PROGETTAZIONE

Gossa Ing. Paolo

PROPONENTE

Bozzini Group s.r.l.

Sede legael ed amministrativa: Via Groppallo, n.°4 - 16122 Genova (GE)

CENTRALE IDROELETTRICA IN COMUNE DI ROVEGNO (GE)

Fase di Verifica di VIA o Screening
ai sensi della L. 32/2012 e s.m.i.

PROGETTO DEFINITIVO

Relazione integrativa spontanea

Sede Legale:
Piazza Ellero, n°23
12084 Mondovì (CN)

Sede operativa:
C.so Santorre di Santarosa, n°59
12100 Cuneo (CN)

P.IVA: 03273680045

Recapiti:
Tel/Fax: 0171-60.30.59
e-mail: eta@eta-research.net
PEC: eta@pec.it
website: www.eta-research.net

Elaborato: Ri-01	Scala: ...	Codice progetto : TR 01

Data: Maggio 2014	Professionista :	Gossa Ing. Paolo Ordine degli ingegneri della provincia di Cuneo n°1964 Tel 348.89.62.431 E-mail: ing.paolo.gossa@gmail.com

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI CUNEO
A1964 Dott. Ing. Paolo Gossa

REV. N°	DATA	MODIFICA

RIPRODUZIONE O CONSEGNA A TERZI SOLO DIETRO SPECIFICA AUTORIZZAZIONE

INDICE

PREMESSA ***2***

1 DEFINIZIONE DEL DMV E GLI ORGANI DI RILASCIO ***3***

1.1 **Definizione del Deflusso Minimo Vitale (DMV)** **3**

1.2 **Calcolo della portata transitante nella scala di rimonta dell'ittiofauna** **6**

2 EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DEL LETTO DEL FIUME TREBBIA ***19***

2.1 **Lo studio** **19**

2.2 **Valutazione attraverso il metodo comparativo** **19**

2.3 **Valutazione attraverso il metodo ingegneristico** **20**

2.3.1 Considerazioni sulla mobilizzazione dei sedimenti al fondo 20

2.3.2 Considerazioni sull'evoluzione del fondo 23

3 CONCLUSIONI ***25***

PREMESSA

Il particolare ambito in cui si inserisce il progetto, cioè l'ambito fluviale, e la sua valenza ecologica hanno scaturito alcune considerazioni preliminari sugli impatti potenzialmente derivanti dall'opera e i loro effetti sull'ambiente. Questo primo approccio concettuale è servito a delineare in prima battuta gli ambiti di indagine.

In merito alla richiesta di progetto di derivazione idroelettrica del Fiume Trebbia nel Comune di Rovegno in provincia di Genova è prevista la progettazione del relativo passaggio per l'ittiofauna ed i dispositivi per il rilascio del Deflusso Minimo Vitale.

Nella seguente relazione si vanno ad apportare delle variazioni progettuali con oggetto l'opera di presa per garantire il rilascio di quota parte del DMV prima della messa di azione dell'opera di presa per garantire la massima salvaguardia della zona sottesa.

Contestualmente alle modifiche tecniche progettuali si è andati a rivalutare il DMV attraverso la delibera n.1175 del 25 settembre 2013 della Regione Liguria.

La suddetta relazione e i suoi contenuti vanno a modificare a sostituire quello presentato in avvio di istruttoria, in particolare il calcolo ed il rilascio del DMV e le caratteristiche geometriche ed idrauliche dell'opera di presa.

Come si leggerà nei capitoli seguenti si sono modificati solo gli aspetti marginali del progetto i quali garantiranno le condizioni volute.

A seguito si è andati a ipotizzare l'evoluzione del fondo alveo dovuto all'inserimento della nuova traversa di derivazione per valutarne il suo impatto.

1 DEFINIZIONE DEL DMV E GLI ORGANI DI RILASCIO

1.1 Definizione del Deflusso Minimo Vitale (DMV)

Secondo quanto disposto dalla D.G.R. 1146 del 15/10/2004 (allegato A punto 7.4) il DMV deve essere calcolato utilizzando l'equazione proposta per il Bacino del Fiume Po, così come definito dall'Allegato B alla deliberazione 13 Marzo 2002 n. 7 del Comitato dell'Autorità di bacino del Fiume Po: "è il deflusso che, in un corso d'acqua, deve essere presente a valle delle captazioni idriche al fine di mantenere le condizioni di funzionalità e di qualità degli ecosistemi interessati."

Il Deflusso Minimo Vitale in una determinata sezione del corso d'acqua è calcolato secondo la formula:

$$Q_{DMV} = k \cdot q_{meda} \cdot S$$

- k = parametro sperimentale determinato per singole aree idrografiche, che esprime la percentuale della portata media che deve essere considerata;
- qmeda = portata specifica media annua per unità di superficie del bacino (in l/s Km);
- S = superficie del bacino sottesa dalla sezione del corso d'acqua (in km);

Secondo i criteri dell'Autorità di Bacino del Fiume Po il valore del parametro k risulta diversificato per bacini appartenenti ai diversi areali geografici, che sono stati oggetto di studio nell'ambito del Progetto speciale P.S. 2.5. L'analisi dei risultati del suddetto studio, in relazione alla tipologia di bacini liguri considerati, porta a ritenere che la funzione di inviluppo del bacino del Torrente Orba possa essere adottata per tutti i corsi d'acqua significativi (ad esclusione del Torrente Aveto e del Torrente Trebbia).

$$k = -2.24 \cdot 10^{-5} \cdot S + 0.086$$

Una volta conosciuto il valore della superficie del bacino sotteso, cioè 128 km^2, è possibile in primo luogo procedere alla determinazione del parametro k:

$$k = -2.24 \cdot 10^{-5} \cdot 128 + 0.086 = 0.0831$$

La valutazione della portata specifica media annua naturale di un corso d'acqua per unità di superficie del bacino (q_{meda}) è effettuata calcolando la media delle portate rilevate, e dividendo tale valore per la superficie del bacino sotteso nella sezione di misura.

Il valore di q_{meda} ottenuto è di 30,51 l/s/km2

Il DMV calcolato è quindi pari a :

DMV = 0,0831 · 128· 30,51= <u>324,57 l/s</u>

Analizzando in seguito il DMV idrologico aggiornato per le sezioni regionali principali entro il bacino del Trebbia definito dall'arpa dell'Emilia Romagna, risulta che per un bacino con superficie 166,2 Km² il DMV atteso dovrà essere di 530 l/s il quale valore riportato alla sezione di chiusura della traversa dell'impianto oggetto della relazione (128 Km²) dovrà essere circa 408,18 l/s sensibilmente maggiore a quello calcolato precedentemente.

Valutazione del DMV idrologico aggiornato per le sezioni regionali principali entro il bacino del Trebbia

Asta	Cod. sez.	Toponimo chiusura	Superficie drenata	Quota media	Portata ricostr '30-'04	Portata ricostr '91-'01	Coeff. K	DMV idrologico	Portata storica misurata
			km²	m s.l.m.	m³/s	m³/s		m³/s	m³/s
Trebbia	TR02	Gorreto (confine region.)	166.2	963	6.6	6.5	0.082	0.53	
Trebbia	TR03	Monte confl. Boreca	223.7	941	8.25	8.11	0.081	0.66	9.7
Boreca	BO01	Immissione in Trebbia	51.1	1055	1.38	1.45	0.085	0.12	
Trebbia	TR04	Monte confl. Aveto	337.9	932	11.04	11.04	0.078	0.87	
Aveto	AV03	Boschi (confine regionale)	172.3	1060	7.98	8.27	0.082	0.68	7.95
Aveto	AV04	Salsominore	200.9	1051	8.9	9.23	0.081	0.75	
Aveto	AV05	Immissione in Trebbia	248.6	1009	9.89	10.19	0.080	0.82	
Trebbia	TR05	San Salvatore	617.8	951	21.44	21.71	0.072	1.57	24.27
Trebbia	TR06	Piancasale	714.6	922	22.63	22.83	0.070	1.60	
Trebbia	TR07	Monte confl. Perino	783.9	889	23.32	23.55	0.068	1.61	
Perino	PE01	Immissione in Trebbia	60	757	0.74	0.71	0.085	0.06	
Trebbia	TR08	Rivergaro	917.6	839	24.56	24.41	0.065	1.60	Provv.
Trebbia	TR09	Canneto	950.8	816	24.27	22.8	0.065	1.48	Provv.
Diversivo Ovest	DI01	Immissione in Trebbia	107	116	0.5	0.47			
Trebbia	TR10	Immissione in Po	1083	730	22.93	22.87	0.062	1.41	Provv.

arpa agenzia regionale prevenzione e ambiente dell'emilia-romagna
ingegneria Ambientale

Tabella 1. DMV calcolato dall'arpa Emilia Romagna per il bacino del Fiume Trebbia

Analizzando i dati del DMV riportati all'interno del Piano di Bacino del Torrente Trebbia (documento non vigente) si riporta un DMV pari a 573 l/s per un bacino sotteso con area di 169,32 Km2. Andando a valutare il DMV alla sezione di chiusura della traversa risulta , in questo caso un DMV pari a 433 l/s.

Viste le considerazioni ambientali effettuate si è deciso di adottare un ***DMV*** quasi pari a quello riscontrabile al confine regionale, definendo cosi un valore pari a ***566 l/s***.

Questa configurazione è stata adottata perchè adottando una portata minima derivabile pari a 500 l/s, si avrà l'inizio delle operazioni di turbinaggio della centrale solo quando in alveo sarà presente la portata definita come la somma tra 566 l/s + 500 l/s =***1066 l/s*** pari superiore alla portata Q_{274}, portata sempre garantita all'interno del Trebbia.

