

Ossigeno disciolto-Protocollo



Scopo

Misurare l'ossigeno disciolto nell'acqua.

Visione d'insieme

Gli studenti misureranno direttamente l'ossigeno disciolto con un kit o con una sonda nell'acqua del loro sito di studio per idrologia.

La procedura esatta dipenderà dalle istruzioni del kit o della sonda in uso.

Risultati per gli Studenti

Gli studenti impareranno a:

- usare un kit o una sonda per l'ossigeno disciolto;
- usare la tecnologia in classe (la sonda)
- esaminare le ragioni di cambiamenti nell'ossigeno disciolto di un corpo idrico;
- comunicare i risultati del progetto con altre scuole GLOBE;
- collaborare con altre scuole GLOBE (all'interno del loro paese o in altri paesi), e
- condividere le osservazioni, presentando i dati all'archivio Globe.

Concetti scientifici

Scienze della Terra e dello Spazio

I materiali della terra sono solide rocce, suoli, acqua e atmosfera.

L'acqua è un solvente.

Ogni elemento si muove tra i diversi serbatoi (biosfera, litosfera, atmosfera, idrosfera).

Scienze fisiche

Gli oggetti hanno proprietà osservabili.

Scienze della vita

Gli organismi possono sopravvivere solo in ambienti in cui siano soddisfatti i loro bisogni.

La Terra ha molti ambienti diversi che supportano diverse combinazioni di organismi.

Gli esseri umani possono modificare ambienti naturali.

Tutti gli organismi devono essere in grado di ottenere e utilizzare le risorse pur vivendo in un ambiente che cambia costantemente.

Abilità Scientifiche di Indagine

Utilizzare un test chimico o una sonda per misurare l'ossigeno disciolto dell'acqua

Identificare le domande a cui è possibile dare una risposta.

Progettare e condurre indagini scientifiche.

Utilizzare strumenti matematici adeguati per analizzare i dati.

Sviluppare descrizioni e previsioni sulla base di prove.

Riconoscere e analizzare spiegazioni alternative.

Comunicare procedure, descrizioni e previsioni.

Livello

Scuole medie e scuole superiori.

Tempo

Kit: 20 minuti

Kit Quality Control Procedure: 20 minuti

Preparazione della sonda: 20-30 minuti

Misurazioni con la sonda: 10 minuti

Frequenza

Settimanale

Quality Control Procedure: ogni 6 mesi

Calibrazione della sonda: ogni volta che viene usata

Materiali e strumenti

Hydrology Investigation Data Sheet

Dissolve Oxygen Protocol (Test Kit) Field Guide

Dissolve Oxygen Protocol (Probe) Field Guide

kit o sonda per Ossigeno Disciolto

Guanti in lattice

Occhiali di sicurezza

Acqua distillata in bottiglia pulita

Bidoncino di plastica con tappo per rifiuti liquidi e busta di plastica per rifiuti solidi

Per il Controllo Qualità del kit dell'Ossigeno disciolto, aggiungere:

- 1 cilindro graduato da 100 mL

- 1 bottiglia di polietilene da 250 mL con tappo

- Orologio o sveglia

- Termometro

- *Solubility of Oxygen Table*

- *Correction for Elevation Table*

- *Hydrology Investigation Quality Control - Procedure For Dissolved Oxygen Kits Data Sheet*
- *Quality Control Procedure for Dissolved Oxygen Kits Lab Guide*

Per la Procedura del Controllo Qualità della sonda per l'Ossigeno disciolto, aggiungere:

- Soluzione a Zero ossigeno (se appropriata per la sonda)
- Acqua distillata
- Bottiglia da 250 mL in polietilene, con tappo
- 1 beaker da 100 mL
- 1 termometro
- *Solubility of Oxygen Table*

- *Correction for Elevation Table*
- barometro (se disponibile)

Preparazione

Attività suggerite: *Practicing Your Protocols: Dissolved Oxygen*

Trova l'altitudine della tua scuola.

Le sonde per l'ossigeno disciolto devono essere calibrate prima dell'uso (tutte le volte, prima di usarle).

Ossigeno disciolto Protocollo – Introduzione

Il Protocollo GLOBE per l'ossigeno disciolto misura la quantità di ossigeno molecolare (O₂) disciolta in acqua. Non misura la quantità di ossigeno nella molecola di acqua (H₂O). Gli studenti spesso confondono l'ossigeno che è parte della molecola di acqua (l'O in H₂O) con l'ossigeno disciolto (O₂).

Proprio come gli animali che vivono sulla terra, gli animali che vivono in acqua hanno bisogno di ossigeno molecolare per respirare. Tuttavia, vi è molto più ossigeno disponibile nell'atmosfera per la respirazione animale che in acqua. Approssimativamente, due su dieci molecole d'aria sono di ossigeno molecolare. In acqua, tuttavia, ci sono solo cinque o sei molecole di ossigeno per ogni milione di molecole d'acqua. La quantità di ossigeno disciolto nell'acqua determina ciò che può vivere lì. Alcuni animali, come il salmone o larve di effimera, richiedono livelli più elevati di ossigeno rispetto ad altri animali come il pesce gatto o le sanguisughe.

