Hydrowatt

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification

Regione Toscana

Comune di Massa (MA)

IMPIANTO IDROELETTRICO EX FILANDA DI FORNO

PROCEDURA DI RINNOVO DELLA CONCESSIONE DI DERIVAZIONE

Relazione tecnica

IL RICHIEDENTE:	IL PROGETTISTA:
	Ing. Flavio Andreoli Bonazzi Ordine degli Ingegneri di Roma Sez. A N° iscrizione 20648

Firmato digitalmente da
FLAVIO ANDREOLI BONAZZI
CN = ANDREOLI BONAZZI FLAVIO
C = IT

REV.	DATA	MOTIVO	CODICE DOCUMENTO	COMMESSA	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
0	10/06/21	Rinnovo concessione	RT01	HY307	Bochicchio	Giusti	Giuliani

Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/

PREMESSA

Il Comune di Massa è attualmente titolare della concessione derivazione a scopo idroelettrico delle acque del fiume Frigido. La concessione è stata assentita con delibera di Giunta Regionale n° 2274 del 15/03/1991.

Con comunicazione del 20/01/2021 (prot. 38222) la Direzione Difesa del Suolo e Protezione Civile – Settore Genio Civile Toscana comunicava che la scadenza della concessione fissata per il 14/03/2021 era stata prorogata al 29/07/2021 per effetto della Delibera del Consiglio dei Ministri del 13/01/2021.

La presente relazione è parte integrante della istanza di rinnovo della concessione attualmente in essere i cui parametri di concessione sono di seguito riassunti:

- Uso dell'acqua: forza motrice – idroelettrico
- Portata di concessione: 960 l/s
- Salto di concessione: 54.9 m
- Potenza di concessione: 516.70 kW
- DMV: 10 l/s
- Luogo e modalità di presa: raccordo canalizzato delle acque sul T. Frigido
- Luogo e modalità di restituzione della acque: le acque sono interamente restituite nel T. Frigido in località Forno.

DESCRIZIONI DEI LUOGHI

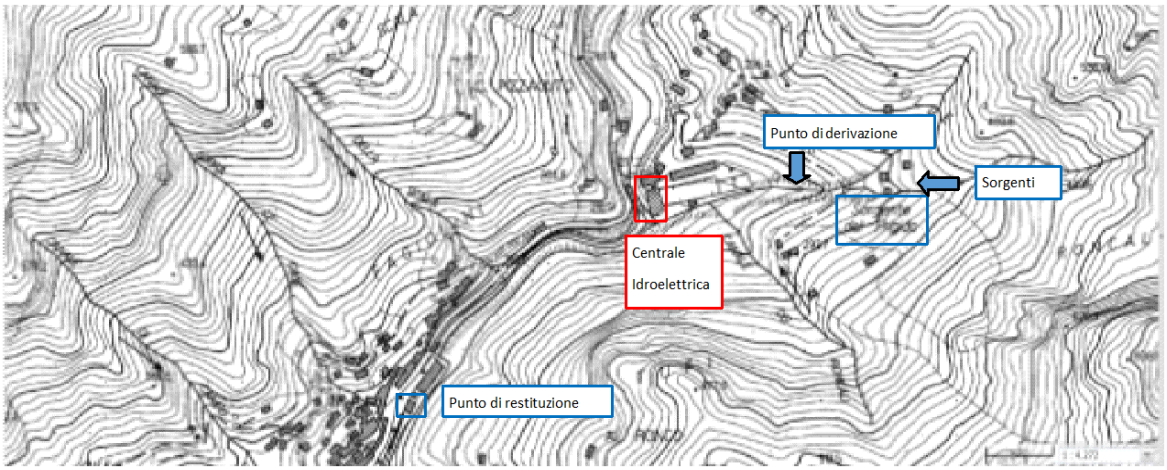
La derivazione oggetto di rinnovo è attiva sin dalla fine del 1800 quando fu realizzata una Filanda per la lavorazione industriale del cotone che, necessitando di abbondante e continuo approvvigionamento idrico, potevano essere garantite dal fiume Frigido.

La concessione originaria infatti risale al 1881 quando fu rilasciata ai proprietari del cotonificio la concessione di realizzazione di un canale per la derivazione dell'acqua. Allo scopo di sfruttare meglio la forza dell'acqua oltre il naturale salto geodetico esistente al di sotto della filanda fu scavato un pozzo profondo circa 54 m all'interno del quale fu collocata una turbina idraulica di tipo pelton ad uso forza motrice.

Il pozzo nei primi anni 2000 fu allargato allo scopo di installare una coppia di turbine francis che sono quelle attualmente in uso. Contestualmente è stata installata una nuova condotta di derivazione.

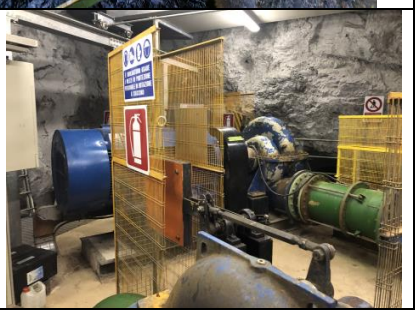
Per il resto la collocazione delle principali opere idrauliche che compongono la centrale sono mostrate nella stralcio di CTR e nelle foto a seguire in cui si elencano anche le principali dimensioni delle stesse.

Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/



Punto di Presa Lat: 44° 05’ 12” Long: 10° 11’ 07” Quota: 226 m slm Raccordo canalizzato semicircolare con sfioro di troppo pieno e paratoia di sghiaio in prossimità della bocca di presa che alimenta il canale di derivazione. La bocca di presa è regolata da una paratoia motorizzata che si chiude onde evitare l’ingresso eccessivo di acqua quando si verificano consistenti incrementi di portata.	
Canale di derivazione Sezione: rettangolare (in parte aperto ed in parte coperto) larghezza 2.6 m profondità 1.4 – 1.6 m lunghezza: 170 m pendenza: 0.24 %	

Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/

Sgrigliatore Sito circa 18 m a valle dell'opera di presa	
Locale turbine	

Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/

Punto di restituzione Lat: 44° 05’ 2” Long: 10° 10’ 43” Quota: 168 m slm	

MODALITA’ DI PRESA UTILIZZO E RESTITUZIONE DELLE ACQUE

Le acque del fiume Frigido vengono raccolte tramite un raccordo canalizzato realizzato a fine del 1800. Nel tratto terminale, il raccordo curva verso la bocca di presa per andare ad alimentare il canale di adduzione che alimenta la centrale idroelettrica.

L’ingresso al canale è regolato da una paratoia. Sul lato sinistro della presa e parallelamente alla curva esterna del raccordo è presente una paratoia di sghiaio. Lungo la curva del canale sono presenti delle bocche deputate al rilascio del DMV.

Ogni qualvolta la portata in arrivo alle sorgenti superava la quantità valorizzabile a scopo idroelettrico, la parziale chiusura della paratoia in ingresso al canale impediva l’ingresso eccessivo di acqua. Questa manovra comportava pertanto l’allontanamento dell’acqua in eccesso tramite la soglia superiore del raccordo canalizzato che svolgeva la funzione di stramazzo.

L’acqua derivata sul canale veniva prima sgrigliata e poi recapitata alla vasca di carico della centrale. Lo sgrigliatore è posizionato circa 18 m a valle della bocca di presa del canale di derivazione. Nella vasca di carico è presente uno stramazzo che ogni qualvolta si ferma la turbina è in grado di allontanare la portata derivata recapitando la stessa in un affluente destro del Fiume Frigido.

Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/

La condotta che alimenta le turbine è di acciaio di diametro 900 mm di lunghezza circa 75 m.

Le turbine sono installate in una grotta scavata nelle roccia di dimensione planimetriche pari a circa 8.5 m x 7.0 m.

Le turbine attualmente installate sono due macchine di tipo Francis in grado di turbinare complessivamente circa 1550 l/s così suddivise: 2/3 della portata sul gruppo 1 ed 1/3 della portata sul gruppo 2. Il dislivello esistente tra la vasca di carico e l'asse di rotazione delle turbine è pari a circa 54 m.

Le acque, una volta turbinate, vengono restituire al fiume Frigido tramite un canale a pelo libero sotterraneo lungo almeno 470 m. L'accesso al canale di scarico è inibito da una cancellata in ferro (vedi foto paragrafo precedente).

VERIFICA DEL CANALE DI DERIVAZIONE

Come illustrato nei paragrafi precedenti il canale a pelo libero che alimenta la centrale presenta una larghezza di circa 2.6 m, profondità variabili tra 1.4 m ed i 1.6 m ed un pendenza media dello 0.24%.

Il canale è realizzato in muratura di vecchia fattura ma è stato recentemente oggetto di opere di manutenzione, consolidamento ed impermeabilizzazione. La scabrezza del canale può pertanto essere ragionevolmente assunta pari a 40 $m^{1/3}$ s^{-1}.

Assumendo un franco di sicurezza pari a 20 cm si è calcolata la portata massima trasportabile dal canale a pelo libero utilizzando la formula del moto uniforme di Gaucker – Strickler che ha fornito i seguenti risultati:

- Larghezza: L = 2.6 m
- Profondità acqua Y = 1.2 m
- Sezione bagnata Om = 3.12 mq
- Perimentro bagnato B= L + 2*Y = 5 m
- Raggio idraulico R_{idr} = Om/B = 0.62 m
- Scabrezza ks = 40 $m^{1/3}$ s^{-1}
- Pendenza if = 0.24 %
- Velocità moto uniforme U = ks * $R^{1/6}$ * $(R*if)^{0.5}$ = 1.45 m/s
- Portata Q = U * Om = 4.54 mc/s

La verifica idraulica pertanto mostra come il canale sia geometricamente compatibile al trasporto di una portata molto superiore alla portata massima valorizzabile a scopo idroelettrico complessivamente dalle due macchine che è pari a circa 1550 l/s. Poiché risulterebbe inutile derivare più acqua di quella realmente valorizzabile dall'impianto a monte e a valle della bocca di presa sono presenti due sonde di livello che consentono di monitorare che non vengano derivate quantità d'acqua superiori a quelle utilizzabili. Quando quindi le portate del fiume Frigido superano le quantità previste o per motivi tecnici non si riesce a turbinare alla massima portata turbinabile, la paratoia automatizzata si chiude

Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/

parzialmente per ripristinare il corretto livello all'interno del canale di derivazione evitando stramazzare dalla vasca di carico.

Quest'ultima è comunque dotata di uno stramazzo di troppo pieno di dimensioni in grado di allontanare in esubero.

VERIFICA DELLA CONDOTTA FORZATA

Come illustrato nei paragrafi precedenti la condotta che alimenta le due turbina è di diametro DN900 e lunghezza 75 m.

