientati tutti nello stesso modo, per esempio, col polo nord rivolto verso l'esterno. Questo tipo di orientamento, genera, invece di una sinusoide completa, una semi-sinusoide, cui valore efficace è minore di quello che si avrebbe con una sinusoide completa, più precisamente, invece che dividere il valore massimo per la radice di due, quest'ultimo viene dimezzato, si avrebbe quindi un valore efficace di circa il 30% in meno.

I magneti presenti nelle testate e nel rotore, sono tutti al neodimio e sono stati utilizzati 28 magneti 8x8x4 mm in ciascuna testata e di 12 magneti 30x15x6 mm sul rotore.



Ci si è dovuti accontentare di magneti parallelepipedi che presentano quindi discontinuità invece di più efficaci magneti toroidali continui in quanto non si disponeva di pezzi di questo tipo già pronti all'uso.

- **ASSEMBLAGGIO:** L'assemblaggio dell'iteg, presenta una discreta facilità di realizzazione. Tramite un app per il telefono "Pole Detector" sviluppata dal sito [Supermagnete.com](http://Supermagnete.com), da quale sono stati anche acquistati i magneti, si può individuare facilmente il polo nord o sud di ciascun magnete, e inserirlo nell'apposito foro o cavità, dopodiché, grazie ad una colla bicomponente, si fissano definitivamente i magneti al loro posto.

I 4 fori per le viti sono di 6mm (più precisamente 6,2mm per tenere conto della tolleranza della stampante) di diametro, e quindi compatibili con le viti, e dadi M6 facilmente reperibili e poco costosi. Una volta impilati i pezzi, con le due testate che chiudono in una morsa lo statore e il rotore, basta sezionare il tubo nel quale si desidera installarle il dispositivo e tramite due tubi a doppio giunto a bicchiere, ciascuno su una testata, si inserisce infine l'iteg nella tubazione.

Il dispositivo assemblato si presenta molto compatto e poco invasivo, come mostrato nella figura seguente, rendendolo facilmente installabile in molti scenari.

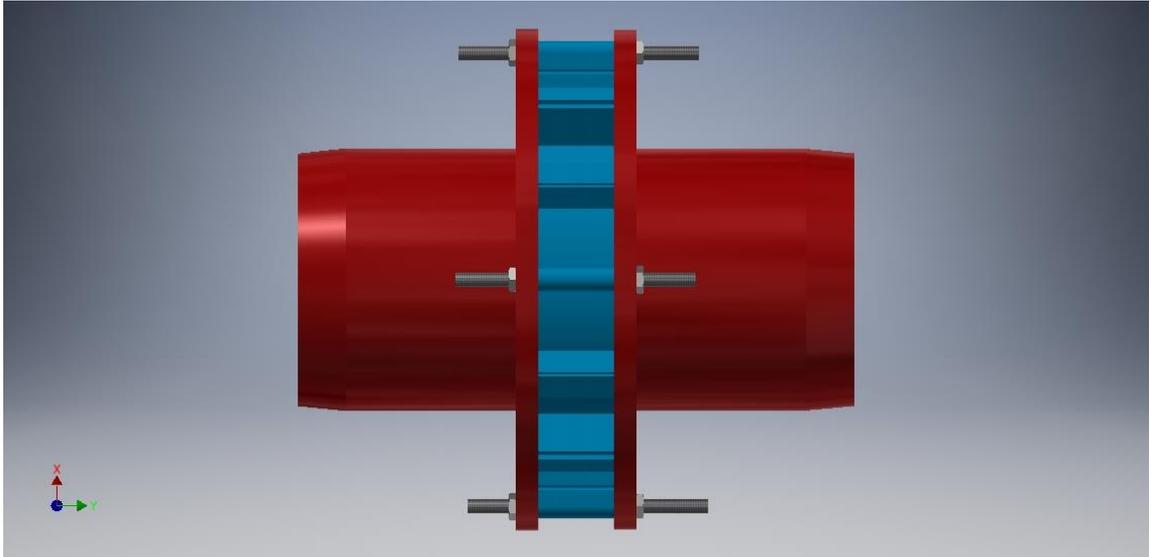
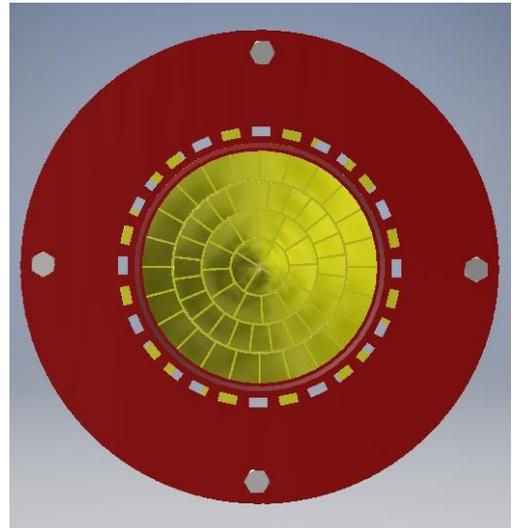
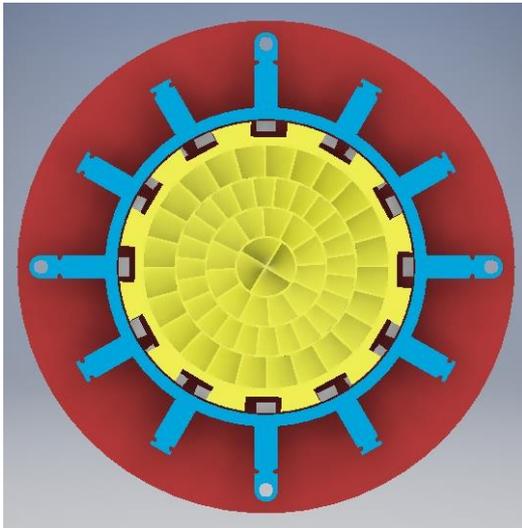
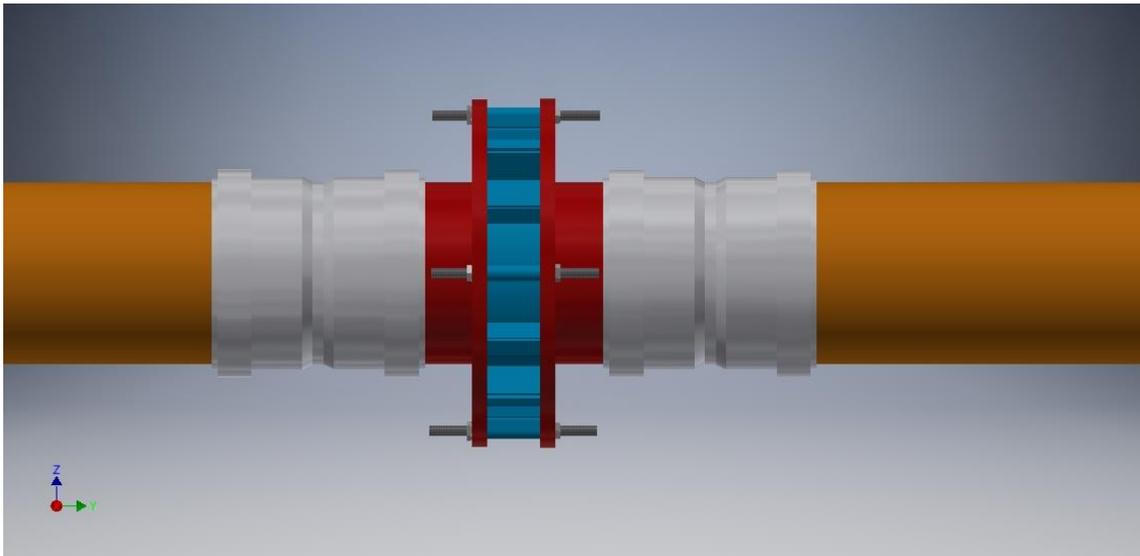


