



Comunità Montana del Monte Bronzone e del Basso Sebino

Provincia di Bergamo

COORDINARSI PER AGIRE INSIEME SULLE ACQUE DEL SEBINO

Progetto finanziato con il contributo della Fondazione CARIPLO Bando "Gestione Sostenibile delle Acque"

PROGETTO DI UN SISTEMA DI MONITORAGGIO IN CONTINUO DEGLI APPORTI QUALI-QUANTITATIVI AL LAGO D'ISEO



Fase 3 – Gestione della rete di monitoraggio e gestione dei dati

CODICE DOCUMENTO

ELABORATO

2 1 9 9 - 0 3 - 0 0 1 0 0 . D O C A S 6

00	DIC. 07	C.MOSCA	M. BUFFO	C.MOSCA	
REV.	DATA	REDAZIONE	VERIFICA	AUTORIZZAZIONE	MODIFICHE

RIPRODUZIONE O CONSEGNA A TERZI SOLO DIETRO SPECIFICA AUTORIZZAZIONE

HYDRODATA
INGEGNERIA DELLE RISORSE IDRICHE



Hydrodata S.p.A.
Via Pomba, 23
10123 Torino - Italy
Tel. +39 11 55 92 811
Fax +39 11 56 20 620
e-mail: hydrodata@hydrodata.it
sito web: www.hydrodata.it

INDICE

1. PREMESSA	1
2. GESTIONE DELLA RETE DI MONITORAGGIO	3
2.1 Brevi caratteristiche della rete strumentale	3
2.1.1 La sensoristica	3
2.1.2 Unità di acquisizione delle stazioni periferiche	5
2.1.3 Il sistema di trasmissione	6
2.1.4 Software dell'unità centrale	8
2.2 Manutenzione strumentale e impiantistica delle stazioni di misura fisse	10
2.2.1 Manutenzione preventiva	10
2.2.2 Elenco operazioni di manutenzione	11
2.2.2.1 Impiantistica e meccanica di stazione	11
2.2.2.2 Operazioni di pulizia, manutenzione meccanica e verifiche elettroniche del sensore di misura idrometrico	11
2.2.2.3 Operazioni di pulizia, manutenzione meccanica e verifiche elettroniche dei sensori parametri chimico-fisici (temperatura, pH, conducibilità, ossigeno, temperatura).	12
2.2.2.4 Controlli di taratura dei sensori	12
2.2.2.5 Campionatore automatico	13
2.2.2.6 Campionatore di sedimento	13
2.2.3 Manutenzione correttiva	13
2.2.4 Manutenzione straordinaria e adeguativa	14
2.3 Gestione idraulica della stazione idrometrica e indagini a supporto	14
2.3.1 Misure di portata	15
2.3.2 Determinazione della scala di deflusso	17
2.3.3 Indagini a supporto	20
2.4 Gestione della rete di trasmissione	20
3. VALIDAZIONE E UTILIZZO DEI DATI	21
3.1 Validazione dei dati idrometrici e bilanci idrologici	25
3.1.1 Acquisizione dei dati grezzi di livello idrometrico e validazione	25
3.1.2 Applicazione scala/e deflusso e costruzione delle serie di dati grezzi di portata	26
3.1.3 Validazione delle portate	27
3.1.4 Bilanci idrologici	28
3.2 Dati di qualità dell'acqua	28
3.2.1 Stima dei carichi inquinanti	29
3.2.2 Bilancio di massa	30
4. COSTI DI GESTIONE	31

ALLEGATI

ALLEGATO 1 - Esempi di restituzioni di misure di portata, scale di deflusso, bilanci idrologici.

ALLEGATO 2 - Esempi di andamenti giornalieri dei dati acquisiti in continuo in una stazione di misura della qualità delle acque (Po a Torino – anno 2005 – fonte Regione Piemonte).

1. PREMESSA

Oggetto della presente relazione è la descrizione delle attività di manutenzione e gestione della rete di monitoraggio in progetto e dei processi di acquisizione, controllo-validazione, elaborazione, archiviazione e diffusione dei dati acquisiti, al fine dell'analisi di bilancio quali-quantitativo sul Sebino.

Il sistema di monitoraggio proposto, si ricorda, risulta costituito da 3 stazioni fisse strumentate che misurano il dato idrometrico in continuo ed alcuni dei parametri chimico-fisici di base delle acque; si prevede inoltre di realizzare un dettagliato programma di misure ed indagini dirette, su base annuale o stagionale, per il controllo della qualità ambientale complessiva dei corsi d'acqua; per le problematiche di inquinamento, per meglio caratterizzare la qualità degli apporti al lago, è utile l'attivazione degli autocampionatori previsti nelle stazioni, per permettere analisi di laboratorio più dettagliate (monitoraggio manuale automatico).

Questa struttura di sistema di monitoraggio, basata su strumentazione fissa "leggera" e indagini dirette mirate, permette di disporre, con notevole efficacia in relazione all'impegno (e costo) di gestione, di una gran mole di dati certificabili, e quindi più facilmente interpretabili, non solo al fine del bilancio quali-quantitativo del lago, ma anche per l'analisi di eventi critici di particolare interesse (stati di piena, stati di magra, evoluzione delle pressioni antropiche accidentali o permanenti...),.

Infatti, come segnalato anche da ARPA Lombardia, gli obiettivi di un programma di monitoraggio sul Sebino devono poter essere flessibili nel tempo, e spaziare dallo studio di base dello stato di qualità dell'acqua alla determinazione degli effetti di sorgenti inquinanti sulle caratteristiche di qualità, dalla determinazione della capacità di assimilazione di effluenti inquinanti da parte del corpo idrico recettore alla verifica della conformità a tipologie di riferimento o al rispetto dei limiti di legge successivamente ad azioni di risanamento.

I siti prescelti per il monitoraggio della qualità delle acque tributarie al lago d'Iseo, e la flessibilità offerta dal tipo di strumentazione di base prevista, seguono, quindi, ulteriori criteri e diverse altre finalizzazioni rispetto a quelle originarie, nel seguito indicate:

- possibilità di definire lo stato ecologico e ambientale rispetto alla normativa vigente dei principali tributari al lago d'Iseo e dell'Oglio sublacuale;
- individuazione di eventuali condizioni di inquinamento (accidentale o meno) di sostanze pericolose;
- controllo degli scarichi
- valutazione dei carichi inquinanti (nutrienti) veicolati e della capacità di ritenzione del lago;
- valutazione sperimentale del DMV deflusso minimo vitale sull'Oglio sublacuale, in termini di diluizione.

Le caratteristiche della rete strumentale prevista sui tributari del Sebino, che si potrebbe anche configurare come una sottorete locale (a livello provinciale) rispetto a quella regionale, devono essere, di fatto, improntate a criteri di flessibilità, prevedendo anche la possibilità di "apertura" nei confronti di ulteriori più dettagliate possibilità di determinazione, quali ad esempio quelle disponibili utilizzando analizzatori diretti on line o acquisizione di dati provenienti da altre reti o sottoreti sulla base di protocolli standard, che dovranno essere stabiliti per l'acquisizione dei dati nella banca dati centrale e per la loro successiva gestione e fruizione.

Le stazioni automatiche in progetto risultano attrezzate con le seguenti strumentazioni, nell'ottica di realizzare, in una prima fase, un sistema di controllo affidabile e di più semplice gestione, per poi eventualmente

ampliarlo e perfezionarlo, in relazione alle necessità e opportunità di ricerca e alla disponibilità di opportuni finanziamenti, anche e specialmente in funzione delle risposte del sistema fisico registrate.

- Sul Borlezza si prevede d'installare un sensore idrometrico per la misura del livello idrometrico, e quindi indirettamente della portata, sensori di qualità per la misura in continuo di parametri fisico-chimici dell'acqua (pH, ossigeno disciolto, conducibilità elettrica, temperatura e torbidità), una specifica installazione per il prelievo automatico di campioni di acque fluviali, costituita da impianto di pompaggio, autocampionatore refrigerato e relativa cabina di alloggiamento.
- Sull'Oglio a Costa Volpino e a Sarnico si prevede di realizzare, come primo lotto, un sistema simile a quello sul Borlezza, a meno del sensore idrometrico, poiché il dato di portata defluente nelle sezioni è già reso disponibile da altri servizi. La cabina di alloggiamento prevista, pertanto, contiene sensori di qualità per la misura in continuo di parametri fisico-chimici dell'acqua (pH, ossigeno disciolto, conducibilità elettrica, temperatura e torbidità), un sedimentatore per l'analisi dei solidi sospesi e una specifica installazione per il prelievo automatico di campioni di acque fluviali, costituita da impianto di pompaggio e autocampionatore refrigerato.

L'espansione del sistema strumentale di base proposto, in particolare nelle sezioni di monitoraggio principali a Costa Volpino e a Sarnico, potrà poi essere messa a punto solo quando la comprensione del comportamento generale del sistema fisico "lago e suoi tributari principali" sarà ritenuta sufficientemente nota in base alle informazioni acquisite nei primi anni di funzionamento del sistema base.

L'espansione potrà essere progettata, compatibilmente con le risorse economiche disponibili, con relativa semplicità, inserendo nella cabina di alloggiamento già installata un sistema on line di analizzatori da laboratorio per i parametri chimico-fisici dell'acqua di particolare interesse (per esempio: azoto ammoniacale, nitrati, fosforo e torbidità).

E' importante, infatti, riconoscere e tener conto di quanto segnalato già nella relazione progettuale (elaborato 2) circa l'attuale affidabilità degli analizzatori "on line" disponibili commercialmente, che è tanto migliore quanto maggiore è l'impegno richiesto nella gestione e manutenzione degli stessi strumenti.

La scelta di inserire strumenti di controllo della qualità delle acque in continuo più sofisticati, ma in tutti i sensi più costosi, deve essere supportata dalla conoscenza certa della reale necessità e funzionalità di tali sistemi.

L'acquisizione del dato via GPRS, come suggerito da ARPA Lombardia, permette economie di scala, poiché prevede di poter effettuare le chiamate al sistema periferico in funzione delle condizioni idrologiche reali, consentendo di rappresentare correttamente, attraverso la frequenza del dato acquisito, l'evoluzione o la stazionarietà del comportamento idrologico del corso d'acqua.

All'unità centrale della rete spetta il compito di gestire l'acquisizione dei dati registrati presso le stazioni periferiche secondo modalità differenziate che tengano conto dei criteri di flessibilità sopra richiamati, provvedendo inoltre all'archiviazione degli stessi, alla verifica del funzionamento delle stazioni e alla loro configurazione, alla gestione degli allarmi, alla visualizzazione alfanumerica dei dati e alla stampa di rapporti di stato secondo impostazioni definibili dall'utente.

Nel seguito vengono descritte le attività necessarie per assicurare il corretto funzionamento della rete di monitoraggio degli apporti al Sebino. Vengono anche indicate alcune specifiche tecniche previste per la

strumentazione di misura in termini di sensoristica, hardware e software periferici, impianti ausiliari, sistema di acquisizione e gestione centrale dei dati e modalità di teletrasmissione degli stessi

2. GESTIONE DELLA RETE DI MONITORAGGIO

Il programma di gestione della rete è da impostarsi sulle sotto elencate categorie di attività, che vengono descritte in dettaglio nei paragrafi successivi.

- Manutenzione strumentale e impiantistica.
- Gestione idraulica delle stazioni idrometriche.
- Indagini quantitative dirette di supporto alla gestione idraulica e a specifiche funzionalità della rete.
- Indagini sulla qualità dell'acqua.
- Validazione, elaborazione, gestione dei dati.

Il set di attività operative (in campo) e gestionali proposto è, in questa fase di prefattibilità, generalizzato e standardizzato. Si consideri, però, che le diverse funzioni attribuite alle stazioni e alle campagne di misura dirette per un monitoraggio continuo finalizzato sia al bilancio idrologico del lago, sia all'analisi del comportamento qualitativo delle acque e all'analisi degli stati critici, talvolta richiedono procedure specifiche di controllo e gestione.

2.1 Brevi caratteristiche della rete strumentale

Come già indicato negli elaborati progettuali, la rete strumentale di monitoraggio in progetto prevede:

- sensori;
- aste idrometriche (solo sul t. Borlezza);
- stazione elettronica periferica;
- unità centrale di acquisizione e gestione dei dati e relativo software;
- sistema di teletrasmissione;
- sistemi di alimentazione;
- opere civili a corredo delle installazioni.

Nel seguito si riportano alcune brevi considerazioni circa gli elementi della rete.

2.1.1 La sensoristica

Sul t. Borlezza si prevede di utilizzare un sensore idrometrico di tipo piezoresistivo con compensazione della pressione atmosferica, immerso in alveo e protetto da un tubo guida in acciaio. Lo strumento è dotato di datalogger per l'immagazzinamento dei dati su memoria locale.



Figura 1 – Sensore idrometrico ed esempio di installazione.

Su tutte e tre le stazioni sono previste sonde multiparametriche autoregistranti per misura in continuo dei parametri chimico-fisici di base (temperatura, pH, conducibilità elettrica, ossigeno disciolto, torbidità, più altri eventualmente di interesse, quali salinità, potenziale RedOx, clorofilla, cianobatteri, ioni specifici). Si presentano come un corpo unico di forma cilindrica alla cui estremità vengono montati gli elettrodi necessari alle misure richieste. Sono dotate di data logger e di batterie alcaline che provvedono all'alimentazione. Le sonde multiparametriche eseguono la lettura contemporanea di tutti i sensori e provvedono alla compensazione automatica delle misure effettuate secondo quanto programmato dall'utente. Anche le sonde multiparametriche vengono installate protette da un tubo guida in acciaio.

L'autocampionatore proposto su tutti i siti è autosvuotante e con sequenze e frequenze di prelievo programmabili ed attivabili in remoto. La possibilità di utilizzare diversi recipienti di prelievo rendono lo strumento estremamente flessibile nelle applicazioni sia standard che specifiche. Il campionamento può essere impostato su base tempo, volume, portata o su base di evento.



Figura 2 – Due diverse tipologie di autocampionatore.

Il campionatore della frazione solida in sospensione è composto da un cilindro in acciaio inox con particolare struttura interna preposta a favorire la sedimentazione delle particelle in sospensione nell'acqua dentro un cilindro in plexiglas inserito nella parte terminale del dispositivo.



Figura 3 - Sedimentatore (a sin) e sonda multiparametrica installata su canaletta (a dx).

Per tutte le installazioni si devono prevedere sia le usuali operazioni di pulizia, manutenzione meccanica e verifiche elettroniche, sia le usuali operazioni di taratura.

Con l'installazione degli strumenti è prevista anche la fornitura dell'interfaccia software per lo scarico dei dati e per il settaggio dei parametri di impostazione della sonda.

2.1.2 Unità di acquisizione delle stazioni periferiche

La stazione elettronica periferica dovrà garantire il funzionamento del sistema di acquisizione locale dei dati, con funzione di supervisione, comando e controllo dei seguenti blocchi funzionali:

- gestione dei sensori collegati;
- memorizzazione locale dei dati su moduli di memoria solida intercambiabili;
- gestione del sistema di teletrasmissione nell'ambito delle procedure di chiamata-risposta.

L'unità di acquisizione dovrà essere opportunamente dimensionata in funzione del numero di segnali, comandi e misure provenienti dai diversi sensori collegati, prevedendo riserve per un ampliamento degli stessi.

L'unità di acquisizione e controllo dovrà essere gestita da un processore operante in funzionamento del tipo multi-task, ovvero con possibilità di più operazioni contemporanee; ad esempio, deve consentire la gestione di una situazione in cui l'operatore sul posto richiama tramite tastiera l'elaborazione dei dati di un sensore, contemporaneamente un'interrogazione della centrale richiama le misure e l'orologio interno segnala la scadenza dell'intervallo di tempo tra due misure successive di uno o più sensori da registrare.

Nel seguito si elencano le principali caratteristiche che devono essere soddisfatte dall'unità di acquisizione:

- gestione dei dati dei sensori con possibilità di elaborazioni e registrazioni con intervallo minimo di 2 secondi e massimo di un giorno;
- memorizzazione dei dati acquisiti su buffer circolare RAM, in grado di memorizzare fino a diversi anni, in funzione della programmazione impostata;
- presenza di circuito di watch-dog, per prevenire perdite di controllo da parte della CPU dovute a errori software generati da scariche elettriche;
- possibilità di collegare un modem telefonico convenzionale o un'unità cellulare GPRS;
- possibilità di variare con facilità le programmazioni (che risiedono su RAM back up);
- possibilità di tarature sul campo dei sensori via software;
- consumi ridotti;
- protezione dai disturbi elettrici indotti mediante adeguati dispositivi a livello di unità di acquisizione e di sensori;
- possibilità di visualizzare tramite programma su Pc;
- possibilità di espansione per quanto riguarda numero e tipologia dei sensori collegati;
- collegamento diretto segnali di processo secondo i più comuni standard industriali (0÷2,5 V, 4÷20 mA.).

L'unità di acquisizione dovrà essere alloggiata, insieme alle batterie, all'interno di un idoneo contenitore in alluminio pressofuso o in materiale sintetico, con grado di protezione IP55, provvisto di chiusure di sicurezza. L'entrata cavi nel contenitore verrà realizzata tramite dei pressacavi; i singoli cavi saranno poi collegati, internamente alla scatola, alla morsettiera delle relative interfacce.

All'interno del contenitore dovrà inoltre essere previsto l'alloggiamento dell'apparato di ricetrasmisione e/o del modem telefonico.

2.1.3 Il sistema di trasmissione

Come specificato precedentemente, secondo le indicazioni ARPA, si prevede di realizzare la trasmissione dei dati acquisiti via GPRS.

GPRS è un'abbreviazione per "General Packet Radio Service" e sta a indicare la nuova tecnologia che consente una trasmissione di dati molto più veloce, circa 15 volte più veloce del GSM.

Le caratteristiche principali che contraddistinguono il GPRS sono:

- una discreta velocità di trasmissione dati (bit rate);
- trasmissione basata sulla commutazione a pacchetto;
- connettività always on (sempre aperta);

- possibilità di accesso ai servizi internet;
- tariffazione costi per quantità dati e non rispetto al tempo come nel GSM.

