

Calibrazione del turbidimetro in linea TurbSense®

La torbidità è un parametro comunemente utilizzato per determinare la qualità dell'acqua. Questo parametro misura le proprietà di dispersione della luce dell'acqua e può fornire un'indicazione di quanto l'acqua sia pulita, almeno dal punto di vista visivo.

La dispersione della luce, infatti, è causata dalla presenza di particelle nell'acqua. Queste particelle possono essere: solidi inorganici, microrganismi, sabbie, terreni, colloidali e materia organica. C'è anche una piccola quantità di dispersione che avviene a livello molecolare ed è attribuibile alle stesse molecole d'acqua (0.018 NTU): è quindi impossibile ottenere un campione senza torbidità.

I FATTORI CHE INFLUENZANO LA TORBIDITÀ

Elencate di seguito, vi sono le varie caratteristiche delle particelle presenti nell'acqua che ne influenzano la torbidità.

- **Dimensione:** le particelle di piccole dimensioni ($< 0.06 \mu\text{m}$ – $\frac{1}{10}$ della lunghezza d'onda della luce) disperdono la luce in maniera omogenea più o meno in tutte le direzioni. Invece, le particelle più grosse ($> 0.15 \mu\text{m}$ – $\frac{1}{4}$ della lunghezza d'onda della luce), disperdono più luce in avanti a causa dell'interferenza additiva della luce dispersa dai vari lati della particella.
- **Luce incidente:** le particelle di piccole dimensioni disperdono di più le lunghezze d'onda corte rispetto a quelle lunghe. Le particelle più grosse disperdono di più le lunghezze d'onda lunghe rispetto a quelle corte.
- **Forma:** rispetto alle particelle di forma allungata o a spirale, le particelle sferiche causano una maggiore dispersione in avanti piuttosto che dispersione in indietro.
- **Colore:** particelle colorate assorbono luce a certe lunghezze d'onda e questo può ridurre il segnale che giunge al rilevatore.
- **Indice di rifrazione:** maggiore è la differenza tra l'indice di rifrazione del materiale delle particelle e quello dell'acqua, maggiore sarà la dispersione.

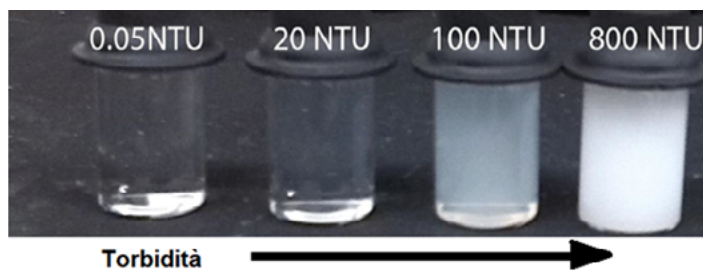


Figura 1 - Esempi di campioni a diversi livelli di torbidità

Il misuratore di torbidità in linea è uno strumento utilizzato per misurare la torbidità in impianti di potabilizzazione dell'acqua

- **Concentrazione:** la dispersione si intensifica con l'aumento della concentrazione. Anche la dispersione secondaria e l'assorbimento aumentano e, alla fine, portano ad una riduzione del segnale.

MISURAZIONE DELLA TORBIDITÀ

Storicamente la torbidità è stata misurata usando metodi visuali come la **candela Jackson**. Questo metodo prevede una candela ed un tubo con fondo di vetro. Il tubo viene riempito di campione fino a quando l'immagine della fiamma non si converta in un bagliore diffuso ed uniforme. Questo è stato uno dei primi metodi per quantificare la torbidità e portò alla definizione della *Jackson Turbidity Unit (JTU)*. Altri metodi visivi come un **disco di Secchi** o un tubo di torbidità sono ancora utilizzati.

Gli strumenti moderni misurano la torbidità illuminando il campione con una luce e misurando la luce diffusa dal campione usando un **fotorilevatore**. Maggiore è il numero di particelle presenti nel campione, maggiore sarà la diffusione della luce. Mentre qualsiasi angolo può essere utilizzato per effettuare le misurazioni di dispersione - incluso 0° che rappresenta la trasmissione diretta attraverso il campione¹ - molti standard internazionali, come ISO 7027, specificano l'uso di **misurazioni nefelometriche** per la determinazione quantitativa della torbidità.

La nefelometria si riferisce alla misurazione della luce **diffusa con un angolo di 90°**. Questo angolo viene utilizzato in quanto è più sensibile alla dispersione ed è applicabile a tutte le dimensioni e forme delle particelle. Le misurazioni nefelometriche sono all'origine dell'unità NTU della torbidità (*Nephelometric Turbidity Unit*²), una delle più comunemente utilizzate.