In seguito si è andati a definire il DMV "base" attraverso la definizione di esso con le caratteristiche definite dalla delibera n.1175 del 25 settembre 2013 della Regione Liguria. Con la suddetta delibera si definiscono i nuovi parametri per la determinazione del DMV da far rilasciare alla centrale oggetto di richiesta di concessione.

DMV = k qmeda S M Z A T (in l/s)

L'analisi del DMV è iniziata andando ad definire come DMV di riferimento al quale moltiplicare i fattori correttivi il valore di 433 l/s definito dal Piano di Bacino del Torrente Trebbia, atto considerato valido dalle pubbliche amministrazioni.

Ad esso sono stati associati i fattori correttivi definiti per la zona in oggetto di studio e questi sono:

- M = parametro morfologico,
- Q = parametro relativo alla qualità delle acque fluviali

Nel caso in oggetto si è definito che il parametro morfologico (M) risulta pari a 1,1 ed il parametro qualitativo (Q) risulta pari a 1.

Adottando L'equazione definita dalla delibera si definisce come DMV "base" da rilasciare prima dell'inizio della derivazione il seguente valore:

DMV = 433 * 1,1 * 1 = 476,3 l/s

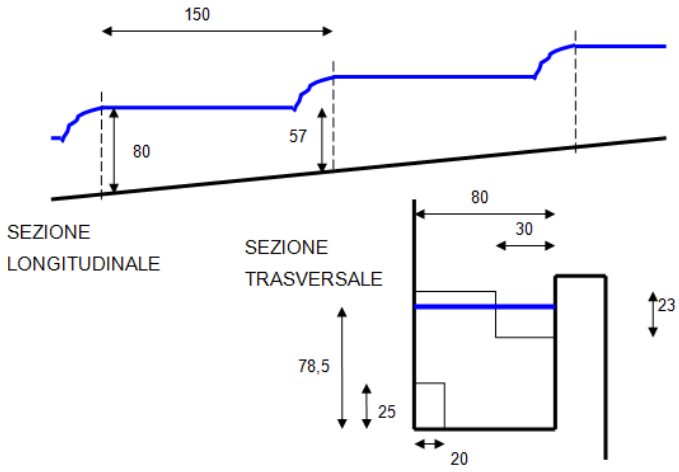
La portata di circa 476 l/s dovrà essere rilasciata prima dell'innesco della derivazione, per cui il DMV che verrà rilasciato al momento del funzionamento dell'impianto sarà una modulazione di quello base e sensibilmente più alto.

Il DMV modulato sarà sensibilmente superiore a quello base per aumentare la compensazione ambientale apportata dal rilascio del deflusso minimo vitale ed il mantenimento degli standard ambientali e qualitativi della zona.

Nei paragrafi successivi verranno illustrati di dispositivi per il rilascio del DMV.

1.2 Calcolo della portata transitante nella scala di rimonta dell'ittiofauna

La portata rilasciata attraverso la scala di risalita per i pesci, sarà una quota parte del Deflusso Minimo Vitale definito in progetto. Si è deciso di non far transitare tutto il DMV all'interno della scala per la motivazione che non si sarebbero rispettate le condizioni ottimali per il buon funzionamento dell'opera e sopratutto garantire una facile risalita all'ittiofauna presente. Come scritto precedentemente il corpo dell'opera sarà costituito da 12 vasche posizionate in sponda destra, in aderenza al canale dissabbiatore, messe in comunicazione tra loro attraverso un sistema di aperture a stramazzo (uno in superficie e uno sottobattente) lungo la faccia in comune completamente lastricato di pietra e intervallato trasversalmente da soglie di pietrame, che lo separano in tratti. In ogni singolo tratto il dislivello tra il pelo libero dell'acqua a monte ed il successivo a valle, rispetto alla soglia, si stabilizzerà sui 23 cm (altezza generata sopra lo stramazzo superficiale) permettendo una rimonta facilitata. I setti, posti a distanza reciproca di 1,50 m, permettono il formarsi di salti non superiori a 23 cm e la presenza di velocità delle acque adatta per le specie anche di minori dimensioni, che così sono in grado di risalire il fiume.



Le portate Q nelle forature sono:

- nello stramazzo: $Q' = \mu' * A' * \sqrt{2 * g * H'} = 0{,}348 * 0{,}069 * \sqrt{2 * 9{,}81 * 0{,}23} = 56$ ***l/s***

- nel fondo: $Q'' = \mu'' * A'' * \sqrt{2 * g * h''} = 2/3 * 0.611 * 0.05 * \sqrt{2 * 9{,}81 * 0{,}23} = 44$ ***l/s***

dove:

- *g = accelerazione di gravità = 9,81 m/s2*
- *A' = area della sezione dello stramazzo = (0,80-0.57)*0,3 = 0,069 m2*
- *A'' = sezione della bocca = 0,25*0,2 = 0,05 m2*
- *H' = 0,80-0,57 = 0,23 m*
- *h'' = dislivello tra monte e valle = 0,23 m*
- *μ' = coefficiente di stramazzo = 0,385*
- *μ'' = coefficiente della bocca sommersa = 0,611*

La velocità media v nel tratto compreso tra i setti risulta ridotta e pari a 0,18 m/s , date la portata Q = 56 +74 = 100 l/s = 0,10 m^3/s e l'area media della sezione A = 0,80*(0,80+0,57)/2 = 0,548 m^2; adatta per il passaggio di specie ittiche anche di modeste dimensioni.

Come si può osservare dalla tavola tecnica presentata nelle integrazioni si è effettuato una variante alla bocca di presa per permettere l'attacco del rilascio del DMV prima della messa in funzione della derivazione. L'attacco della bocca di derivazione è stato spostato ad una quota di 152,60 m s.l.m. ed andandola ad all'ungare fino ad una dimensione totale di 10 m. Si è scelto di allungare la bocca di presa perché al diminuire dell'area libera di passaggio per il flusso idrico, a parità di portata, la velocità sarebbe aumentata troppo generando effetti turbolenti che avrebbero compromesso il buon funzionamento dell'opera di presa.

Elemento caratterizzante della variazione progettuale effettuata è il rilascio del DMV "base" pari a circa 477 l/s prima dell'inizio della derivazione stessa

Come scritto nelle relazioni presentate in inizio d'istruttoria l'attacco della luce sottobattente della scala di rimonta è impostata alla quota 541,97 m s.l.m.. Per garantire l'innesco della scala prima della derivazione, si è deciso di mantenere come condizione al contorno il non attacco della bocca di presa dell'impianto quindi il mantenimento del livello di monte pari alla quota 542,60 m s.l.m.. Mantenendo la su scritta condizione la luce della scala di rimonta risulta sottobattente e come descritto precedentemente permette il transito di una portata pari a 44 l/s e l'instaurarsi di una velocità di circa 0,8 m/s adatta alla risalita della fauna ittica, questa facilitata anche dalla presenza della rampa che va a collegare le vasche avvalorata anche dalla consulenza ittiologica.

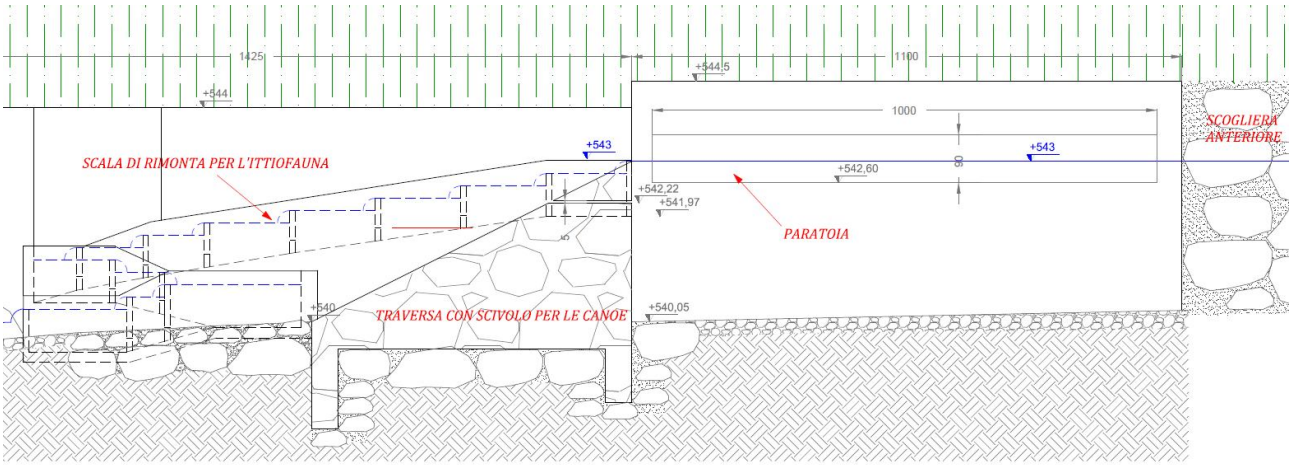


Figura 1. Sezione trasversale traversa di derivazione con imbocchi per il rilascio del DMV

Per incrementare il rilascio della quota parte del DMV, definito idrologicamente, si è scelto di andare a realizzare anche all'interno della traversa, e più specificatamente nella rampa per le canoe e nella parte laterale ad essa, una luce sottobattente che permetta il rilascio della portata.

La larghezza della rampa per le canoee è stata modificata. Ora la larghezza è stata portata a 1,65 m.