GPRS consente infatti connessioni immediate e le informazioni possono essere spedite e ricevute appena se ne presenta la necessità. Non è necessaria una connessione dial up (tipo modem), quindi gli utenti di servizi GPRS possono essere paragonati ad utenti sempre connessi. Infatti il GPRS facilita le connessioni istantanee perchè l'informazione può essere mandata o ricevuta immediatamente appena se ne ha bisogno e i terminali GPRS vengono identificati come sempre on line. Le risorse radio vengono impegnate solo quando vi è la necessità di inviare o ricevere i dati, ed è possibile avere più connessioni su un unico canale trasmissivo (multiplexing). Il sistema GPRS permette quindi di condividere le risorse con altri utenti.

Il GPRS può utilizzare buona parte delle reti Gsm (network GSM) già esistenti apportando alcuni aggiornamenti e aggiunte infrastrutturali.

Il sistema di trasmissione/acquisizione GPRS deve sfruttare appieno le potenzialità della nuova tecnologia; deve quindi risultare una piattaforma integrata hardware /software che permetta di realizzare facilmente la connessione su rete Internet di datalogger tradizionali.

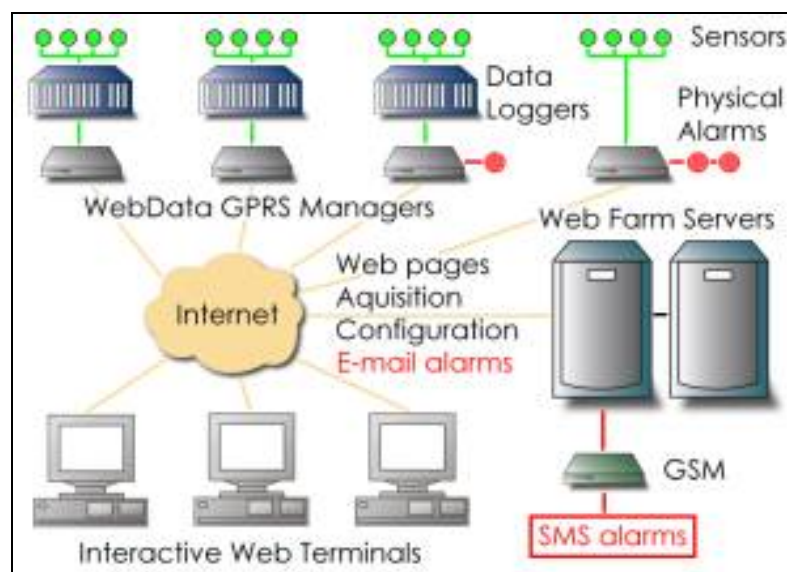


Figura 4 - Schema di un sistema di trasmissione/acquisizione dati via GPRS.

Il sistema previsto¹ è composto da una scheda hardware, con cui connettere la porta di comunicazione di un datalogger, e da un software installato su un server che raccoglie i dati acquisiti tramite i datalogger e li rende disponibili in tempo reale su Internet come pagina Web interattiva.

La scheda deve permettere a tutti i dataloggers di essere permanentemente connessi ai servers e le letture del data logger devono poter essere effettuate contemporaneamente con intervalli di tempo più brevi e ad un costo inferiore rispetto a quello tramite chiamata GSM. La scheda deve poter essere alimentata da batterie in locale con relativo pannello fotovoltaico.

¹ che deve includere sia il modulo GPRS sia la SIM card.

Il sistema deve essere anche facilmente espandibile, ovvero deve poter essere configurato per utilizzare, oltre a quelli dei dataloggers selezionati, ulteriori ingressi analogici e digitali.

L'interfaccia WEB deve infine permettere a chiunque abbia una password di gestire tutte le configurazioni e di acquisire dati in tempo reale dal proprio ufficio, da casa o anche con un telefono cellulare GPRS.

Il sistema deve permettere di associare ad ogni datalogger dei valori massimi e minimi di allarme e preallarme. Devono poter essere definiti allarmi personalizzati, ovvero semplici allarmi differenziali ad allarmi complessi in funzione dei singoli valori letti dai canali anche di differenti datalogger.

SMS ed e-mails sono inviati direttamente dal server gestore; dispositivi fisici di allarme locale possono essere connessi direttamente all'uscita digitale del sistema.

2.1.4 Software dell'unità centrale

Il sistema centrale deve essere dotato delle seguenti componenti:

- unità server per acquisizione dati;
- front end GPRS con collegamento alla rete INTERNET;
- sistema di backup su supporto estraibile;
- un terminale di visualizzazione dati in tempo reale e di archivio;
- switch locale a 8 porte;
- stampante;
- gruppo di continuità.

Un'apposita procedura software gestisce totalmente le stazioni automatiche, permettendo l'acquisizione e la memorizzazione dei dati in telemisura e di registrazione, la verifica del funzionamento delle stazioni, la loro configurazione, la gestione degli allarmi, la visualizzazione alfanumerica dei dati secondo raggruppamenti configurabili e la stampa di rapporti definibili dall'utente.

I dati raccolti costituiscono poi la banca dei dati di lavoro (valori "grezzi") del sistema: le operazioni di analisi, di integrazione e di eventuale modifica sono successivamente a carico dei relativi sistemi di elaborazione e di gestione grafica dei dati.

Per quanto concerne la configurabilità, deve essere possibile programmare singolarmente ogni canale di ingresso in modo da impostare le frequenze di acquisizione automatica, variare le soglie di allarme, definire le elaborazioni e la registrazione dei dati acquisiti (istantanei, medi, minimi e massimi); devono, inoltre, essere configurabili altri sensori che potranno venire aggiunti in un secondo tempo (o eventuali altre stazioni), i nomi dei sensori e delle stazioni, le modalità di impaginazione delle informazioni, etc..

Il sistema deve prevedere soglie di allarme impostabili, relative sia ai valori delle misure che ai relativi trend, evidenziando il loro superamento.

Il Software sull'unità server deve quindi:

1. gestire la programmazione dell'hardware remoto delle stazioni GPRS tramite interfaccia di semplice utilizzo;
2. memorizzare, con metodo razionale, le singole programmazioni delle stazioni esterne;
3. gestire gli up-grade sia del software che il firmware delle stazioni remote, con tecnologia adatta a preservare i sistemi remoti da eventuali difetti di funzionamento, con backup locale di riserva;
4. gestire le comunicazioni con le stazioni automatiche in maniera bidirezionale, attraverso gli appositi protocolli di comunicazione, che devono garantire il funzionamento anche in condizioni critiche;
5. gestire in tempo reale, in automatico ed in manuale, i dati provenienti sia dalle stazioni GPRS sia da fonte INTERNET ;
6. gestire la totalità dei dati e, possibilmente, anche del punto 3 tramite altro terminale disponibile in rete con il server stesso;
7. memorizzare tutti i dati, comunque acquisiti (in telemisura, da moduli di memoria e manuali), in un unico data base (data base di lavoro), a disposizione degli altri sottosistemi della centrale per la gestione e le ulteriori elaborazioni;
8. visualizzare in modo numerico tutti i dati, sia in tempo reale che di archivio;
9. gestire la verifica delle eventuali situazioni di superamento delle soglie di allarme impostate dall'operatore, e loro evidenziazione;
10. effettuare la gestione degli allarmi di malfunzionamento e della diagnostica;
11. condividere le risorse comuni (files, stampanti, modem etc.);
12. archiviare i dati su supporto magnetico estraibile e facilmente conservabile (DVD, DAT ecc.).

Data l'importanza dei dati, si raccomanda il coordinamento tra la memorizzazione dei medesimi nelle stazioni locali, e la temporizzazione del backup del database centrale, in modo da garantirne il recupero o la ricostruzione per una durata di almeno 30 gg anteriore al momento dell'avvenuta criticità del sistema. L'archiviazione dei dati su supporto esterno va effettuata almeno ogni 30 gg.

L'unità centrale deve essere dimensionata, oltre che per gestire la rete di monitoraggio in progetto, anche per una successiva espansione mediante connessione di ulteriori sonde o analizzatori di monitoraggio in continuo. Il software di gestione va predisposto per inserire in modo agevole la configurazione dei nuovi dati, operando esclusivamente sulla configurazione software.

E' quindi necessario prevedere un concentratore locale (SWITCH 10/100 Mb/s con almeno 8 porte) e un gruppo di continuità per garantirne il funzionamento, come anche del monitor e delle periferiche di acquisizione dati, per almeno 20 minuti in totale assenza di alimentazione elettrica normale. Si suggerisce una capacità reale di 2500 VA e una Stampante LASER a COLORI con capacità di almeno 10 Pagine /min ed interfaccia almeno USB ed ETHERNET.

Deve essere inoltre prevista la manutenzione degli apparati hardware e software che costituiscono l'unità centrale, fornendo la dovuta assistenza per quanto riguarda l'addestramento all'utilizzo del software di chiamata e di gestione dei dati, il sistema di back-up, l'aggiornamento dei codici e dei parametri di configurazione dei singoli sensori.

2.2 Manutenzione strumentale e impiantistica delle stazioni di misura fisse

Le attività di manutenzione ordinaria consistono in interventi di manutenzione preventiva, ovvero programmati in base a cadenze fisse, stabilite a seconda delle diverse tipologie di stazioni, per garantire l'efficienza delle stazioni e provvedere al controllo del corretto funzionamento della strumentazione, oltre ad interventi di manutenzione correttiva, ovvero eseguiti indipendentemente dalle cadenze programmate, qualora si registrino situazioni di anomalia nel funzionamento delle stazioni, individuate mediante i controlli eseguiti tramite teletrasmissione.

Sulle stazioni in esame si possono prevedere diversi livelli di intervento e quindi diverse frequenze.

2.2.1 Manutenzione preventiva

Sul Borlezza, dove si prevede la realizzazione di una stazione idrometrica integrata con sensori di qualità per la misura di parametri fisico-chimici dell'acqua (pH, ossigeno disciolto, conducibilità elettrica, temperatura) (soluzione B) o integrata da un'installazione per il prelievo automatico di campioni di acque fluviali, costituita da impianto di pompaggio, autocampionatore refrigerato e cabina di alloggiamento, si può prevedere un intervento di manutenzione ordinaria preventiva su base mensile.

Tale intervento prevede operazioni di pulizia della sezione fluviale e della strumentazione, sonde e sistema pompaggio; operazioni di manutenzione meccanica degli elementi installati, di verifica elettrica, di taratura e manutenzione sensori e autocampionatore.

Sulle stazioni a Costa Volpino e a Sarnico, dotate di cabine di monitoraggio con sonde e autocampionatore, per garantire la perfetta efficienza del sistema e conseguentemente la "qualità del dato", le attività manutentive sono strutturate secondo due livelli di intervento cui corrispondono ben precisi gradi di qualifica del personale addetto, con riferimento alla specializzazione tecnica e all'esperienza operativa.

- Primo livello, con frequenza bisettimanale
 - Pulizia e controllo di taratura di sensori;
 - manutenzione ordinaria impianti idraulico ed elettrico;
 - manutenzione ordinaria opere strutturali in muratura e carpenteria;
 - pulizia dell'alveo;
 - controllo funzionale delle apparecchiature e trasmissione segnalazioni malfunzionamenti.

- Secondo livello, con frequenza settimanale
 - Controllo specialistico di taratura dei sensori mediante utilizzo di strumentazione di precisione;
 - esecuzione di campionamenti di acque e sedimenti, trattamento dei campioni;
 - aggiornamento configurazione software delle stazioni periferiche, controllo remoto delle installazioni;
 - revisione meccanica ed elettrica delle apparecchiature di misura;
 - sostituzione di componenti (sensoristica, parti meccaniche, hardware);
 - riconfigurazione completa dell'elettronica di stazione.

Gli interventi di 1° livello possono essere eseguiti da personale tecnico di base e da personale locale addetto alla sorveglianza delle installazioni.

Gli interventi di 2° livello devono essere eseguiti da personale specializzato, dotato di notevole esperienza operativa e di una buona base di conoscenze tecniche, rispondenti ai seguenti 2 profili tecnici:

- specialisti nella riparazione delle diverse tipologie di strumentazione in oggetto, dotati di notevole esperienza operativa e di una buona base di conoscenze tecniche nel campo elettrotecnico, elettronico e chimico e specificatamente nel software di gestione della rete in telemisura;
- specialisti con esperienza operativa nel settore idrometrico, degli accertamenti in sito di qualità dell'acqua e dell'impiantistica di stazione (impianto idraulico di pompaggio e adduzione, impianti interni di cabina).

2.2.2 Elenco operazioni di manutenzione

2.2.2.1 *Impiantistica e meccanica di stazione*

- Operazioni di pulizia. Eliminazione della vegetazione eventualmente cresciuta in prossimità della stazione ed in posizione tale da compromettere la corretta misura dei sensori. Pulizia dell'asta idrometrica. Estrazione delle sonde, pulizia e spurgo del tubo di protezione e del pozzetto. Frequenza mensile e dopo ogni evento di piena.
- Manutenzione meccanica. Verifica della stabilità meccanica del palo della stazione idrometrica, degli staffaggi e di tutti gli elementi di carpenteria metallica. Sostituzione delle parti metalliche che risultino danneggiate. Protezione con zinco-spray di parti in ferro con inizi di ruggine e sostituzione delle parti con eccesso di ruggine. Lubrificazione dei lucchetti, delle cerniere, dei coperchi dei vani batterie e dei contenitori blindati. Frequenza mensile e dopo ogni evento di piena.
- Verifiche sull'impianto elettrico. Controllo della integrità meccanica e delle efficienza della serratura di chiusura del contenitore delle apparecchiature elettriche. Controllo della efficienza delle spie di alimentazione. Verifica dell'integrità dei collegamenti. Pulizia all'interno dei contenitori che racchiudono gli apparati elettrici ed elettronici. Frequenza mensile e dopo ogni evento di piena.

2.2.2.2 *Operazioni di pulizia, manutenzione meccanica e verifiche elettroniche del sensore di misura idrometrico*

- Idrometro a pressione. Pulizia della sonda (frequenza mensile e dopo ogni evento di piena) e del tubo metallico di protezione all'interno del quale il sensore è inserito. Verifica della stabilità della meccanica di supporto del sensore e del grado di serraggio della relativa bulloneria. Verifica della eventuale sopravvenienza di cause esterne che limitino anche solo parzialmente la funzionalità del sensore e, quando possibile, loro eliminazione. Controlli di taratura. Frequenza mensile.
- Verifiche elettroniche. Lettura sulla stazione periferica della misura istantanea dei sensori, come controllo della funzionalità di massima del sensore stesso. Questa lettura deve essere eseguita e

annotata sia prima di iniziare le operazioni di manutenzione sia alla fine, appena prima di abbandonare la stazione. Ciò per meglio documentare eventuali riparazioni, sostituzioni o tarature e per avere l'assoluta certezza di lasciare la stazione perfettamente funzionante. Verifica della presenza di eventuali anomalie registrate dalla stazione relativamente al sensore e, in caso positivo, individuazione ed eliminazione delle cause che le hanno generate. Verifica dei tempi di campionamento e di registrazione del sensore. Lettura sulla stazione dei valori minimi e massimi registrati nell'ultimo periodo, per verificare l'assenza di valori anomali e l'esattezza del numero di dati registrati giornalmente. Frequenza mensile.

- Verifiche elettroniche. Verifica dell'allineamento dell'orologio-calendario. Verifica del settaggio della sveglia, in funzione degli intervalli di campionamento dei sensori collegati alla stazione. Verifica dell'eventuale presenza di anomalie di stazione e, in tal caso, ricerca ed eliminazione delle cause che le hanno generate. Verifica che la release software installata sia aggiornata. Misura della corrente assorbita dell'elettronica in condizioni di "ON" e in condizioni di "STAND-BY" e verifica della loro correttezza in funzione della configurazione della stazione e dei sensori collegati. Misura della tensione di riferimento mediante un tester a 4 cifre e mezzo ed eventuale ritaratura per una tolleranza finale inferiore a 5 millivolt. Frequenza mensile.

2.2.2.3 Operazioni di pulizia, manutenzione meccanica e verifiche elettroniche dei sensori parametri chimico-fisici (temperatura, pH, conducibilità, ossigeno, temperatura).

- Pulizia della canaletta sensori e della sonda multiparametrica. Pulizia degli elementi sensibili con pennello e acqua distillata; se persistono incrostazioni utilizzare le soluzioni di pulizia specifiche per i sensori (a base di acido cloridrico o acido acetico) mantenendo nella soluzione il sensore per almeno 1 ora. Rabbocco del liquido elettrolita alcalino nel sensore di ossigeno disciolto e pulizia dell'anodo con la soluzione specifica fornita dalla casa produttrice. Verifica di stabilità dei supporti e delle armature. Verifica della corretta immersione e inclinazione dei sensori nella canaletta. Verifica e pulizia del tubo metallico di protezione all'interno del quale la sonda multiparametrica è inserita. Lettura delle misure mediante collegamento locale con la stazione periferica e relativa annotazione delle stesse prima di avere effettuato qualsiasi intervento. Una seconda annotazione va fatta come ultima operazione prima di abbandonare la stazione. Si verifica così la funzionalità di massima dei sensori prima di cominciare le operazioni allo scopo di meglio documentare eventuali riparazioni o tarature e per avere l'assoluta certezza di lasciare la stazione perfettamente funzionante. Verifica della presenza di eventuali anomalie registrate dalla stazione relativamente ai sensori e, in caso positivo, individuazione ed eliminazione delle cause che le hanno generate.

2.2.2.4 Controlli di taratura dei sensori

- Sensore idrometrico. Strumento di riferimento: asta idrometrica. Modalità di esecuzione della misura: la misura dell'idrometro letta sul display della stazione viene confrontata con la lettura dell'asta idrometrica. Se l'errore supera la tolleranza massima consentita, lo strumento viene ritarato tramite i relativi comandi nel menù dell'idrometro della stazione. Ogni variazione della taratura verrà

accuratamente documentata annotando i valori della misura e dell'offset prima e dopo l'operazione. Tolleranza massima consentita: +/- 0.2% del fondo scala (la tolleranza massima consentita deve comunque essere interpretata in funzione delle specificità del sito di installazione e dello stato idrologico al momento dell'intervento).