Chiamiamo solubilità di ossigeno disciolto in acqua la quantità di ossigeno disciolto che l'acqua contiene (in particolari condizioni). Fattori che influenzano la solubilità dell'ossigeno disciolto includono la temperatura dell'acqua, la pressione atmosferica, e la salinità.

L'acqua fredda può sciogliere più ossigeno dell'acqua calda. Per esempio, a 25 °C, la solubilità dell'ossigeno disciolto è di 8,3 mg/l, mentre a 4 °C la solubilità è 13,1 mg /L. Man mano che temperatura sale, l'acqua rilascia all'aria alcune parti dell'ossigeno originariamente disciolto in essa.

L'acqua può contenere meno ossigeno disciolto ad altitudini più elevate, perché c'è meno pressione. La solubilità dell'ossigeno disciolto diminuisce anche all'aumentare della salinità.

L'Ossigeno disciolto può essere aggiunto all'acqua dalle piante durante la fotosintesi, attraverso la diffusione dall'atmosfera o mediante aerazione.

L'aerazione di verifica quando l'acqua viene miscelata con aria. Tale miscelazione avviene nelle onde, nei vortici (riffles) e nelle cascate.

La quantità di ossigeno disciolto è influenzata anche da ciò che vive in acqua. Proprio come la fotosintesi dalle piante terrestri aggiunge ossigeno all'aria che respiriamo, la fotosintesi dalle piante acquatiche conferisce ossigeno disciolto in acqua. L'acqua può diventare sovrassatura nel senso che i livelli di ossigeno disciolto diventano superiori alla naturale solubilità in acqua in equilibrio con l'aria atmosferica. L'ossigeno disciolto in più può essere poi eventualmente rilasciato di nuovo all'aria o essere rimosso attraverso la respirazione.

Il biota vivente dei sistemi idrici costituisce solo una piccola porzione della materia organica totale del sistema. La maggior parte della materia organica negli ecosistemi acquatici è non-vivente e viene collettivamente intesa come detrito. La sostanza organica può essere prodotta in situ o entrare nei corpi idrici dal terreno circostante (sia da fonti naturali che umane). Il continuo riciclaggio del carbonio organico tra le componenti viventi e non viventi è conosciuto come il *Ciclo del Carbonio*. La materia organica viene prodotta durante la fotosintesi e viene consumata durante la respirazione. Durante la respirazione, biota (pesci, batteri, ecc) consumano l'ossigeno disciolto.

Supporto al docente

Protocolli di sostegno

Temperatura dell'acqua: la solubilità dell'ossigeno dipende dalla temperatura. È quindi importante raccogliere dati di temperatura dell'acqua insieme ai dati di ossigeno disciolto.

Salinità: la solubilità dell'ossigeno dipende dalla salinità. Per trovare la percentuale di solubilità, è importante raccogliere dati di salinità in corpi idrici in cui la salinità assume dimensioni importanti. Se la concentrazione della salinità nel corpo d'acqua è inferiore a 1 ppt (part per thousand) (1000 mg/L, vale a dire 1g/L) non è necessario correggere il dato in base alla salinità.

Protocolli Atmosfera: misure atmosferiche come la copertura nuvolosa, le precipitazioni e la temperatura dell'aria possono essere utili per interpretare i dati di ossigeno disciolto. L' aumento della copertura nuvolosa, per esempio, può provocare una diminuzione della fotosintesi durante il giorno. (Nota di Labter-Crea: tra i parametri atmosferici importanza particolare assume la Pressione).

Land Cover: E'utile anche per le misure di idrologia conoscere la copertura del suolo nel bacino idrografico, perché essa può influenzare la quantità di materia organica nell'ambiente acquatico.

Preparazione preliminare

Kit per l'Ossigeno disciolto

Gli studenti devono eseguire la Procedura di Controllo di Qualità come descritto in *Quality Control Procedure for Dissolved Oxygen Kit Lab Guide* per testare sia l'accuratezza della loro procedura, che la precisione dei kit. L'esecuzione del controllo di qualità darà a studenti, insegnanti e scienziati fiducia che i test sono stati fatti in modo corretto. Determinare l'elevazione (l'altitudine) della località (ad esempio, la scuola), dove verrà eseguita la procedura di controllo di qualità.

Sonde per l'Ossigeno disciolto

Per la misurazione dell'ossigeno disciolto, sono disponibili sia sonde conduttimetri che ossimetri. Per chiarezza, le sonde sono gli strumenti che misurano la tensione o la resistenza in un campione di acqua. Gli ossimetri sono strumenti che convertono le misurazioni elettriche (tensione o resistenza) in concentrazioni. Per misurare l'ossigeno disciolto (o

altri tipi di misure), si richiedono sia una sonda che un misuratore. A volte la sonda e l'ossimetro si trovano combinati in uno strumento e non possono essere smontati. Altri strumenti hanno sonde che sono separate dai misuratori e che devono essere collegate ai contatori per tenere le misurazioni acqua. Le sonde dell'ossigeno disciolto devono essere calibrate prima dell'uso. Verificare con il produttore della sonda per essere sicuri che la sonda memorizzi la calibrazione più recente. Se lo fa, la sonda per l'ossigeno disciolto dovrà essere calibrata 24 ore o meno prima di fare le misurazioni. Se la sonda non mantiene la calibrazione più recente, è necessario calibrare la sonda appena prima di iniziare le misurazioni facendo attenzione a non spegnere la sonda o qualsiasi software associato.