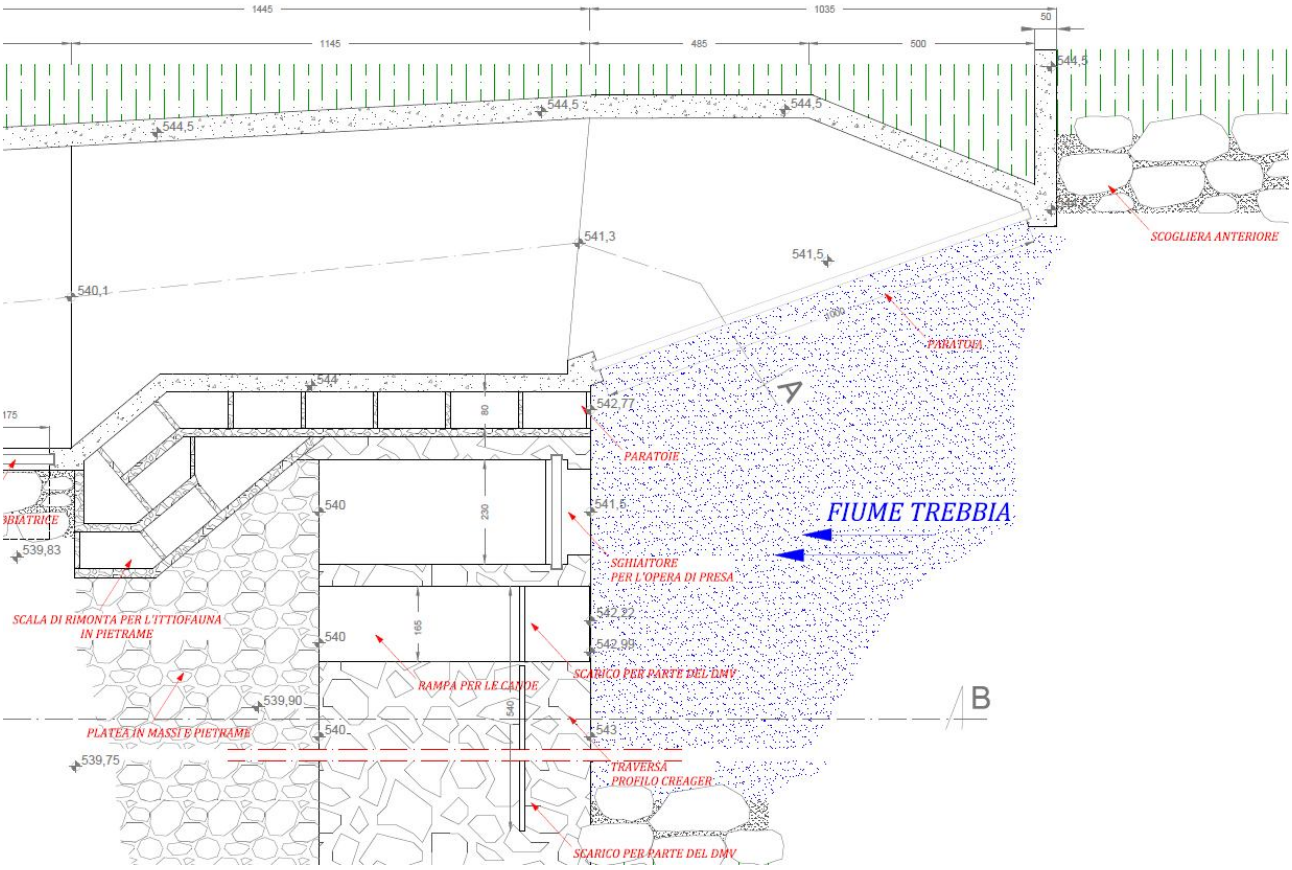


Figura 2. Pinta traversa di derivazione con imbocchi per il rilascio del DMV

L'attacco della luce sottobattente è stato imposto alla quota 542,22 m sl.m.. Questo valore è stato scelto perché va a coincidere con il limite superiore della luce sottobattente della scala di rimonta per l'ittiofauna; per cui l'attacco della luce va ad innescarsi solo nel momento in cui la luce della scala di rimonta è in piena funzione. La luce ha dimensioni 1,65 m di larghezza e 5 cm di altezza per la rampa delle canoee e 3,75 m di larghezza e 5 cm di altezza; le quali risultano sottobattente per 33 cm visto che la quota di attacco della bocca di presa è pari a 542,60 m s.l.m.. Con i suddetti valori si ottiene una luce sottobattente di lunghezza totale 5,40 m e altezza di 5 cm. Si è scelto di non realizzare una sola luce ma dividerla per garantire una portata costante e discreta sopra la rampa per le canoe.

La portata espulsa dalla bocca della rampa per le canoe è:

$$\boldsymbol{Q = \mu'*A*\sqrt{2*g*H} = 0{,}611*0{,}0825*\sqrt{2*9{,}81*0{,}355} = 133\ l/s}$$

dove:

- *g = accelerazione di gravità = 9,81 m/s2*
- *A = sezione della bocca = 0,05*1,65 = 0,0825m2*
- *H = 0,33+ (0.05/2) = 0,355 m*
- *μ = coefficiente della bocca sommersa = 0,611*

La portata espulsa dalla bocca laterale alla rampa per le canoe è:

$$Q = \mu' * A * \sqrt{2 * g * H} = 0{,}611 * 0{,}1875 * \sqrt{2 * 9{,}81 * 0{,}355} = 302\ l/s$$

dove:

- *g = accelerazione di gravità = 9,81 m/s2*
- *A = sezione della bocca = 0,05*3,75 = 0,1875 m2*
- *H = 0,33+ (0.05/2) = 0,355 m*
- *μ = coefficiente della bocca sommersa = 0,611*

Con le soluzioni prospettate ***si ha il rilascio di circa 479 l/s prima ancora della messa in funzione della derivazione, valore superiore rispetto ai 476 definito come DMV base.***

Questo valore risulta superiore al valore definito come Deflusso minimo Vitale sia dal Piano di Bacino del Trebbia non vigente, applicandone i fattori correttivi pari a 476 l/s ed anche superiore al DMV definito dall'Emilia Romagna per il bacino del Trebbia che risulta paria a 408,18 l/s.

Andando a limitare la larghezza della rampa per le canoee si è scelto di andare a eliminare lo stramazzo superficiale visto che la sua presenza andava a determinare un eccessivo rilascio di fluido nella rampa andando a impedirne l'utilizzo. Si è deciso di andare e tagliare il coronamento della rampa solo per un centimetro per far tracimare un velo d'acqua per permettere alle conee l'immissione nella rampa.

In fase di funzionamento il DMV complessivo sarà modulato e superiore a quello definito precedentemente questo perché il battente che si genererà sulle due luci sarà superiore (definito dal coronamento della traversa) e si avrà anche la messa in funzione dello stramazzo superiore della scala.

Si riportano a seguito le porte rilasciate dai dispositivi in fase di funzionamento dell'impianto:

- Portata rilasciata dalla luce sottobattente della scala di rimonta: 44 l/s
- Portata rilasciata dallo stramazzo superficiale della scala di rimonta: 56 l/s
- Portata rilasciata dalla luce sottobattente della rampa per le canoee: 194 l/s
- Portata rilasciata dalla luce sottobattente posta lateralmente alla rampa: 440 l/s

Si definisce cosi la portata totale rilasciata dagli organi di rilascio pari a circa : 734 l/s.

La conformazione progettuale fa si che prima dell'instaurarsi della derivazione idroelettrica (quota del pelo libero di valle inferiore a 542,60 m s.l.m.) si abbia il transito attraverso la scala di rimonta, la luce sottobattente della rampa per canoe e la luce laterale ad essa pari a circa 479 l/s.

I dispositivi permettono anche il rilascio del DMV Modulato complessivo il quale risulta 734 l/s valore superiore al DMV definito come valore al confine regionale dalla Regione Emilia Romagna (566 l/s).

Con la scelta progettuale apportata si ha anche la garanzia che in fase di non funzionamento dell'impianto solo dai dispositivi di rilascio del DMV transiteranno 734 l/s.

Vista la portata minima derivata dalla macchina (pari a 500 l/s) si può desumere che l'impianto non verrà messo in funzione fino a che la portata naturale in arrivo alla sezione di presa non sia superiore a 734 l/s + 500 l/s = 1234 l/s.

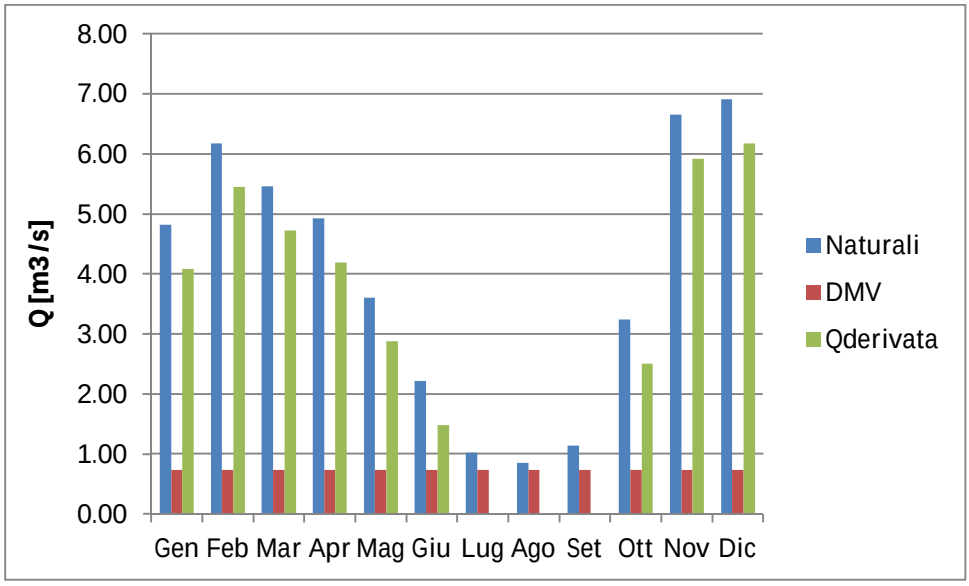
Questo perchè, con il livello di monte pari alla quota 543 m s.l.m., la portata rilasciata dagli organi idraulici risulta 734 l/s (dovuto all'incremento sensibile della portata rilasciata dalle bocche sottobattente, le quali risultano con un battente di monte sensibilmente superiore) per cui non vi è la possibilità di derivare attraverso l'officina idraulica perché non vi è il volume liquido necessario per l'innesco delle turbine e sopratutto visto che l'impianto lavora ad altezza di monte costante (pari a 543 m s.l.m.) non vi è transito di portata all'interno del canale di adduzione, ma vi è solo un effetto di "riempimento" della struttura a quota costante pari al coronamento nel caso la paratoia di presa non sia chiusa.