- Sensore di pH: verifica mediante soluzioni standard pH7/pH4. Annotazione dei risultati e determinazione dell'offset di taratura. Correzione mediante azionamento delle viti di regolazione specifiche.
- Sensore di conducibilità elettrica. Verifica mediante soluzioni standard da 84 µS e 1413 µS. Annotazione dei risultati e determinazione dell'offset di taratura. Correzione mediante azionamento delle viti di regolazione specifiche.
- Sensore di ossigeno disciolto. Verifica mediante esposizione all'aria per almeno 15'. Misura della pressione barometrica. Annotazione dello scostamento rispetto al valore atteso e correzione mediante azionamento delle viti di regolazione specifiche relative alla concentrazione e alla % di saturazione.
- Sensore di temperatura. Verifica per confronto con termometro di precisione a mercurio. Annotazione dei dati e determinazione dell'offset di correzione. Comunicazione del dato al centro di controllo per le operazioni di taratura via software.

2.2.2.5 *Campionatore automatico*

- Pulizia generale.
- Verifica temperatura interna.
- Esecuzione ciclo di spurgo e di prova.
- Calibrazione del volume di campionamento.
- Eventuale sostituzione della pompa peristaltica e del tubo di presa se presentano insufficienza funzionale.

2.2.2.6 *Campionatore di sedimento*

- Pulizia e spurgo impianto idraulico.
- Pulizia pareti interne.
- Controllo e regolazione della portata di alimentazione.
- Asportazione e sostituzione del contenitore di campionamento (quando viene superato il grado di riempimento massimo).
- Prelievo e trattamento del campione di sedimento.

2.2.3 Manutenzione correttiva

Come sopra accennato, gli interventi di manutenzione correttiva vengono eseguiti indipendentemente dalle cadenze programmate, ogniqualvolta si registrano situazioni di anomalia nel funzionamento delle stazioni, individuate mediante i controlli eseguiti tramite teletrasmissione.

Devono quindi essere messi a punto interventi finalizzati alla risoluzione del problema che ha causato l'anomalia, prevedendo anche la sostituzione totale o parziale della singola strumentazione di misura, salvo casi di maggiore complessità, come per le cabine complete.

A questo proposito si richiama un elemento di fondamentale importanza ai fini dell'ottimale esecuzione delle attività di manutenzione e gestione della rete di monitoraggio: è necessario che venga prevista centralizzata (per esempio presso ARPA Lombardia) un'interfaccia hardware e software per acquisire in tempo reale i dati registrati presso le stazioni periferiche, per attuare un servizio quotidiano di controllo dei dati registrati.

Il controllo degli andamenti dei singoli parametri misurati, oltre alla verifica dell'esito degli interventi di manutenzione eseguiti, rappresenta un anello essenziale nell'impostazione dell'attività di manutenzione e offre la possibilità di programmare tempestivamente interventi di manutenzione correttiva, garantendo un maggior livello di efficienza del sistema nel suo complesso.

2.2.4 Manutenzione straordinaria e adeguativa

Sono da prevedersi anche interventi che si rendano necessari per ripristinare il corretto funzionamento delle stazioni a seguito di cause di forza maggiore quali furto, incendio, danni da eventi di forza maggiore ecc.

Gli interventi di manutenzione adeguativa si possono rendere necessari nel tempo anche per migliorare l'efficienza e del sistema e garantire l'affidabilità dei dati di monitoraggio. Devono però essere redatte specifiche valutazioni finalizzate a proposte operative di interventi adeguativi compatibili.

La manutenzione adeguativa è anche funzionale all'eventuale futura espansione delle componenti monitorate; come già segnalato, il sistema proposto è tale da permettere qualsiasi aggiornamento della strumentistica, nonché l'espansione del sistema di monitoraggio tramite l'installazione di altri strumenti, quali gli analizzatori on line per l'azoto ammoniacale o il fosforo.

2.3 **Gestione idraulica della stazione idrometrica e indagini a supporto**

La gestione idraulica comprende un complesso di attività (operative in sito e di elaborazione dei dati) finalizzate a garantire il corretto rilevamento dei livelli e delle corrispondenti portate presso le stazioni idrometriche fisse.

Esse sono articolate come sotto indicato.

- Controllo di taratura dei sensori idrometrici.
- Osservazioni dirette sullo stato idraulico - morfologico dell'alveo.
- Misure di portata.
- Elaborazione e aggiornamento della scala di deflusso.

Oltre alle attività sopra elencate, che possono essere gestite con periodicità standardizzata, per la gestione idraulica possono essere necessarie attività o indagini di supporto, estemporanee di controllo e/o rilievo topografico conseguenti a eventi di piena, lavori in alveo o a particolari altre situazioni, come meglio descritto nel seguito.

Si ritiene, inoltre, che sia di fondamentale importanza l'osservazione e caratterizzazione dell'assetto idraulico-morfologico dell'alveo nell'intero tratto fluviale/torrentizio in grado di influenzare i livelli idrometrici nella sezione di misura.

I principali elementi da caratterizzare possono essere così sintetizzati:

- presenza di fattori perturbativi locali in grado di rendere non significativa la misura del livello: deviazioni di flusso rispetto al punto di misura del sensore; effetti di intasamento delle tubazioni protettive dei sensori a pressione; presenza di materiale di trasporto o emersione di depositi d'alveo nell'area di misura dei sensori a ultrasuoni; presenza di ostruzioni al deflusso a valle della sezione di misura con effetto di rigurgito dei livelli (naturali-accidentali o dovute a intervento antropico (quali guadi, panconature su traverse di derivazione, ecc.);
- presenza di lavori o regolazioni in alveo in grado di alterare provvisoriamente le condizioni di deflusso rispetto all'assetto ordinario;
- elemento/i di controllo idraulico dei livelli nel punto di misura:
 - controllo localizzato: barre di deposito con effetto soglia; soglie artificiali; strutture presenti a valle con effetto analogo (ponti, traverse ecc.); soglie regolate; salti di fondo naturali ecc.;
 - controllo longitudinale: effetti della scabrezza e della morfologia dell'alveo a valle della sezione di misura;
- assetto idraulico complessivo: deflusso nell'alveo inciso, esondazioni, filoni di flusso, derivazioni di flusso significative;
- fattori di alterazione dei livelli attribuibili alla stagionalità: vegetazione spondale e di fondo, ghiaccio/neve, ecc..

In particolare, la verifica del controllo idraulico, di particolare importanza per le successive fasi di validazione dei dati, deve essere svolta con attenzione, anche in relazione al fatto che esso può cambiare oltre che per alterazioni morfologiche dell'alveo anche per la semplice variazione dello stato idrologico.

Le informazioni tratte dalle osservazioni sopra specificate vanno restituite in forma descrittiva standardizzata e corredate di idonea documentazione fotografica.

2.3.1 Misure di portata

Nell'esecuzione di misure dirette svolte per la gestione idraulica di una stazione idrometrica è necessario applicare alcune ulteriori procedure:

- eseguire le osservazioni sull'assetto idraulico-morfologico dell'alveo sopra descritte;



- mantenere per quanto possibile la stessa sezione di misura nel corso di campagne di rilievi successive;
- condurre la misura considerando con particolare attenzione il fattore "tempo" (durata della misura) in rapporto alla variabilità del livello idrometrico nel corso della misura (per effetti naturali o indotti da regolazioni artificiali): questo aspetto può influire sull'errore di misura e richiede molta attenzione nel trovare il miglior compromesso tra l'esigenza di eseguire una misura di precisione sufficiente e quella di contenere la variazione del dato di livello da utilizzare per definire la scala di deflusso.

Le misure finalizzate alla gestione idraulica richiedono inoltre procedure di pianificazione più complesse per l'esigenza di intervenire in occasione di stati di livello differenziati e significativi per la determinazione della scala di deflusso.

Il metodo di misura tipico per un alveo come quello del torrente Borlezza prevede l'utilizzo di mulinelli provvisti di set di eliche, tarate e in periodo di validità, idonee per misurare in qualsiasi condizione di velocità.

Le cosiddette misure con mulinello correntometrico devono essere quindi eseguite da personale tecnico specializzato e in diversi stati idrologici in modo da poter raffigurare il campo dei deflussi più esteso possibile, al fine di costruire successivamente una scala di deflusso affidabile.

Le misure correntometriche condotte in campo vengono poi elaborate utilizzando un programma di calcolo specifico, applicando il principio "velocità x area". Il calcolo dell'errore di misura è basato sulle norme ISO 748 E ISO/TR 7178.

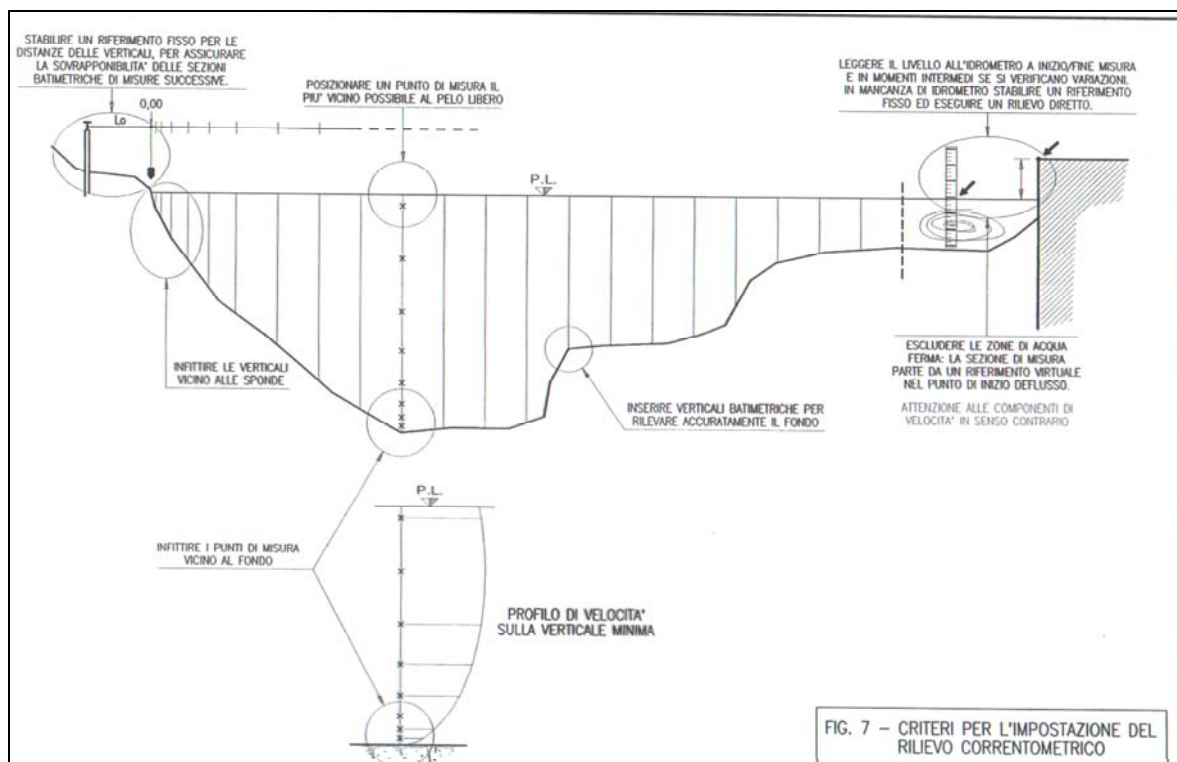


Figura 5 - Criteri di impostazione di una misura correntometrica.

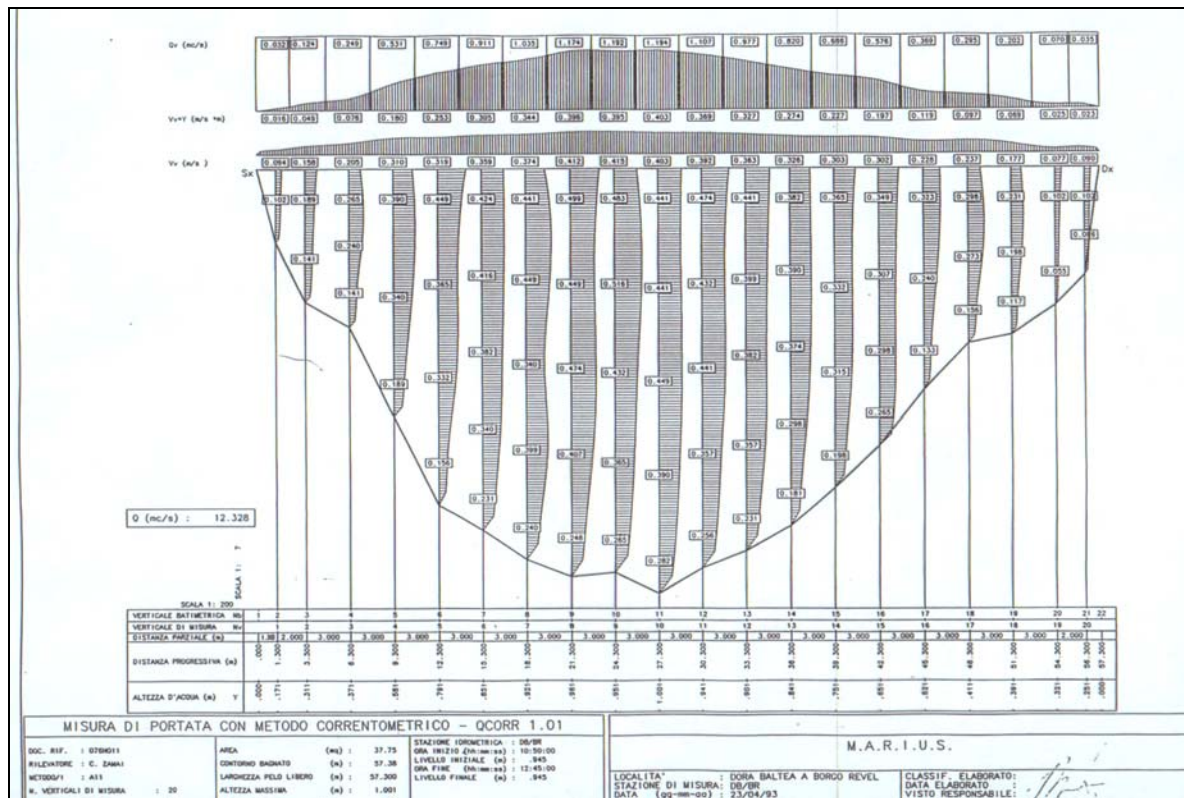


Figura 6 - Elaborazione di una misura correntometrica.

2.3.2 Determinazione della scala di deflusso

La scala di deflusso è lo "strumento" che permette di stimare le portate defluenti conoscendo il livello idrometrico.

La determinazione e il periodico aggiornamento della scala di deflusso rivestono quindi importanza fondamentale per garantire un livello di rappresentatività idrologica significativo delle stazioni di monitoraggio.

Le principali operazioni standard da programmare per la definizione/aggiornamento delle curve sono così sintetizzabili.

- Esecuzione di misure di portata periodiche in stati idrologici differenziati (almeno 4-6 misure/anno).
- Verifica-aggiornamento dei rilievi topografici dopo gli eventi di piena e gli interventi antropici.
- Verifica sistematica degli scostamenti dei nuovi punti di misura della portata dalla curva.
- Rielaborazione-aggiornamento delle curve dopo i principali eventi di piena o, in assenza di questi, una volta all'anno.

Una volta elaborate le curve, le attività più ricorrenti finalizzate all'aggiornamento o alla verifica della loro applicabilità sono le seguenti.

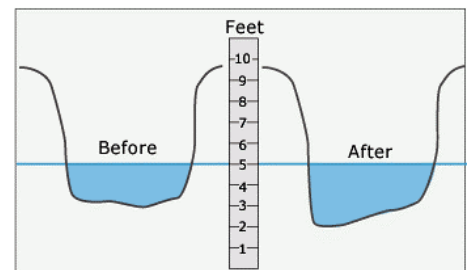
- Controllo della significatività della misura idrometrica (in particolare in regime di magra) rispetto alla variazione dell'alveo o degli elementi di controllo idraulico (diversione del flusso principale rispetto alla posizione del sensore, formazione di accumuli di materiale, erosioni localizzate, crescite di vegetazione ecc.).
- Controllo degli effetti delle derivazioni e degli scarichi influenti sulla misura idrometrica.

Dal complesso di attività sopra indicate derivano gli elementi conoscitivi per la gestione delle curve, che riguarda specificatamente:

- la rielaborazione della scala o di rami specifici della stessa;
- l'aggiornamento dei campi idrometrici di applicabilità, dei campi di affidabilità e del periodo di validità;
- l'aggiornamento del sistema informativo sulle stazioni di misura con i nuovi parametri.

Per le applicazioni relative ai bilanci idrologici (costruzione-validazione delle serie cronologiche di portata ed elaborazioni standard conformi alle metodologie dei Servizi Idrografici) è opportuno procedere all'aggiornamento delle curve:

- dopo i principali eventi di piena;
- dopo interventi di sistemazione;
- a seguito di fenomeni di evoluzione progressiva degli alvei (processi continui di erosione-deposito) tali da determinare significativi scostamenti dei deflussi reali rispetto alla curva (cfr. test di Student);
- in assenza dei fattori sopra elencati, almeno una volta all'anno.



L'acquisizione degli elementi sperimentali (rilievi e misure di portata) per l'aggiornamento delle scale richiede tempistiche variabili, che comportano generalmente la validità retroattiva delle curve, in base alla definizione delle relative date di inizio e fine validità, che ne stabiliscono l'intervallo di applicabilità.

Le operazioni di verifica e aggiornamento delle scale di deflusso sono strettamente connesse con la gestione continuativa delle stazioni idrometriche secondo le modalità specificate nei precedenti paragrafi. E' infatti necessario verificare la posizione delle misure di portata eseguite rispetto alla curva per pianificare le successive attività di rilevamento.

Per determinare la scala di deflusso devono essere eseguite specifiche elaborazioni sui dati sperimentali (ovvero con le misure dirette di portata eseguite nell'ambito di programmi di monitoraggio pregressi e in corso), e teorici (supportati da applicazioni modellistiche condotte con opportuno codice di calcolo idrodinamico sullo schema geometrico derivante dai rilievi topografico-batimetrici, da estrapolazioni di parametri idraulici con metodo semplificati o da stime idrologiche di eventi storici). Vengono di solito ricercate le curve in grado di eseguire le migliori interpolazioni secondo il metodo dei minimi quadrati.