Si determini l'elevazione al sito di campionamento, se non si utilizza un barometro

Procedimenti di misurazione

Kit per l'ossigeno disciolto

I kit per il test dell'ossigeno disciolto coinvolgono due parti - la conservazione del campione (stabilizzazione o di fissaggio) e prove sul campione. La preservazione prevede l'aggiunta di una sostanza chimica al campione che precipita in presenza di ossigeno disciolto, seguito dall'aggiunta di una sostanza chimica che produce una soluzione colorata. Il test comporta l'aggiunta successiva di gocce di una soluzione titolante finché il colore scompare. Il valore di ossigeno disciolto viene calcolato dal volume di titolante aggiunto.

La quantità di ossigeno disciolto nell'acqua può cambiare rapidamente dopo che il campione è stato raccolto. È quindi importante fare questo test subito dopo il campionamento. Il campione di acqua per il test l'ossigeno disciolto deve essere 'fissato' sul sito di studio, in pratica nel luogo dove si prelevano i campioni di acqua (vedere le istruzioni contenute nel kit per l'ossigeno disciolto). Dopo aver fissato il campione, il campione può essere portato a scuola per il completamento del test.

Nel seguire le istruzioni contenute nel kit, devono essere seguite le seguenti tecniche (precauzioni).

Assicurarsi che non vi sia aria nella bottiglia che contiene l'acqua da analizzare. Per verificare la presenza di bolle d'aria nella bottiglia di campionamento, ruotare la bottiglia a testa in giù mentre è tappata, quindi cercare eventuali bolle.

- Tenere bottiglie e contagocce verticalmente quando aggiungono gocce di reagente al campione di acqua in

modo che tutte le gocce di reagente siano della stessa dimensione.

- Se gli studenti sono invitati a 'mescolare', dovrebbero tappare la bottiglia e fare un movimento a tergicristallo per mescolare delicatamente i prodotti chimici.
- Il precipitato si è sedimentato (completamente) quando c'è una linea netta tra il liquido chiaro in alto e il materiale depositato sul fondo (acqua dolce). Ci vuole molto tempo (superiore a 15 minuti) perché il precipitato sedimenti in acqua salata e salmastra. Attendere fino a quando c'è una linea netta tra liquido chiaro e il materiale depositato nella metà inferiore della bottiglia.
- Assicurarsi di non avere bolle d'aria nel titolatore quando si riempie.
- Se il kit richiede di titolare ad un "giallo paglierino", tenere un foglio di carta bianca dietro la bottiglia e continuare la titolazione fino a quando il liquido è quasi chiaro, prima di aggiungere la soluzione di amido.

Non vi è alcuna compensazione per l'altitudine necessaria quando si misura l'effettiva quantità di ossigeno disciolto in un campione di acqua proveniente dal sito di studio Idrologia. Questo vale solo per la procedura di controllo di qualità.

Sonde per ossigeno disciolto

L'Ossigeno disciolto, misurato con una sonda elettronica, **deve** essere rilevato presso il sito di studio idrologia. I campioni non possono essere prelevati e analizzati in laboratorio.

Preparare la sonda come indicato nel manuale d'uso. Molte sonde richiedono un *periodo di riscaldamento* prima di produrre risultati affidabili. Alcune sonde hanno bisogno di rimanere accese dopo la calibrazione in modo da mantenere la loro taratura. Fare attenzione a seguire le istruzioni fornite con la sonda.

Quando si misura l'ossigeno disciolto nelle acque salate (conducibilità superiore a 1000 mg/L o salinità maggiore di 1 ppt), è necessario applicare un fattore di correzione della salinità per la misurazione fatta con la sonda. Alla stessa temperatura e pressione l'acqua salina può contenere meno ossigeno dell'acqua dolce. Sonde differenti hanno diverse procedure per questa correzione. Alcune hanno la correzione della salinità prima di misurare DO, altre dopo. Si prega di consultare il manuale della sonda per la procedura. Poiché questa correzione può influenzare la

misurazione, è necessario misurare la salinità ogni volta che si misura DO e segnare il risultato giù su *Hydrology Investigation Data Sheet*.

Procedura di Controllo della Qualità

Kit per l'ossigeno disciolto

Per la procedura di controllo della qualità, gli studenti confrontare l'ossigeno disciolto misurato nella loro soluzione standard con il valore di saturazione riportato in tabella per determinare se il kit e la procedura sono corretti.