Figura 1: Vista laterale Iteq assemblato

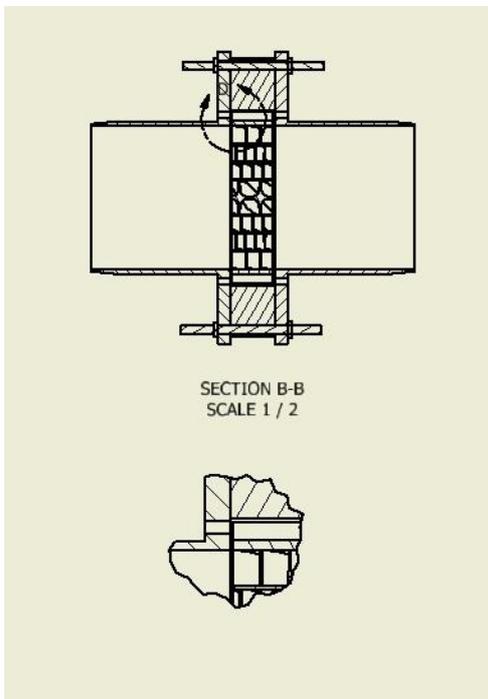


Le due immagini sopra ci mostrano l'allineamento dei vari pezzi nel montaggio, con la sezione a quadroidi che riempie la sezione interna del tubo da 110mm e le cavità dei magneti del rotore allineate coi fori dei magneti sulle testate.

Nell'immagine seguente possiamo vedere il risultato finale, con l'iteq installato in una tubazione già esistente grazie ai due pezzi con il doppio giunto a bicchiere.



Infine, dall'illustrazione qui sotto, si può vedere disegnato l'allineamento in vista laterale, sia dei magneti che della sezione a quadroidi che occupa tutto lo spazio interno della tubazione



Nello statore saranno inseriti dei porta avvolgimenti, oppure sarà invece realizzato uno statore con porta avvolgimenti integrati, come esposto precedentemente, cui corrente in uscita, sarà fatta passare in un raddrizzatore e, se si vuole immagazzinare l'energia in continua,

seguirà poi una batteria; se invece la si vorrà utilizzare in alternata, seguirà un inverter, il quale porterà la frequenza della corrente ai 50Hz richiesti dalla rete. Questo passaggio tra raddrizzatore ed inverter è necessario in quanto la turbina non girerà a velocità costante ed esattamente a 50Hz.

## CAPITOLO 2

### POTENZA IDROELETTRICA

La potenza di un impianto idroelettrico dipende dalla portata che scorre nella tubazione e dal salto netto, che è l'altezza calcolata tra l'inizio della tubazione che "cade" verso la turbina e il punto in cui l'acqua incontra quest'ultima.