La verifica idraulica della condotta è stata svolta utilizzando la formula di Gauckler-Strickler per il calcolo delle perdite distribuite di seguito illustrate:

- $DH = \beta_r * L * Q^2 / D^5$

dove

- $\beta_r = 10.3 / (ks^2 * D^{1/3})$

Svolgendo i calcoli ipotizzando una scabrezza ks pari a 85 $m^{1/3}\ s^{-1}$ si ottiene

- $\beta_r = 10.3 / (ks^2 * D^{1/3}) = 10.3 / (85^2 * 0.9^{1/3}) = 0.00147$

- $DH = 0.00147 * 75 * 1.56^2 / 0.9^5 = 0.46$ m

Alle perdite distribuite si aggiungono quelle concentrate che sono proporzionali alla componente cinetica dell'acqua:

- $H_{cin} = Q^2 / (2*g * \Omega^2) = 1.56^2 / (2 * 9.81 * 0.635) = 0.3$ m

Considerando che la condotta nella sua conformazione presenta le seguenti perdite concentrate:

- Imbocco pari a $0.5 * H_{cin}$
- N° 3 curve pari complessivamente a $0.75 * H_{cin}$

si può concludere che le perdite di carico lungo le condotte siano complessivamente pari a:

- $DH_{tot} = DH + 1.25\ H_{cin} = 0.46 + 1.25 * 0.3 = 0.835$ m

Dai calcoli svolti si evince che la condotta sia di diametro adeguato a trasportare le portata massima turbinabile dall'impianto.

Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/

PORTATE DISPONIBILI

Le informazioni sulle portate disponibili sul corso d'acqua possono essere desunte da diverse fonti:

- Misure di portata e precipitazione disponibili sul portale del Settore Idrologico e Geologico della Regione Toscana ed in particolare le osservazioni sul fiume Frigido presso Canevara
- Misure di portata / produzioni storiche della centrale Idroelettrica.

Dall'idrometro ed il pluviometro di Canevara, che sottende un bacino di 34.4 kmq, si desume che il corso d'acqua presenta un coefficiente di deflusso maggiore a uno a dimostrazione che il contributo sorgentizio non può essere trascurato e che lo studio idrologico non possa essere svolto per semplice similitudine idrologica con altri bacini limitrofi.

Periodo	1996-2008	2004-2021	
	Qfrigido - Canevara	**P_frigido - Canevara**	**Q/P (coef di deflusso)**
	[mc/s]	[mm]	
Gen	3.45	170.26	1.58
Feb	3.35	157.04	1.50
Mar	3.28	129.76	1.97
Apr	3.11	106.63	2.19
Mag	2.08	111.42	1.46
Giu	1.11	69.87	1.20
Lug	0.37	52.93	0.54
Ago	0.37	52.78	0.55
Set	0.57	105.12	0.41
Ott	1.49	165.61	0.70
Nov	2.24	209.33	0.81
Dic	3.66	170.86	1.67

Lo studio della disponibilità idrica del corso d'acqua può quindi essere svolta a partire dallo studio delle produzioni della centrale. Allo scopo sono state prese a riferimento le produzioni giornaliere del periodo 2016 – 2020.
Le produzioni possono essere utilizzate per stimare le portate transitanti sul corso d'acqua a meno delle portate rilasciate come DMV (pari a 10 l/s) e le portate che in esubero non sono state valorizzare a scopo idroelettrico.

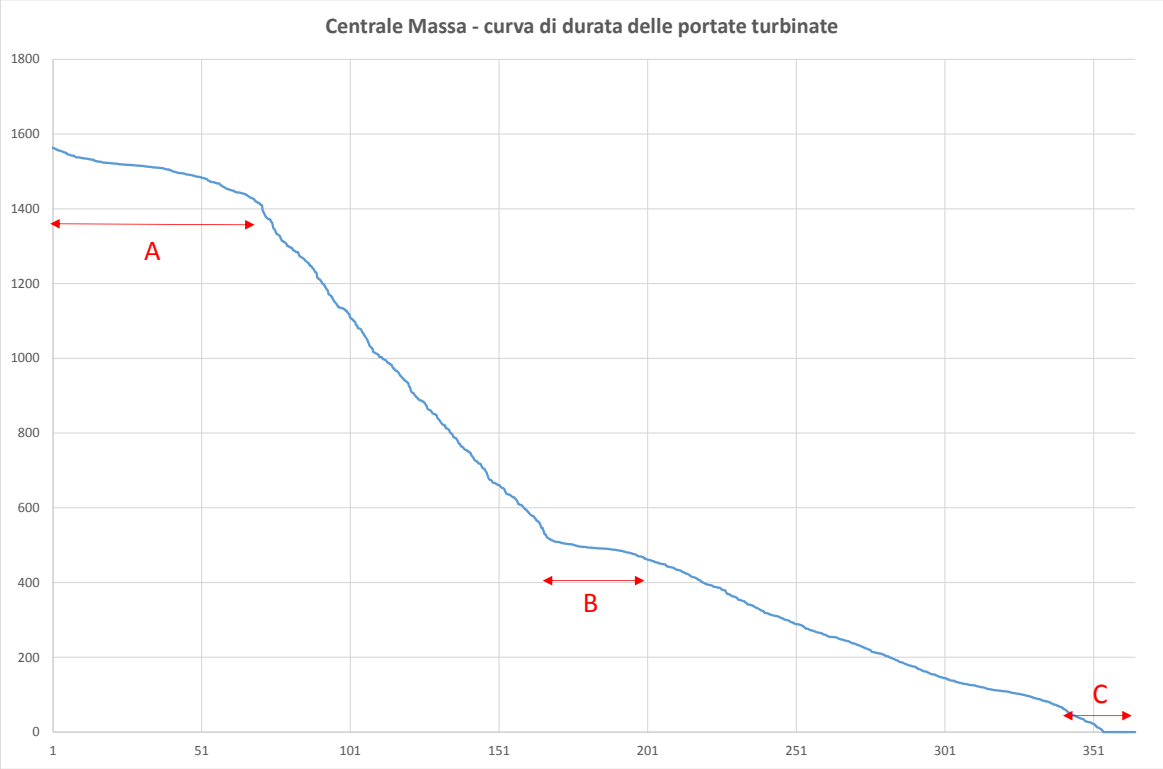
La trasformazione delle produzioni giornaliere in portate medie giornaliere è avvenuta con relazioni:

- Pm24 = E24 /24
  relazione che trasforma la produzione giornaliera in potenza media giornaliera

Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/

- Qm = Pm24*102 / (0.75 * H) dove
- H è il salto di concessione pari a 54 m
- 0.75 è rendimento medio d'impianto (turbina + generatore)

Riordinando le portate in ordine decrescente e riscalando il tempo su 365 giorni si ottiene un curva di durata delle portate turbinate dall'impianto che di seguito si mostra.