TURBSENSE®

Il sensore TurbSense® misura la torbidità effettuando una **misurazione nefelometrica**.

Il campione viene illuminato con un LED da 860 nm e la luce diffusa viene rilevata con un fotodiodo ad un angolo di 90°.

Il TurbSense® è stato progettato con cura per offrire prestazioni di altissimo livello. Ciò si ottiene collimando la luce LED attraverso un tubo per ridurre la divergenza della luce all'interno del campione e utilizzando un'estremità della sonda fatta a forma di gradini per fermare la luce che viaggia direttamente verso il rilevatore. La sorgente luminosa a Vicino Infrarosso (860 nm), come richiesto dalla norma ISO 7027, **riduce al minimo le interferenze del colore del campione**.

Quando viene effettuata una misurazione della torbidità, il segnale prodotto dal rilevatore è composto dalla luce diffusa dovuta alle particelle nell'acqua ed anche a qualsiasi luce di sfondo presente, insieme ad eventuali deviazioni dovute ai componenti elettronici utilizzati.

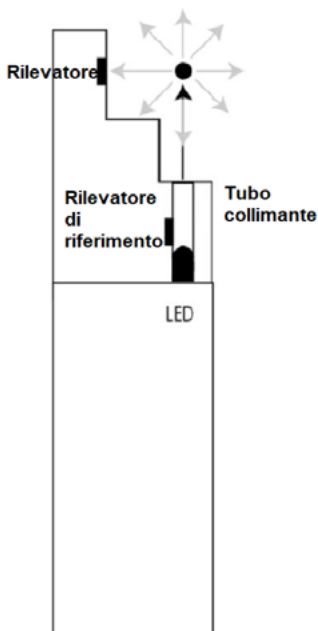


Figura 2 - Diagramma del turbidimetro

1 Se si misura la trasmissione, il segnale si riduce con l'aumento della concentrazione di particelle.

2 L'unità NTU è utilizzata generalmente per le misure di torbidità, ma volendo essere precisi si applica soltanto se si utilizza una sorgente luminosa in tungsteno. Se si utilizzasse una sorgente luminosa a Vicino Infrarosso invece si dovrebbe utilizzare l'unità FNU (Unità Nefelometriche di Formazina).

I fattori elettronici che possono contribuire al segnale rilevato includono:

- **corrente oscura:** il segnale che il fotodiode produce quando non è presente alcuna luce;
- **variazione nel segnale luminoso:** questo può accadere a causa della dipendenza dalla temperatura della sorgente luminosa LED;
- **rumore:** interferenze dovute ad altri componenti che possono essere all'interno del sensore ma anche provenire dall'ambiente esterno e che causano interferenze nei circuiti del rilevatore.

In acqua pulita, con poche particelle presenti, il segnale prodotto dalla luce diffusa sarà basso. Se al momento della misurazione è presente una luce di sfondo, questa può rappresentare una **parte significativa** del segnale misurato.

Dal grafico è possibile osservare la dimensione dei segnali prodotti quando l'acqua del rubinetto viene analizzata in sistemi con e senza luce di sfondo presente. Questa differenza può portare a risultati imprecisi. Una modifica del segnale di fondo provocherà la modifica del segnale misurato, portando ad un evidente cambiamento nella **torbidità misurata** di un campione. L'effetto dei cambiamenti del segnale di fondo diventa ancora più significativo se vi è una differenza tra questi quando il sensore viene calibrato e quando viene effettuata una misurazione.

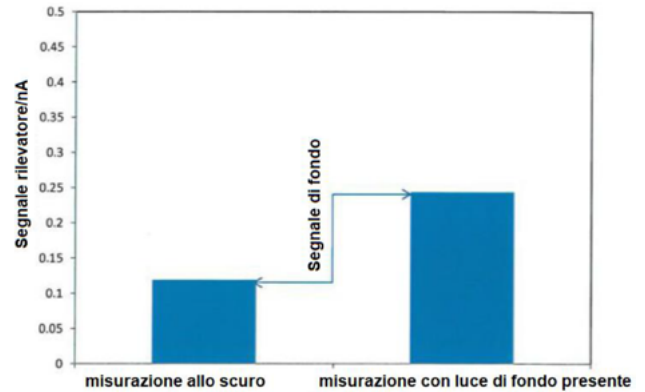


Figura 4 - Effetti delle interferenze di fondo sul segnale misurato in acqua di rubinetto