Quindi si ha che la potenza teorica è

$$W = \gamma \times Q \times H$$

In cui:

- $\gamma = 9800 \text{ N/m}^3$ , cioè la densità dell'acqua.
- $Q$  è la portata in  $\text{m}^3/\text{s}$ .
- $H$  è il salto netto in m.
- In questa fase della sperimentazione, si è trascurato il valore del rendimento, prodotto tra il rendimento del tubo, dovuto alle perdite di carico, il rendimento della turbina ed il rendimento dell'alternatore e da tutti i componenti elettromeccanici che riconducono la potenza teorica generando delle perdite nella produzione di energia.

Dato che la densità dell'acqua è  $1000 \text{ kg/m}^3$ , la formula si semplifica in

$$W = 9,81 \times Q \times H$$

Per poter arrivare a determinare un valore realistico della potenza, bisogna prima ipotizzare a dove sarà installata il dispositivo.

Si è ipotizzato di installarlo alla fine di una canale di scolo di una grondaia, per sfruttare l'energia di caduta dell'acqua piovana, con previa installazione di un diffusore, in grado di omogeneizzare il flusso d'acqua.

Mentre è facile stimare la grandezza  $H$ , semplicemente ipotizzando in che edificio installare l'iteg, possibilmente in un edificio a più piani per avere un salto più elevato che invece installarlo in una villetta ad un piano, rimane il problema di quantificare una portata sempre realistica di acqua piovana che dal tetto scorre nella grondaia ed infine nel canale per poi raggiungere la turbina.

Per il calcolo della portata ci si è basati sul materiale trovato su delle slides del gruppo Geberit, leader europeo nel settore dei prodotti sanitari che opera anche a livello globale.

Il punto di partenza per calcolare la portata è stato di studiare il dimensionamento dei sistemi di scarico delle acque pluviali.

Come unità di misura delle acque pluviali, si utilizza l'intensità pluviometrica, espressa in  $\text{l/s.m}^2$ , che si varia regione per regione, ma dati statistici su in tempo di analisi di 10 anni consigliano di utilizzare come valore,  $0.04 \text{ l/s.m}^2$

Da tale valore si determina il carico pluviale  $C$  espresso in  $\text{l/s}$ , quindi la portata di acqua che scorrerebbe nella canalina di scolo che dipende da due fattori

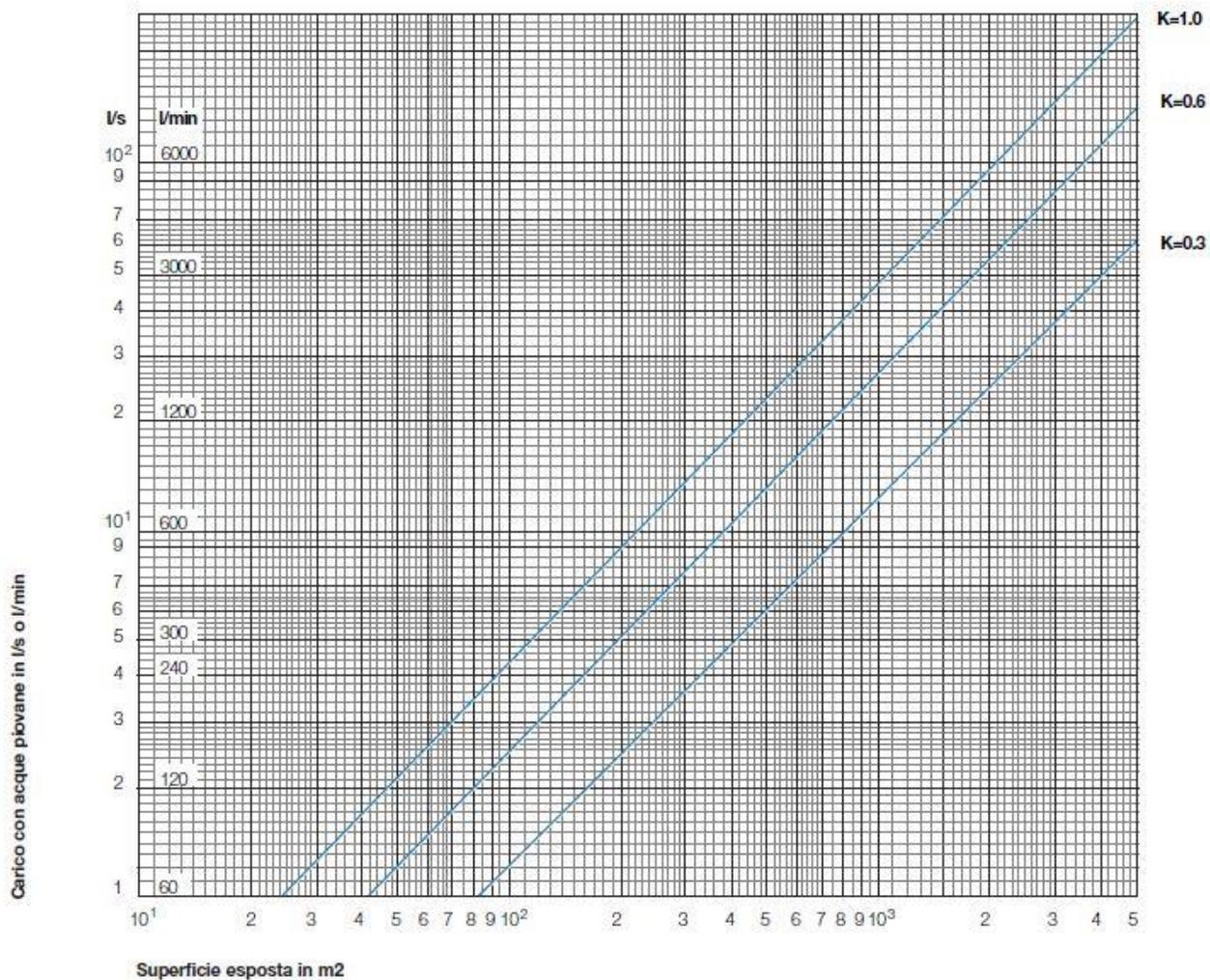
- La superficie totale esposta mediante proiezione orizzontale (quindi non considerando inclinazioni del tetto per il calcolo della superficie)
- La pendenza e la natura delle superfici esposte, valore espresso mediante un coefficiente K che assume valori uguali o inferiori all'unità. Per i casi di simulazione che si sono presi in considerazione, questo coefficiente è uguale a uno, valore assunto in presenza di tetti inclinati e piatti, rivestiti in tegole, lastre di cemento, fogli plastici e vari, come si può vedere dalla seguente tabella