La curva presenta chiaramente delle discontinuità che rappresentano 3 distinte situazioni idrologiche:

- Zona A: periodo di tempo in cui le portate naturali eccedono le portate che la centrale idroelettrica riesce a valorizzare. In questo periodo quindi la curva delle portata turbinate è sicuramente più bassa delle portate presenti in alveo
- Zona B: periodo di tempo in cui le portate naturali sono in grado di saturare la capacità del gruppo 2 dell'impianto ma non sono sufficienti a fare funzionare il gruppo 1. Anche in questo periodo quindi le portate mostrate sono probabilmente superiori a quelle presenti in alveo
- Zona C: periodo di tempo in cui le portate naturali sono troppo basse per essere valorizzate e pertanto le portate osservate sono più basse di quelle reali

Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/

Per ovviare a questa situazione si è cercato di interpolare la curva delle portate turbinate solo nei periodi non appartenenti alle zone A B e C sostituendo le portate osservate in questi periodi con quelle ricavate tramite interpolazione.

L'equazione utilizzata per interpolare i dati di portata osservata per le rispettive durate è la distribuzione di probabilità di tipo lognormale dove la probabilità può essere determinata dalla durata con le seguente relazione

- P = 1-d/366 dove d è la durata espressa in giorni

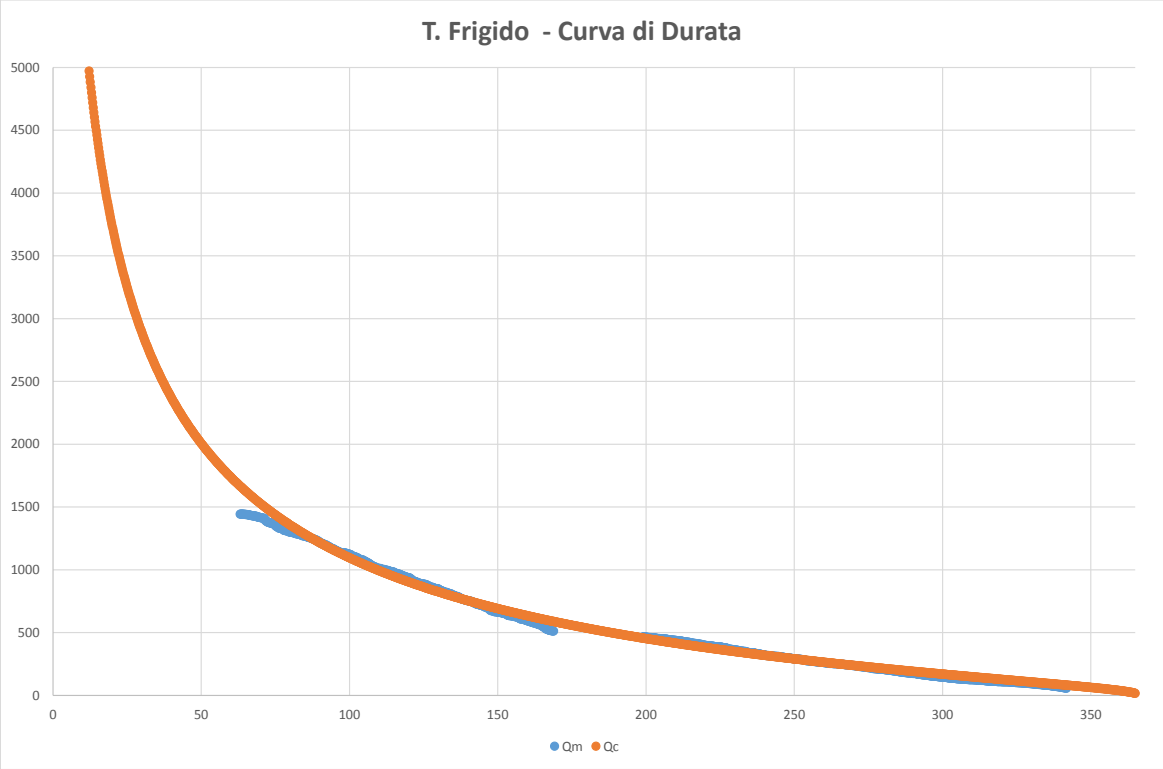
I parametri della distribuzione sono due e pari alla media ed alla deviazione standard delle portate medie giornaliere su 365 giorni.

Poiché, per via delle discontinuità osservate, non è possibile stimare statisticamente le media e la deviazione standard delle portate medie giornaliere su un intero anno ma solo su porzioni dello stesso, i parametri della distribuzione sono stati ricavati con il metodo dei minimi quadrati cercando i valori dei parametri che meglio interpolassero i punti osservati nei periodi di interesse.