Queste scelte progettuali sono state intraprese perché non vanno a modificare il dimensionamento ed il funzionamento della scala di rimonta dell'ittiofauna la quale è stata concordata e definita attraverso l'ausilio di un'analisi ittiologica e pareri tecnici di un ittiologo.

Definito il DMV si è andati a ripresentare l'analisi di produttività dell'impianto, visto le modifiche al DMV definito dal progetto iniziale, il quale definiva una portata da rilasciare pari a 566 l/s. Questo incremento di portata pari a 168 l/s vanno a modificare lievemente le considerazioni fatte sulle porte e produzioni.

Si riportano a la tabella riassuntiva delle portate medie mensili naturali, DMV e derivabili.

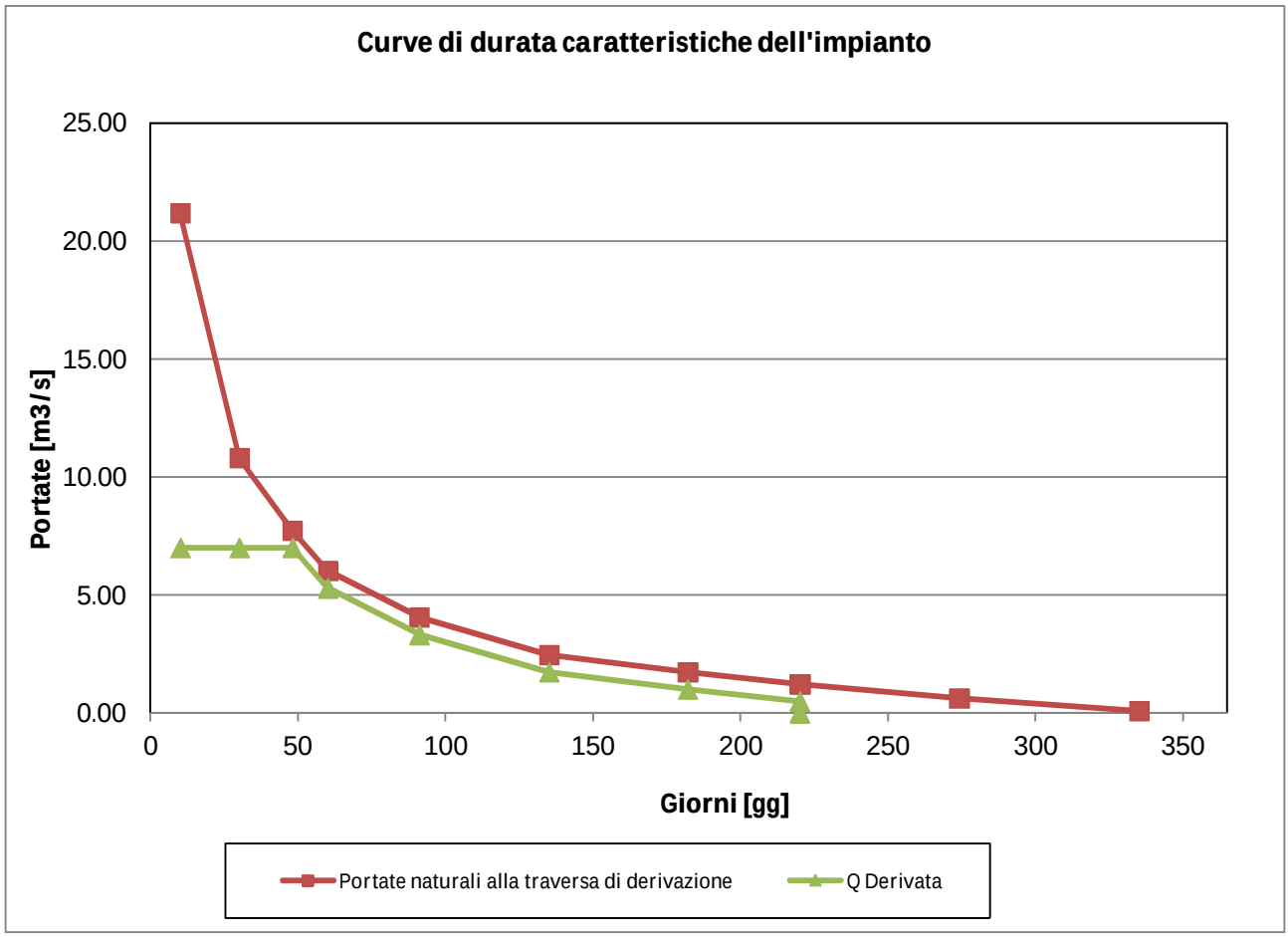
Anni	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
Naturali	4,82	6,18	5,46	4,93	3,61	2,22	1,02	0,85	1,14	3,24	6,65	6,91
DMV	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734	0,734
Qderivata	4,09	5,45	4,73	4,20	2,88	1,49	0,00	0,00	0,00	2,51	5,92	6,18



A seguito si riportano i dati caratteristici della curva di durata.

Giorni	Q Valsigiara	Q traversa	DMV	Q disp	Q der	Q ril
[gg]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]	[m³/s]
10	35.93	21.19	0.734	20.46	7.00	13.46
30	18.35	10.82	0.734	10.09	7.00	3.09
48	13.11	7.73	0.734	7.00	7.00	0.00
60	10.22	6.03	0.734	5.29	5.29	0.00
91	6.88	4.06	0.734	3.32	3.32	0.00
135	4.2	2.48	0.734	1.74	1.74	0.00
182	2.95	1.74	0.734	1.01	1.01	0.00
220	2.09	1.23	0.734	0.50	0.50	0.00
220	2.09	1.23	0.734	0.00	0.00	0.00
274	1.06	0.63	0.734	0.00	0.00	0.63
335	0.17	0.10	0.734	0.00	0.00	0.10

Q Valsigiara	portata misurata dalla stazione idrometrica
Q traversa	portata naturale in corrispondenza della traversa
DMV	Deflusso Minimo Vitale
Q disp	portata disponibile alla derivazione
Q der	portata derivata
Q ril	portata effettivamente rilasciata



A seguito si riporta la tabella riassuntiva della produzione energetica con oggetto l'impianto idroelettrico in progetto.

Centrale

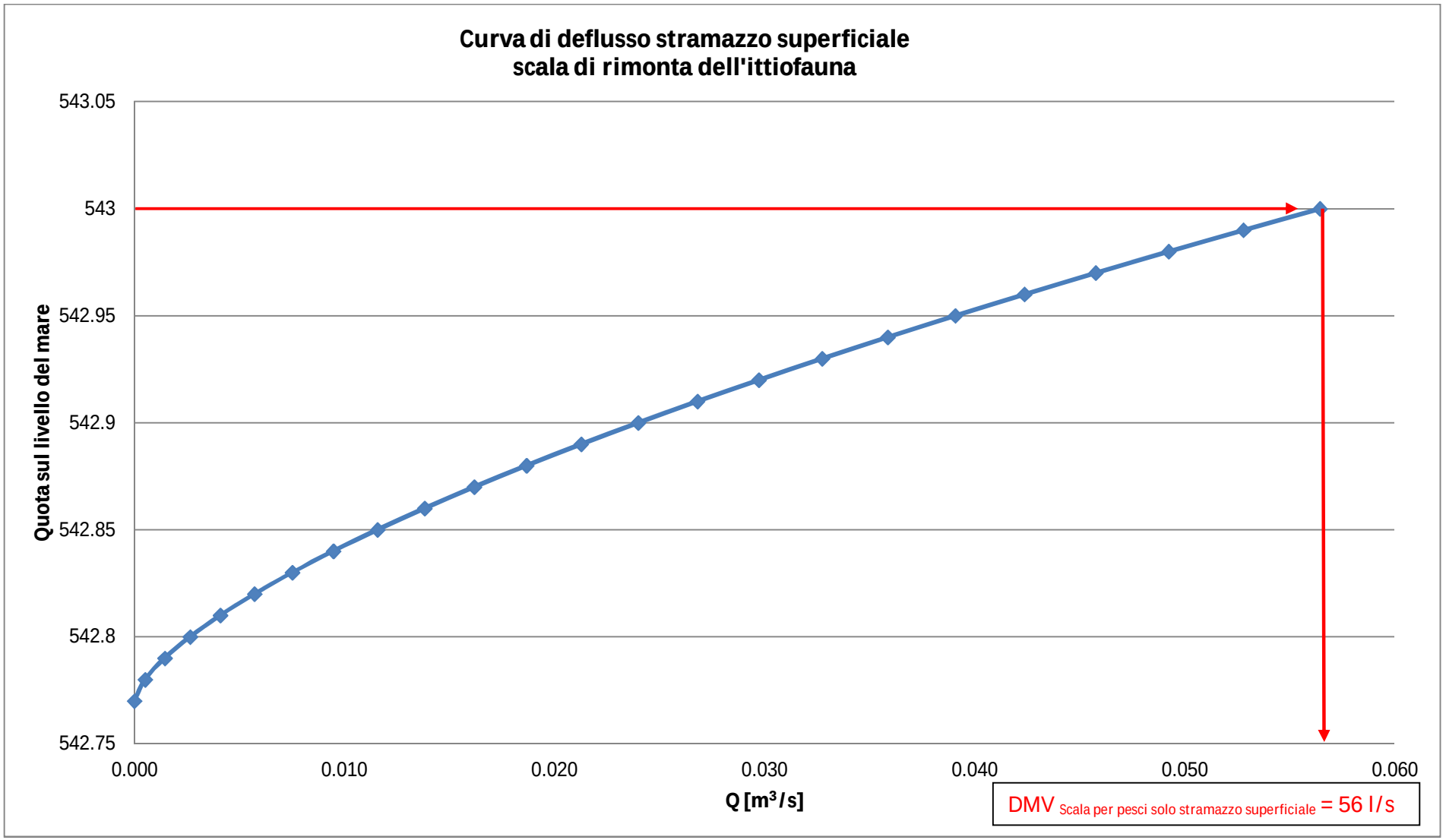
Giorni	*Q disp*	*Q der*	*Potenza*	*Energia*
[gg]	[m3/s]	[m3/s]	kW	KWh
10	20,460	7,000	631,87	151648
30	10,090	7,000	631,87	303295
48	7,000	7,000	631,87	272966
60	5,294	5,294	477,91	159807
91	3,324	3,324	300,07	289406
135	1,743	1,743	157,37	241529
182	1,006	1,006	90,82	139978
220	0,500	0,500	45,13	61993
220	0,000	0,000	0,00	0
274	0,000	0,000	0,00	0
335	0,000	0,000	0,00	0
	Media	***3,400***	***306,94***	
	Totale			***1.620.622***