Genere di superficie esposta	K
- Tetti inclinati, con tegole, ondulati plastici, fibrocemento, fogli di materiale plastico - Tetti piani ricoperti con materiale plastico o simile	1,0
- Tetti piani con rivestimento in lastre di cemento o simile - Piazzali, viali, ecc., con rivestimento duro	1,0
- Tetti piani con rivestimento in ghiaia - Piazzali, viali, ecc. con ghiaietto o simile	0,6
- Tetti piani ricoperti di terra (tetto giardino)	0,3

Quindi la formula per il carico pluviale, nel nostro caso diventa

$$C = \text{intensità pluviometrica} \times \text{superficie esposta}$$

Esiste un diagramma che mostra facilmente il valore del carico pluviale in funzione della superficie esposta, ed è il seguente:



Per un primo calcolo, si è preso in considerazione il valore massimo consentito di carico pluviale a seconda del diametro della nostra tubatura.

Come si può vedere dalla tabella accanto, con la nostra tubazione di 110mm il valore massimo equivale a 8,9 l/s, equivalente a una superficie esposta di 222 m<sup>2</sup>.

ø interno esterno	portata Q l/s	superficie massima in m <sup>2</sup> evacuabile per i.p. = 0.04 l/s/m <sup>2</sup>		
		K = 1,0	K = 0,6	K = 0.3
57/63	1,9	47	79	158
69/75	3,6	90	150	300
83/90	5,0	125	208	417
101/110	8,9	222	371	742
115/125	12,5	312	521	1042
147/160	25,0	625	1042	2083
187/200	47,0	1175	1958	3917
234/250	85,0	2125	3542	7083
295/315	157,0	3925	6542	13083

Utilizzando la formula della potenza idroelettrica, e ipotizzando 3,05m ogni piano, si sono ricavati questi risultati:

<b>N°PIANI</b>	<b>POTENZA (Watt)</b>
2	532
3	788
4	1065

Da tali calcoli si può vedere quanto sia maggiormente vantaggioso cercare di installare l'iteg su edifici alti, come in condomini o edifici pubblici/uffici.

Si noti che questi valori della potenza sono più che altro dati di picco, e non continuativi, essendo la pioggia un evento non costante e molto variabile ma proprio per questo, con eventuali strategie di barriere o accumulo come invasi, gronde e tubi per omogeneizzarne lo sfruttamento, favoriranno il contrasto ai "noti picchi meteo" che intasano le infrastrutture di smaltimento e quindi principi di allagamento.

### CASO REALE

Successivamente, si è voluta fare una prova reale considerando un edificio vero e si è scelto come esempio, la scuola elementare di Vizzolo Predabissi.

L'edificio è solo a due piani, quindi già non ci si aspetta una grande potenza idroelettrica, però può essere un buon indicatore per vedere quanto il risultato si discosti dal risultato di massima portata della canalina.

Le misure sono state prese mediante il software Google Earth, per cui le misure prese non sono di grandissima precisione, ma a grandi linee possono essere un buon strumento per questo tipo di simulazione. Il tetto della scuola è di forma quadrata, con il lato di circa 21,5m, suddiviso in 4 triangoli dalle due diagonali. Nonostante la pendenza del tetto sia molto piatta, non cambia la formula del calcolo della portata, in quanto il coefficiente K assume comunque un valore pari a uno.

Calcolata la superficie esposta di uno dei quattro triangoli, infine si è ottenuta la potenza idroelettrica, pari a 288W. Ovviamente non è una grande potenza, Successivamente, si è voluta fare una prova reale considerando un

edificio vero e si è scelto come esempio, la scuola elementare di Vizzolo Predabissi.

L'edificio è solo a due piani, quindi già non ci si aspetta una grande potenza idroelettrica, però può essere un buon indicatore per vedere quanto il risultato si discosti dal risultato di massima portata della canalina.

Le misure sono state prese mediante il software Google Earth,

Il tetto della scuola è di forma quadrata, con il lato di circa 21,5m, suddiviso in 4 triangoli dalle due diagonali. Nonostante la pendenza del tetto sia molto piatta, non cambia la formula del calcolo della portata, in quanto il coefficiente  $K$  assume comunque un valore pari a uno.

Calcolata la superficie esposta di uno dei quattro triangoli, infine si è ottenuta la potenza idroelettrica, pari a 288W. Ovviamente non è una grande potenza,

considerando che è un edificio pubblico, ma se si estendesse l'utilizzo dell'iteg su ciascun lato, si supererebbe il kilowatt di potenza, la quale sarebbe ancora più elevata se l'edificio fosse più alto.