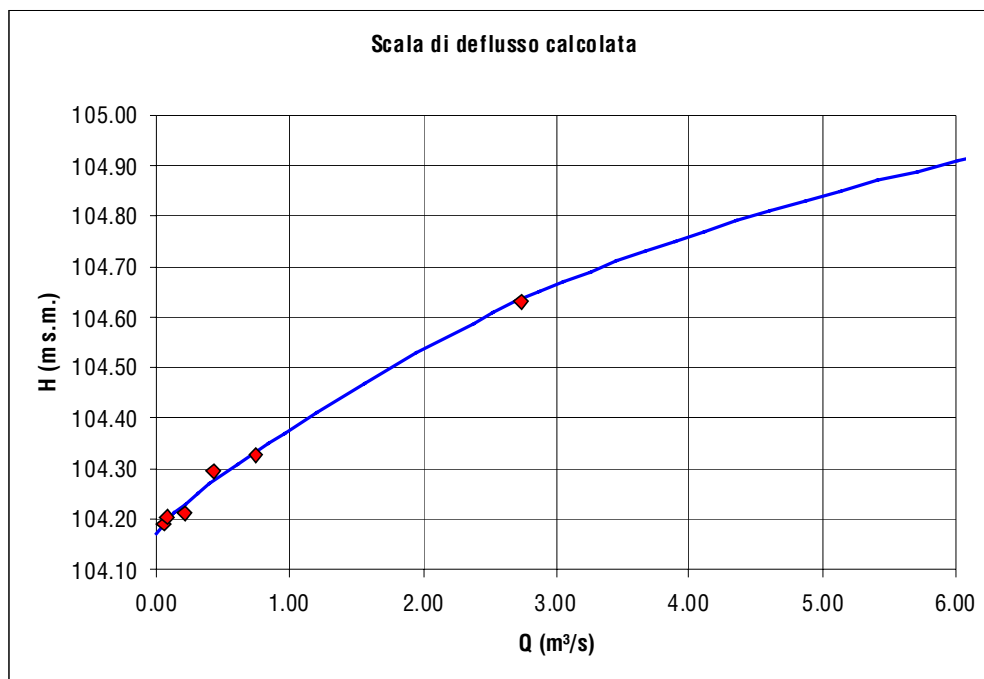


Figura 7 - Scala di deflusso.

L'elaborazione più comune per costruire una scala di deflusso consiste nella scelta di una funzione relativa ai deflussi ordinari direttamente calibrata sui dati di misura diretti, e di una curva di estrapolazione nel campo delle piene derivante da valutazioni teoriche con supporti modellistici.

A supporto delle applicazioni gestionali delle scale di deflusso, per le funzioni di potenza viene eseguita l'analisi della dispersione dei punti sperimentali, conforme alle indicazioni della Norma ISO 1100/2-1982; in particolare spesso viene applicato il test di Student.

Dopo il primo avviamento a ogni stazione corrisponde una scala di deflusso in esercizio con relativi range idrometrico di applicabilità, campi di affidabilità e data di inizio validità.

Tale curva deve essere verificata ogni volta che si rendono disponibili nuovi dati di misura o altre informazioni (per esempio stime di eventi di piena).

La verifica non comporta automaticamente l'aggiornamento della curva in esercizio: il sistema di elaborazione deve consentire di eseguire prove di adattamento delle curve senza variare la versione ufficiale.

Le prove consentono di pianificare nuove misure di portata e di annotare le problematiche riscontrate e le avvertenze significative per l'utilizzo della curva ufficiale.

Per la valutazione dei bilanci idrologici prima di applicare le curve alle serie cronologiche dei livelli idrometrici per costruire le serie di portate da validare, vengono redatte le curve definitive relative all'intero anno o ai sottoperiodi omogenei individuati nel corso del monitoraggio.

La pianificazione delle operazioni di gestione idraulica è quindi un'attività molto importante. I controlli di taratura dei sensori idrometrici e l'osservazione dell'assetto idraulico-morfologico devono essere eseguiti con frequenza mensile, salvo specifiche esigenze di verifiche più frequenti a seguito di anomalie strumentali o di variazioni della morfologia dell'alveo.

Le misure di portata per la scala di deflusso vanno eseguite, in numero indicativamente di 4÷6 all'anno, in funzione dell'evoluzione idrologica del corso d'acqua, ricercando la migliore distribuzione possibile dei dati rispetto alla curva. Le operazioni di verifica-aggiornamento della scala di deflusso vanno gestite con approccio continuativo, in funzione della disponibilità di dati di campagna e delle problematiche idrologiche e idraulico-morfologiche.

2.3.3 Indagini a supporto

In molte sezioni, in particolare sui rii torrentizi come il torrente Borlezza, è necessario eseguire attività di carattere estemporaneo, quali:

- rilievi topografico-batimetrici per l'aggiornamento delle scale di deflusso e delle relative analisi idrauliche;
- misure di portata finalizzate al miglioramento della valutazione delle fasi di magra idrologica;
- misure di portata per il controllo di situazioni specifiche, quali i rilasci minimi, le derivazioni, gli scarichi, gli interscambi con la falda o in generale le dispersioni dall'alveo;
- misure di portata di supporto ai campionamenti e rilievi qualitativi, finalizzate alla valutazione del bilancio di inquinanti;
- misure e stime delle portate di piena.

Per l'interpretazione dei dati delle campagne di qualità dell'acqua riveste, infatti, importanza fondamentale la conoscenza del concomitante stato quantitativo del corso d'acqua.

Il dato di portata consente, oltre al corretto inquadramento idrologico della campagna di misure, il calcolo del carico inquinante puntuale associabile ai dati di concentrazione rilevati e l'esecuzione di bilanci di inquinanti tra più sezioni di rilevamento disposte su settori significativi della rete idrografica.

La disponibilità dei dati quantitativi delle campagne fornita dalla stazione idrometrica supporta inoltre la corretta estrapolazione dei dati di qualità a periodi continuativi mensili, stagionali o annuali.

2.4 **Gestione della rete di trasmissione**

Il software dell'unità centrale dovrà essere in grado di gestire in maniera totalmente automatica tutti gli apparati costituenti la rete di trasmissione.

I protocolli utilizzati per le trasmissioni dovranno possedere un livello di ridondanza intrinseca, tale da garantire in maniera assoluta che eventuali messaggi ricevuti affetti da errori vengano scartati; in tal caso la centrale

dovrà provvedere automaticamente a richiedere la ritrasmissione del messaggio un numero di volte impostabile in fase di configurazione.

3. VALIDAZIONE E UTILIZZO DEI DATI

La gestione dei dati rappresenta, insieme all'organizzazione operativa delle attività in campo (manutenzione ordinaria e straordinaria, taratura idraulica e indagini integrative), l'aspetto più complesso e articolato della gestione complessiva del sistema di monitoraggio, in relazione soprattutto ai seguenti fattori.

- Necessità di gestire con procedure uniformi i dati derivanti da sottoreti di misura tecnologicamente diversificate.
- Presenza di tipologie di dati diversificate anche all'interno dello stesso settore di indagine, per esempio in rapporto alla classificazione:
 - dati primari (es.: dati di misura diretta dei parametri di monitoraggio);
 - dati elaborati (es.: derivanti da elaborazioni funzionali dei dati di misura diretta, valori di sintesi statistici su serie cronologiche, ecc.).
- Ulteriori differenziazioni di base vanno considerate per esempio:
 - tra dati di misura acquisiti da apparati strumentali di diversa tecnologia, compresenti nella rete di monitoraggio (ad es. stazioni e registrazione meccanica, elettronica locale e in teletrasmissione);
 - tra dati di misura puntuali acquisiti operando mediante campagne periodiche e dati continui registrati dalla strumentazione fissa;
 - tra dati prodotti all'interno del sistema di monitoraggio e dati acquisiti da altri Enti operativi sul territorio;
 - tra dati da gestire in tempo reale e dati post-processati;
 - tra parametri numerici e informazioni cartografico-territoriali.
- Necessità di produrre restituzioni finali diversificate in relazione alla periodicità, al livello di dettaglio tecnico-scientifico e divulgativo, alle modalità di diffusione (per via informatica e mediante documenti cartacei) richiesti delle esigenze informative.
- Necessità di supportare una specifica procedura di previsione/gestione delle piene, che comporta decisioni non standardizzabili in rapporto al tipo di azione e ai tempi attuativi.
- Opportunità di riportare tutte le funzioni e attività di gestione dati all'interno di un Sistema di Qualità complessivo.

Per la corretta impostazione del sistema di gestione dati è necessario definire prioritariamente il complesso di attività che comportano l'acquisizione o il trattamento di dati di monitoraggio (vedi fig. seguente). Tali attività non riguardano esclusivamente il campo di attività specifico della "gestione dati", ma hanno importanti connessioni con i campi relativi alle "attività in sito" e alla "interpretazione/diffusione dei dati".

Circa il trattamento iniziale dei dati in arrivo dalle stazioni di monitoraggio, si segnala che per tutti i dati relativi ad ogni singolo sensore dovranno essere possibili preelaborazioni, consistenti nella verifica del superamento di soglie di allarme di livello o di tendenza, tutte singolarmente prefissabili, e nella verifica dello stato della stazione, con evidenziazione di eventuali anomalie (ad esempio carica della batteria insufficiente, etc.) sulla postazione di supervisione del sistema.

In base ai dati ricevuti, il software di stazione dovrà calcolare e memorizzare:

- misura;
- incremento orario;
- stato, ora e minuti dell'ultima interrogazione;
- tempo mancante al raggiungimento del valore di allarme (in caso di incremento lineare, calcolato sulla base delle ultime due interrogazioni).

Tutti i dati relativi a ciascun giorno di funzionamento, compreso quello in corso, di tutti i sensori, dovranno venire memorizzati sul disco rigido del calcolatore in files separati, anche al fine di consentirne un'immediata visualizzazione e di stampare tabelle e rapporti sui dati e sul funzionamento del sistema.

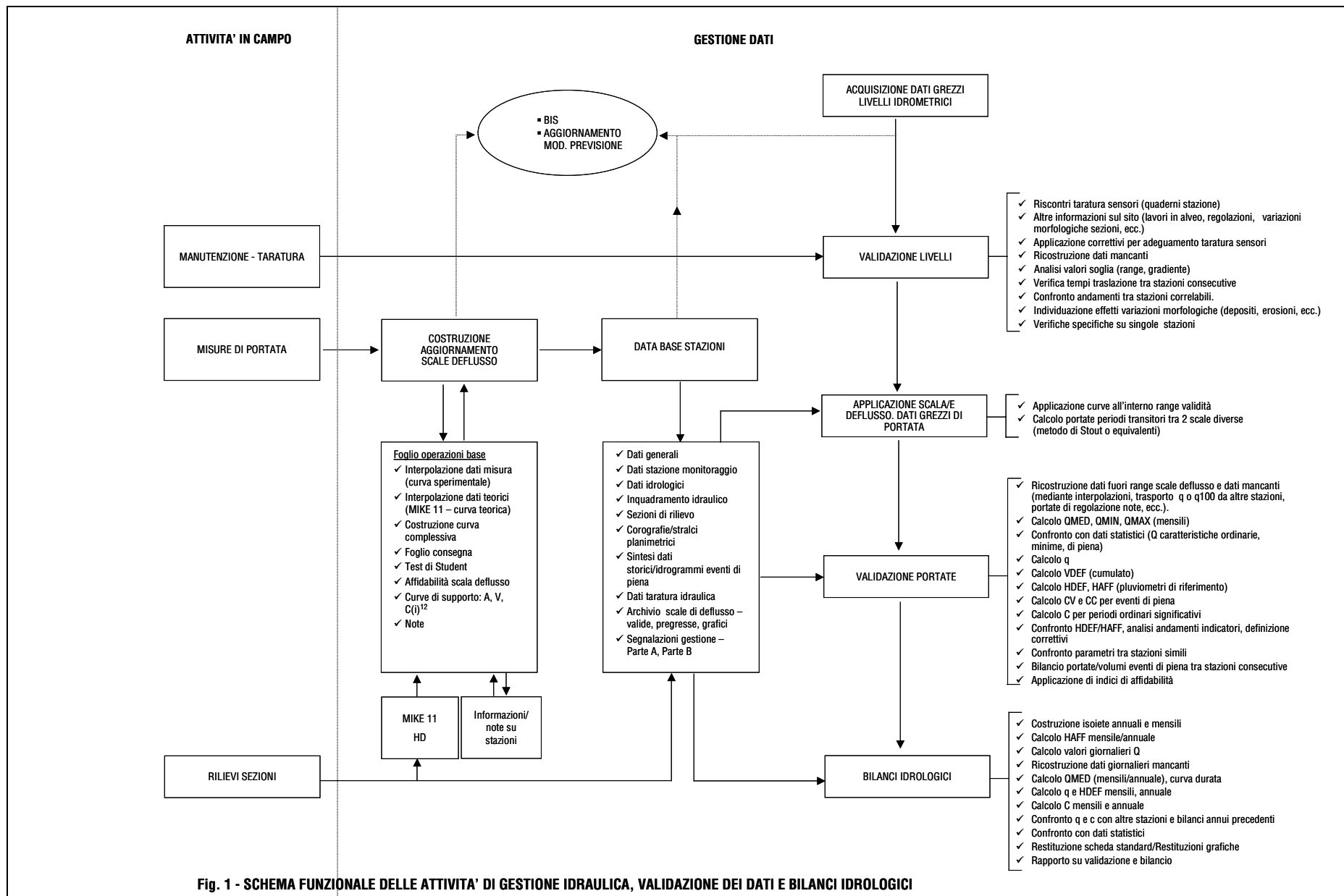
I dati dovranno poi poter essere visualizzati sulla postazione di supervisione sotto forma di tabelle o grafici.

Per ogni sensore deve essere visualizzato:

- il numero di codice;
- il nome della stazione in cui il sensore è installato;
- il tipo di sensore;
- il valore dell'ultima misura effettuata, nelle relative unità ingegneristiche;
- il valore di allarme;
- l'incremento orario;
- il valore dell'allarme di derivata;
- il tempo che manca all'allarme;
- ora e minuto dell'ultima misura acquisita.

Con il medesimo formato dovranno essere stampabili dei rapporti riassuntivi, a loro volta configurabili secondo le necessità dell'utente. Il tipo di stampa e la cadenza dei rapporti sarà selezionabile dall'operatore.

Dalla rete strumentale derivano dati grezzi in formato cartaceo o informatizzato, in funzione della tecnologia di strumentazione presente.



I dati acquisiti su carta vengono informatizzati con modalità specifiche per ogni parametro e funzionali alle successive fasi di elaborazione.

I dati acquisiti su supporto informatico vengono trasferiti all'unità di gestione dei dati con modalità dipendenti dalla tecnologia di acquisizione della strumentazione (memorie solide, floppy, P.C. portatili).

Nel caso di installazioni collegate in teletrasmissione, lo scarico dei dati viene eseguito periodicamente dall'unità centrale, contestualmente alle operazioni di controllo, calibrazione e aggiornamento della configurazione delle periferiche.

In ogni caso, contestualmente con il trasferimento dei dati informatizzati delle stazioni fisse devono essere acquisite in forma cartacea e informatizzate le informazioni relative alle operazioni di calibrazione/manutenzione necessarie per la successiva fase di validazione dei dati.

I file informatizzati vengono inseriti, con i rispettivi formati di pertinenza, nell'Archivio Dati Non Validati, che costituisce il "contenitore" primario delle informazioni grezze acquisite dall'attività di monitoraggio.

L'archivio viene alimentato anche attraverso due procedure complementari di acquisizione dati:

- recupero dati pregressi, consistente nella revisione e sistematizzazione dei dati di interesse relativi a periodi di monitoraggio precedenti l'attivazione del sistema;
- acquisizione/sistematizzazione dei dati di Enti esterni, consistente nell'acquisizione dei dati di interesse (campagne e stazioni strumentate) derivanti da Enti "esterni" al sistema (altri Servizi Idrografici, strutture regionali e provinciali ecc.).

L'Archivio Dati non Validati consente una prima aggregazione e organizzazione delle informazioni, provenienti con procedure e frequenze diverse, in attesa delle operazioni sistematiche di controllo/validazione.

Esso consente inoltre la consultazione delle informazioni, immediata e con semplici modalità di accesso, allo staff interno impegnato nelle attività di monitoraggio (con riferimento in particolare alle esigenze informative in tempo reale conseguenti agli allertamenti e alla gestione delle piene).

La funzione di controllo/validazione viene esercitata e con procedure specifiche, per ogni parametro considerato, supportate da strumenti informatici. In questa fase si procede alla correzione/ricostruzione degli andamenti registrati in funzione dei dati di calibrazione.

Ad essa è associata l'attività di inserimento dei dati (per via informatica) nel data-base standard previsto per la Banca Dati Validati, che costituisce il "contenitore" di base dei files dati validati, nei formati standard previsti per ogni parametro.

In questo archivio risiedono sia i dati primari (parametri di misura diretti), sia i parametri e gli indicatori derivati dalla elaborazione dei dati primari. Risiedono inoltre sia i dati acquisiti per campagne sia quelli registrati dalle stazioni strumentate.

A partire da questa base dati vengono sviluppate le applicazioni e le restituzioni specifiche previste per l'interpretazione e diffusione dei dati.

In una configurazione standard vengono normalmente prodotti:

- i file dati da trasmettere a Enti esterni abilitati per applicazioni specifiche;
- i dati e le relative elaborazioni standard e specifiche per i diversi documenti di report previsti (bollettini e rapporti di sintesi);
- i dati elaborati in forma divulgativa per la diffusione su rete informatica.

La produzione ed emissione dei suddetti documenti avvengono secondo procedure e livelli di responsabilità che coinvolgono anche l'attività di gestione dei dati.

Una procedura gestionale specifica va prevista per la funzione di allertamento in tempo reale, attivabile dalla strumentazione fissa al superamento dei valori-soglia prefissati per i parametri di monitoraggio, o in base alle previsioni meteorologiche e alla previsione-gestione delle piene.

3.1 Validazione dei dati idrometrici e bilanci idrologici

Il processo complessivo di validazione ed elaborazione dei dati di misura, finalizzato alla produzione di dati pubblicabili, è articolato nelle seguenti fasi:

- acquisizione dei dati grezzi di livello idrometrico;
- validazione dei livelli;
- applicazione delle scale di deflusso e costruzione delle serie cronologiche dei dati di portata;
- validazione delle portate;
- bilanci idrologici.

