

GEOAMIATA

GEOLOGIA GEOMORFOLOGIA IDROGEOLOGIA IDRAULICA
GEOFISICA GEOTECNICA

IMPIANTO PILOTA GEOTERMICO «CASA DEL CORTO» **Calcolo del Deflusso Minimo Vitale** **del Torrente Senna**

Committente

STEAM s.r.l

Località

Casa del Corto

Comune

PIANCASTAGNAIO (SI)

Incarico n.

33/15

Data

OTTOBRE 2015



CARTA DEL BACINO DEL TORRENTE SENNA

Scala 1:25.000

Legenda






-  Asta fluviale Torrente Senna
-  Reticolo idrografico secondario
-  Centrale e Postazione di Produzione MN1
-  Postazione di Reiniezione MN2
-  Limiti Bacino d'interesse



TAVOLA 1

Punto di chiusura del bacino

1. PREMESSA

Il presente lavoro ha come oggetto un'indagine idrogeologica effettuata nell'ambito della procedura autorizzativa per la realizzazione dell'impianto Pilota geotermico denominato "**CASA DEL CORTO**" (in località Casa del Corto, Comune di Piancastagnaio).

In particolare è stata effettuata **la valutazione del DMV (Deflusso Minimo Vitale) del Torrente Senna**, dal quale è previsto un prelievo di acqua superficiale per l'approvvigionamento idrico temporaneo necessario alla perforazione dei pozzi di produzione e di reiniezione.

Le derivazioni di acqua pubblica, ai sensi dell'art. 22 del **decreto legislativo n. 152/1999**, devono essere regolate in modo da "garantire il minimo deflusso vitale dei corpi idrici, come previsto dall'art. 3, comma 1, lett.i), della **L. 183/1989** e dall'art. 3, comma 3 della **L. 36/94**.

Per Deflusso Minimo Vitale (generalmente indicato con **DMV**) si intende **il deflusso che, in un corso d'acqua, deve essere presente a valle delle captazioni idriche al fine di mantenere vitali le condizioni di funzionalità e di qualità degli ecosistemi interessati**. Il concetto di Deflusso Minimo Vitale deve essere considerato quindi come **portata residua relativamente ad un utilizzo umano della risorsa**, e non ha niente a che vedere con il regime naturale di un fiume, che può prevedere anche periodi di magra o di asciutta per sua stessa natura. Concettualmente il DMV dovrebbe essere in grado di permettere, a breve e a lungo termine, la salvaguardia della normale struttura naturale dell'alveo e, di conseguenza, la presenza di una biocenosi che corrisponda alle condizioni naturali.

Ad oggi i principi del DMV sono contenuti nel **decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152** recante norme in materia ambientale; **gli Enti competenti per la determinazione del calcolo DMV sono le Autorità di Bacino, nel nostro caso l'Autorità di bacino del Fiume Tevere** che ha svolto nel passato una cospicua serie di attività finalizzate alla quantificazione delle portate naturali di magra, cui legare il DMV o almeno la sua componente idrologica. Tali attività, tuttora in corso, hanno portato alla proposizione di una formulazione basata principalmente sul **BFI**:

$$\text{DMV} = f(\text{BFI})$$

dove per BFI (**Base Flow Index**) si intende l'aliquota del deflusso idrico legata ai contributi "sorgentizi" (quindi alle magre), rispetto al deflusso totale. Inoltre l'Autorità di Bacino ha fissato **il valore di 2 l/s/km²** quale contributo massimo corrispondente al DMV.