Questo risultato ci mostra ancora quanto sia importante una fase preliminare di studio e di verifica dello scenario nel quale sia più conveniente installare questo dispositivo.

Di seguito, l'immagine mostra il tetto della scuola che si è preso in considerazione.



## ASSEMBLAGGIO REALE

Per verificare che tutto il discorso e simulazioni teoriche fossero possibili da applicare e soprattutto che fosse possibile la realizzazione stessa del dispositivo, si è deciso di costruire un primo prototipo dell'iteg.

Tutti i pezzi sono stati stampati con una stampante 3D, con la quale è possibile ottenere i pezzi che si desiderano senza compromessi.

L'elenco dei pezzi utilizzati è il seguente

- Rotore, Statore, due Testate realizzate mediante stampa 3D
- 56 magneti al neodimio 8x8x4 e 12 magneti al neodimio 30x15x6 comprati sul sito [supermagnete.it](http://supermagnete.it)
- Tubo da 110mm con giunto a bicchiere da 150cm per simulare una caduta di acqua sulla turbina (non si è testata una caduta vera da 6 metri o superiore per semplici ragioni di semplificazione) e tubo da 110mm con giunto a bicchiere da 20 cm a scopo dimostrativo da installare all'uscita della turbina, acquistati da Leroy Merlin.
- 4 Viti M6 da 80mm e 20 dadi complementari, sempre acquistati da Leroy Merlin.
- Un tubetto di colla bicomponente

Il tutto per un costo totale di circa € 200,00.

### FASI DELLA REALIZZAZIONE:

Come primo test, invece di incollare subito i magneti si è deciso di utilizzare dello scotch di carta. E' stato messo uno strato di scotch ad ogni lato delle due testate con all'interno i magneti più piccoli, con il polo nord orientato verso l'esterno. Successivamente, si sono installati 4 magneti nel rotore a 90 gradi uno rispetto l'altro. Poi è stato montato lo statore solo su una testata, e si è inserito il rotore all'interno. Si è verificato così che il rotore potesse effettivamente galleggiare nel campo magnetico generato da una testata; questo però solo dopo qualche tentativo, in quanto alcuni dei magnetini è stato montato al contrario.

Una volta fatto questo passo, si sono installati 6 magneti sul rotore, separati da un angolo di 60 gradi ciascuno e disposti in modo simmetrico, sempre

fissati col nastro adesivo. Stavolta, si è montata anche la seconda testata e man mano che essa si avvicinava premendo il rotore nel campo magnetico, ci si è trovati davanti ad un primo problema: la forza di repulsione era tale da abbassare il nastro adesivo, facendo così allontanare maggiormente i magneti in alcune zone, mentre in altre rimanevano al loro posto. Facendo girare il rotore a mano in questo scenario, si possono sentire in maniera molto evidente delle “valli e colline” di campo magnetico che frenavano notevolmente il rotore, impedendogli di girare, anche quando la distanza della seconda testata era di 1-2 cm dallo statore.

Questo problema è dovuto al fatto che la forza di attrazione e repulsione del campo magnetico, non varia in maniera lineare rispetto alla distanza da esso, ma assume un andamento quadratico.

Nell'immagine qui sottostante, è rappresentato un diagramma della relazione tra forza di attrazione e distanza del magnete; la stessa cosa vale anche per la repulsione, infatti, come si vede nell'immagine che segue, la forza di repulsione è solo leggermente minore di quella di attrazione, ma segue lo stesso andamento. Entrambe le immagini sono state prese dal sito [supermagnete.it](http://supermagnete.it).

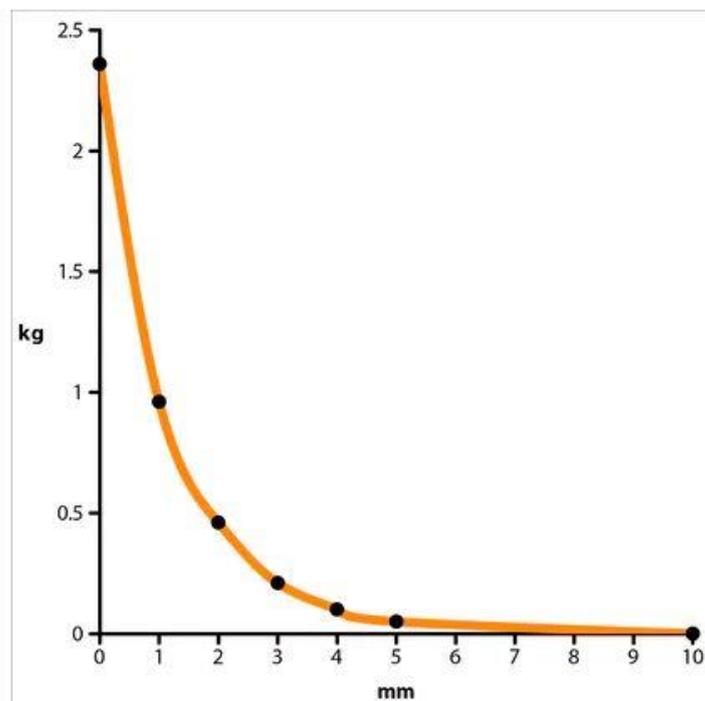
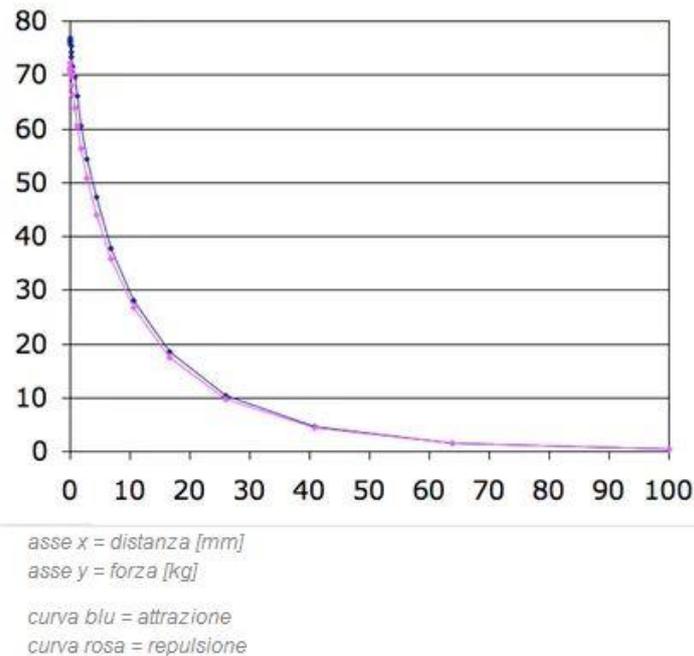