Nel seguito si descrivono tutte le attività di analisi, specificatamente da svilupparsi per il t. Borlezza, ma, per quanto riguarda l'ultima elaborazione dei bilanci idrologici, da svilupparsi anche con i dati acquisiti off line per le stazioni idrometriche dell'Oglio gestite da ARPA Lombardia e dal Consorzio dell'Oglio.

3.1.1 Acquisizione dei dati grezzi di livello idrometrico e validazione

I livelli misurati da sottoporre a validazione vengono acquisiti dalla banca dati regionale presso ARPA attraverso la procedura standard di trasmissione dati precedentemente descritta.

La validazione dei livelli, prevedibile su scala trimestrale, può avvenire seguendo la sequenza operativa sotto richiamata.

- Riscontri taratura sensori: vengono verificati sui livelli registrati gli effetti delle operazioni di taratura svolte nel periodo e documentate dalle indicazioni dei quaderni di stazione e/o dalle comunicazioni intercorse.
- Verifica altre informazioni sul sito: analogamente vengono verificati gli effetti sui livelli di lavori in alveo, regolazioni, variazioni morfologiche per erosioni/depositi ecc..

- Applicazione dei correttivi per l'adeguamento dei livelli registrati alle operazioni di taratura dei sensori, con modalità diversificate in funzione del tipo di scostamento, della durata dello stesso, del fattore causale ecc..
- Ricostruzione dei dati mancanti, nei limiti delle informazioni disponibili e della conoscenza ed esperienza degli esperti abilitati alla validazione (l'operazione di ricostruzione viene successivamente ripresa sulle serie di portate, con ulteriori elementi di supporto derivanti dalle informazioni idrologiche e dal confronto tra le stazioni).
- Analisi dei valori soglia: mediante confronto con valori di soglia relativi a range e gradiente dei livelli vengono identificate e analizzate le situazioni anomale. Le soglie di riferimento sono definite relative a 2 condizioni di variazione, medie ed estreme, del livello massimo e del gradiente.
- Verifica dei tempi di traslazione delle piene e delle perturbazioni (regolazioni) tra stazioni di misura consecutive sullo stesso corso d'acqua (nel caso in oggetto, il lago d'Iseo).
- Confronto degli andamenti tra stazioni correlabili (in particolare per quanto riguarda le risposte alle precipitazioni e l'andamento degli esaurimenti).
- Individuazione degli effetti di variazioni morfologiche (erosioni, depositi conseguenti in generale a eventi di piena).
- Verifiche specifiche per singole stazioni (per esempio il confronto dei livelli nei casi di disponibilità di doppio sensore, verifica dei minimi rispetto a soglie fisse, confronto con il livello del canale derivatore, ecc.).

Le operazioni sopra indicate comportano l'eventuale applicazione dei correttori ai livelli validati o la ricostruzione o soppressione per non significatività di parte degli stessi. Nelle attività di validazione le diverse tipologie di correttivi, ricostruzioni e soppressioni devono essere codificate in modo distinto, in modo da costituire un set di metadati di supporto per la comprensione delle modalità di validazione. Oltre ai suddetti elementi vengono trasferite alla successiva fase di validazione delle portate tutte le informazioni utili acquisite e sistematizzate in un file di note.

Per poter eventualmente pubblicare un dato idrometrico su base giornaliera, ovviamente non validato, ma eventualmente utile per gestire situazioni di emergenza, si può definire una procedura semplificata e speditiva, in buona parte informatizzata, di analisi dei dati grezzi in arrivo in tempo reale dalle stazioni periferiche, che comprende fundamentalmente un controllo di range sui livelli idrometrici e il confronto (scostamento) tra dati di stazioni simili, effettuando un bilancio schematico delle portate di stazioni nello stesso bacino o in serie nello stesso corso d'acqua.

3.1.2 Applicazione scala/e deflusso e costruzione delle serie di dati grezzi di portata

Ai dati di livello validati vengono quindi applicate le curve rappresentanti le scale di deflusso, con riferimento al range di livelli di validità delle stesse.

L'eventuale passaggio da una scala di deflusso a quella successiva viene eseguito:

- convenzionalmente nella fase di esaurimento dell'idrogramma di piena quando si riconosce all'evento l'effetto di modificazione delle condizioni di deflusso in alveo;
- attraverso un periodo transitorio di intermediazione delle due curve (metodo di Stout o equivalenti).

3.1.3 Validazione delle portate

La sequenza operativa per la validazione delle portate è piuttosto complessa e spesso sito-specifica. Vengono comunque svolte le operazioni standard sotto richiamate.

- Ricostruzione dei dati mancanti o fuori range delle scale di deflusso: in funzione delle caratteristiche della stazione (idrologiche e/o di regolazione), della durata del periodo mancante, della tipologia di eventi in esso compresi, vengono applicate varie modalità di ricostruzione. Questa fase segue organicamente quella di ricostruzione dei livelli, integrando il più possibile i periodi mancanti. Una ulteriore, ultima fase di ricostruzione avviene nella successiva definizione dei bilanci idrologici.
- Calcolo delle portate medie, minime, massime in periodi significativi (generalmente mensili): questo primo set di dati sintetici consente una macroscopica valutazione della verosimiglianza dei valori di portata.
- Confronto con i dati statistici della stazione: consente una caratterizzazione dei periodi analizzati in termini di verosimiglianza idrologica.
- Calcolo dei parametri di supporto per la validazione:
 - q = contributi specifici;
 - VDEF = volumi di deflusso cumulati;
 - HDEF = altezza di deflusso cumulate;
 - HAFF = altezze di afflusso cumulate (dato di confronto ricavato da pluviometri di riferimento predefiniti per ogni stazione);
 - CV, CC = coefficienti di deflusso volumetrici e di punta (eventi di piena);
 - C = coefficienti di deflusso medi su periodi significativi, idrologicamente omogenei.
- Confronto degli indicatori e definizione dei correttivi: dall'analisi comparata dei parametri sopra riportati vengono evidenziate eventuali anomalie che comportano l'esecuzione di ulteriori verifiche (livelli, scala di deflusso e relative modalità applicative), da cui può emergere la definizione dei correttivi da applicare su determinati dati grezzi di portata per la validazione.
Dopo l'applicazione dei correttivi vengono riverificati i parametri indicatori e si procede alle operazioni successive.
- Confronto dei parametri indicatori tra stazioni simili: si tratta della precedente operazione svolta comparando diverse stazioni nello stesso periodo e ricercando le eventuali incongruenze, dalle quali possono derivare ulteriori correttivi alle portate.
- Bilancio portate/volumi tra stazioni consecutive: viene eseguito nel caso di eventi di piena verificando l'entità delle portate al colmo e dei volumi di deflusso in relazione agli apporti di bacino residuo tra stazioni consecutive, agli effetti di laminazione attesi, ai volumi stimati di esondazione ecc.
- Applicazione di indici di affidabilità: si può rendere sistematica l'applicazione di indici di affidabilità ai dati validati, in relazione all'affidabilità della scala di deflusso e alle problematiche riscontrate nelle operazioni di validazione sopra descritte.

Il procedimento di validazione sopra descritto, al termine delle necessarie iterazioni, produce una serie di dati di portata in parte differenziata dai dati grezzi. Nelle attività di validazione devono essere applicate codifiche differenziate in funzione del tipo di intervento eseguito sui dati (correzione, ricostruzione) e degli indici di affidabilità sopra indicati.

3.1.4 Bilanci idrologici

Il bilancio idrologico è una delle principali finalità per cui vengono registrati, analizzati e processati i dati di una sezione idrometrica.

Anche in questo caso deve essere applicata una procedura iterativa, che prevede le seguenti operazioni:

- Costruzione delle isoiete annuali e mensili. I dati di precipitazione puntuali vengono interpolati utilizzando le funzionalità di ArcView da operatori esperti in grado di interpretare gli effetti della morfologia del territorio.
- Calcolo delle altezze di afflusso (HAFF) ragguagliate ai bacini sottesi dalle stazioni.
- Calcolo dei valori di portata medi giornalieri delle serie cronologiche validate.
- Ricostruzione di dati giornalieri mancanti mediante metodologie diversificate in funzione delle caratteristiche idrologiche della stazione, del periodo idrologico interessato, della durata del periodo mancante ecc.) basate anche sui dati delle elaborazioni di sintesi indicate nei punti successivi.
- Calcolo dei valori di portata medi mensili, minimi, massimi e della curva di durata.
- Calcolo dei contributi specifici (q) e delle altezze di deflusso (HDEF) mensili e annuali.
- Calcolo dei coefficienti di deflusso (c) mensili e annuali.
- Confronto dei parametri sopra indicati tra stazioni simili e con i bilanci degli anni precedenti, ricerca di eventuali anomalie e definizione dei corrispondenti correttivi.
- Confronto con i dati statistici relativi al periodo precedente di monitoraggio.
- Restituzione della scheda standard (Annali parte II) e degli andamenti grafici, significativi dei parametri di verifica.
- Rapporto descrittivo delle attività di validazione e bilancio idrologico.

A supporto delle operazioni di validazione dei livelli possono essere svolte ulteriori elaborazioni finalizzate a ricalibrare e specificare con maggior dettaglio i valori soglia di range e gradiente (FLAG1, FLAG2) utilizzati anche per la validazione automatica dei dati. Le elaborazioni devono tener conto in particolare dell'esperienza via via acquisita sui siti di misura e delle variazioni morfologiche degli stessi, e saranno il più possibile raccordate con il complesso di valutazioni riguardanti la definizione dei livelli di attenzione e di allarme della previsione idrologica.

3.2 **Dati di qualità dell'acqua**

Gli obiettivi del programma di monitoraggio possono spaziare dallo studio di base dello stato di qualità dell'acqua alla determinazione degli effetti di sorgenti inquinanti sulle caratteristiche di qualità, dalla determinazione della capacità di assimilazione di effluenti inquinanti da parte del fiume alla verifica della conformità a tipologie di riferimento od al rispetto dei limiti di legge dopo azioni di risanamento.

Esiste una evidente relazione fra carichi inquinanti e stato di qualità delle acque, individuata la quale è possibile determinare la massima quantità di inquinanti (possibilmente ripartendola fra le fonti di pressione presenti sul territorio) che un corpo idrico può ricevere senza alterare le sue funzionalità vitali. Inoltre, a partire da tale relazione è possibile analizzare l'efficacia di scenari di riduzione dei carichi, attraverso adeguate misure, al fine di "guadagnare" in termini di stato generale di qualità delle acque.

La grandezza che meglio rappresenta su un asta fluviale il fenomeno dell'inquinamento, ovvero la limitazione al suo stato di funzionalità ambientale, e che sintetizza l'esistenza o meno di un problema di qualità, è la concentrazione di un determinato parametro nelle acque, che deve essere inferiore a limiti prestabiliti. Si parla infatti spesso di concentrazione massima ammissibile.

Ma il carico, inteso come la quantità di un determinato inquinante transitante in una sezione fluviale nell'unità di tempo senza causare il superamento delle concentrazioni massime ammissibili fissate, è una grandezza derivata dalla concentrazione che assume, correlandosi alla portata defluente, il ruolo di indicatore potente che sintetizza la dinamica sul corpo idrico delle pressioni intese come somma di inquinamenti puntuali e diffusi, specialmente su base annua.

3.2.1 Stima dei carichi inquinanti

La stima dei carichi inquinanti può essere condotta secondo metodi diretti o indiretti; nel primo caso si utilizzano i dati di concentrazione e portata misurati sui corpi idrici, nel secondo caso si analizzano invece le caratteristiche del sistema delle pressioni antropiche, ovvero si quantifica il contributo delle diverse fonti inquinanti

Il metodo diretto si utilizza per la stima dei carichi inquinanti veicolati e si applica quando la base dati disponibile è consistente, ovvero ha copertura territoriale e frequenza di raccolta dati adeguata agli obiettivi dell'analisi, come nel caso del sistema proposto per il Sebino.

Il metodo è di semplice applicazione (in termini anche di risorse e tempi) e offre numerose possibilità di riscontro immediato. Un piccolo svantaggio del metodo diretto è però la difficoltà nel distinguere il contributo delle diverse fonti inquinanti nella formazione dei carichi, contributo che però potrà essere stimato successivamente con l'applicazione del sistema di simulazione numerica.

Utilizzando i valori di portata e concentrazione derivati dalle stazioni di misura è possibile stimare, pressoché in tempo reale, i carichi veicolati su Oglio e Borlezza e quindi gli apporti al lago.

Nella configurazione base del sistema di monitoraggio proposto, si prevede di calcolare i carichi di nutrienti (composti azotati e fosforo) nonché di altri parametri indicatori di base della qualità (BOD5, COD, solfati, cloruri etc...), sulla base degli esiti delle analisi di laboratorio condotte in base a campioni d'acqua raccolti, secondo frequenze e tempistiche da determinarsi, tramite autocampionatore.

Si tratterà pertanto non di carichi istantanei, bensì di valori "medi" da associarsi a determinate condizioni idrologiche e di pressione sul bacino sotteso dalle stazioni.

Solo successivamente ad un periodo di analisi e determinazioni significativo ai fini della conoscenza del sistema degli apporti al lago, in base alle risultanze delle informazioni acquisite, si potrà prevedere di eventualmente ampliare le modalità di monitoraggio mediante l'installazione di strumenti analizzatori on line, tali da permettere la stima del carico istantaneo.

3.2.2 Bilancio di massa

I carichi veicolati sulle aste monitorate in entrata e uscita al lago d'Iseo sono quindi calcolati come prodotto fra la portata misurata e la concentrazione rilevata sul campione prelevato contestualmente.

Nell'ipotesi, peraltro da verificarsi ogni volta, che nell'intorno della indagine diretta non si siano verificate condizioni esterne (immissioni o scarichi non controllati, movimentazione dei sedimenti, ruscellamento da aree agricole o altro) tali da alterare il carico inquinante veicolato, i valori puntuali calcolati possono essere considerati costanti e rappresentativi delle condizioni quali-quantitative di analisi, e su di essi si può basare l'analisi di bilancio. Per altro, l'andamento dei parametri base e delle concentrazioni stimate sulle 24 ore dalla sonda multiparametrica e/o con l'autocampionatore permette di verificare tale assunzione.

Uno dei metodi maggiormente utilizzati per il calcolo dei carichi dai dati di misura diretta consiste nel considerare le misure di concentrazione disponibili come rappresentative di intervalli uniformi di tempo; in tal caso il carico medio può essere calcolato come la media aritmetica dei carichi inquinanti riferiti ai singoli intervalli. Stesso procedimento quando si parla di carico totale annuo.

Attualmente, riferimento bibliografico fondamentale per la quantificazione dei carichi veicolati da corsi d'acqua monitorati sono le cosiddette "HARP² Guidelines" sviluppate nel 2000 nell'ambito del progetto della Comunità Europea legato alla Direttiva Quadro delle Acque, con riferimento al controllo dell'inquinamento da nutrienti nelle acque.

Le linee guida riguardano in particolare la quantificazione dei carichi di azoto e fosforo ed includono alcune procedure per la loro normalizzazione in relazione al dato idrologico disponibile, ovvero per la stima del carico totale annuo.

In effetti, un problema evidente per la diretta stima dei carichi veicolati è quello di valutare correttamente (se non misurata in concomitanza al prelievo del campione) la portata cui il valore di concentrazione è associato.

Inoltre, la stima del carico totale annuo di inquinanti, inteso come indicatore di pressione, soggetto quindi a azioni sul territorio attuate o attuabili per ridurlo o renderlo "ammissibile", passa attraverso la "normalizzazione" dei carichi in funzione dell'effettivo regime dei deflussi sul corso d'acqua in esame.

La formula suggerita dalle "HARP Guidelines" per il calcolo del carico totale annuo di uno specifico inquinante, utilizzando una base dati di concentrazioni e portate costituita da almeno 12 valori per ogni anno, misure su base mensile anche non ad intervalli regolari³, è la seguente:

² Harmonised Quantification and Reporting Procedure for Nutrients - A research project supported by the EC under the Fifth Framework Programme contributing to the implementation of the Key Action "Sustainable Management and Quality of Water" within the Energy, environment and Sustainable Development.

³ ma almeno rappresentanti un range significativo delle portate defluenti.

$$L_{\text{tot}} = Q_R \cdot \frac{\sum_1^n (C_i \cdot Q_i)}{\sum_1^n (Q_i)}$$

dove:

L_{tot} = carico totale annuo

Q_R = portata media defluente nel periodo totale di monitoraggio

n = numero di campioni prelevati nel periodo totale di monitoraggio ($n=12$ se su base annua)

C_i = concentrazione misurata nel campione

Q_i = portata corrispondente al prelievo del campione

La formula è applicabile pertanto ai dati di monitoraggio disponibili dal sistema di monitoraggio proposto sulle 3 sezioni di misura di interesse, per i principali parametri di qualità; è pertanto possibile ottenere una stima del carico totale annuo, di nutrienti, di composti organici e altri indicatori, veicolato dai principali affluenti al lago, ed infine sull'Oglio sublacuale, stimando quindi l'effetto di riduzione su tali composti prodotto dal lago stesso.

4. COSTI DI GESTIONE

Nella relazione generale del progetto delle stazioni (elaborato 2) è stato riportato il quadro economico di spesa relativo ai costi di investimento da prevedersi per l'implementazione della rete di monitoraggio proposta e per la sua successiva gestione.

Le voci considerate per la redazione del computo metrico e, quindi, del quadro economico complessivo, sono state fondamentalmente suddivise nelle seguenti categorie:

- A. Investimenti per la realizzazione della rete: forniture e installazioni per il controllo idrometrico e della qualità delle acque.
- B. Spese correnti per la gestione della rete: controllo idrometrico.
- C. Spese correnti per la gestione della rete: controllo della qualità delle acque.
- D. Spese correnti per la gestione dei dati acquisiti.

Le voci al punto A) sono state, come già detto, dettagliatamente descritte nell'elaborato 2, secondo differenti ipotesi di localizzazione e strumentazione dei siti proposti.