Per fare una soluzione standard satura, gli studenti saturano acqua distillata agitando per 5 minuti una bottiglia parzialmente riempita di acqua distillata.

Poiché la solubilità diminuisce all'aumentare della temperatura, della salinità, e al diminuire della pressione dell'aria, si controllano queste variabili nello standard di ossigeno disciolto utilizzando acqua distillata e applicando le correzioni per la temperatura dell'acqua e per l'elevazione (una misura indiretta della pressione dell'aria).

È necessario conoscere la quota del luogo (ad esempio, la scuola), dove sarà eseguito tale procedimento. La Tabella HY-DO-2 contiene i valori di correzione per diverse pressioni atmosferiche e altitudini.

Lo standard, che è stato agitato, può essere versato direttamente nella bottiglia di campionamento fino a riempirla completamente. Non si corre il pericolo di aggiungere ossigeno al campione versandolo, in quanto il campione di acqua è già saturo di ossigeno. Dopo che la bottiglia campione è stata riempita, seguire le istruzioni per il kit per misurare la quantità di ossigeno disciolto.

Sonde per l'ossigeno disciolto

Le sonde per l'ossigeno disciolto devono essere calibrate prima dell'uso. Verificare con il produttore della sonda se la sonda memorizza la calibrazione più recente. Se lo fa, la sonda di ossigeno disciolto dovrà essere calibrato 24 ore o meno prima di prendere le misure. Se la sonda non conserva la calibrazione più recente

, sarà necessario calibrare la sonda appena prima di prendere le misure facendo attenzione a non spegnere la sonda o qualsiasi software associato ad essa.

Quando si è in campo, verificare se la taratura è stata conservata mettendo la sonda nel 100% di acqua satura di aria. Se il valore è fuori di $\pm 0,2$ mg/L, ricalibrare la sonda sul campo.

Da ricordare: temperature diverse nel sito possono portare a diversi mg/l di ossigeno totale al 100% di saturazione. Questo non significa necessariamente che la taratura è saltata. Occorre controllare le tabelle di calibrazione per la quantità di ossigeno presente al 100% di saturazione a quella temperatura.

Mai riportare dati ossigeno disciolto rilevati con uno strumento che non è stato calibrato prima della sua utilizzazione.

Precauzioni di sicurezza

- Gli studenti devono indossare guanti e occhiali protettivi quando si maneggiano prodotti chimici e acqua che possono contenere sostanze potenzialmente dannose come batteri o rifiuti industriali.
- le autorità locali dovrebbero essere consultate sul corretto smaltimento dei prodotti chimici utilizzati.

Suggerimenti utili

Contrassegnare ogni elemento del kit con un punto di vernice o smalto dello stesso colore. Segna altri kit con colori diversi per evitare di avere prodotti chimici o titolatori scambiati tra i kit.

Quando si aprono le sostanze chimiche da utilizzare, scrivere la data in cui sono stati aperte, e smaltire tutte le sostanze chimiche in modo appropriato quando superano la loro data di scadenza.

Gestione degli studenti

Se non c'è abbastanza tempo per consentire a tre studenti di misurare l'ossigeno disciolto in tre diversi campioni al sito di idrologia, vi sia uno studente o vi siano più studenti che completino la misurazione e altri studenti che fissino il campione, per poi concludere le misurazioni in classe o in laboratorio.

Manutenzione degli strumenti

Kit per l'ossigeno disciolto

1. Le sostanze chimiche devono essere ben chiuse immediatamente dopo che sono state utilizzate.
2. Sciacquare la bottiglia di campione e tubo di titolazione con acqua distillata dopo l'uso.
3. Gettare nei rifiuti le sostanze chimiche che rimangono nel contagocce o nel titolatore. Tali sostanze non vanno rimesse nei contenitori originali, perché possono essere contaminate.
4. Non risciacquare il titolatore con acqua distillata finché non è stato contaminato. Il risciacquo con acqua distillata lascia spesso una goccia d'acqua nel titolatore, difficile da rimuovere.
5. Rimuovere lo stantuffo dal titolatore per evitare l'incollaggio fine gomma nel tubo.

Sonde per ossigeno disciolto

Le sonde per ossigeno disciolto richiedono grande attenzione al fine di mantenere la loro accuratezza e la durata della vita. Consultare le istruzioni specifiche per la manutenzione e la conservazione della sonda.

Domande per ulteriori indagini

Come potrebbe un cambiamento nella quantità di ossigeno disciolto influenzare ciò che vive in un corpo d'acqua?

Come potrebbe il riscaldamento o il raffreddamento dell'atmosfera influenzare la quantità di ossigeno disciolto in acqua?

Come potrebbero cambiamenti nella copertura del suolo intorno al vostro sito Idrologia influenzare la quantità di ossigeno disciolto nell'acqua?

Procedura di Controllo Qualità per il kit dell'Ossigeno Disciolto

Guida da Laboratorio

Task

Controllare l'accuratezza del kit per l'ossigeno disciolto. Far pratica per un utilizzo corretto del kit per l'ossigeno disciolto.