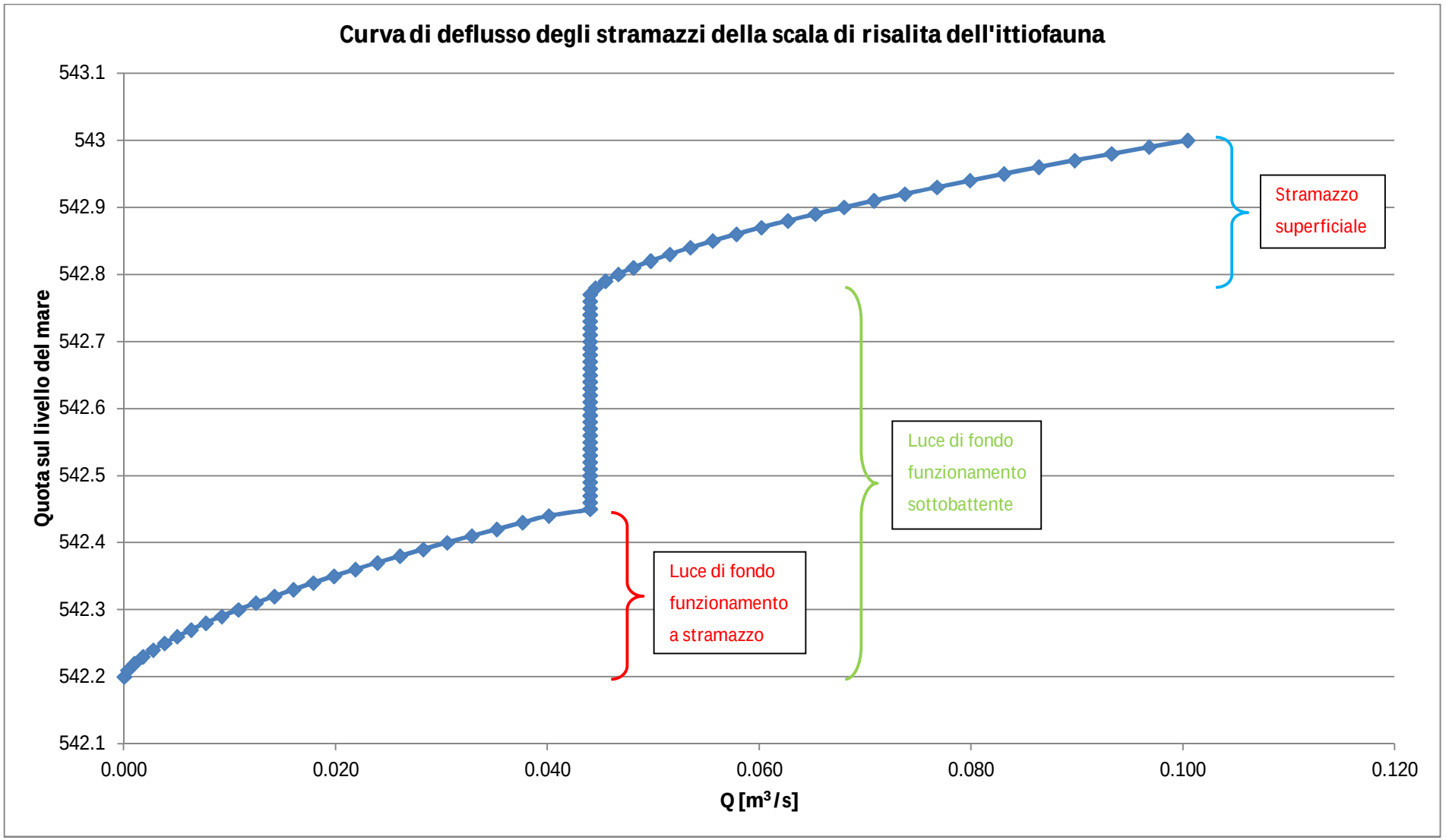
Q max derivabile		7	*m³/s*
Q min derivabile		0,5	*m³/s*
Salto medio		11,2	*m*
Rendimento	turbina	0,92	
	generatore	0,94	
	trasformatore	0,95	
	generale	**0,82**	
Giorni fermo macchina	10	giorni/anno	
Giorni attività macchina	220	giorni/anno	

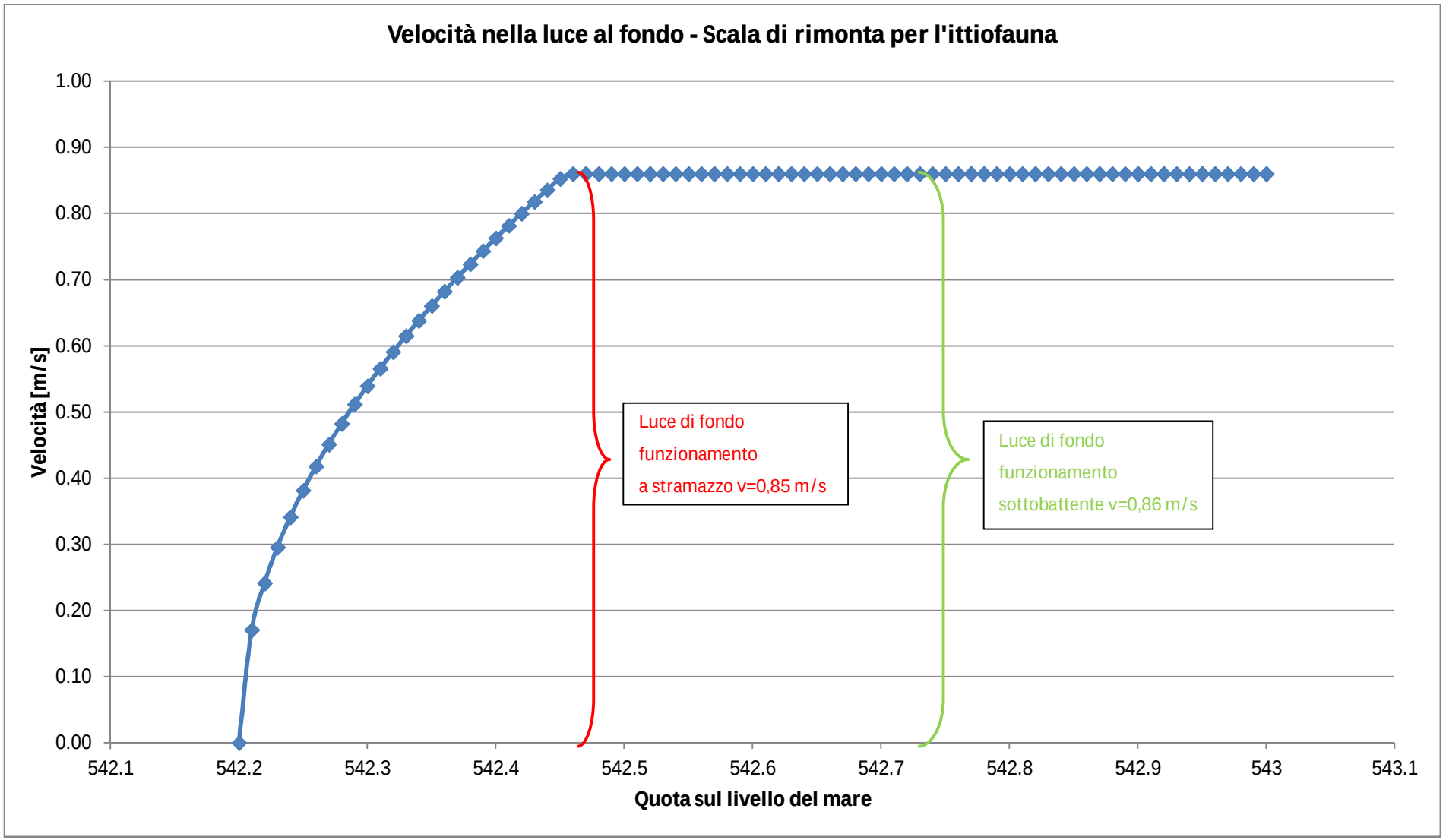
Come si può osservare la produzione è scesa da un valore di ***1.701.028 Kwh*** a ***1.620.622 Kwh*** quindi con una diminuzione di ***80.406 Kwh.*** Questa diminuzione non va a compromettere la fattibilità dell'impianto visto che con le tariffe attuali si avrebbe una diminuzione di reddito di circa ***17.600 €.***