Il criterio generale impostato nel documento dell'Autorità di Bacino del Tevere "*Obiettivi su scala di bacino cui devono attenersi i piani di tutela delle acque e priorità degli interventi, ai sensi dell'art.44 del decreto legislativo 11 maggio 1999, n°152*" del dicembre 2001, **adotta un DMV commisurato al $Q_{7,10}$, ovvero la minima portata media di sette giorni con tempo di ritorno 10 anni.** È ragionevole ammettere, infatti, che tale parametro, oltre a rappresentare un indicatore di magra, può essere correlato alla portata minima vitale, atteso che la conservazione nel tempo delle biocenosi acquatiche sono condizionate proprio dai valori di magra delle portate che svolgono un importante ruolo selettivo. Il $Q_{7,10}$ ha significato di minima portata per la conservazione della vita dei pesci, in quanto si ritiene che tale portata, purché dedotta da serie storiche di portate non antropizzate, possa rappresentare il valore di soglia delle minime portate di magra che nel tempo hanno consentito la permanenza delle biocenosi acquatiche del tratto d'alveo di interesse.

Ammissa valida l'adozione del $Q_{7,10}$ come indice della portata minima raccomandata nei corsi d'acqua, la stima viene effettuata a scala di bacino sulla base **della superficie del bacino idrografico** e del sopraccitato **indice di deflusso di base, BFI**, che ne sintetizza le caratteristiche idrogeologiche. L'indice di deflusso di base, BFI, di un bacino idrografico esprime, di norma in termini percentuali, l'entità dei deflussi rilasciati in tempi differenti dalle formazioni acquifere. Tale indice, oltre ad essere facilmente calcolabile a partire dai dati di portata registrati, è risultato fortemente correlato alle caratteristiche idrogeologiche del bacino. Inoltre, si è osservato che il valore del BFI nel tempo è sostanzialmente stabile, e quindi può essere assunto come invariante di bacino e correlato significativamente alle caratteristiche idrogeologiche delle formazioni presenti sul bacino.

In effetti non esistono lungo l'asta fluviale del Torrente Senna stazioni idrometriche che possano misurare la portata del fiume; esiste però una **stazione idrometrica ad Allerona** lungo

il **Fiume Paglia**, di cui il Torrente Senna è affluente, che costituisce il più valido riferimento per quanto riguarda l'estrapolazione dei dati di portata per il bacino in esame.

L'ARPA della Regione Umbria nel documento "*Monografia / 20 Deflusso minimo vitale nella pianificazione di Bacino*" (2005), sulla base delle formulazioni individuate dall'Autorità di Bacino del Tevere per il DMV, ha effettuato il calcolo dei deflussi minimi, sia in termini di deflussi unitari (l/s/km²), che assoluti (m³/s), per tutti i corsi d'acqua in cui è presente una stazione di misura idrometrica del Servizio Idrografico della propria Regione, compresa quindi la stazione di Allerona sul Fiume Paglia. Le elaborazioni condotte hanno portato alla definizione delle seguenti caratteristiche per il bacino del Paglia chiuso alla stazione idrometrica di Allerona (**cfr.**

Tabella 3 riportata in appendice):

- superficie bacino (kmq) 680,9;
- BFI 31,0 %;
- DMV unitario (l/sec/km²) 0,146;
- DMV assoluto (m³/sec) 0,100.

2. CALCOLO DEL DMV

Per quanto riguarda la determinazione del DMV del Torrente Senna alla sezione idrografica di nostro interesse (in località Casa del Corto), in questo caso il documento dell'ARPA Umbria suggerisce due diversi metodi:

1. **Proporzionamento cautelativo sulla base di una espressione del tipo:**

$DMV = DMV_m \cdot (S/S_m)^k$ con m prima sezione di valle definita e con DMV noto, S superficie e k dell'ordine di 0.4÷0.6; questo metodo aumenta significativamente e cautelativamente i DMV unitari al diminuire delle dimensioni del sottobacino, garantendo quindi una adeguata tutela e, in presenza di sorgenti, il mantenimento di deflussi idonei per i tratti di valle;

2. **Calcolo del DMV sulla base dell'espressione fornita dall'Autorità:**

$qDMV = 0.0964 + 10.8 \cdot (BFI)^{4.59}$ [l/s/km²], utilizzando il BFI definito per il bacino del Fiume Paglia, quindi verificare che non siano superati i 2 l/s/km².