Diagramma della forza di attrazione dell'articolo S-10-05-N

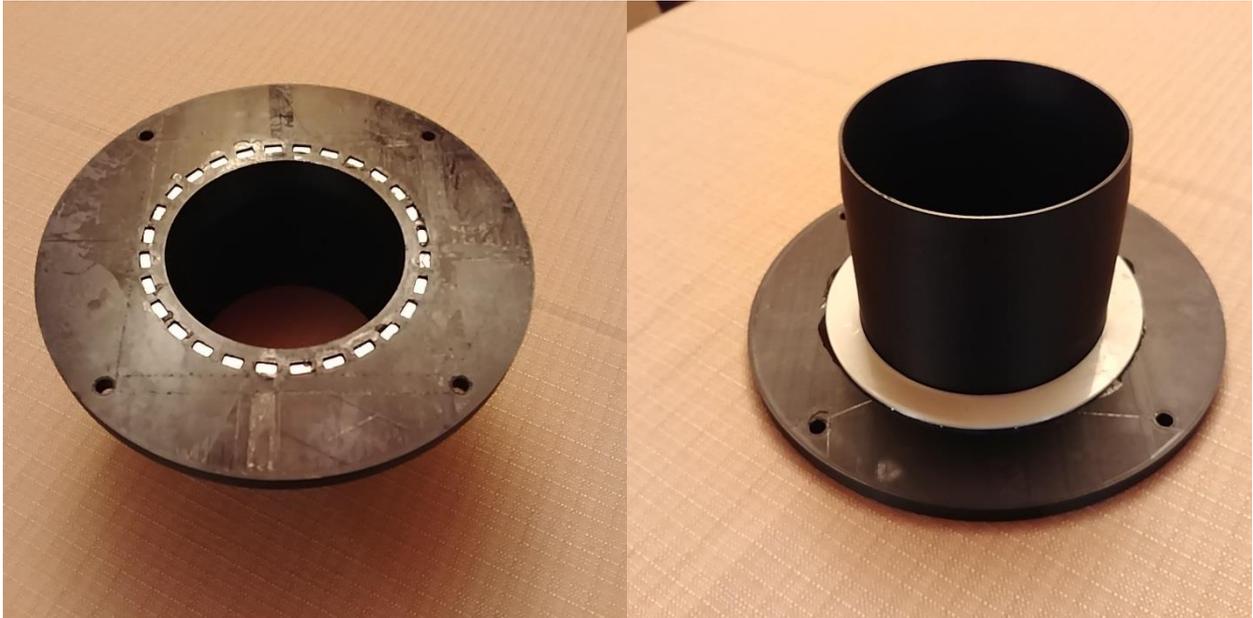


Quindi alla luce di ciò che possiamo vedere, anche solo 1mm di distanza in più può portare ad un dimezzamento della forza di repulsione nel caso del primo magnete o cala anche di 10 kg nel caso del secondo e questo è quanto accaduto con l'abbassamento dello scotch di carta.

Fatti questi primi test e queste prime considerazioni, si è proseguito con incollare i magneti nel loro rispettivi posti.