Le voci al punto D) relative alla gestione dei dati acquisiti, sono state incluse nelle relative voci B) per gli aspetti quantitativi e C) per gli aspetti qualitativi, in quanto, secondo l'esperienza di chi scrive, si è considerata molto più efficace una visione complessiva della gestione dei dati, dalla fase di acquisizione del dato alla fase di validazione, elaborazione e fornitura per la pubblicazione.

Le spese prevedibili per la gestione dei dati quantitativi, fondamentalmente la gestione idraulica della stazione idrometrica e la trasformazione dei livelli in portate, comprendendo però anche le attività di manutenzione del sensore idrometrico, si stimano pari a circa 12.000 euro/anno, prevedendo di condurre almeno 6 misure di portata sulla sezione sul Borlezza per la definizione iniziale della scala di deflusso.

A regime, per il mantenimento della scala di deflusso sul Borlezza, si presume di condurre solo 3 - 4 misure all'anno, prevedendo quindi una riduzione generale dei costi, stimabili quindi, dopo il primo anno, in circa 7.000 euro/anno.

La validazione dei livelli idrometrici, il calcolo delle portate istantanee e l'elaborazione dei valori caratteristici di regime idrologico misurato (portata media, minima e massima giornaliera, mensile e annua) sono attività inglobate nei costi totali della gestione idraulica. Si presume, infatti, che i dati di portata sull'Oglio siano forniti, su scala almeno giornaliera, già validati sia da ARPA Lombardia (dai dati della stazione della rete di monitoraggio regionale a Darfo, sull'Oglio prelacuale) sia dal Consorzio dell'Oglio (dai dati elaborati in uscita alla diga di Sarnico). Si tratta, pertanto, di validare e elaborare i valori registrati dalla sola stazione idrometrica sul Borlezza, un'attività non particolarmente onerosa in termini di impegno e tempi.

Circa la gestione degli aspetti qualitativi, comprendendo in un'unica voce l'attività di manutenzione settimanale dei sensori, la gestione "a progetto" degli autocampionatori (comprendente manutenzione, attivazione del sistema, recupero dei campioni e loro recapito ai laboratori di analisi), le analisi di laboratorio su un set base di parametri qualitativi (ex D. Lgs. 152/99) e la produzione/gestione del dato di concentrazione, l'elaborazione dei valori in termini di carichi veicolati, si prevede una spesa complessiva, per 3 stazioni di qualità delle acque, di circa 25.000 euro/anno, costo medio medio annuo di una persona dedicata a tempo quasi pieno a tale attività di monitoraggio.

L'elaborazione finale dei bilanci è, peraltro, un'attività che può essere prodotta, mediante appositi software, nell'ambito della normale gestione della rete quali-quantitativa proposta, prevedendo un utilizzo di qualche giorno all'anno della persona specializzata incaricata.

Escluse le ricambistiche nelle stazioni, si prevede di ipotizzare un costo annuo totale di gestione della rete composta dalle 3 stazioni in progetto pari a circa 35.000 - 40.000 euro/anno.

La gestione iniziale del sistema di monitoraggio dei dati qualitativi (anno di collaudo) è da stimarsi pari ad ulteriori 12.000 euro/anno, comprendente l'esecuzione di indagini mirate (analisi morfologiche, rilievi topografici, pressioni e condizioni al contorno, campagne di monitoraggio sito-specifiche etc...) per l'interpretazione e la definizione dei livelli di soglia dei parametri indicatori del comportamento del bacino sotteso dalla stazione.

ALLEGATO 1

Esempi di restituzioni

ALLEGATO 1.1

Misura eseguita con mulinelli correntometrici

	MISURE DI PORTATA METODO CORRENTOMETRICO ELABORAZIONE	CLASSIFICAZIONE 1906H010
		DRITO

DATI GENERALI

LOCALITA' DI MISURA : DORA RIPARIA A TORINO
STAZIONE DI MISURA : DRITO
DATA (gg/mm/aaaa) : 23/05/2005
ORA (hh:mm:ss) : 17.30.00

PRINCIPALI RISULTATI

PORTATA (mc/s) : **24,643**
VELOCITA' MEDIA (m/s) : 1,082
VELOCITA' SUPERF. MAX (m/s) : 1,81
R (VEL.MED./VEL.SUP.MAX) (m) : 0,60

AREA (mq) : 22,8
CONTORNO BAGNATO (m) : 39,7
LARGH. DEL PELO LIBERO (m) : 38,2
ALTEZZA MASSIMA (m) : 1,33

METODOLOGIA APPLICATA

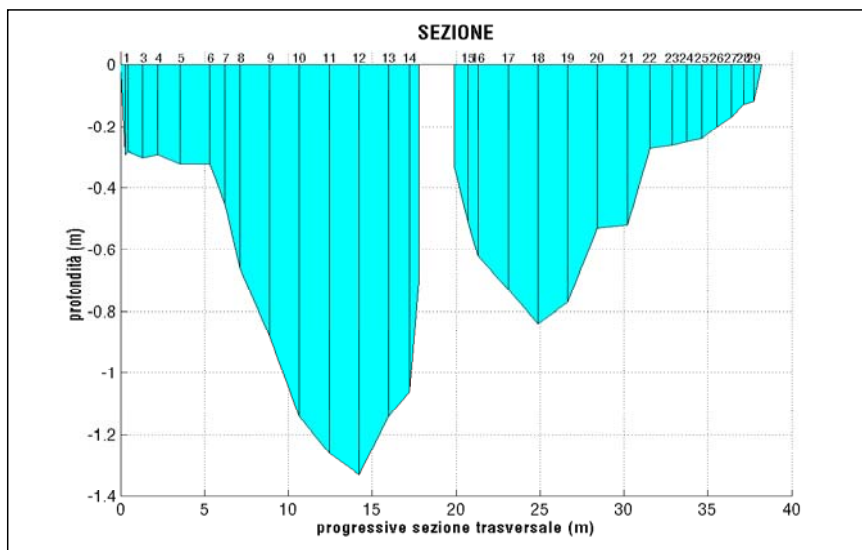
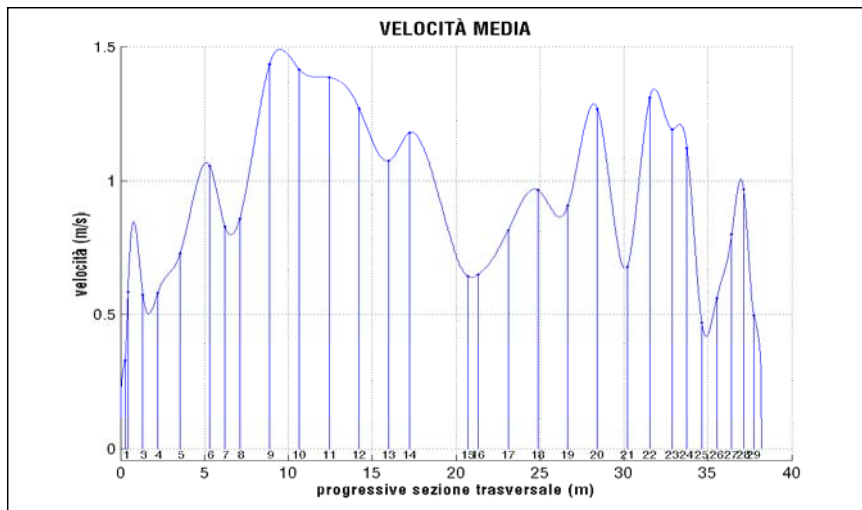
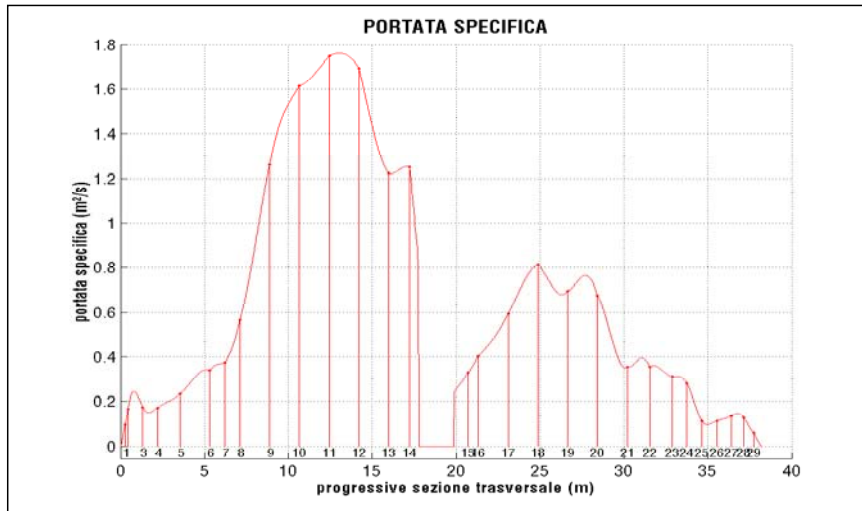
N.	MULINELLO ELICA (mm)	A	B	C	D	E	F	G	H	
1	M6BA-92767	100	1.82	6.936	0.1341	0.0073	0.1253	0.0232	0.1322	-0.024
2	M4AA-92767	100	1.03	10.00	0.1322	0.0139	0.1272	0.0191	0.1272	0.0191

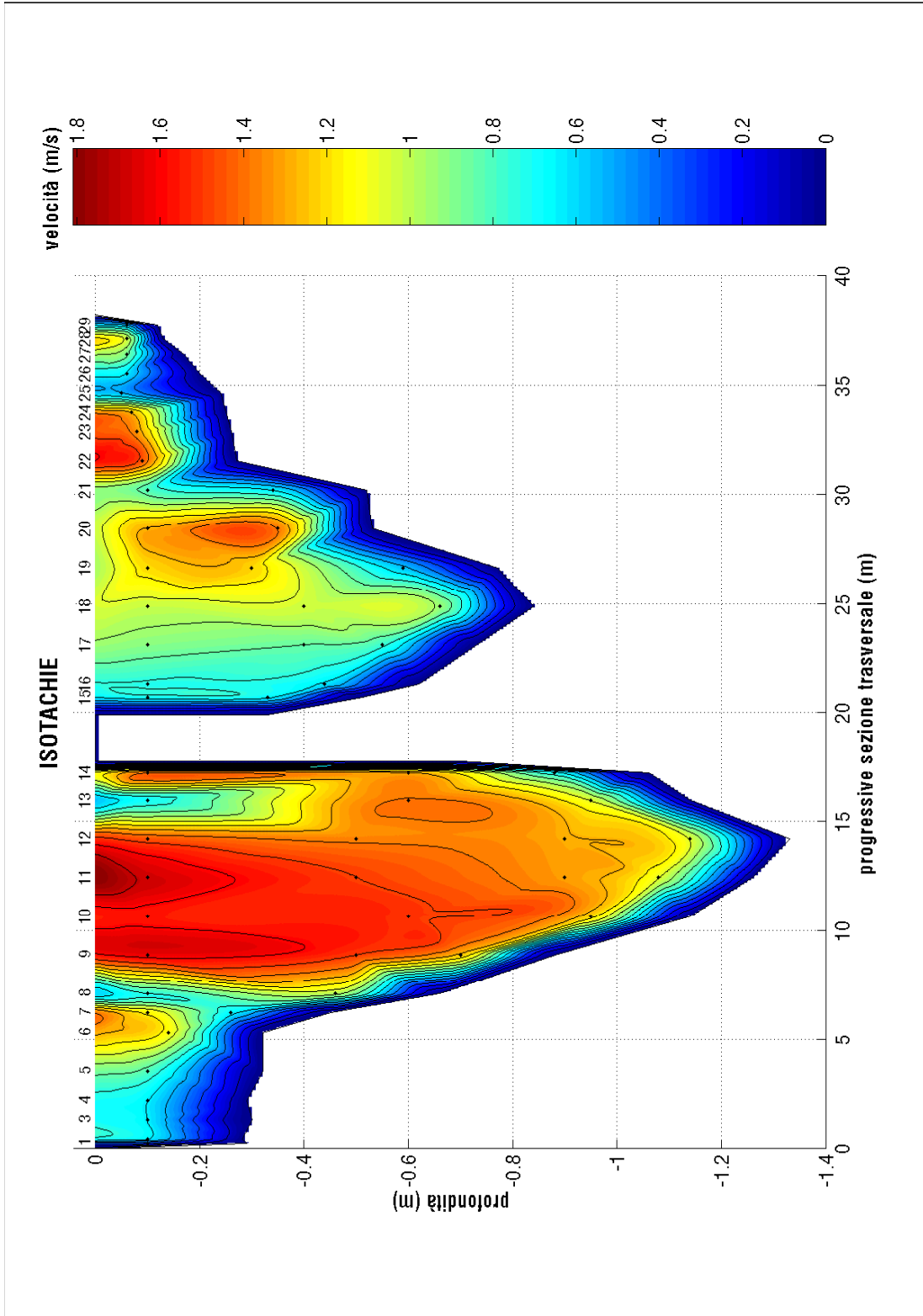
METODO/I DI MISURA : B01 A11
N. VERTICALI DI MISURA : 29
N. PUNTI DI MISURA : 55 C
TEMPO DI MISURA MINIMO (s) : 20 I

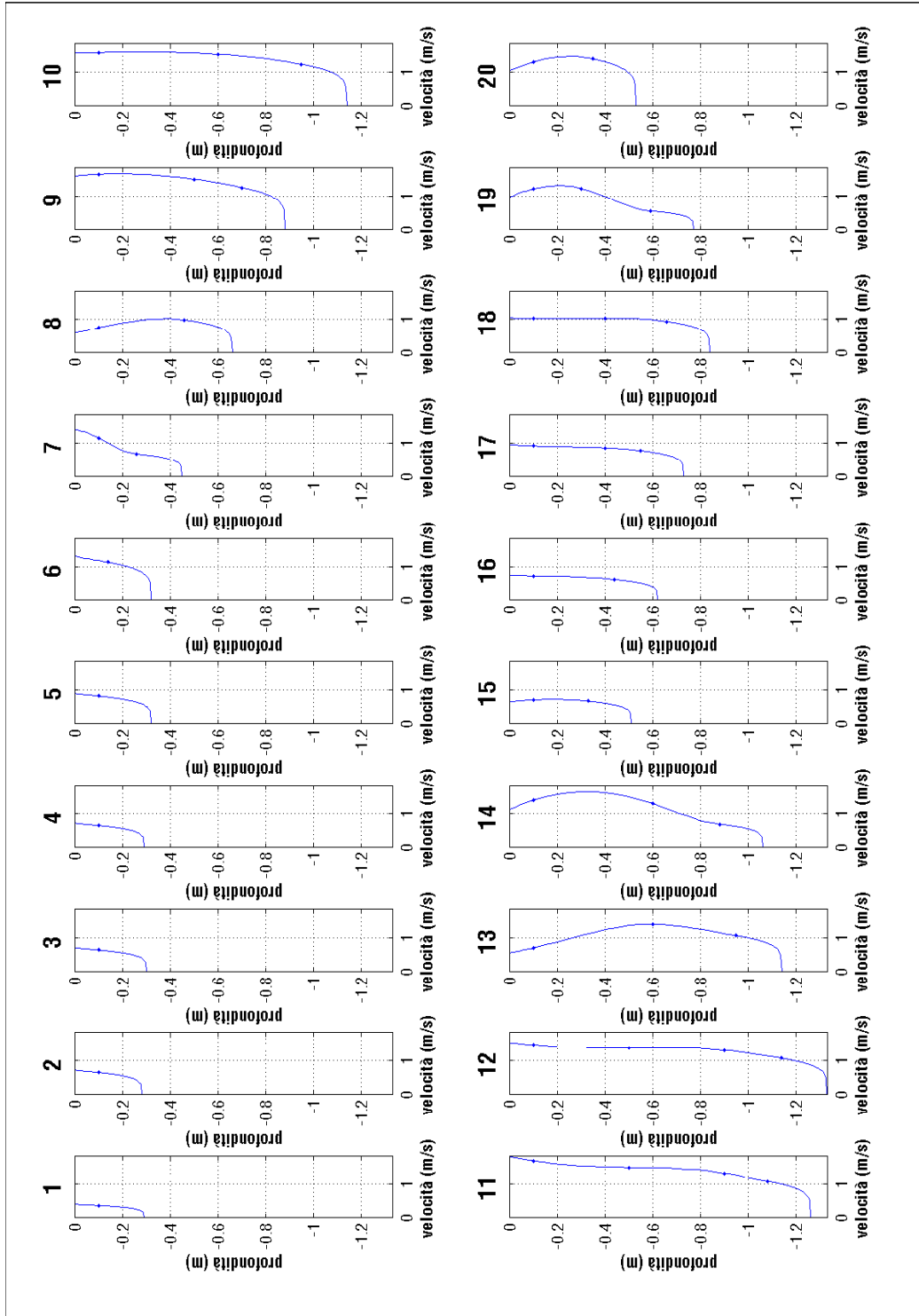
LETTURE RIFERIMENTI IDROMETRICI

STAZIONE IDROMETRICA [AI] : ASTA
ORA INIZIO (hh:mm:ss) : 17.45.00
LIVELLO INIZIALE (m) : 1,33
ORA FINE (hh:mm:ss) : 18.15.00
LIVELLO FINALE (m) : 1,33
DIFFERENZA LIVELLI (m) : 0,00