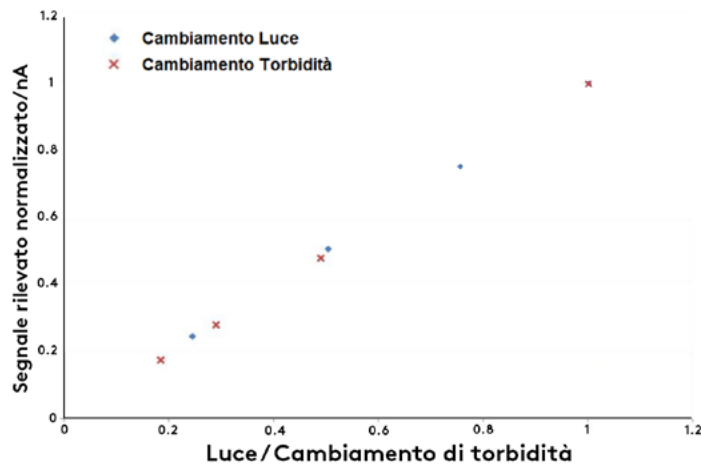


Figura 5 - Effetti dei cambiamenti dell'intensità della luce e della torbidità sul segnale rilevato. La torbidità era fissa quando la luminosità è stata modificata e la luminosità era fissa quando la torbidità è stata modificata.

Questo è uno dei motivi per cui la calibrazione dei sensori di torbidità risulta difficile. Molte procedure di calibrazione richiedono che venga effettuata una misurazione con un campione '0' NTU³. È difficile ottenere un campione con queste caratteristiche, in particolare sul posto, e la misurazione di un campione del genere sarà influenzata in modo significativo dai livelli di luce di sfondo.

Per ovviare a questi problemi, il sensore TurbSense® utilizza un nuovo approccio che consente una calibrazione semplice e fornisce risultati stabili. L'approccio adottato è quello di effettuare **misurazioni a diversi livelli di luminosità**: la modifica dei livelli di luminosità ha un effetto

³ Un campione con una torbidità di 0.000 NTU è fisicamente impossibile: la dispersione della luce dovuta alle molecole d'acqua darà una torbidità di 0.018 NTU.

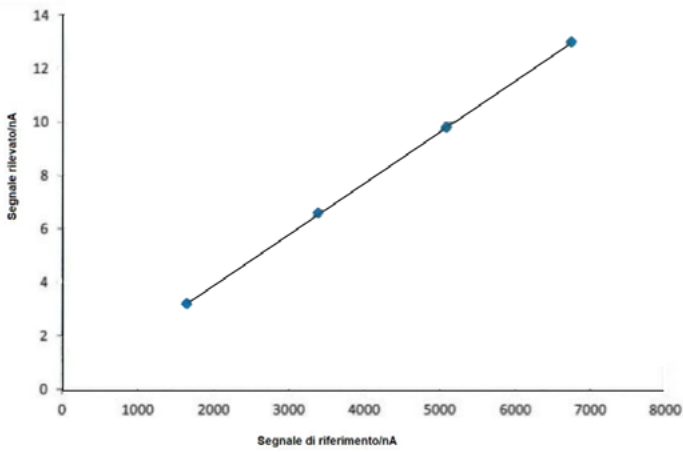


Figura 6 - Grafico per determinare il gradiente della calibrazione del turbidimetro

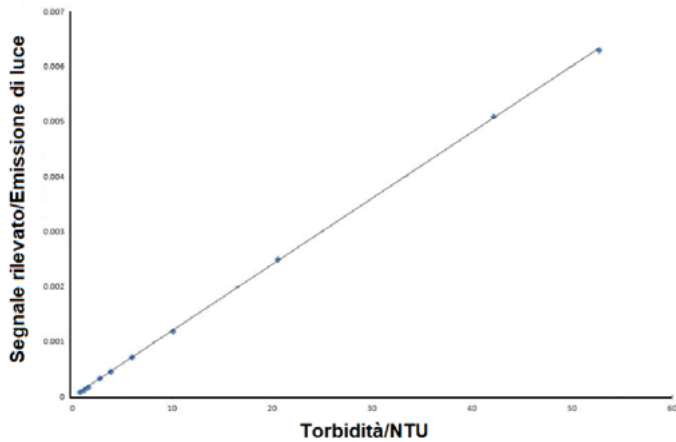


Figura 7 - Relazione tra il gradiente (Segnale rilevato/Emissione di luce) e torbidità