Relativamente alle due possibilità, secondo la Regione Umbria **quella basata sui BFI, per piccoli bacini, può fornire risultati non adeguati alla realtà dei deflussi**, in relazione alle peculiarità locali degli stessi.

Il metodo legato alle superfici, con $DMV = DMV_m \cdot (S/S_m)^k$ è ritenuto utilizzabile in relazione ad una possibilità correttiva di seguito evidenziata: si può ritenere di assumere $k = 0.4$ se nella sezione i deflussi naturali relativi alla $Q_{7,10}$ non sono nulli, $k = 0.6$ se le portate naturali minime annue di durata settimanale non sono solitamente nulle (almeno 2 anni su 3), $k = 1.0$ in caso contrario, cioè se almeno 2 anni su 3 i deflussi naturali minimi settimanali risultano nulli. Tale criterio ha la funzione di salvaguardare, per quanto possibile, gli apporti sorgentizi, concentrati o distribuiti, entro i piccoli bacini, per permettere di mantenere deflussi unitari sostenuti e quindi di favorire la presenza dei DMV a valle. E' per la stessa ragione che se il sottobacino ha superficie $S < 0.1 \cdot S_m$ il calcolo del DMV è opportuno sia fatto considerando $S = 0.1 \cdot S_m$.

Dopo aver illustrato brevemente le caratteristiche morfometriche e idrologiche del bacino del Senna, **verrà applicato il primo metodo di calcolo per la definizione del DMV, come da indicazione dell'ARPA della Regione Umbria.**

2.1 Caratteristiche morfometriche e idrologiche del bacino del Senna

Il Torrente Senna nasce tra Poggio la Roccaccia e Podere Tafano, in località L'Abetina, ad una quota di 770 metri s.l.m. e scorre interamente in territorio del Comune di Piancastagnaio fino alla confluenza con il Fiume Paglia, nei pressi di Ponte del Rigo. La lunghezza della sua asta fluviale è di 11,7 km che si riducono a 9,7 km alla chiusura del bacino di interesse, in località Casa del Corto. I suoi affluenti principali sono il Torrente Senna Morta, il Fosso delle Vaccarecce, il Torrente Lavinacci e il Fosso delle Pietre Nere in sinistra idrografica; il Fosso Carpineto, il Fosso di Valle Cupa, il Fosso di Polidoro e il Fosso di Granaoli in destra idrografica.

All'interno del suo bacino (cfr. **TAV. 1 – Carta del bacino del Torrente Senna**), che occupa una **superficie di 35,55 km²**, sono stati misurati e calcolati i **parametri descrittivi fondamentali riportati nella tabella seguente.**

Tabella 1: Principali caratteristiche morfometriche del bacino del Torrente Senna

Superficie al punto chiusura in località Casa del Corto (kmq)	35,55
Quota massima (m s.l.m.)	992
Quota minima (m s.l.m.)	320
Quota media (m s.l.m.)	656
Lunghezza asta fluviale (km)	9,7

2.2. Determinazione del DMV

Come più sopra spiegato, il metodo di calcolo del DMV prevede l'applicazione della seguente formula:

$$\text{DMV} = \text{DMV}_m \cdot (S/S_m)^k$$

dove m prima sezione di valle definita e con DMV assoluto noto (Paglia a Allerona, $\text{DMV}_m = 0,100 \text{ m}^3/\text{sec}$);

S superficie bacino Senna = 35,55 kmq;

S_m superficie bacino Paglia = 680,9 kmq;

$k = 0,6$ (considerando probabile il fatto che le portate naturali minime annue di durata settimanale non siano solitamente nulle).

Nel nostro caso $S < 0,1 \cdot S_m$ per cui il calcolo del DMV è opportuno sia fatto considerando $S = 0,1 \cdot S_m$.