Il risultato ottenuto è il seguente

- Qm = 1113 l/s
- Dev.st(Qm) = 2079 l/s

Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/



CALCOLO DEL DEFLUSSO MINIMO VITALE

Nella concessione assentita nel 1991 era obbligo del concessionario rilasciare 10 l/s. Successivamente le norme si sono aggiornate prevedendo specifiche procedure di calcolo per la determinazione del Deflusso minimo vitale.

Secondo la normativa attualmente in vigore il DMV si può calcolare secondo la relazione:

- DMV = A*B*C*D*E*F*G*H + MD

Dove

- **A** rappresenta la superficie del bacino idrografico sotteso espresso in kmq. Nel caso è risultato pari a circa 0.5 kmq
- **B** rilascio specifico pari a 1.6 l/(s * kmq)
- **C** fattore di precipitazione determinato secondo la tabella di seguito riportata. Nel caso in esame si è preso a riferimento la stazione pluviometrica più vicina che è risultata quella di

Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/

Verghetto che nel periodo 2002 – 2020 ha registrato un'altezza di precipitazione media annua pari a 2078 mm da cui si desume che il parametro C sia pari a 1.8.

Precipitazione media annua (mm di pioggia)	**Fattore "C"**
<1200	1
1200-1400	1.2
1400-1600	1.4
1600-1800	1.6
>1800	1.8

- **D** fattore di altitudine media del bacino da determinarsi secondo la tabelle di seguito riportata. Nel caso in esame l'altitudine media del bacino imbrifero è risultata pari a 643 m slm e pertanto il fattore D assumerà un valore pari a 1.2.

Altitudine media bacino (m s.l.m.)	**Fattore "D"**
<400	1
400-600	1.1
600-800	1.2
>800	1.3

- **E** fattore di permeabilità da determinarsi secondo la tabella di seguito riportata. Nel caso in esame l'alta presenza di portate di provenienza sotterranea suggerisce che il territorio presenti un'elevata permeabilità e pertanto il fattore E debba assumere un valore pari a 1.4

Permeabilità media del bacino	**Fattore "E"**
bassa	1
media	1.1
alta	1.2
elevata	1.4

- **F** fattore di qualità biologica del corso d'acqua (valutata secondo il metodo IBE) da determinarsi secondo la seguente tabella. Secondo l'ultimo rapporto sullo stato ecologico dei corsi d'acqua toscani svolto da Arpat il torrente Frigido è risultato con uno stato ecologico Buono e pertanto il fattore F può essere assunto pari a 1.1.

Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/

Qualità biologica del corso d'acqua	Fattore "F"
non inquinato	1
leggermente inquinato	1.1
inquinato	1.2
nettamente inquinato	1.3
fortemente inquinato	1.4

- **G** fattore di naturalità da determinarsi secondo la seguente tabella. Nel caso in esame la derivazione è ormai storica ed interessa aree fortemente antropizzate pertanto il fattore G può essere posta pari a 1

Classe di naturalità	Fattore "G"
aree di interesse agricolo ed urbanizzate	1
aree di interesse agricolo primario	1.2
aree a naturalità diffusa, ambiti di paesaggio delle montagna	1.4
aree protette a prevalente naturalità di crinale, contigue a parchi e riserve naturali (zone BCD)	1.6
aree di grande pregio (parchi, riserve naturali, statali e provinciali, SIC, SIR, SIN, ANPIL, ANIL, ZPS)	1.8

- **H** fattore che dipende dalla lunghezza di captazione secondo la relazione: H = 1+(D*0.05) dove D rappresenta la lunghezza di derivazione espressa in km. Nel caso in esame la lunghezza di derivazione può determinarsi come la somma della lunghezza del canale di scarico (pari a circa 470 m) e del canale di derivazione (pari a circa 170 m). Il parametro H assume pertanto un valore pari a 1.032.
- **MD** fattore di modulazione pari al 10% delle differenza tra la portata naturale ed il termine fisso del DMV data dalla moltiplicazione dei termini da A ad H.

Alla luce dei parametri calcolati il **DMV fisso** da rilasciarsi nel punto di captazione sarà pari a

- DMV = 0.5 * 1.6 * 1.8 * 1.2 * 1.4 * 1.1 * 1 * 1.032 = 2.73 l/s

Nel caso in esame il termine fisso di MD è da calcolarsi come il 10% della differenza tra la portata istantanea ed il termine fisso di 2.73 l/s.

Essendo il termine fisso di entità molto modesta, ai fini del rinnovo della concessione, si propone di fissare pari a 5 l/s il termine fisso del DMV.
Il termine di modulazione MD sarà quindi pari al 10% della differenza tra la portata naturale istantanea ed i 5 l/s.

Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/

MODALITA' DI RILASCIO DEL DMV

Nel paragrafo precedente è stato definito il DMV. Essendo molto modesto il termine fisso il deflusso minimo vitale è quindi sostanzialmente composto dal solo termine MD che corrisponde a circa il 10% della portata naturale.

Allo scopo di rilasciare la corretta quantità d'acqua prima della captazione si è preliminarmente studiato l'andamento dei livelli dell'acqua in funzione delle portate turbinate.

Attualmente la captazione dell'acqua è regolata da 3 livelli:

- Livello posto all'esterno della bocca di presa del canale di adduzione
- Livello posto all'interno del canale di adduzione
- Livello posto nella vasca di carico.

Ogni qual volta nel canale si manifesta un livello superiore ai 60 cm la centrale tende a chiudere la paratoia d'ingresso allo scopo di evitare che entri troppa acqua. Questo comportamento si evidenzia osservando i livelli misurati nei pressi della bocca di presa (punti blu) e all'interno del canale (punti arancioni).