Materiali necessari

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> <i>Hydrology Investigation Quality Control Data Sheet</i> | <input type="checkbox"/> Kit per l'ossigeno disciolto |
| <input type="checkbox"/> pHmetro | <input type="checkbox"/> Acqua distillata in bottiglia pulita |
| <input type="checkbox"/> Cilindro graduato da 100 mL | <input type="checkbox"/> Scottex o tessuto soffice |
| <input type="checkbox"/> Bottiglia di polietilene da 250 mL con tappo | <input type="checkbox"/> Guanti di lattice |
| <input type="checkbox"/> Termometro | <input type="checkbox"/> Biro o matita |
| <input type="checkbox"/> Bottiglia con tappo per raccolta rifiuti chimici liquidi | <input type="checkbox"/> Orologio o sveglia |

Sul campo

1. Indossare guanti e occhiali protettivi.
2. Risciacquare il flacone da 250 mL due volte con acqua distillata.
3. Versare 100 ml di acqua distillata nel flacone da 250 ml.
4. Mettere il coperchio sulla bottiglia. Agitare il flacone energicamente per 5 minuti. Questo è lo standard che verrà utilizzato per testare il kit.
5. Stappare la bottiglia e prendere la temperatura dell'acqua (cfr. *Water Temperature Protocol Field Guide*). Assicurarsi che la punta del termometro non tocchi la parte inferiore o i lati della bottiglia.
6. Registrare la temperatura dello standard di acqua distillata sulla *Hydrology Investigation Quality Control Data Sheet*.
7. Versare lo standard nella bottiglia di campionamento del kit per l'ossigeno disciolto. Riempire la bottiglia di campionamento completamente verso l'alto e tapparla. Girare la bottiglia a testa in giù mentre è tappata. Non ci dovrebbero essere eventuali bolle d'aria.
Nota: Non è necessario immergere la bottiglia campione in acqua per raccogliere il campione quando si sta facendo la procedura di controllo di qualità.
8. Seguire le istruzioni del kit ossigeno disciolto per misurare l'ossigeno disciolto dello standard.
9. Registrare la quantità di ossigeno disciolto (mg/L) nello standard sulla *Hydrology Investigation Quality Control Data Sheet*.
10. Cercare la temperatura registrata in precedenza sulla *Solubility of Oxygen Table*. Vedi Tabella HY-DO-1.
11. Registrare la solubilità per la temperatura dell'acqua.

12. Trovare l'altitudine più vicina alla posizione in cui ci si trova sulla *Correction for Elevation/Pressure Table*. Vedi Tabella HY-DO-2.
13. Registrare il valore di correzione per la propria altitudine.
14. Moltiplicare la solubilità dello standard per il valore della correzione. Questa è la quantità prevista di ossigeno disciolto per lo standard.
15. Confrontare la quantità di ossigeno disciolta che si è misurata con il kit con il valore previsto per lo vostro standard.
16. Se la misura è di ± 1 mg / L, registrare il valore di ossigeno disciolto sull *Hydrology Investigation Quality Control Procedure Data Sheet*. Se la misura non rientra in questo intervallo (range), ripetere l'intera procedura di controllo di qualità.
17. Se le misure non sono ancora nel range indicato, registrare il valore ottenuto e riferire all'insegnante che il kit non funziona correttamente.
18. Versare tutti i prodotti chimici utilizzati nella bottiglia rifiuti. Pulire il kit con acqua distillata.

Table HY-DO-1: Solubility of Oxygen in Fresh Water Exposed to Air at 1013.65 mB Pressure

Temp (°C)	Solubility (mg/L)	Temp (°C)	Solubility (mg/L)	Temp (°C)	Solubility (mg/L)
0	14.6	16	9.9	32	7.3
1	14.2	17	9.7	33	7.2
2	13.8	18	9.5	34	7.1
3	13.5	19	9.3	35	7.0
4	13.1	20	9.1	36	6.8
5	12.8	21	8.9	37	6.7
6	12.5	22	8.7	38	6.6
7	12.1	23	8.6	39	6.5
8	11.9	24	8.4	40	6.4
9	11.6	25	8.3	41	6.3
10	11.3	26	8.1	42	6.2
11	11.0	27	8.0	43	6.1
12	10.8	28	7.8	44	6.0
13	10.5	29	7.7	45	5.9
14	10.3	30	7.6	46	5.8
15	10.1	31	7.4	47	5.7

Table HY-DO-2: Correction Values For Various Atmospheric Pressures and Elevations

Pressure (millibars)	elev (m)	Correction value (%)	Pressure (millibars)	elev (m)	Correction value (%)
1023	-84	1.01	841	1544	0.83
1013	0	1.00	831	1643	0.82
1003	85	0.99	821	1743	0.81
993	170	0.98	811	1843	0.80
988	256	0.97	800	1945	0.79
973	343	0.96	790	2047	0.78
963	431	0.95	780	2151	0.77
952	519	0.94	770	2256	0.76
942	608	0.93	760	2362	0.75
932	698	0.92	750	2469	0.74
922	789	0.91	740	2577	0.73
912	880	0.90	730	2687	0.72
902	972	0.89	719	2797	0.71
892	1066	0.88	709	2909	0.70
882	1160	0.87	699	3203	0.69
871	1254	0.86	689	3137	0.68
861	1350	0.85	679	3253	0.67
851	1447	0.84	669	3371	0.66

HY-DO-3: Solubility of Oxygen in Salt Water at Sea Level (1013.65 mB) with Temperature and Salin.