Sostituendo avremo:

$$\text{DMV} = 0,100 \times (0,1)^{0,6} \quad \text{da cui } \text{DMV} = 0,02511 \text{ m}^3/\text{sec}$$

ovvero DMV = 25,1 l/sec, che rappresenta la quantità d'acqua che dovrà essere sempre presente nel corso d'acqua al netto delle derivazioni.

Si allega in appendice la **tabella 3** estratta dalla "Monografia / 20 Deflusso minimo vitale nella pianificazione di Bacino" dell'ARPA della Regione.

2.3 Portate medie mensili Torrente Senna

Per meglio inquadrare da un punto di vista idrologico il Torrente Senna è stata eseguita un'analisi delle portate medie mensili basata su dati di piovosità derivanti da tre stazioni pluviometriche poste all'esterno del bacino idrografico. Le stazioni pluviometriche prese in considerazione sono riportate nella **Tabella 2** seguente:

Stazione pluviometrica	Quota (m s.l.m.)	Coordinate (Lat.;Long. WGS84)	Distanza dal bordo del bacino (ml)	Finestra temporale utilizzata
ABBADIA S.S. (SI)	855	42.8920 N; 11.66330 E	4306	2010/2014
ACQUAPENDENTE (VT)	707	42.764711 N; 11.85616 E	10464	2012/2014
SORANO (GR)	744	42.72706 N; 11.68638 E	8376	2013/2014

La stima delle portate medie mensili è stata effettuata moltiplicando la media mensile delle piogge (in mm) per la superficie del bacino chiuso all'altezza della postazione di produzione (35.500.000 mq) e tale valore è stato poi scalato per il **coefficiente di deflusso medio 0.82¹** del bacino idrografico del Senna. Il valore del coefficiente di deflusso medio fu stimato in maniera sperimentale nello studio "PIANO INTEGRATO DI INTERVENTO FORESTALE E DI SISTEMAZIONE IDRAULICO FORESTALE" dalla "CTV-D.R.E.AM ITALIA" (riportato in **appendice**).

Si allega in appendice la **Tabella 4** che mostra i valori medi di piovosità degli ultimi 5 anni riferite alle stazioni pluviometriche di Sorano, Abbadia S.S e Acquapendente, e le portate medie del Torrente Senna ricavate con il coefficiente di deflusso medio pari a 0.82.

¹ Si è scelto di utilizzare cautelativamente il valore 0,82, determinato attraverso l'applicazione di un fattore di frequenza k = 50, anziché il valore 0,84, determinato con l'applicazione di un fattore di frequenza 100.

3. CONCLUSIONI

Nel presente lavoro è stato definito il DMV (Deflusso Minimo Vitale) del Torrente Senna nel punto di chiusura del bacino idrografico corrispondente al punto di prelievo di acqua superficiale per l'approvvigionamento necessario alla perforazione dei pozzi di produzione e di reiniezione in località Casa del Corto.

Dato che non esistono né misure del DMV né misure idrometriche della portata del Torrente Senna, il calcolo dello stesso è basato sui parametri relativi al bacino del Fiume Paglia, di cui il Senna è tributario, alla stazione di Allerona, come suggerito dall'ARPA della Regione Umbria.

Perciò il Deflusso Minimo Vitale del Torrente Senna al punto di prelievo è pari a 25,1 l/sec.

Come riportato nel Progetto Definitivo, durante le fasi di perforazione delle rocce della copertura pliocenica e flyschioide (scarsamente permeabile) sarà necessario un prelievo idrico medio solamente di circa 2,5 l/s mentre durante la perforazione delle rocce del serbatoio, a causa delle potenziali "perdite di circolazione" si prevede che possano essere necessarie, anche se per brevi durate, portate di acqua pari a circa 20 l/s.