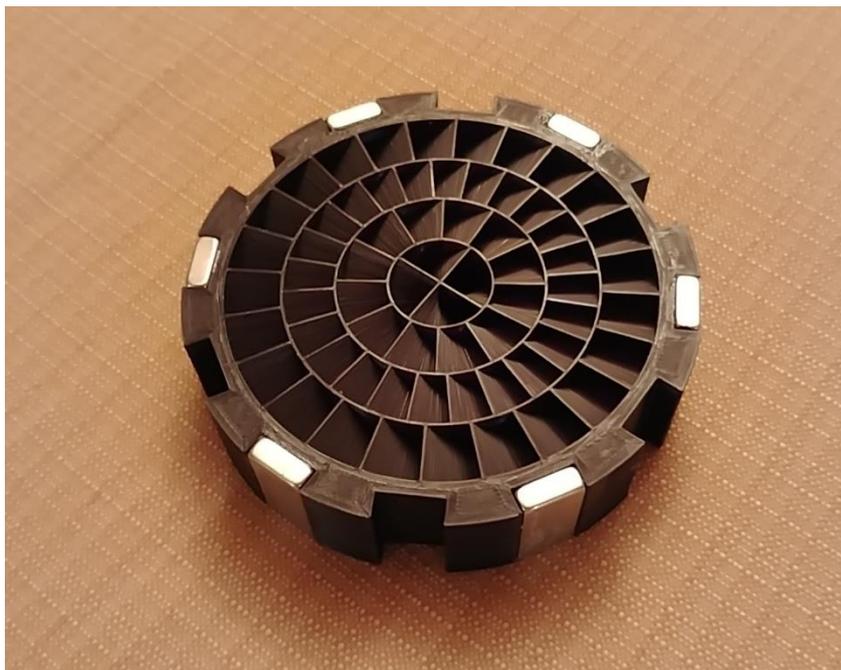
Per incollare i magnetini delle testate, è stato necessario stampare un altro pezzo, uno per ogni testata, a forma di corona circolare, cui diametro interno è di 111mm e quello esterno di 140mm, il quale è stato incollato dal lato con il prolungamento del tubo della testata per garantire una base solida e rigida contro la quale i magnetini andranno a spingere per via della repulsione ed anche per garantire la stessa altezza di posizionamento di quest'ultimi, incollandoli direttamente con questa nuova base di appoggio.

Nella figura seguente è possibile vedere il fronte e retro della testata, con tanto di magnetini annessi.



Dopodiché sono stati incollati anche i 6 magneti del rotore. Sebbene il rotore monta dodici cavità per ospitare i magneti, ne sono stati incollati solo sei, perché tre di essi si sono rotti e scheggiati, per delle collisioni accidentali che hanno subito.

Segue l'illustrazione del rotore coi magneti incollati:

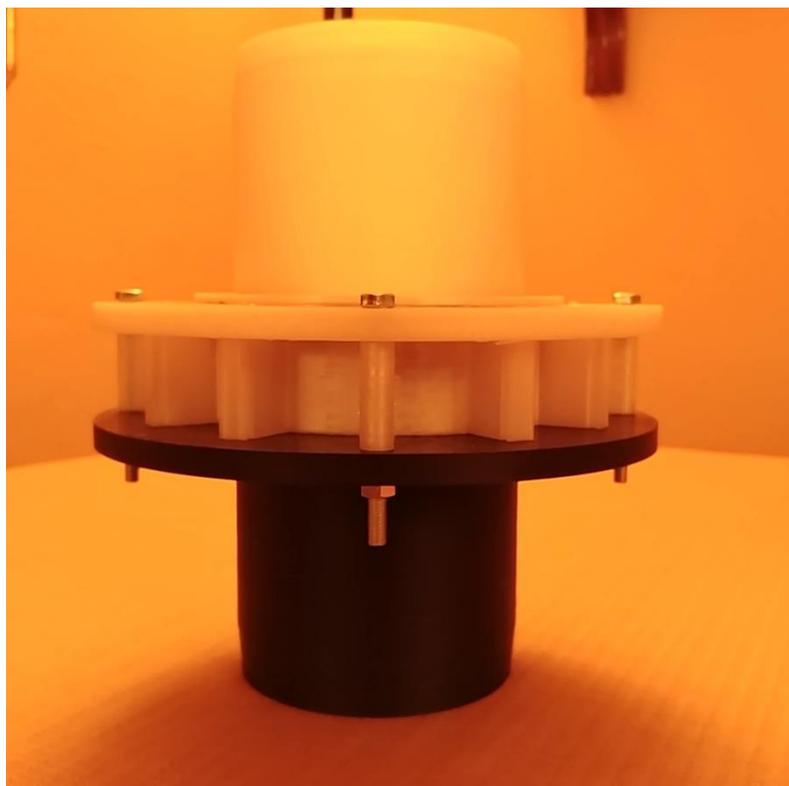


Durante il fissaggio di tali magneti, si è cercato di tenerli il più pari possibile in altezza, per evitare di creare un campo magnetico non uniforme nonostante piccoli spostamenti.

Una soluzione a questo problema può essere quella di realizzare le cavità del rotore con delle bande sia sopra che sotto, in modo da avere una cavità chiusa su cinque lati e di essere sicuri che siano tutti alla stessa altezza.

Infine si è montato il tutto. È stato quasi cancellato del tutto il problema delle “valli” del campo magnetico, ma se si girasse il rotore con la mano si possono sentire ancora leggermente, specie quando le testate sono alla distanza più vicina possibile, rendendo estremamente arduo mettere in rotazione il rotore. Inoltre si è notato che il rotore tende ad assestarsi in una posizione di equilibrio leggermente appoggiato allo statore, indicando una non uniformità del campo magnetico. Occorre quindi realizzare uno statore più alto in modo da tenere le testate più distanti. Non avendo la possibilità di stampare un altro statore, semplicemente non si avvitato il dado fino in fondo, lasciando al campo magnetico, il lavoro di tenere la testata superiore sollevata.

Nella prima immagine vediamo l'iteg montato come da progetto, con le testate attaccate allo statore.



Nella seconda invece, vediamo la testata superiore più rialzata, consentendo alla turbina di ruotare più facilmente.