Temperature (°C)	Salinity (ppt)												
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
1	14.2	13.7	13.3	12.8	12.4	12.0	11.5	11.2	10.8	10.4	10.1	9.7	9.4
2	13.8	13.4	12.9	12.5	12.1	11.6	11.3	10.9	10.5	10.2	9.8	9.5	9.2
3	13.5	13.0	12.6	12.2	11.7	11.4	11.0	10.6	10.3	9.9	9.6	9.3	8.9
4	13.1	12.7	12.3	11.8	11.5	11.1	10.7	10.4	10.0	9.7	9.4	9.0	8.7
5	12.8	12.4	11.9	11.6	11.2	10.8	10.5	10.1	9.8	9.5	9.1	8.8	8.6
6	12.4	12.0	11.7	11.3	10.9	10.5	10.2	9.9	9.6	9.2	8.9	8.6	8.4
7	12.1	11.7	11.4	11.0	10.6	10.3	10.0	9.6	9.3	9.0	8.7	8.5	8.2
8	11.8	11.5	11.1	10.7	10.4	10.1	9.7	9.4	9.1	8.8	8.6	8.3	8.0
9	11.6	11.2	10.8	10.5	10.2	9.8	9.5	9.2	8.9	8.6	8.4	8.1	7.9
10	11.3	10.9	10.6	10.3	9.9	9.6	9.3	9.0	8.7	8.5	8.2	7.9	7.7
11	11.0	10.7	10.3	10.0	9.7	9.4	9.1	8.8	8.6	8.3	8.0	7.8	7.5
12	10.8	10.4	10.1	9.8	9.5	9.2	8.9	8.6	8.4	8.1	7.9	7.6	7.4
13	10.5	10.2	9.9	9.6	9.3	9.0	8.7	8.5	8.2	8.0	7.7	7.5	7.2
14	10.3	10.0	9.7	9.4	9.1	8.8	8.6	8.3	8.0	7.8	7.6	7.3	7.1
15	10.1	9.8	9.5	9.2	8.9	8.6	8.4	8.1	7.9	7.7	7.4	7.2	7.0
16	9.9	9.6	9.3	9.0	8.7	8.5	8.2	8.0	7.7	7.5	7.3	7.1	6.9
17	9.7	9.4	9.1	8.8	8.6	8.3	8.1	7.8	7.6	7.4	7.1	6.9	6.7
18	9.5	9.2	8.9	8.7	8.4	8.2	7.9	7.7	7.4	7.2	7.0	6.8	6.6
19	9.3	9.0	8.7	8.5	8.2	8.0	7.8	7.5	7.3	7.1	6.9	6.7	6.5
20	9.1	8.8	8.6	8.3	8.1	7.8	7.6	7.4	7.2	7.0	6.8	6.6	6.4
21	8.9	8.7	8.4	8.2	7.9	7.7	7.5	7.3	7.1	6.8	6.7	6.5	6.3
22	8.7	8.5	8.3	8.0	7.8	7.6	7.3	7.1	6.9	6.7	6.5	6.4	6.2
23	8.6	8.3	8.1	7.9	7.6	7.4	7.2	7.0	6.8	6.6	6.4	6.2	6.1
24	8.4	8.2	7.9	7.7	7.5	7.3	7.1	6.9	6.7	6.5	6.3	6.1	6.0
25	8.3	8.0	7.8	7.6	7.4	7.2	7.0	6.8	6.6	6.4	6.2	6.0	5.9
26	8.1	7.9	7.7	7.5	7.2	7.0	6.8	6.7	6.5	6.3	6.1	5.9	5.8
27	8.0	7.7	7.5	7.3	7.1	6.9	6.7	6.5	6.4	6.2	6.0	5.9	5.7
28	7.8	7.6	7.4	7.2	7.0	6.8	6.6	6.4	6.3	6.1	5.9	5.8	5.6
29	7.7	7.5	7.3	7.1	6.9	6.7	6.5	6.3	6.2	6.0	5.8	5.7	5.5
30	7.6	7.4	7.2	7.0	6.8	6.6	6.4	6.2	6.1	5.9	5.7	5.6	5.4
31	7.4	7.2	7.0	6.8	6.7	6.5	6.3	6.1	6.0	5.8	5.7	5.5	5.4
32	7.3	7.1	6.9	6.7	6.6	6.4	6.2	6.0	5.9	5.7	5.6	5.4	5.3
33	7.2	7.0	6.8	6.6	6.4	6.3	6.1	5.9	5.8	5.6	5.5	5.3	5.2
34	7.1	6.9	6.7	6.5	6.3	6.2	6.0	5.9	5.7	5.6	5.4	5.3	5.1
35	6.9	6.8	6.6	6.4	6.2	6.1	5.9	5.8	5.6	5.5	5.3	5.2	5.1
36	6.8	6.7	6.5	6.3	6.2	6.0	5.8	5.7	5.5	5.4	5.2	5.1	5.0
37	6.7	6.6	6.4	6.2	6.1	5.9	5.7	5.6	5.5	5.3	5.2	5.0	4.9
38	6.6	6.4	6.3	6.1	6.0	5.8	5.7	5.5	5.4	5.2	5.1	5.0	4.8
39	6.5	6.3	6.2	6.0	5.9	5.7	5.6	5.4	5.3	5.2	5.0	4.9	4.8
40	6.4	6.2	6.1	5.9	5.8	5.6	5.5	5.4	5.2	5.1	5.0	4.8	4.7