Esiste quindi una stretta correlazione tra i livelli dell'acqua che si generano nei pressi dell'opera di presa e la portata turbinata. Nell'intorno dei 100 l/s, che rappresenta la portata minima turbinabile, il livello dell'acqua presenta livelli piuttosto variabili. All'aumentare della portata turbinata il livello cresce secondo una curva abbastanza ben individuata di equazione

- Livello presa [cm] = 0.0243 * Q [l/s] + 16.049

con una variabilità di circa 2 cm dovuta essenzialmente alla turbolenza dell'acqua.

Nota questa relazione è possibile studiare un sistema passivo di stramazzi in grado di rilasciare un DMV maggiore o uguale a quello di concessione.

Dai rilievi svolti, la sezione del raccordo canalizzato posto appena prima dell'opera di presa, presenta una sezione di tipo quasi rettangolare di larghezza 2.6 m ed altezza 1.2 m.

L'idea progettuale è quindi di installare 5 m prima della bocca di presa uno stramazzo a parete sottile di altezza 70 cm e largo l'intera sezione del canale.

Applicando le formule di Bazin ovvero

- $Q = \mu * L * h * (2 * g * h)^{1/2}$

Dove

- $\mu = (2/3) * (0.6075 + 0.0045/h) * (1+ 0.55 * (h/(h+p))^2)$

Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/

- h è il livello dell'acqua a monte dello stramazzo
- L è la lunghezza dallo stramazzo pari a 2.6 m
- p è l'altezza dello stramazzo pari a 0.7 m

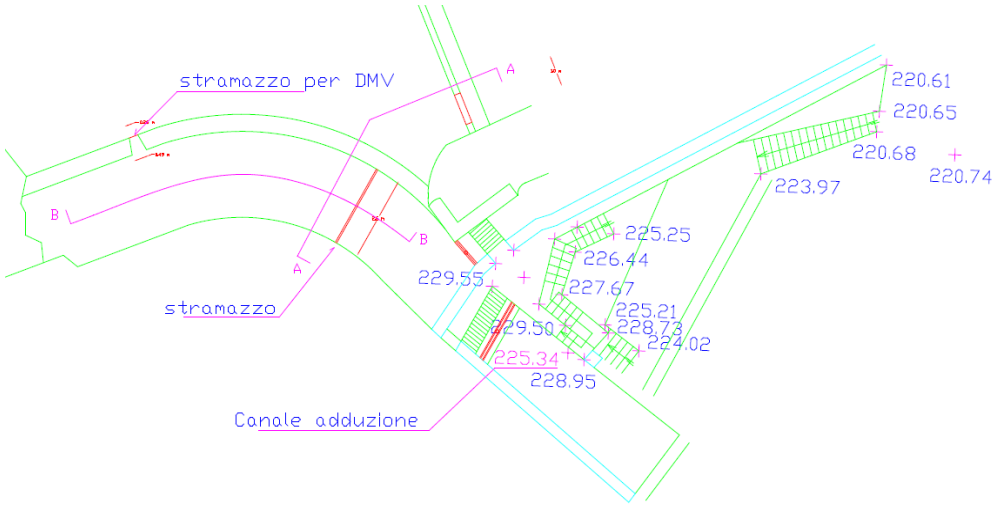
si verifica che la portata massima turbinabile di 1550 l/s transita con una altezza h sopra lo stramazzo pari a 0.45 m.

Quando invece h presenta un livello pari a 0.5 m (ovvero l'acqua è sul punto di stramazzare lungo il raccordo canalizzato) la portata transitante nel canale sarebbe pari a 1830 l/s.

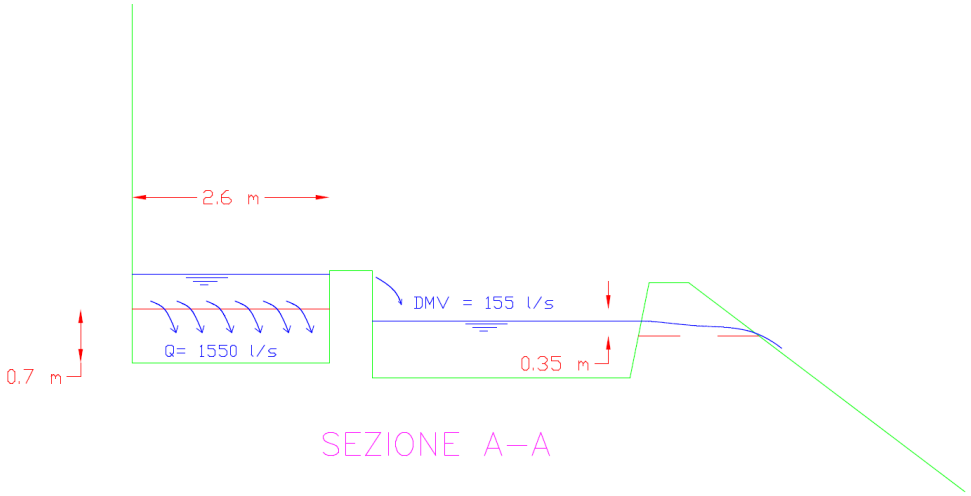
Circa 7 metri a monte dello stramazzo verrà incassato nella muro di sponda sinistra uno stramazzo con ciglio di sfioro alla medesima quota di quello prima descritto e di larghezza pari a 29 cm (pari ad 1/10 della larghezza dello stramazzo principale). L'imbocco della stramazzo verrà realizzato con un convergente allo scopo di eliminare l'effetto di contrazione della vena e garantire l'applicazione delle medesime formule sopra riportate. Così operando avremo la certezza che il termine MD che stramazza lateralmente sia sempre 1/10 della quantità d'acqua che stramazza centralmente e viene quindi derivato verso la centrale.