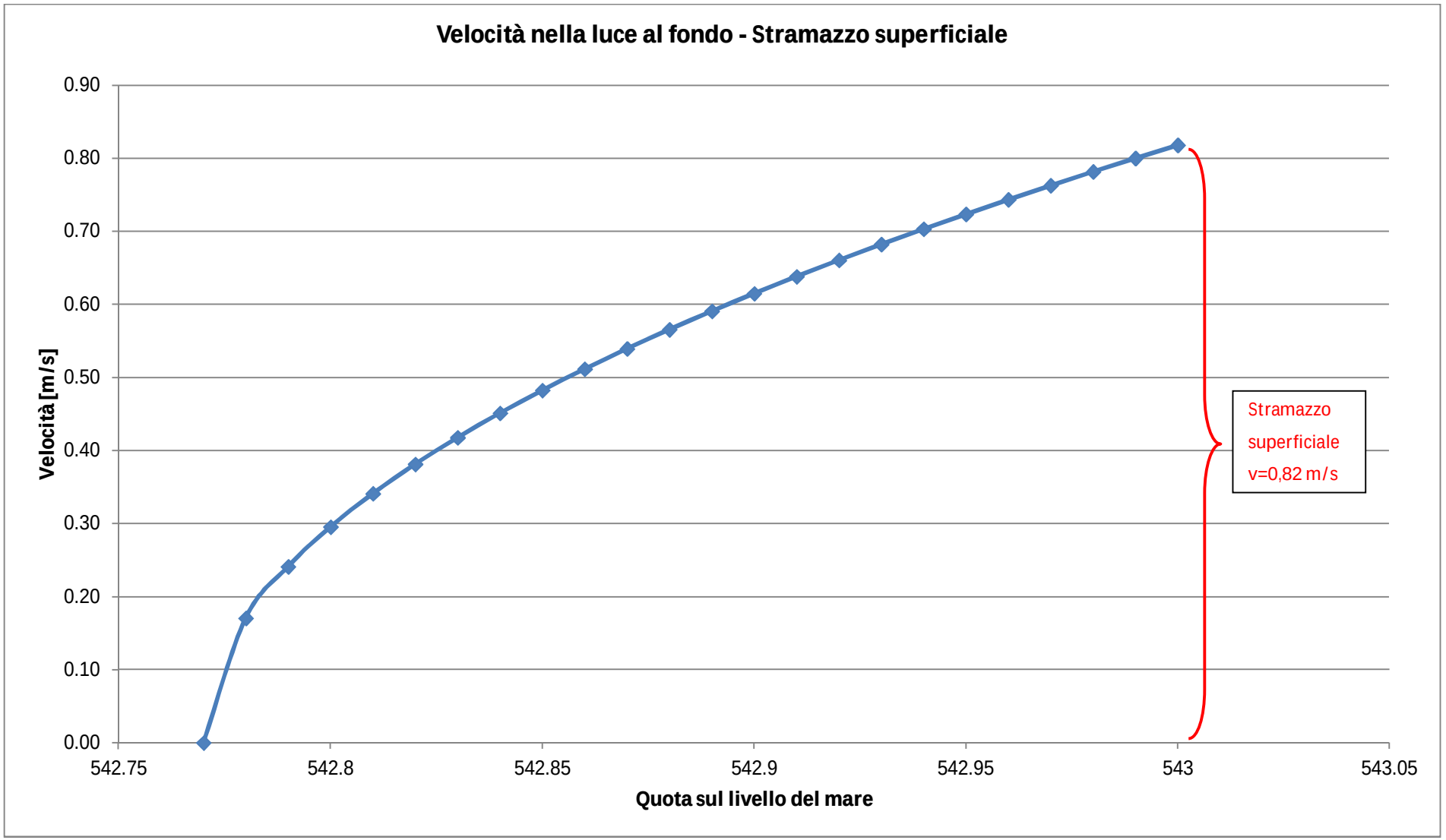
Si può anche vedere che la centrale sarà in funzione per circa 220 giorni e la porta media di derivazione risulta lievemente superiore a quella definita in fase di inizio di istruttoria.

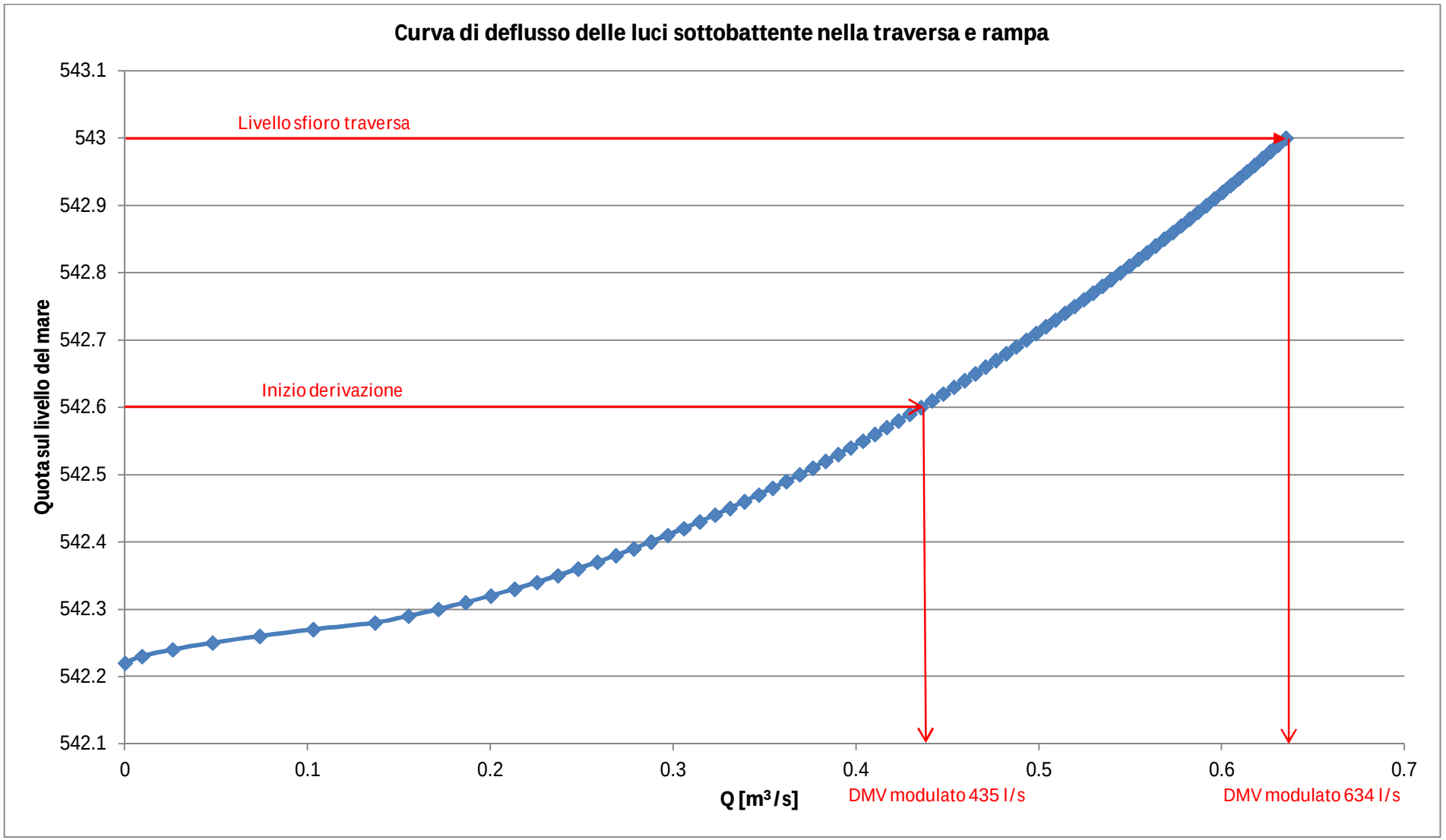
Si passerà di conseguenza da una portata media di 3,37 m³/s a 3,4 m³/s e perciò da una potenza legale media di 370 Kw a 373 kw.