Domande frequenti

1. Perché la quantità di ossigeno disciolto misurata non coincide con quella calcolata?

Ci sono due motivi per cui questi numeri possono non corrispondere. In primo luogo, può darsi che non si siano seguite in modo corretto le istruzioni del kit o che si siano fatti piccoli errori nella procedura usata.

Ecco alcuni suggerimenti per la risoluzione dei problemi eventualmente incontrati:

1. Assicurarsi che non siano presenti eventuali bolle d'aria nella bottiglia per il campionamento o nel titolatore (per i kit che utilizzano un titolatore). Per verificare la presenza di bolle d'aria nella bottiglia di campionamento, ruotare la bottiglia a testa in giù, una volta tappata, e cercare le bolle.
2. Misurare con precisione. Se si stanno aggiungendo gocce da una bottiglia, tenere il flacone in posizione verticale in modo che tutte le gocce siano delle stesse dimensioni.
3. Lasciare che tutto il precipitato decanti bene. Se si scuote la bottiglia troppo energicamente prima che il precipitato si depositi, possono essere necessari 10 minuti o più perché il precipitato si depositi completamente.
4. Registrare con precisione i dati. Se il kit chiede di contare le gocce, siano due le persone a contare, per assicurare l'accuratezza necessaria. Se il kit si chiede di leggere le tacche su un titolatore, assicuratevi di leggere le istruzioni allegate al kit per eseguire la lettura del titolatore con precisione.
5. Se si esegue il test in acque salate assicuratevi di fare riferimento alla Tabella HY-DO-3 per determinare la quantità massima di ossigeno che le acque con salinità possono contenere. Le acque salate (nota Labter-Crea, alla stessa temperatura e alla stessa pressione) vengono saturate con una quantità inferiore di ossigeno rispetto a quella che satura le acque dolci; in pratica, a parità di condizioni, le acque salate possono contenere meno ossigeno delle acque dolci.

Il secondo motivo per cui il valore misurato può non coincidere con quello calcolato è che ci possa essere qualcosa di sbagliato nei prodotti chimici nel vostro kit (nota GLOBE ITALIA: qualche prodotto chimico potrebbe essere scaduto). In questo caso, occorre acquistare nuove sostanze chimiche fresche.



Ossigeno disciolto – Protocollo per il kit

Guida da Campo

Task

Misurare l'ossigeno disciolto del campione di acqua usando il kit.

Materiali necessari

- Hydrology Investigation Data Sheet*
- Guanti di lattice
- Occhiali
- Kit per Ossigeno disciolto
- Acqua distillata
- Contenitore per rifiuti chimici con tappo
- Biro o matita

Sul campo

1. Compilare la parte superiore della *Hydrology Investigation Data Sheet*
2. Indossare i guanti e occhiali.
3. Sciacquare la bottiglia campione e le mani con acqua campione tre volte.
4. Mettere il coperchio alla bottiglia campione vuota.
5. Immergere la bottiglia campione nell'acqua campione.
6. Rimuovere il tappo e lasciare che la bottiglia si riempia di acqua. Spostare delicatamente il flacone o toccarlo per sbarazzarsi di bolle d'aria.
7. Mettere il tappo sulla bottiglia mentre è ancora sotto l'acqua.
8. Rimuovere la bottiglia campione dall'acqua. Girare la bottiglia a testa in giù per controllare le bolle d'aria. Se si vedono bolle d'aria, scartare questo campione. Raccogliere un altro campione.
9. Seguire le istruzioni del kit per l'Ossigeno disciolto per testare il campione di acqua.
10. Registrare l'ossigeno disciolto nel campione di acqua sulla *Data Sheet* come Osservatore 1.
11. Altri due studenti ripetano la misurazione utilizzando un nuovo campione di acqua ogni volta.
12. Registrare i dati sulla *Hydrology Investigation Data Sheet* come Osservatori 2 e 3.
13. Calcolare la media delle tre misurazioni.
14. Ciascuna delle tre misurazioni deve essere entro 1 mg/L dalla media. Se una delle misure non è entro 1 mg/L dalla media, trovare la media delle altre due misurazioni. Se entrambe queste misure sono entro 1 mg/L dalla nuova media, registrare questa media.
15. Eliminare tutte le sostanze chimiche utilizzate nel contenitore dei rifiuti. Pulire il kit di ossigeno disciolto con acqua distillata.