RILEVATORE:	P. VARETTO	VERIFICA:	P. VARETTO
ELABORAZIONE:	P. VARETTO		
DATA ELABORAZIONE:	23/05/2005		









MISURE DI PORTATA METODO CORRENTOMETRICO
DETTAGLIO ANALITICO DEI RISULTATI

CLASSIFICAZIONE
1906H010

DRITO

Nb	Nv	M	X (m)	Y (m)	Nm	Ns	Ym (m)	Vm (m/s)	Vsup (m/s)	Vv (m/s)	Qv (mc/s)			
1			0,000	0,000										
2	1	B01	0,267	0,291	C	1	1	0,100	0,362	0,399	0,327	0,021		
3	2	B01	0,444	0,281	C	1	1	0,100	0,643	0,715	0,585	0,114		
4	3	B01	1,333	0,301	C	1	1	0,100 C	0,637	0,701	0,575	0,159		
5	4	B01	2,221	0,291	C	1	1	0,100	0,643	0,711	0,583	0,195		
6	5	B01	3,553	0,321	C	1	1	0,100 C	0,813	0,886	0,729	0,383		
7	6	B01	5,330	0,321	C	1	1	0,140	1,126	1,300	1,054	0,454		
8	7	B01	6,219	0,451	C	1	1	0,100	1,146	I				
						2	1	0,260	0,668	I	1,375	0,829	0,344	
9	8	B01	7,107	0,661	C	1	1	0,100	0,744	I				
						2	1	0,460 C	0,981	I	0,595	0,858	0,857	
10	9	B01	8,884	0,881		1	1	0,100	1,629					
						2	1	0,500	1,490					
						3	1	0,700	1,245	1,579	1,434	2,203		
11	10	B01	10,660	1,141		1	1	0,100	1,562					
						2	1	0,600	1,510					
						3	1	0,950	1,219	1,552	1,415	2,838	I	
12	11	B01	12,437	1,261		1	1	0,100	1,681					
						2	1	0,500	1,490					
						3	1	0,900	1,318					
						4	1	1,080	1,073	1,808	1,386	3,079	I	
13	12	B01	14,214	1,331		1	1	0,100	1,443					
						2	1	0,500	1,364					
						3	1	0,900	1,291					
						4	1	1,140	1,053	1,516	1,271	2,914	I	
14	13	B01	15,991	1,141		1	1	0,100	0,700	I				
						2	1	0,600	1,391	I				
						3	1	0,950	1,053	I	0,560	1,073	1,917	
15	14	B01	17,234	I	1,061	1	1	0,100	1,377					
						2	1	0,600	1,285	I				
						3	1	0,880	0,681	I	1,102	1,179	1,333	
16			17,767	0,700										
17			17,767	0,000										
18			19,900	0,000										
19			19,900	0,330										
20	15	B01	20,699	I	0,511	C	1	1	0,100	0,700				
						2	1	0,330	0,662	0,642	0,643	0,339		
21	16	B01	21,321	0,621	C	1	1	0,100	0,731					
						2	1	0,440	0,625	0,740	0,650	0,510		
22	17	B01	23,098	0,731	C	1	1	0,100	0,908					
						2	1	0,400	0,850					
						3	1	0,550	0,769	0,941	0,813	1,064		
23	18	B01	24,874	0,841		1	1	0,100	1,020					
						2	1	0,400	1,034					
						3	1	0,660	0,934	1,045	0,966	1,372		
24	19	B01	26,651	0,771	C	1	1	0,100	1,205					
						2	1	0,300	1,219	I				
						3	1	0,590	0,556	I	0,964	0,904	1,258	
25	20	B01	28,428	0,531	C	1	1	0,100	1,285					
						2	1	0,350	1,377	1,028	1,270	1,179		
26	21	B01	30,205	0,521	C	1	1	0,100	0,813	I				
						2	1	0,340	0,637	I	0,927	0,682	0,595	
27	22	B01	31,537	0,271	C	1	1	0,090	1,450	1,594	1,309	0,488		
28	23	B01	32,870	0,261	C	1	1	0,080	1,331	1,449	1,192	0,355		
29	24	B01	33,758	0,251	C	1	1	0,070	I	1,265	1,363	1,123	0,241	
30	25	B01	34,647	0,241	C	1	1	0,050	I	0,537	0,565	0,468	0,110	
31	26	A11	35,535	0,200	C	1	2	0,060	I	0,630	0,684	0,563	0,099	
32	27	A11	36,423	0,170	C	1	2	0,060	I	0,878	0,973	0,798	0,107	
33	28	A11	37,134	0,130	C	1	2	0,060	C	I	1,024	1,200	0,969	0,083
34	29	A11	37,756	0,120	C	1	2	0,060	C	I	0,515	0,618	0,496	0,034
35			38,200	0,000										



MISURE DI PORTATA METODO CORRENTOMETRICO
CALCOLO DELL' ERRORE SECONDO NORMATIVA ISO

CLASSIFICAZIONE
1906H010

DRITO

DOCUMENTO DI RIFERIMENTO: DRITO
LOCALITA' DI MISURA: DORA RIPARIA A TORINO
STAZIONE DI MISURA: DRITO
DATA: 23/05/2005
ORA: 17.30

ERRORE RELATIVO AL NUMERO DELLE VERTICALI

m (n° verticali)	L<=10 m	10<L<= 50 m	L>50 m
	X'm (%)	X'm (%)	X'm (%)
<5	10,0	15,0	25,0
5	5,0	15,0	20,0
6	4,4	13,0	17,6
7	3,8	11,0	15,2
8	3,2	9,0	12,8
9	2,6	7,0	10,4
10	2,0	5,0	8,0
11	1,8	4,4	7,2
12	1,6	3,8	6,4
13	1,4	3,2	5,6
14	1,2	2,6	4,8
15	1,0	2,0	4,0
16	1,0	1,9	3,6
17	1,0	1,8	3,2
18	1,0	1,7	2,8
19	1,0	1,6	2,4
20	1,0	1,5	2,0
21		1,4	1,9
22		1,3	1,8
23		1,2	1,7
24		1,1	1,6
25		1,0	1,5
>25		1,0	1,0

X'm (%) m (n° vertic.)

1,0 29

ERRORE RELATIVO ALLA LARGHEZZA DEL PELO LIBERO

L (m)	X'b (%)
L<=10	0,2
10<L<=50	0,3
50<L<=100	0,5
100<L<=250	0,5
L>250	0,5

X'b (%)

0,3

ERRORE RELATIVO ALLA PROFONDITA'

Metodo: asta guado o passerella		Metodo: peso o asta da imbarcazione	
Altezza media (Area/L) m	X'd (%)	Altezza media (Area/L) m	X'd (%)
Hmed<=0.5	2,0	Hmed<=1	5,0
0.5<Hmed<=2	1,0	1<Hmed<=3	3,0
Hmed>2	0,7	Hmed>3	2,0

X'd (%)

5,0

ERRORE RELATIVO AL TEMPO DI ESPOSIZIONE

Vmedia (m/s)	X'e (%) Delta T		
	20 s	30 s	60 s
Vm<=0.20	10,0	5,0	3,0
0.20<Vm<=0.50	6,0	3,0	2,0
Vm>0.50	4,0	2,0	1,0

X'e (%)

4,0

ERRORE RELATIVO AL NUMERO DI PUNTI DI MISURA SULLA VERTICALE

N (n° punti / n° verticali)	X'p (%)
N>=6	1,0
5<=N<6	3,0
4<=N<5	5,0
3<=N<4	6,0
2<=N<3	7,0
1<=N<2	12,0

X'p (%)

12,0

ERRORE RELATIVO ALLA TARATURA DEL MULINELLO

Vmedia (m/s)	X'c (%)
Vm<=0.10	10,0
0.10<Vm<=0.15	5,0
0.15<Vm<=0.25	4,0
0.25<Vm<=0.50	3,0
Vm>0.50	2,0

X'c (%)

2,0

ERRORE LIMITE ACCIDENTALE

X'Q (%) = 2,74

ERRORE LIMITE SISTEMATICO

X''Q (%) = 0,87

ERRORE LIMITE GLOBALE

XQ (%) = 2,88

PORTATA

Q (m³/s) = 24.643 ±2.88%



MISURE DI PORTATA METODO CORRENTOMETRICO
CALCOLO DELL' ERRORE SECONDO NORMATIVA ISO

CLASSIFICAZIONE
1906H010

DRITO

DOCUMENTO DI RIFERIMENTO: DRITO
LOCALITA' DI MISURA: DORA RIPARIA A TORINO
STAZIONE DI MISURA: DRITO
DATA: 23/05/2005
ORA: 17.30

CALCOLO DELL' ERRORE DI MISURA

ERRORE LIMITE ACCIDENTALE	
FATTORE DI ERRORE	ERRORE (%)
Errore relativo al numero delle verticali (X'm)	1,0
Errore relativo alla larghezza del pelo libero (X'b)	0,3
Errore relativo alla profondità (X'd)	5,0
Errore relativo al tempo di esposizione (X'e)	4,0
Errore relativo al numero di punti di misura sulla verticale (X'p)	12,0
Errore relativo alla taratura del mulinello (X'c)	2,0
X'Q (%) =	2,74

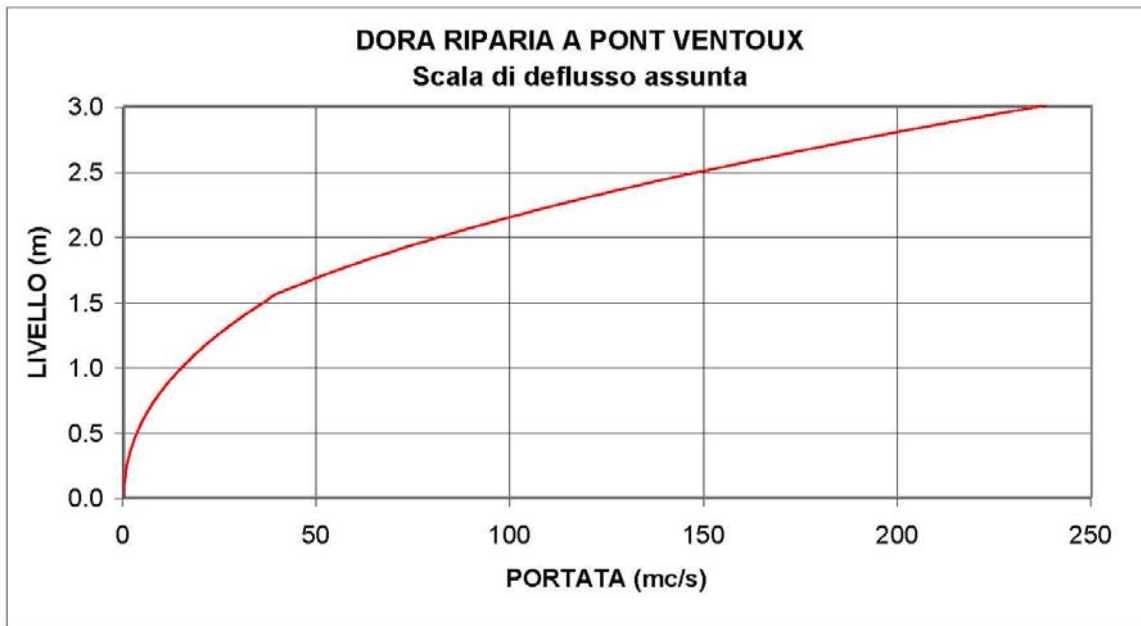
ERRORE LIMITE SISTEMATICO	
X''Q (%) =	0,87

ERRORE LIMITE GLOBALE	
XQ (%) =	2,88

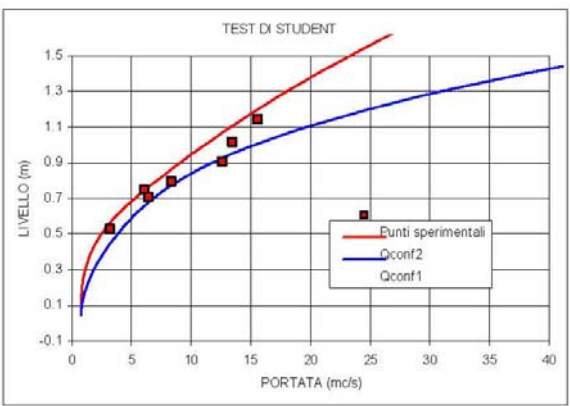
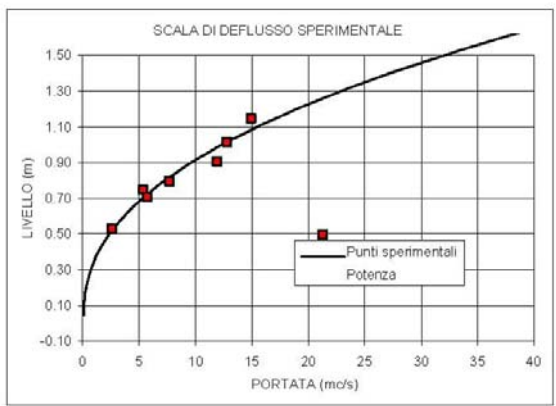
PORTATA	
Q (mc/s) =	24.643 ±2.88%

ALLEGATO 1.2

Restituzione di una scala di deflusso



ESPRESSIONI	
A) $H \leq 1.50$ m:	$Q = 13.63 \cdot (H + 0.05)^{2.27}$
B) $H > 1.50$ m:	$Q = 38.96 \cdot (H - 0.55)^{2.02}$
Validità dal:	01/01/2005
Aggiornamento:	14/10/2005
Campo di validità:	-0.05/3.00 m
Zero idrometrico:	1039.30 m s.m.
Note:	



ALLEGATO 1.3

Esempio di restituzioni standard dei bilanci idrologici elaborati per le stazioni della rete idrometrica della Regione Piemonte

DORA DI BARDONECCHIA A BEAULARD - ANNO 2004
Dati caratteristici

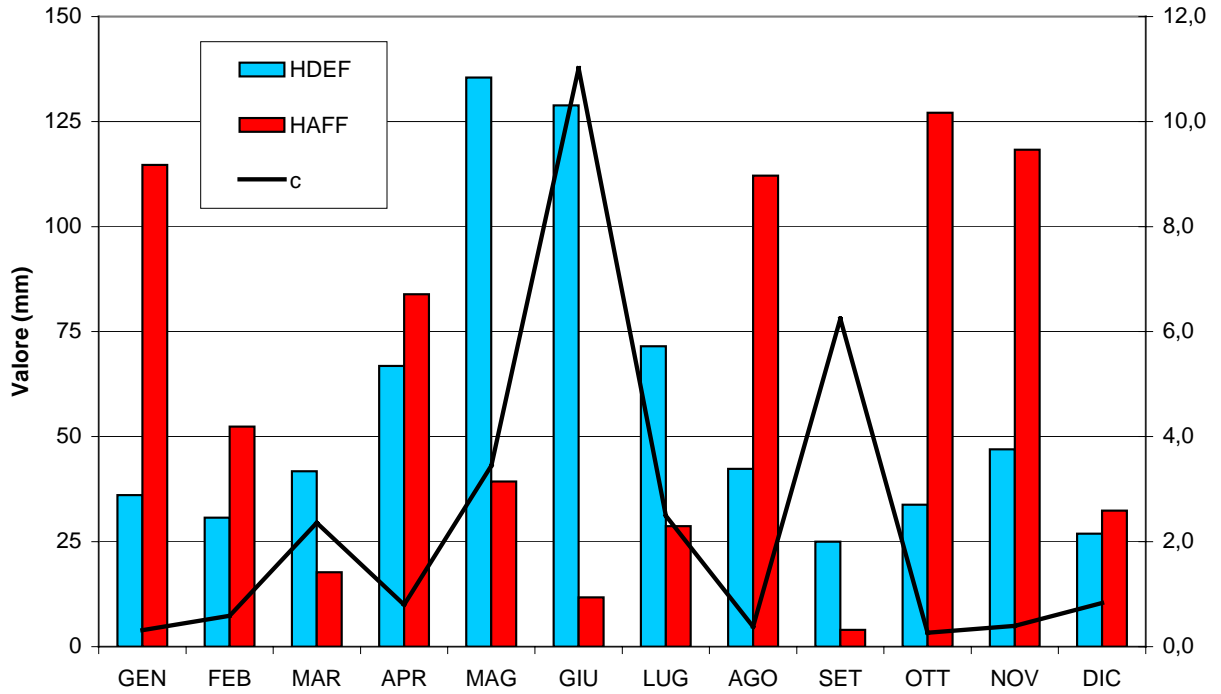
Portate medie giornaliere in mc/s												
GIORNO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
1	1,92	1,97	1,87	2,96	6,06	11,9	6,65	3,19	2,34	1,61	3,72	2,02
2	2,12	2,21	1,86	3,74	5,98	13,7	6,36	3,34	1,95	1,70	6,62	2,36
3	1,69	2,42	1,45	3,39	6,79	13,4	6,45	4,12	2,29	1,49	11,9	2,21
4	1,72	3,16	1,85	3,47	6,69	11,9	6,59	4,46	2,09	1,62	8,54	1,86
5	2,00	3,25	2,18	4,36	6,73	12,7	6,42	4,07	2,12	1,70	6,97	1,70
6	1,78	3,08	1,90	4,49	5,82	11,9	6,56	4,34	2,07	1,57	4,19	2,41
7	2,12	2,09	1,79	4,65	5,56	12,3	6,59	3,24	1,98	2,01	3,62	2,12
8	2,42	2,33	1,91	4,62	5,16	13,5	6,48	3,13	1,96	1,79	3,59	1,92
9	2,48	2,89	1,86	5,09	5,02	13,6	6,44	3,68	2,02	1,55	3,28	2,08
10	1,80	2,74	2,11	4,02	5,61	13,3	6,67	3,82	2,00	1,51	3,25	2,12
11	1,85	2,62	1,97	3,65	5,64	13,1	6,44	3,77	1,97	1,69	2,99	1,85
12	2,79	2,49	2,17	3,65	6,12	13,3	6,16	3,40	1,91	1,70	2,99	1,64
13	5,20	2,91	1,75	4,60	6,36	11,5	5,70	3,45	2,01	1,71	2,30	1,94
14	4,59	2,30	1,88	4,53	6,57	8,93	5,13	2,48	1,86	1,57	2,13	1,82
15	3,84	2,47	2,60	3,88	7,06	6,58	5,13	2,43	1,94	2,32	2,63	2,07
16	3,52	2,92	3,30	4,37	8,77	7,92	5,40	2,72	1,87	1,74	2,50	1,82
17	2,60	2,72	4,05	3,70	11,3	9,92	4,60	2,94	1,91	1,64	2,41	1,92
18	2,47	2,99	4,35	3,58	13,9	8,56	4,60	3,79	1,76	1,82	2,41	1,55
19	3,25	2,88	4,92	4,50	14,3	7,46	4,88	2,89	1,79	1,96	2,51	1,72
20	2,94	2,99	4,23	4,30	15,0	6,65	4,94	2,80	1,68	2,77	1,97	1,80
21	3,24	2,07	4,42	4,44	14,7	6,60	4,81	2,42	1,55	3,31	2,19	2,02
22	3,23	2,21	4,89	5,74	15,7	6,59	4,72	2,46	1,70	2,53	2,25	1,84
23	2,88	2,53	4,37	6,56	14,8	6,55	4,43	2,24	1,73	1,78	2,25	2,15
24	2,14	1,96	4,36	7,24	14,6	6,53	3,93	2,87	1,85	1,63	2,24	1,94
25	2,08	2,04	4,10	7,91	13,0	6,73	3,62	2,42	1,75	2,64	2,48	1,54
26	2,61	2,18	4,27	7,46	13,2	7,48	3,94	2,74	1,57	7,24	2,20	1,63
27	2,54	1,86	2,75	7,48	13,8	7,06	3,73	2,60	1,73	4,51	2,15	2,20
28	2,54	1,94	2,98	7,60	13,3	7,48	3,79	2,58	1,77	5,32	1,81	2,23
29	2,52	1,62	4,11	7,64	13,6	6,95	3,67	2,50	1,62	5,38	2,26	2,15
30	2,51		4,29	7,22	12,4	6,74	3,53	2,26	1,56	3,38	2,24	2,00
31	1,93		3,64		12,3		3,11	2,37		3,03		2,07