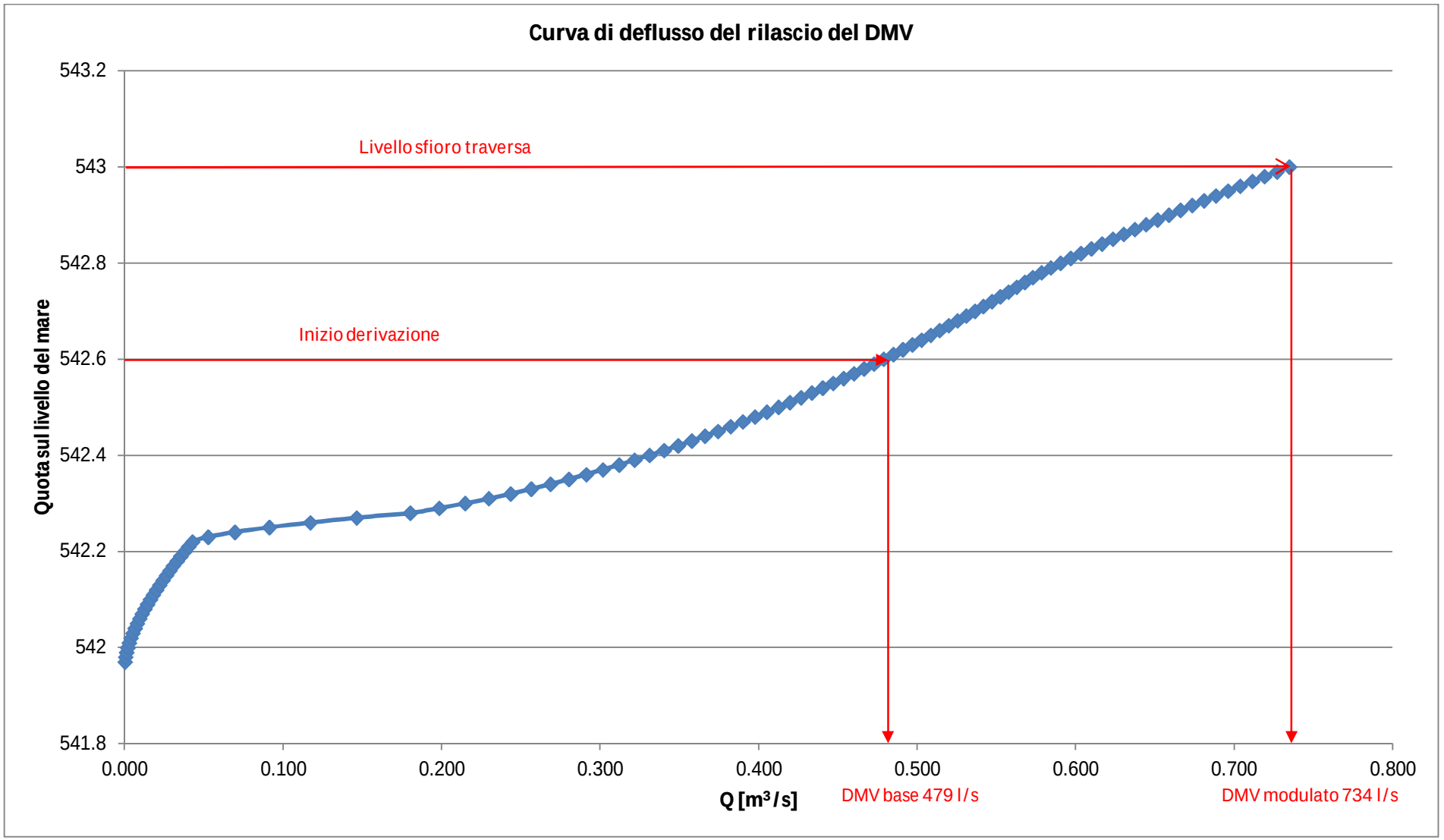

Curva di deflusso stramazzo superficiale
scala di rimonta dell'ittiofauna
543.05
543
542.95
542.9
542.85
542.8
542.75
Quota sul livello del mare
0.000
0.010
0.020
0.030
0.040
0.050
0.060
Q [m³/s]
DMV Scala per pesci solo stramazzo superficiale = 56 l/s


Curva di deflusso degli stramazzi della scala di risalita dell'ittiofauna
Quota sul livello del mare
543.1
543
542.9
542.8
542.7
542.6
542.5
542.4
542.3
542.2
542.1
0.000
0.020
0.040
0.060
0.080
0.100
0.120
Q [m³/s]
Stramazzo superficiale
Luce di fondo funzionamento sottobattente
Luce di fondo funzionamento a stramazzo


Velocità nella luce al fondo - Scala di rimonta per l'ittiofauna
1.00
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
Velocità [m/s]
542.1
542.2
542.3
542.4
542.5
542.6
542.7
542.8
542.9
543
543.1
Quota sul livello del mare
Luce di fondo funzionamento a stramazzo v=0,85 m/s
Luce di fondo funzionamento sottobattente v=0,86 m/s


Velocità nella luce al fondo - Stramazzo superficiale
0.90
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
Velocità [m/s]
542.75
542.8
542.85
542.9
542.95
543
543.05
Quota sul livello del mare
Stramazzo superficiale v=0,82 m/s


Curva di deflusso delle luci sottobattente nella traversa e rampa
543.1
543
542.9
542.8
542.7
542.6
542.5
542.4
542.3
542.2
542.1
Quota sul livello del mare
Livello sfioro traversa
Inizio derivazione
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
Q [m³/s]
DMV modulato 435 l/s
DMV modulato 634 l/s


Curva di deflusso del rilascio del DMV
543.2
543
542.8
542.6
542.4
542.2
542
541.8
Quota sul livello del mare
Livello sfioro traversa
Inizio derivazione
0.000
0.100
0.200
0.300
0.400
0.500
0.600
0.700
0.800
Q [m³/s]
DMV base 479 l/s
DMV modulato 734 l/s

2 EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA DEL LETTO DEL FIUME TREBBIA

2.1 Lo studio

Visto l'inserimento di un nuovo manufatto in alveo si è deciso di analizzare attentamente l'evoluzione geomorfologica del fondo del letto del Fiume Trebbia. Quest'analisi è stata compiuta per poter descrivere come il fondo del fiume andrà a rispondere alla presenza della traversa di derivazione dell'officina idroelettrica. L'analisi è stata compiuta in due fasi: la prima andando a paragonare gli effetti riscontrati nei pressi di una traversa presente più a valle del sito in oggetto di studio; la seconda andando ad affrontare il problema sotto un aspetto più naturalistico ed ingegneristico andando a valutare le componenti del trasporto solido e i suoi effetti.

2.2 Valutazione attraverso il metodo comparativo

La valutazione degli effetti della nuova traversa di derivazione è stata compiuta andando a valutare e paragonare gli effetti dovuti alla traversa presente a Losso. Come scritto precedentemente un' esperienza diretta sui risvolti a breve e a lungo termine può essere dedotta dalla costruzione sul Trebbia di una briglia di analoghe caratteristiche al servizio della centrale idroelettrica di Losso, in comune di Ottone (PC), situata a valle della presa di cui si tratta di circa 13 km. La traversa di Losso, realizzata nel 1988 su progetto e direzione dei lavori da parte dell'ing. Galletti, presenta l'altezza sul letto di 4 m circa. Nello sbarramento, oltre a tre bocche di sghiaiamento poste accanto alla bocca di captazione, è presente e attiva una scala di rimonta per i pesci di tipo Larinier.

A Losso, in misura riassuntiva, si è verificato quanto segue:

- appena terminato lo sbarramento sul fiume la velocità di arrivo delle acque è risultata ridotta rispetto a quella naturale preesistente, con la formazione di un invaso di 40.000 m3 confinato entro le sponde.
- Il trasporto solido ha incominciato a depositarsi sul fondo dell'invaso, riducendone progressivamente il volume.

Di conseguenza si sono andati a definire le conseguenze di questa variazione geomorfologica ed idraulica della zona:

- la prima conseguenza positiva è stata quella di eliminare l'erosione al piede del versante destro a monte della briglia e quindi di rallentare l'evolversi di una frana presente, stabilizzandone il piede
- dopo circa 5 anni, l'invaso è risultato completamente interrato, salva una ridotta area situata a monte delle bocche di sghiaiamento e della bocca di presa.

- dopo circa 10 anni si sono resi necessari interventi di manutenzione a valle della base della briglia per effetto dell'asportazione di materiale da parte del fiume, intervento costituito dall'apporto di massi intasati con calcestruzzo di raccordo tra base della briglia e letto del fiume.

Per evitare i problemi, dovuti per esempio all'asportazione del materiale a valle della base della traversa in progetto è stato previsto una platea di massi ciclopici intasati tra loro e sopratutto la realizzazione del profilo della traversa con profilo creagher per limitare la formazione di risalti idraulici e sopratutto il generarsi di effetti idraulici di dissipativi (dissipazione di energia cinetica) i quali potrebbero generare degli scavi localizzati nei pressi della nuova struttura idraulica. Altra problematica riscontrata è stata l'interramento dell'invaso. Per questa motivazione si è scelto di inserire un grande paratoia di dissabbiatura con profondità pari a 1,5 e larghezza 2,3 m. Questa permetterà, con aperture regolari, di mantenere l'altezza di massimo interrimento pari a soli 1,5 m. Il suo funzionamento sarà propedeutico all'utilizzo dell'impianto per poter garantire il il funzionamento della bocca di presa e sopratutto per mantenere sempre in funzione e puliti gli organi per il rilascio del DMV. Eventuali effetti straordinari di interrimento della traversa, dovuti ad eventi eccezionali di piena saranno affrontati con l'asportazione del materiale il quale verrà ricollocato in alveo. Sulla base di questa esperienza e di queste considerazioni, che non hanno prodotto effetti negativi sul corso d'acqua e sui luoghi, è stata valutata la fattibilità dell'opera la quale ricalca i caratteri della presa di Losso.

2.3 Valutazione attraverso il metodo ingegneristico

2.3.1 Considerazioni sulla mobilizzazione dei sedimenti al fondo

In genere si definisce stabile un fondo di alveo e sue sponde quando non si ha spostamento degli elementi litoidi che lo costituiscono. La condizione di inizio del movimento di questi elementi definisce il limite di stabilità del rivestimento. La tensione tangenziale che viene esercitata sul fondo è:

$$\tau_B = \gamma_W \cdot Y \cdot i$$

Dove

- γ_w= peso specifico dell'acqua
- y= tirante idraulico
- i= pendenza del fondo alveo

Considerando un ciottolo di diametro equivalente uguale al diametro medio dm del pietrame di fondo (cioè il diametro del vaglio che consente il passaggio del 50% in peso del

materiale litoide che costituisce il rivestimento dell'alveo) si definisce il coefficiente di Shields (C) la grandezza dimensionale:

$$C = \frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma_w) \cdot d_m}$$

Dove:

- τ_c= tensione tangenziale di trascinamento nella situazione critica di moto incipiente
- γ_s= peso specifico dell'inerte

La tensione tangenziale di trascinamento esercitata sul fondo dalla vena d'acqua nella situazione critica di inizio movimento vale dunque

$$\tau_c = C \cdot (\gamma_s - \gamma_w) \cdot d_m$$

Il fondo risulta stabile se se è verificata la disuguaglianza

$$\tau_b \leq \tau_c$$

Con controllo delle deformazioni si ammette:

$$\tau_b \leq 1.2 \cdot \tau_c$$

Il coefficiente di Shields per il pietrame sciolto vale circa C=0,047

È di uso corrente valutare la stabilità del rivestimento facendo riferimento alla velocità (velocità media della corrente nella sezione in esame).