Sottraendo ai valori di portata dedotti dalle precipitazioni, riportati in Tabella 4 in Appendice, il quantitativo massimo di prelievo previsto durante la perforazione (20 l/s), si vede come solo durante il mese di agosto si hanno valori inferiori al DMV e durante il mese di giugno valori di poco superiori al DMV. Negli altri mesi la portata del fiume al netto dei prelievi non dovrebbe mai scendere al di sotto del DMV. Considerando però le approssimazioni contenute nel calcolo DMV, la limitazione dei pochi dati di precipitazione reperibili nelle stazioni più vicine e significative e del dato coefficiente di deflusso che, seppur documentato, risale a diversi decenni fa, si consiglia di escludere il prelievo idrico per l'intero periodo estivo (Giugno, Luglio, Agosto e Settembre).

ARCIDOSSO, ottobre 2015

APPENDICE

- **Tabella 3: Deflusso minimo vitale sui principali tratti della rete idrografica regionale dell'Umbria** (da *"Monografia / 20 Deflusso minimo vitale nella pianificazione di Bacino"* dell'ARPA della Regione)
- **Tabella 4: Portate medie mensili del Torrente Senna e dati di piovosità media mensile ricavati incrociando i dati di tre pluviometri in un periodo di 4 anni (2010/2014)**
- Estratto del **"PIANO INTEGRATO DI INTERVENTO FORESTALE E DI SISTEMAZIONE IDRAULICO FORESTALE"** a cura della **"CTV-D.R.E.AM ITALIA"** riguardante caratteristiche idrauliche e idrologiche del Torrente Senna.

Tabella 3: Deflusso minimo vitale sui principali tratti della rete idrografica regionale dell'Umbria