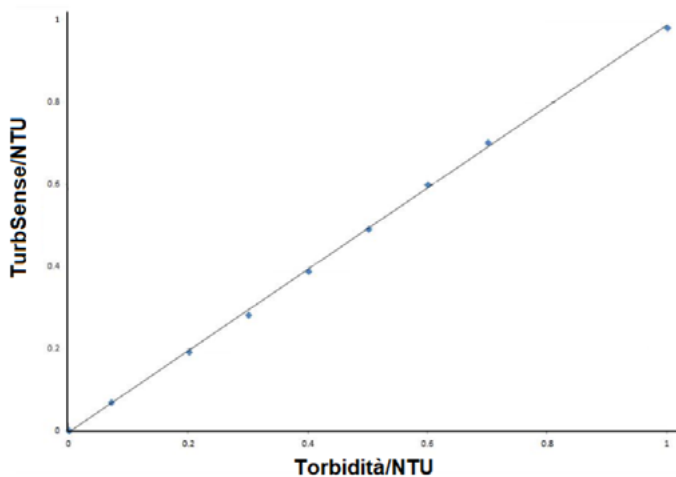


Figura 8 - Confronto tra la torbidità del campione e la torbidità misurata da un TurbSense® in campioni a bassa torbidità

simile sul segnale rilevato alla modifica della torbidità del campione.

Questo effetto è illustrato in Figura 5, dove si mostra che la modifica del livello di luce, per un campione di torbidità fisso, ha lo stesso effetto sul segnale del rilevatore che la modifica della torbidità del campione (per un livello di luce fisso).

Ciò significa che una calibrazione può essere eseguita utilizzando un singolo campione e riducendo l'emissione di luce per creare una relazione tra torbidità e segnale rilevato.

CALIBRAZIONE DEL TURBSENSE®

Per effettuare una calibrazione, la torbidità del campione viene misurata dal segnale del rilevatore insieme al segnale di riferimento, che misura accuratamente la quantità di luce emessa. Il segnale luminoso viene quindi ridotto al 75%, 50% e 25% della potenza. Il rilevatore ed i segnali di riferimento sono misurati in ciascuno di questi punti.

Questi punti sono tracciati, come mostrato nella Figura 6, per consentire il calcolo del gradiente.

Effettuando le letture in rapida successione si può assumere che il rumore di fondo sia identico. Ciò significa che il gradiente è indipendente dal rumore ed è dovuto esclusivamente alla torbidità.

Un campione senza torbidità non avrà gradiente, indipendentemente da quanta luce viene fornita al sistema. Ciò fornisce un punto 0 fisso e significa che non è necessario effettuare una misurazione di '0' NTU. La relazione tra gradiente e torbidità, come illustrato nella Figura 7, può essere stabilita e quindi utilizzata per determinare la torbidità dei campioni.

Per effettuare una misurazione del campione, il segnale del rilevatore ed i segnali di riferimento vengono registrati a piena ed a metà potenza di luce emessa. Il gradiente tra questi punti viene quindi utilizzato per calcolare la torbidità al campione.

Un ulteriore vantaggio dell'utilizzo del segnale di riferimento all'interno di una misurazione è che ciò riduce i problemi associati alle variazioni di temperatura, cosa che influenza comunemente le misurazioni ottiche. L'emissione luminosa è il fattore che cambia maggiormente con la temperatura e tali variazioni verranno rilevate sia nel segnale di riferimento che nel segnale del rileva-

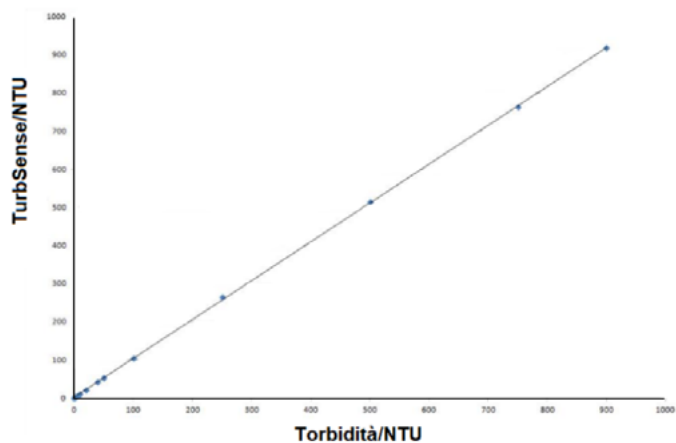


Figura 9 - Confronto tra la torbidità del campione e la torbidità misurata da un TurbSense® in campioni in un ampio intervallo

tore e verranno poi eliminate.

L'utilizzo della procedura di calibrazione a singola calibrazione consente al TurbSense® di fornire una misurazione accurata e su una vasta gamma di campioni. Questo è illustrato dai risultati mostrati nelle figure 8 e 9 che mostrano il confronto tra la torbidità di un campione e la torbidità misurata usando TurbSense® per una varietà di campioni.

Per maggiori informazioni visitare il sito oppure contattateci a info@leafytechnologies.com