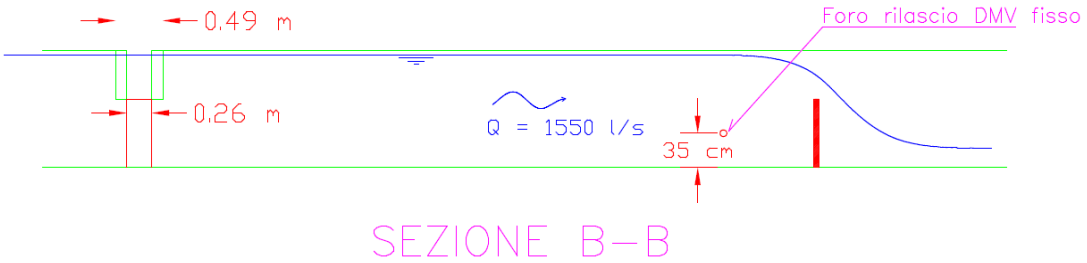
Il DMV rilasciato dallo stramazzo a bocca convergente viene quindi recapitato definitivamente sul T. Frigido tramite uno stramazzo in parete grossa che verrà ricavato operando uno scasso di 1 m nella briglia realizzata a difesa del raccordo canalizzato. La quota dello stramazzo in parete grossa sarà realizzato 35 cm al di sotto del ciglio di sfioro dello stramazzo Bazin deputato al rilascio del termine di modulazione del DMV in maniera tale non si realizzi alcuna interferenza tra i due stramazzi.

Le geometrie e il posizionamento degli stramazzi sopra illustrati sono rappresentanti nelle figure che seguono.



Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/





Per rilasciare il termine fisso di 5 l/s si è previsto di predisporre un foro di diametro pari a 7 cm posto 35 cm sopra il fondo del raccordo canalizzato per consentire il rilascio del termine fisso del DMV.

La verifica del rilascio del termine fisso del DMV è stata svolta nelle seguenti condizioni:

<u>Portata turbinata nulla</u>

- Quota dell'acqua rispetto al fondo canale pari a 0.7 m
- Livello dell'acqua rispetto al foro = 0.7/2 = 0.35 m
- Velocità torricelliana U = $(2*g*h)^{0.5}$ = $(2 *9.81 * 0.35)^{0.5}$ = 2.62 m/s
- Contrazione della vena Cc = 0.6
- Area foro S = $\pi * D^2 / 4 = 3.14 * 0.07^2 / 4 = 0.0038$ mq
- DMVfisso = S*U*Cc = 6.04 l/s

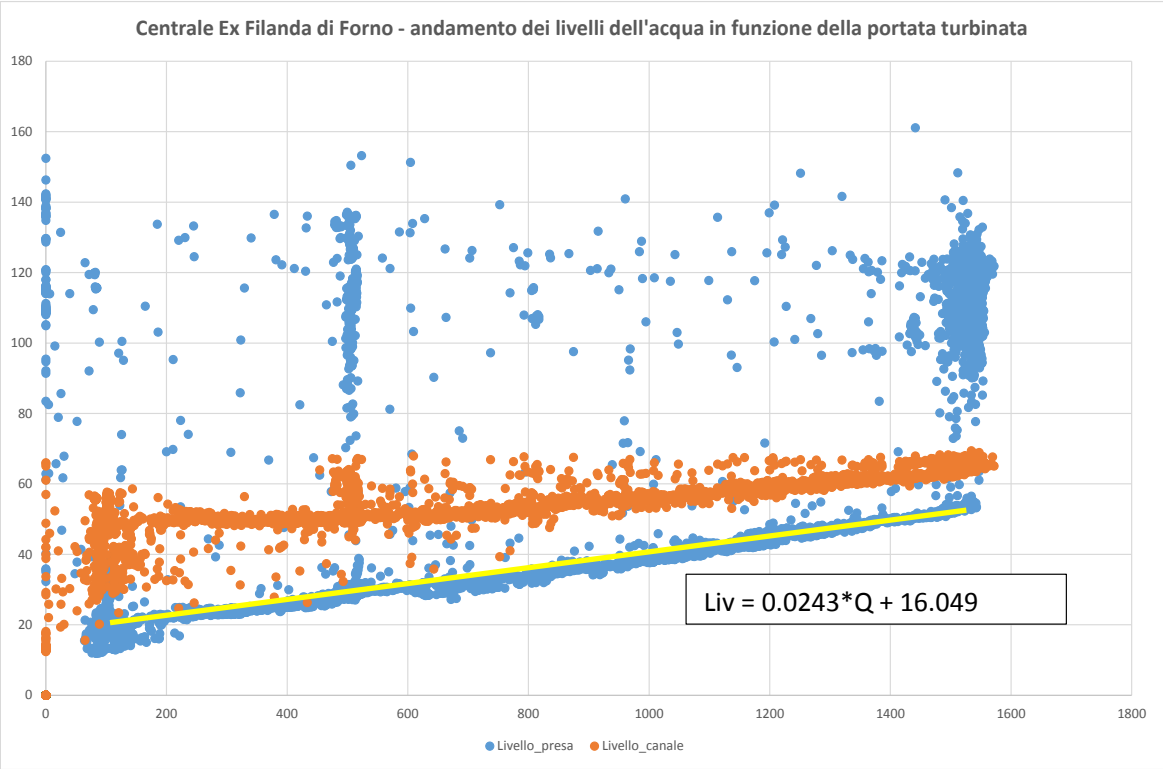
Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/

Portata turbinata massima e pari a 1550 l/s

- Quota dell'acqua rispetto al fondo canale pari a 0.7 + 0.45 m = 1.15 m
- Livello dell'acqua rispetto al foro = 0.7/2 + 0.45 = 0.8 m

- Velocità torricelliana $U = (2*g*h)^{0.5} = (2 *9.81 * 0.8)^{0.5} = 3.96$ m/s
- Contrazione della vena Cc = 0.6
- Area foro $S = \pi * D^2 / 4 = 3.14 * 0.07^2 / 4 = 0.0038$ mq
- DMVfisso = S*U*Cc = 9.14 l/s

Le verifiche hanno dimostrano che il foro predisposto sia più che sufficiente al rilascio di una portata superiore ai 5 l/s in ogni condizioni di portata.