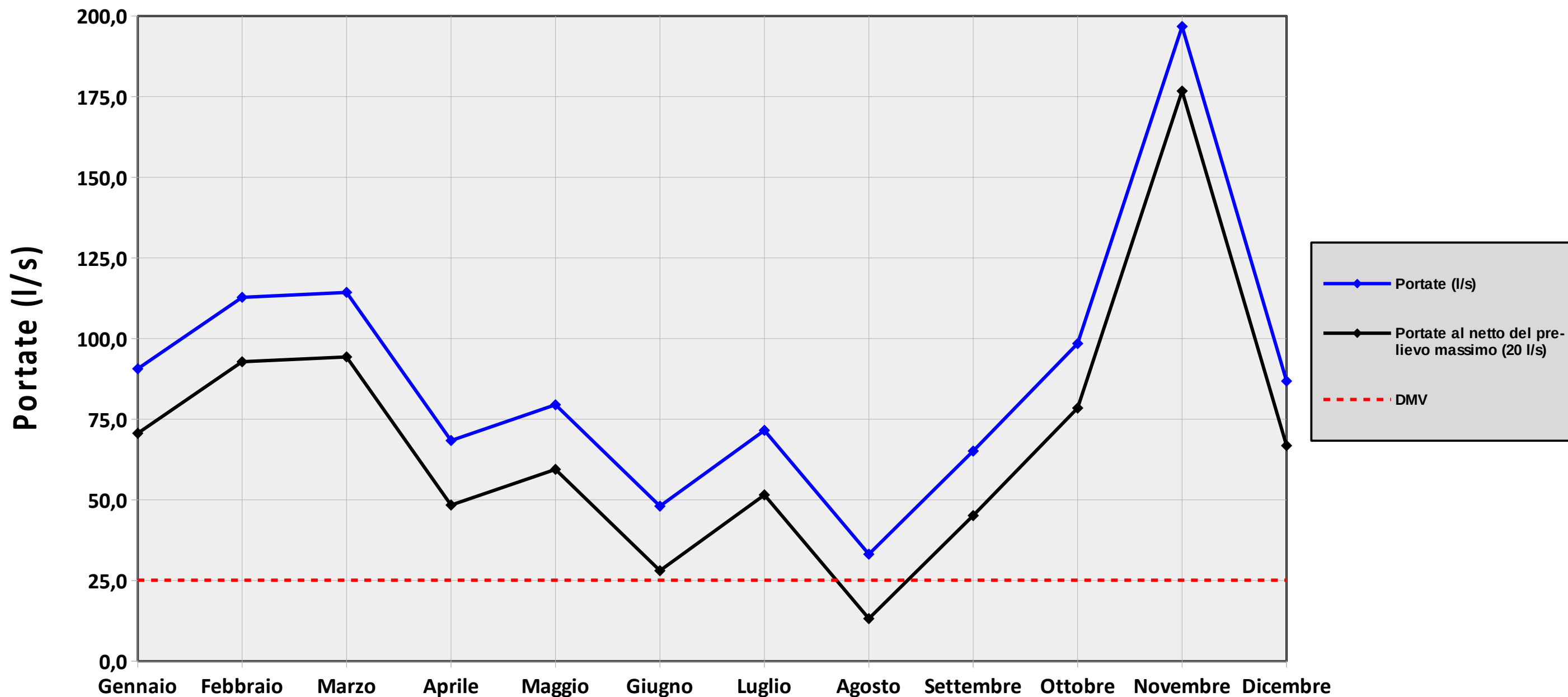
Corso d'acqua	Stazione idrometrica	Località	Asta	Area	BFI	DMV	
						Km ²	%
TEVERE	GORGABUIA		TV42	274.2	42.3	0.305	0.084
TEVERE	S.LUCIA	Città di Castello	TV37	934.0	42.8	0.316	0.295
TEVERE	PIERANTONIO	Umbertide	TV32	1953.4	43.0	0.321	0.627
TEVERE	P.FELCINO	Perugia	TV31	2033.0	43.4	0.331	0.672
TEVERE	P.NUOVO	Torgiano	TV28	4147.0	53.3	0.698	2.893
TEVERE	MONTEMOLINO	Todi	TV25	5568.0	50.0	0.545	3.034
TEVERE	CORBARA	Corbara	TV23	6075.0	46.1	0.405	2.462
SOVARA	PISTRINO	Città di Castello	SV01	105.2	48.0	0.468	0.049
CERFONE	LUPO	Città di Castello	CF01	282.5	45.0	0.373	0.105
CARPINA	MONTONE	Montone	CP01	132.2	44.0	0.346	0.046
ASSINO	SERRAPARTUCCI	Umbertide	AS02	165.7	49.0	0.505	0.084
ASSINO	MOCAIANA	Pietralunga	AS02	95.0	49.0	0.505	0.048
NICCONE	MIGIANELLA	Umbertide	VL02	135.7	44.0	0.346	0.047
CHIASCIO	P.ROSCIANO	Torgiano	CI01	1956.0	60.2	1.148	2.245
CHIASCIO	PETRIGNANO	Petrignano	CI03	580.7	52.5	0.657	0.382
CHIASCIO	PIANELLO	Pianello	CI04	532.0	52.5	0.657	0.350
CHIASCIO	BARCACCIA	Valfabbrica	CI05	532.0	53.0	0.682	0.363
CHIASCIO	BRANCA		CI07	307.3	57.0	0.915	0.281
TOPINO	P.BETTONA	Bettona	TP01	1220.0	65.3	1.624	1.981
TOPINO	CANNARA	Cannara	TP01	1106.0	65.3	1.624	1.796
TOPINO	BEVAGNA		TP03	447.7	67.0	1.815	0.812
TOPINO	VALTOPINA		TP04	272.5	63.0	1.392	0.379
CALDOGNOLA	NOCERA SCALO		TP04	90.8	63.0	1.392	0.126
TIMIA	CANTALUPO		TR02	542.9	68.0	1.200	0.651
MENOTRE	PALE	Foligno	ME01	127.0	78.0	2.000	0.254
MARROGGIA	BORGO TREVI	Trevi	MR01	50.0	68.0		0.100
MARROGGIA	AZZANO	Spoletto	MR02	260.7	72.0		0.100
NESTORE	MARSIANO		NS01	793.4	52.0		0.100
PUGLIA	COLLEPEPE	Deruta	PU01	181.9	49.0	0.505	0.092
NAIA	TODI	Todi	NA01	228.9	70.0	2.000	0.458
CHIANI	P.MORRANO	Morano	CH02	422.0	36.0		0.100
CHIANI	P.OSTERIA	Ficulle	CH03	270.0	36.0		0.100
CHIANI	PONTICELLI		CH05	143.7	36.0		0.100
CHIANI	P.S.MARIA-FABRO		CH04	180.0	36.0		0.100
PAGLIA	ORVIETO	Orvieto	PG02	1320.0	30.5	0.143	0.188
PAGLIA	P.ADUNATA		PG02	1320.0	30.5	0.143	0.188
PAGLIA	P.ALLERONA		PG04	680.9	31.0	0.146	0.100
NERA	VISSO		NE12	59.7	97.5	2.000	0.119
NERA	TORRE ORSINA		NE06	1445.0	83.0	2.000	2.890
NERA	MACCHIAGROSSA		NE03	4020.0	82.6	2.000	8.040
NERA	NERA MONTORO		NE02	4242.8	84.5	2.000	8.486
NERA	TERNI-P.GARIBALDI		NE04	3827.2	84.5	2.000	7.654
NERA	VALLO DI NERA		NE07	1281.5	83.0	2.000	2.563
CORNO	SERRAVALLE	Norcia	CR02	131.0	85.0	2.000	0.262
SORDO	P.MOLLO	Norcia	SR01	141.8	85.0	2.000	0.284
VIGI	P.BUGGIANINO	Spoletto	VG01	106.0	90.0	2.000	0.212