Mentre la tensione tangenziale è da sola sufficiente a definire la condizione di stabilità, la velocità critica, per un dato rivestimento, dipende anche dalla profondità della vena d'acqua y. Infatti la velocità e la profondità sono legate fra loro e con la tensione tangenziale dalla:

$$\tau_b = \gamma_w \cdot n^2 \cdot \frac{u^2}{R^{1/3}} = \gamma_w \cdot y \cdot i$$

Dove:

- τ_b= tensione tangenziale che viene esercitata sulle pareti
- γ_w= peso specifico dell'acqua
- n= coefficiente di scabrezza di Manning
- u= velocità media dell'acqua
- i= pendenza del corso d'acqua
- R= raggio idraulico della sezione di calcolo

La velocità limite per cui non si ha movimento di fondo è pertanto pari a:

$$u = \sqrt{\frac{\tau_b \cdot R^{1/3}}{\gamma_w \cdot n^2}}$$

Nel caso della sezione di presa le condizioni idrauliche al contorno sono riassunte nella seguente tabella:

Dati idraulici caratteristici – sezione di presa		
Parametro	**u.m**	**Valore**
Q	m^3/s	1725
R	m	2,41
N	$s/m^{1/3}$	0,06
y	m	8.8
i	m/m	0,07

I dati geometrici relativi al materiale d'alveo sono invece riportati di seguito:

Dati geometrici caratteristici – sezione di presa		
Parametro	**u.m**	**Valore**
γ_s	Kg/m^3	1900
v_m	m^3	0,022
d_m	m	0,35

Utilizzando le relazioni sopra riportate si ottengono quindi i seguenti valori di tensione e velocità:

Tensioni e velocità risultanti – sezione di presa		
Parametro	**u.m**	**Valore**
τ_c	Kg/m^2	14,80
τ_b	Kg/m^2	683
τ_c/τ_b		0,021
u_l	m/s	15.95
u	m/s	3,87

La verifica condotta alla sezione di presa evidenzia pertanto una condizione di stabilità degli elementi lapidei che costituiscono il fondo alveo per una portata di progetto avente tempo di Ritorno di 200 anni, questo dovuto ad un ampliamento non indifferente della sezione del letto in caso di piena.

2.3.2 Considerazioni sull'evoluzione del fondo

In seconda analisi si è andati a valutare il comportamento geomorfologico del Trebbia, approcciandosi con metodo scientifico il quale implementa la problematica del trasporto solido. Il trasporto solido effettuato dalle piene e dalle morbide del fiume, come sopra detto, è destinato a riempire gradualmente il lago formatosi a seguito della costruzione della traversa di presa, come è avvenuto nel caso di Losso citato e come mostra l'esperienza per casi analoghi. Infatti, oltre che dalla morfologia del materiale costituente il letto del fiume, il deposito è condizionato dalla velocità delle acque: questa, appena a monte della traversa diminuisce in rapida misura a seguito dell'aumento della sezione idraulica (dal lago di monte alla lama stramazzante sulla briglia). Lo stato di equilibrio tra trasporto solido e pendenza del fondo a monte della traversa dipende dalle condizioni al contorno ma in particolare dalla presenza di punti fissi, rappresentati dalla sommità della traversa (cfr. Corso di Idraulica, Trasporto Solido, proff. Franzetti, Gua-dagnini, Ballio, 1999). Dalla teoria, supportata da esperienze di laboratorio, risulta che per i fiumi montani appenninici lo stato di equilibrio del fondo avviene con la pendenza di sistemazione verso monte pari all'0.1%, considerando, in caso di piena, un coefficiente di Strickler pari a n = 35 (prove di Schocklitsch). Il valore della pendenza di sistemazione J_{sist} a monte della traversa viene confermata dalla formula (Valentini):

$$J_{sist} = \Phi*(\gamma t-\gamma a)*d50/(\gamma a*R) = 0.056*(1800-1000)*(0.05\approx0.04)/(1000*2) = 1.2\approx0.9‰$$

dove:

- Φ = *coefficiente per torrenti montani = 0.056*
- γt = *peso specifico delle terre = 1800 kg/m3*
- γa = *peso specifico dell'acqua = 1000 kg/m3*
- *d50 = granulometria di alveo = 0.05≈0.04 m*
- *R = raggio bagnato della sezione = 2 m*

Il tempo necessario per colmare l'invaso di monte della traversa dipende dal numero e dalla portata delle piene del fiume: come verificatosi con la traversa di Losso, si può stimare in 3-5 anni il tempo per la regolarizzazione del fondo a monte della briglia con la pendenza citata (stato di equilibrio). Questo tempo può essere anche funzione delle opere di pulizia dovute all'apertura della paratoia sghiaiatrice la quel fa si che il livello di invaso non superi 1,5 m di altezza. Come si può osservare dalla figura riportata a seguito l'inserimento della traversa fa si che la zona d'interrimento si estenda sensibilmente a monte di essa. Questo cambiamento morfologico deve essere valutato attentamente perchè la rappresentazione grafica proposta precedentemente sovrastima la zona di ricopertura. La sovrastima viene effettuata perchè il limite di deposito viene definito attraverso una ricostruzione geometrica attraverso le pendenze lineari definite sia naturalmente dall'andamento del Fiume sia attraverso la valutazione granulometrica.

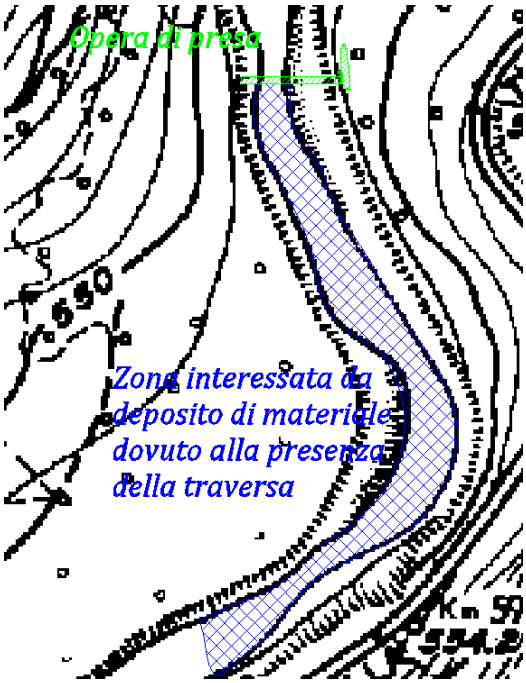


Figura 3. area di deposito granulometrico per l'inserimento della traversa di derivazione

In natura questa pendenza e questa distanza di congiunzione planoaltrimetrica non viene mai rispettata, ma questa si limita ad un'estensione molto più limitata (solitamente la metà di quella grafica), perche si vengono a creare degli effetti di diverso incastro granulometrico tra le particelle le quali vanno a modificare le pendenze e le variazioni altimetriche andando a definire una diversa collocazione particellare. Si deve anche prender atto che nella parte terminale del ricoprimento definito graficamente le ricoperture sono dell'ordine dei pochi mm quindi sensibilmente inferiori alla pezzatura media presente in alveo. Quest'analisi effettuata graficamente può essere mantenuta come condizione cautelativa di sovra valutazione del comportamento fluviale. Un ulteriore fenomeno, di tipo erosivo, dovuto all'asportazione del fondo da parte delle acque, avviene in corrispondenza della base di valle della briglia. Infatti la lama d'acqua in caduta dalla briglia crea un campo di moto fortemente turbolento alla base dell'opera, caratterizzato da una elevata capacità di asportazione delle ghiaie e che, in assenza di protezioni adeguate, produce un abbassamento notevole del fondo. Nel caso si prevede di disporre a valle della traversa una soglia in massi cementati sulla quale si riversa la lama tracimante, questa soglia di pietrame e massi intasati in calcestruzzo, sporgenti da questo, servono per contrastare il fenomeno erosivo dei vortici e per ridurre la velocità delle acque. Lo sviluppo longitudinale della soglia in pietrame è previsto in circa 6 m.

Infine la presenza dei fianchi di cemento armato della traversa e della bocca di presa è causa di insorgere di moti vorticosi a causa della variazione della sezione idraulica e del materiale di contatto. Anche in questo caso si prevede il rivestimento delle scarpate con pietrame e massi venti dimensione compresa tra 20 e 60 cm, con funzioni antierosive.

3 CONCLUSIONI

Attraverso le modifiche progettuali relative all'opera di captazione dell'officina idroelettrica si è così garantito, come richiesto dalle autorità amministrative, il rilascio di quota parte del Deflusso Minimo Vitale prima dell'innesco della derivazione andando a salvaguardare l'aspetto preponderante che nel caso di questi impianti a tratto sotteso è l'aspetto ambientale.

Lo studio morfodinamico del Fiume Trebbia in prossimità della traversa di derivazione ha dimostrato che l'inserimento della traversa genererà, come naturale, un interrimento della zona; ma questo viene limitato dalla presenza della grande paratoia di sghiaio e sopratutto dall'elevazione molto contenuta della traversa di derivazione.

Si può così affermare che al termine di vita utile dell'impianto, come definito nel piano di dismissione la traversa verrà demolita. Nel caso in cuoi invece venga mantenuta, verranno eliminate tutte le parti elettromeccaniche (paratoie) facendo si che la zona dissabbiatrice sia sempre in funzione e che questa permetta sempre la pulizia della parte di monte.

In conclusione si può affermare che le modifiche tecniche apportate e l'analisi della morfologia fluviale garantiscono che il posizionamento della traversa non abbia impatti negativi sull'ambiente, anzi la creazione di una rampa di risalita per le canoee potrà essere anche fonte di richiamo sportivo per la zona.