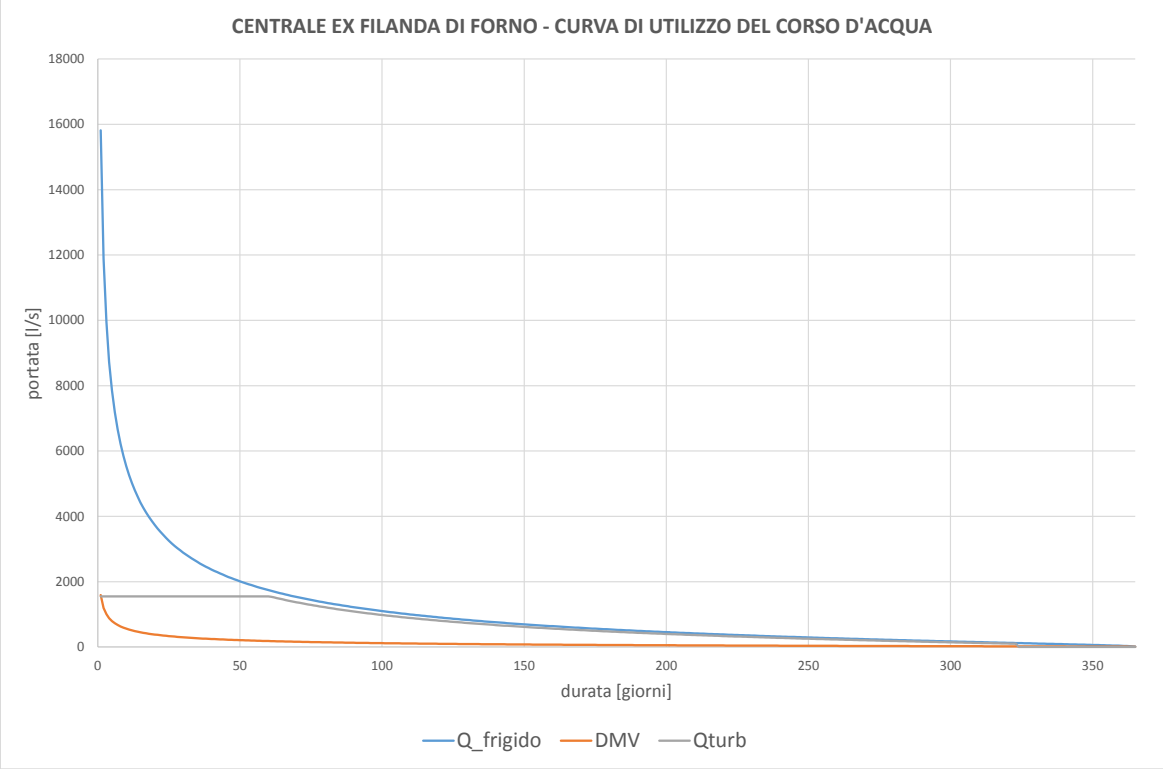
Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/

DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI DI CONCESSIONE

Essendo nota quindi

- la curva di durata del corso d'acqua
- il DMV pari ad un termine fisso di almeno 5 l/s ed un termine di modulazione MD
- le caratteristiche delle turbine idroelettriche attualmente installate in grado di turbinare sino ad un massimo di circa 1550 l/s ed un minimo di circa 100 l/s

e' possibile calcolare la curva d'utilizzazione del corso d'acqua che di seguito si rappresenta con la curva grigia.



La curva mostra che per circa 60 giorni all'anno l'impianto deriverà la portata massima turbinabile di circa 1550 l/s mentre rimarrà fermo per carenza d'acqua per circa 40 giorni all'anno. Nei restanti 265 giorni funzionerà a regimi compresi tra il massimo ed il minimo.

Tenuto conto del nuovo e più improntate deflusso minimo vitale da rilasciarsi e della curva di utilizzazione sopra riportata, vengono di seguito esposti i nuovi parametri di concessione:

- Qmax = 1550 l/s
- Qconcessione = 650 l/s
- Hconcessione = 54.9 m

Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/

- Pconcessione = 650 * 54.9 /102 = 349.8 kW
- DMV concessione = 5 l/s + MD
- Volume mediamente turbinato = 20.49 Mmc/anno
- Volume rilasciato all'opera di presa = 3.65 Mmc/anno

Poiché i parametri di concessione proposti sono più bassi di quelli attuali, **la presente istanza deve intendersi come richiesta di rinnovo in diminuzione della concessione in essere.**

Ai sensi dell'articolo 23, comma 2-bis, del Codice dell'Amministrazione Digitale, le informazioni e gli elementi contenuti nel contrassegno generato elettronicamente sono idonei ai fini della verifica della corrispondenza. Il documento amministrativo informatico originale, da cui la copia analogica è tratta, è stato prodotto dall'amministrazione Comune di Massa ed è conservato dalla stessa, verificabile almeno fino al 21-10-2022. Per la verifica della corrispondenza con quanto conservato dall'amministrazione, è possibile utilizzare il servizio disponibile alla url: https://cs.urbi.it/padbardecode/