ELEMENTI CARATTERISTICI PER L'ANNO 2004													
	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	ANNO
QMAX	5,20	3,25	4,92	7,91	15,7	13,7	6,67	4,46	2,34	7,24	11,9	2,41	15,7
QMED	2,62	2,48	3,04	5,03	9,87	9,70	5,21	3,08	1,88	2,46	3,42	1,96	4,23
QMIN	1,69	1,62	1,45	2,96	5,02	6,53	3,11	2,24	1,55	1,49	1,81	1,54	1,45
Qmedia (l/s Km2)	13,5	12,7	15,6	25,8	50,6	49,7	26,7	15,8	9,64	12,6	17,5	10,0	21,7
Deflusso (mm)	36,0	30,7	41,7	66,8	136	129	71,5	42,3	25,0	33,8	47,0	26,9	686
Aff. Meteorico (mm)	115	52,4	17,7	83,9	39,3	11,7	28,7	112	4,00	127	118	32,4	742
Coef. Deflusso	0,31	0,59	2,36	0,80	3,45	11,0	2,49	0,38	6,24	0,27	0,40	0,83	0,92

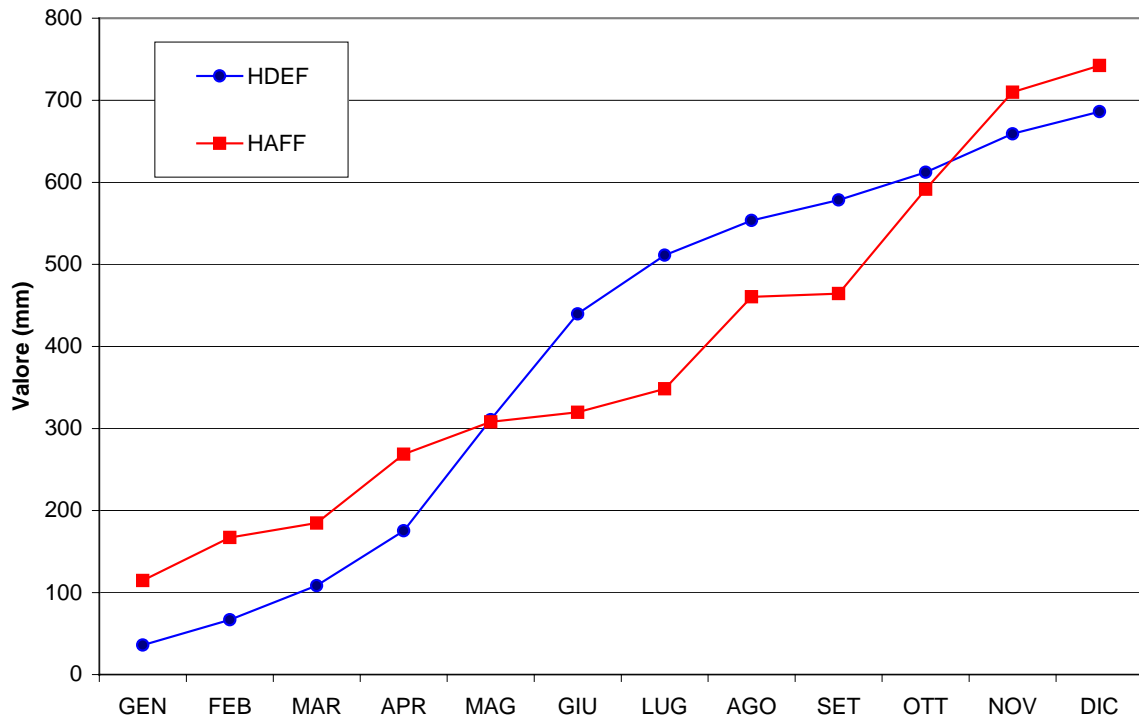
DURATA DELLE PORTATE	
GIORNI	2004 mc/s
10	13,6
30	9,92
60	6,60
91	5,16
135	3,88
182	2,96
274	2,07
355	1,61

SCALA NUMERICA DELLE PORTATE							
Livello (m)	Portata (mc/s)	Livello (m)	Portata (mc/s)	Livello (m)	Portata (mc/s)	Livello (m)	Portata (mc/s)
-0,55	0,00	-0,10	3,67	0,52	17,7	1,42	53,9
-0,49	0,08	-0,04	4,55	0,63	21,3	1,65	65,6
-0,44	0,29	0,01	5,51	0,75	25,1	1,87	78,4
-0,38	0,62	0,07	6,55	0,86	29,2	2,10	92,1
-0,32	1,04	0,13	7,68	0,97	33,6	2,32	107
-0,27	1,56	0,18	8,88	1,08	38,3	2,55	126
-0,21	2,17	0,30	11,5	1,20	43,2	2,77	149
-0,16	2,88	0,41	14,5	1,31	48,4	3,00	175

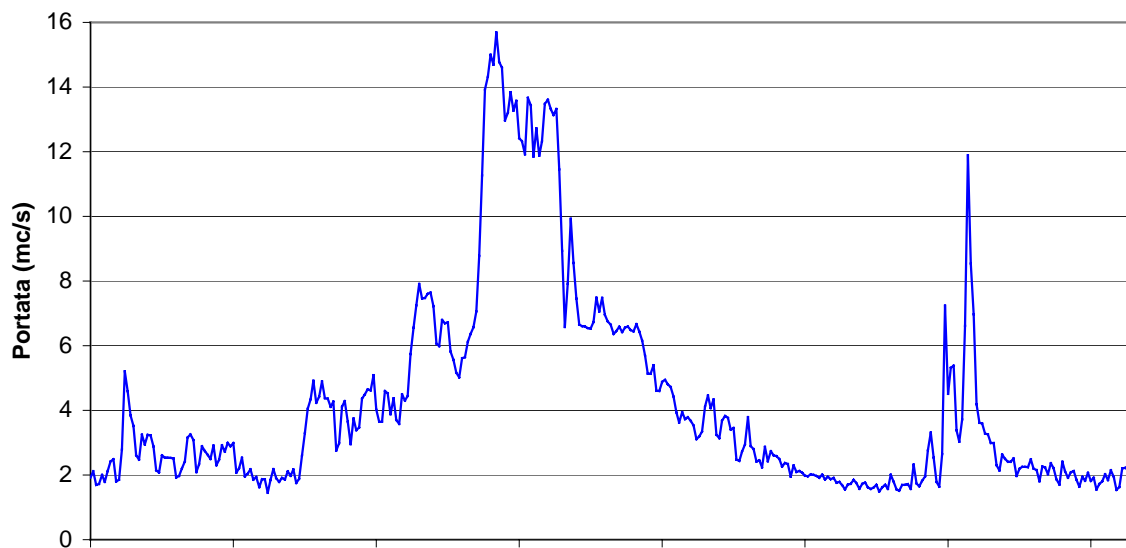
DORA DI BARDONECCHIA A BEAULARD - ANNO 2004
Altezze mensili di afflusso e di deflusso



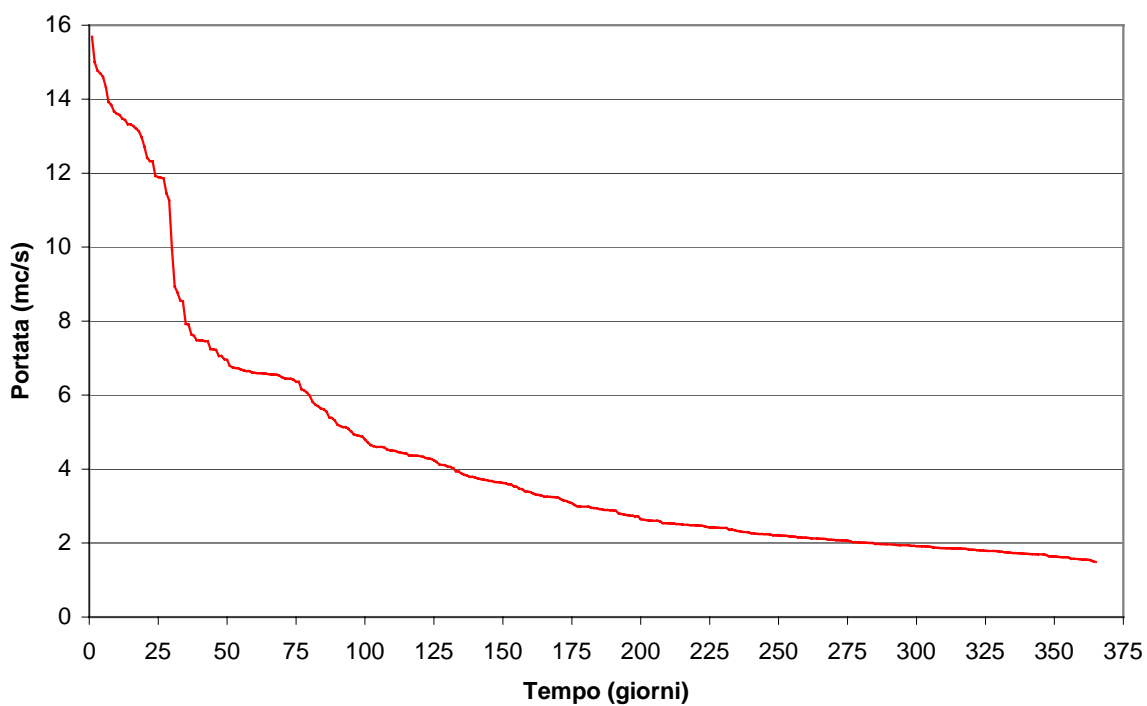
DORA DI BARDONECCHIA A BEAULARD - ANNO 2004
Altezze cumulate di afflusso e di deflusso



DORA DI BARDONECCHIA A BEULARD - ANNO 2004
Andamento della portata media giornaliera



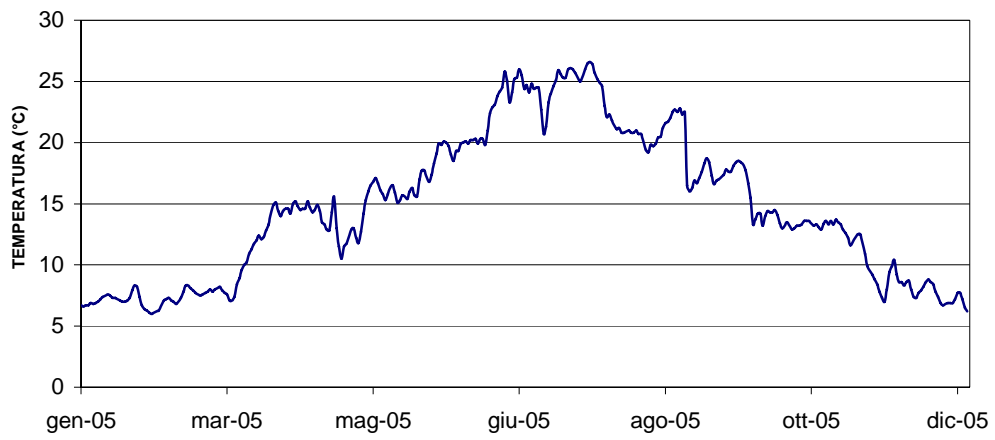
DORA DI BARDONECCHIA A BEULARD - ANNO 2004
Curva di durata



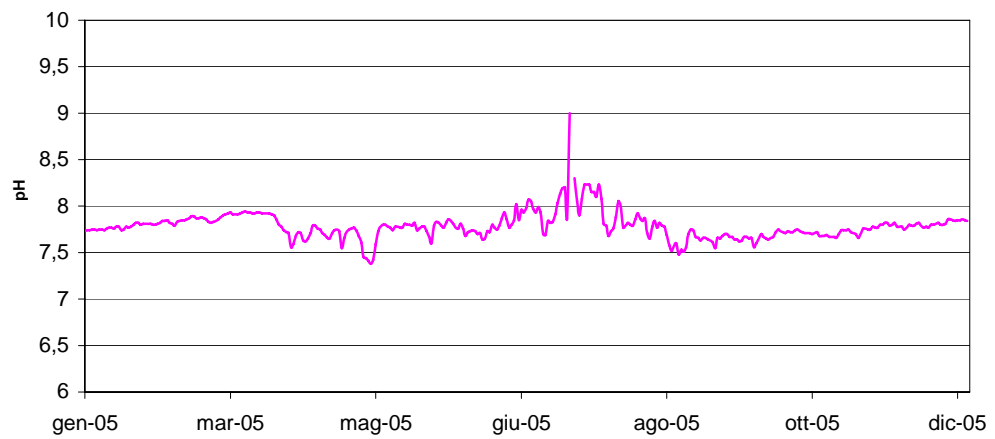
ALLEGATO 2

Esempio di andamenti giornalieri dei dati acquisiti in continuo in una stazione di misura della qualità delle acque (Po a Torino – anno 2005 – fonte Regione Piemonte)

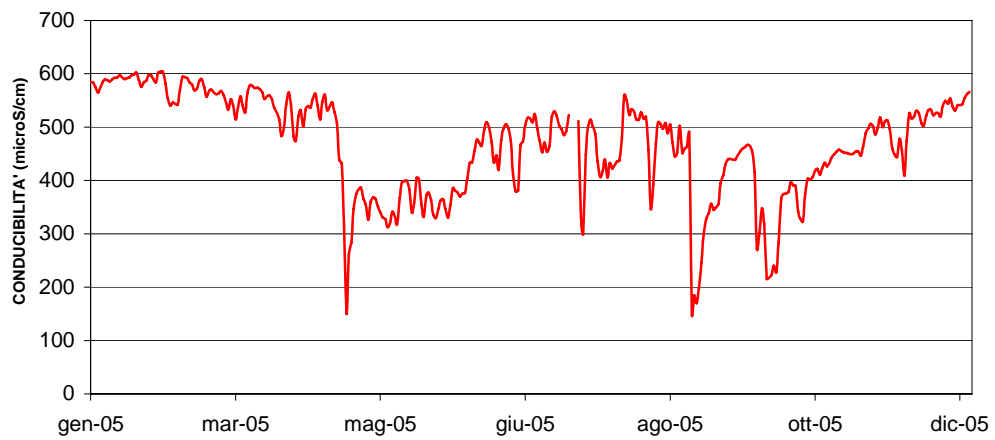
ANDAMENTI PO A TORINO



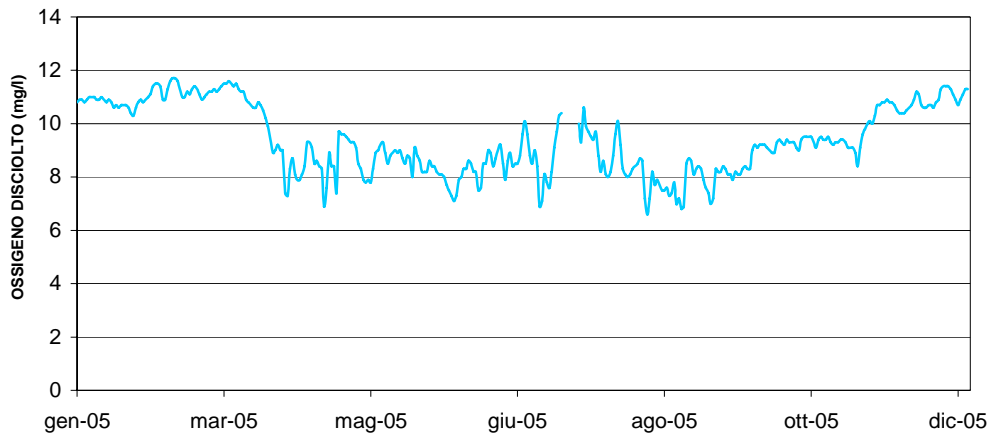
ANDAMENTI PO A TORINO



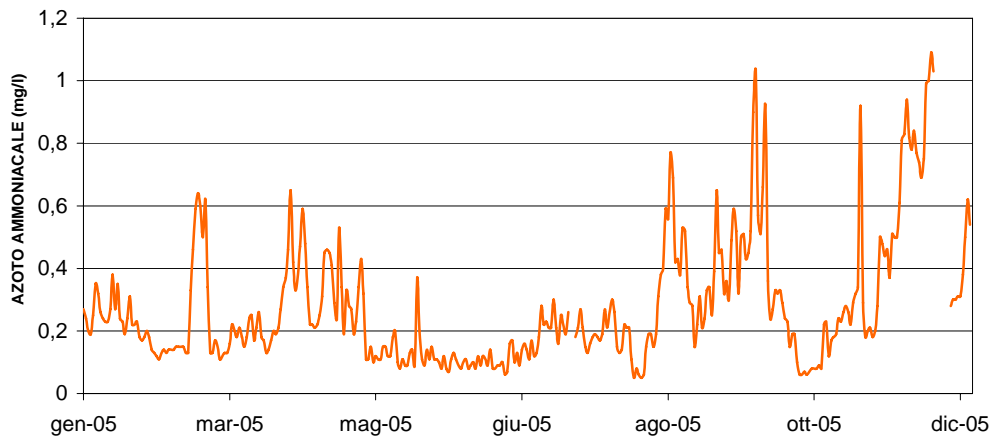
ANDAMENTI PO A TORINO



ANDAMENTI PO A TORINO



ANDAMENTI PO A TORINO



ANDAMENTI PO A TORINO