### PROVA CON ACQUA

Una volta terminato il montaggio, si è fatta una prima prova con l'acqua. Si sono montati i due tubi, tendendo quello più lungo di sopra, si è appoggiato al muro tenendolo verticale, per poi inserirvi un tubo di plastica e si è aperto il rubinetto. Purtroppo l'acqua non è stata in grado di muovere il rotore, il quale semplicemente ondeggiava senza muoversi, però bisogna tener conto che il getto d'acqua era concentrato, molto probabilmente destabilizzando il rotore e con una portata di soli 0,3 litri al secondo. Un'altra difficoltà che si aggiunge nel mettere in moto il rotore è il fatto che rimane centrato ma si appoggia allo statore; ciò è dovuto al fatto che per realizzare questo primo prototipo ci si è adattati ad utilizzare magneti standard semplificando la realizzazione dell'iteg; infatti sarebbe meglio per i cuscinetti sulle testate un toroide magnetico, ma non era possibile trovare pezzi già esistenti che andassero bene. Tutto ciò però può essere risolto in futuro se ci si trovasse

davanti ad un processo di industrializzazione, il cui budget per pezzi e sperimentazione fosse più elevato.

Successivamente, sono stati presi due canestri da 4 litri ciascuno e sono stati versati nel tubo nello stesso momento. Si è cronometrato il tempo di svuotamento dei canestri per poterne calcolare la portata media che scorre nel tubo. Per valori che rimangono sotto l'1,5 litri al secondo, il rotore fatica a girare, mentre quando la portata si aggira sui 1,5/2 litri al secondo, inizia a muoversi e poi a ruotare anche a buone velocità. Facendo un veloce calcolo sulla portata di "attivazione" del moto del rotore e della caduta di un metro e mezzo, pari alla altezza del tubo, risulta che la potenza necessaria per mettere in moto il rotore sia di circa 30W; riesaminando i video che sono stati fatti al rotore, e andando con mano a ruotarlo, si è potuto notare che il motivo principale della difficoltà di movimento, è dovuta al mancato auto centramento del rotore. Questo problema si può arginare una volta che verrà allestito il set di elettromagneti (lamine di materiale ferromagnetico che favoriscono la propagazione degli effetti magnetici nelle spire).



## CAPITOLO 3

### **ALTRI POSSIBILI IMPIEGHI**

Nelle precedenti pagine, si è mostrato l'uso dell'iteg come turbina da porre all'interno di una canalina di scolo di un palazzo o edificio pubblico, ma può benissimo essere utilizzata anche per altri ambiti:

- Per avere una portata maggiore, può essere inserita in una tubazione finale che defluisce in un pozzetto, raccogliendo così acqua da più canaline ed essere così più efficiente.
- Sempre per lo stesso motivo, si può inserire nelle tubazioni di scolo che portano l'acqua piovana nei fiumi, che raccolgono acque da più edifici.
- Si può inserire l'iteg in una roggia, effettuando delle dovute modifiche alle testate, ovvero presentare un ingresso ad imbuto e sempre con i magneti integrati in esse, e con la parte elettrica ben isolata all'interno di una struttura in plastica e/o resina e con l'aggiunta di una retina per evitare che vi entrino detriti o animali.
- Omogeneizzare la portata dell'acqua in caso di picchi, facendo da cuscinetto a possibili principi di allagamento, e di arginarne l'impeto dell'energia trasformandola in energia meccanica temporaneamente pre- accumulata.
- Può essere utilizzato anche come motore, per spingere fluidi, avendo così una duplice funzione.

Le applicazioni possono essere le più svariate, è bene studiare caso per caso quale è la soluzione più vantaggiosa ed eventualmente fare le dovute modifiche per adattarlo al meglio allo scenario in cui è utilizzato.

## CONCLUSIONI

L'iteg può senz'altro avere una potenzialità se in futuro si sarà in grado di investire più risorse ma può essere senz'altro un'ottima base di partenza per futuri sviluppi.

La parte più critica, quella in cui prestare maggior attenzione per lo sviluppo di questo progetto, è senz'altro il sistema di cuscinetti magnetici; si dovrà cercare di renderlo più stabile ma specialmente più flessibile e più fluido per rimuovere le discontinuità di campo magnetico dovute ai singoli magneti inserendo un toroide tutto intorno che autocentrerebbe meglio il rotore.

La parte del rotore invece funziona a dovere; sono state fatte anche delle prove solo soffiandoci sopra, con solo una testata montata rendendo il difetto del non centramento trascurabile ed il rotore girava senza problemi;

cosa che si è potuta verificare quando si è superata una certa soglia di portata dell'acqua.

## **BIBLIOGRAFIA**

<https://www.supermagnete.it/>

[http://www.taed.unifi.it/cellai/Corso%20Impianti/Corso%20Impianti/Geberit-man\\_progettazione\\_3.pdf](http://www.taed.unifi.it/cellai/Corso%20Impianti/Corso%20Impianti/Geberit-man_progettazione_3.pdf)

<http://www.elemania.altervista.org/diodi/pn/pn5.html>

<http://www.energiacalabria.org/prontuario/idroel.htm>

## **RINGRAZIAMENTI**

Volevo ringraziare la mia famiglia che mi ha supportato ed aiutato in questi anni e che è stata paziente nonostante momenti i difficili momenti avuti lungo questo percorso e che mi ha permesso di arrivare a finire gli studi universitari.

Ringrazio la mia ragazza Arianna, che mi ha dato la motivazione nello studiare e nel metterci più impegno durante le ore di lezione e i momenti di studio e che mi rendeva piacevole l'andare in università.

Ringrazio il Prof. Farnè e il Dott. Lavanga per avermi aiutato nel percorso della tesi dandomi consigli per superare gli ostacoli.

Ringrazio Cesare ed Evandro che hanno messo a disposizione il loro tempo stampandomi in 3D tutti i pezzi di cui avevo bisogno.