Fonte: Servizio Idrografico regione Umbria, Autorità di Bacino del Tevere.

Tabella 4: Portate medie mensili del Torrente Senna e dati di piovosità media mensile riferiti alle stazioni di Abbadia S.S, Acquapendente, Sorano

TORRENTE SENNA

Portate medie mensili



Piogge media (mm)	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
2010	72	177	58	116	123	40	78	42	63	79	275	155
2011	63	79	219	39	52	42	105	1	89	55	26	102
2012	35	99	75	84	100	33	6	29	69	118	379	70
2013	186	134	169	76	117	75	69	52	76	155	157	59
2014	135	123	99	56	38	70	130	55	56	126	228	85
media	98	122	124	74	86	52	77	36	71	107	213	94
Portate (l/s)	90,6	112,8	114,3	68,4	79,5	48,0	71,5	33,2	65,1	98,4	196,7	86,8
Portate al netto del prelievo massimo (20 l/s)	70,6	92,8	94,3	48,4	59,5	28,0	51,5	13,2	45,1	78,4	176,7	66,8

REGIONE TOSCANA

COMUNITÀ MONTANA DELL'AMIATA
ZONA I

PIANO INTEGRATO DI INTERVENTO FORESTALE
E DI
SISTEMAZIONE IDRAULICO-FORESTALE

TORRENTE
SENNÀ

CTV-D.R.E.A.M. ITALIA

T. SENNA

PRINCIPALI CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE ED IDROLOGICHE

SUPERFICIE*	Km ²	40.07
QUOTA MASSIMA	m s.l.m.	952
QUOTA MINIMA	m s.l.m.	296
QUOTA MEDIA	m s.l.m.	573
LUNGHEZZA ASTA FLUVIALE	Km	12.50
INDICE DI BOSCOSSITA'		0.47
ALTEZZA DI PIOGGIA CRITICA (TR=50)	mm	132.00
ALTEZZA DI PIOGGIA CRITICA (TR=100)	mm	148.60
TEMPO DI CORRIVAZIONE	ore	3.30
COEFFICIENTE DI DEFLUSSO MEDIO (K50)		0.82
COEFFICIENTE DI DEFLUSSO MEDIO (K100)		0.84
PORTATA MASSIMA (Q50)	mc/s	364.50
PORTATA MASSIMA (Q100)	mc/s	420.30

* (alla confluenza con il fiume Paglia)