Ossigeno disciolto – Protocollo per sonda

Guida da Campo

Task

Misurare l'ossigeno disciolto del campione di acqua usando una sonda.

Materiali necessari

- Hydrology Investigation Data Sheet*
- Acqua distillata
- Sonda per Ossigeno disciolto
- Tavole di correzione per la Salinità (se è il caso)
- Soluzione a Zero Ossigeno (se applicabile alla sonda)
- Barometro
- Bottiglia di polietilene da 250 mL con coperchio
- Biro o matita
- Guanti di lattice

In laboratorio o sul campo

Calibrazione (eseguita entro 24 ore prima di prendere una misura)

1. Accendere la sonda come descritto nel manuale della sonda.
2. Utilizzare il barometro per misurare la pressione atmosferica nel sito. Se non è disponibile un barometro, utilizzare l'elevazione per approssimare la pressione atmosferica al sito.
3. Seguire le istruzioni del manuale della sonda per immettere le informazioni di calibrazione della sonda.
4. Seguire le istruzioni del manuale della sonda per misurare il primo punto di calibrazione (punto zero ossigeno).
5. Sciacquare la sonda con acqua distillata e asciugare senza toccare la membrana.
6. Seguire le istruzioni del manuale della sonda per misurare il secondo punto di calibrazione (100% di ossigeno).

Sul campo

1. Accendere la sonda come descritto nel manuale della sonda.
2. Abbassare la punta della sonda nel corpo d'acqua che si sta campionando e muoverla lentamente avanti e indietro se l'acqua è ferma. Se si sta misurando l'ossigeno disciolto nell'acqua un ruscello o di un fiume e l'acqua è in movimento, si tenga la sonda in posizione, senza muoverla.
3. Quando la lettura si è stabilizzata, registrare l'ossigeno disciolto nel corpo d'acqua sulla scheda *Hydrology Investigation Data Sheet*, come Osservatore 1.
4. Ripetere le letture altre due volte e registrare l'ossigeno disciolto sotto Osservatori 2 e 3.
5. Controllare per assicurarsi che le tre letture siano tra loro diverse di non più di 0,2 mg/l. Se non lo sono, continuare ad assumere letture fino a che le ultime tre diverse l'una dall'altra di non più di 0,2 mg/L.
6. Applicare la correzione della salinità (se del caso).
7. Calcolare la media delle tre misurazioni (aggiustate con la correzione della salinità, se è il caso di applicare quest'ultima).
8. Risciacquare l'elettrodo con acqua distillata e asciugare. Tappare l'elettrodo per proteggere la membrana e spegnere la sonda.

Domande frequenti

1. Perché dobbiamo fare le misurazioni alla stessa ora del giorno?

La quantità di ossigeno disciolto può cambiare durante il giorno man mano che l'acqua comincia a riscaldarsi. Più luce penetra nell'acqua, più fotosintesi essa provoca. Questo può anche far aumentare la quantità di ossigeno disciolto. Per questo motivo è importante fare le misurazioni di Idrologia alla stessa ora del giorno ogni settimana.

2. Che cosa fa cambiare il livello di ossigeno disciolto nell'acqua del fiume nel corso dell'anno?

Oltre alle differenze stagionali di temperatura, variazioni stagionali della portata del fiume, variazioni di trasparenza o cambiamenti nella produttività (quantità di crescita delle piante e degli animali in acqua) provocano cambiamenti nei livelli di ossigeno disciolto.

3. Perché la concentrazione di sale influenza la saturazione di ossigeno?

Man mano che il contenuto di sale aumenta in acqua, meno molecole di ossigeno possono essere disciolte. Pertanto, via via che la salinità aumenta, la saturazione di ossigeno disciolto diminuisce in un campione di acqua alla stessa temperatura e alla stessa pressione.



4. Che cosa è l'ossigeno disciolto alla saturazione?

L'ossigeno disciolto alla saturazione è riferito al massimo ossigeno che l'acqua può contenere ad una particolare temperatura, pressione e salinità. Quando si calibra la sonda DO, il punto di saturazione del 100% è saturo di ossigeno disciolto.

5. Perché abbiamo bisogno di misurare la salinità di volta in volta?

Nelle zone aride e semi-aride, i livelli di salinità o conduttività variano a seconda che si tratti di un periodo di siccità o di pioggia. Negli estuari, la salinità può variare a seconda del momento della marea o anche del livello di piovosità degli anni.

Ossigeno disciolto Protocollo

– Riflettere sui dati

Sono ragionevoli i dati?

La quantità di ossigeno disciolto che si misura dipende dal sito idrologia scelto. L'ossigeno si discioglie in acqua attraverso l'aerazione (acqua corrente o spruzzi), la diffusione e la fotosintesi delle piante acquatiche. Esso viene consumato dalla respirazione. La quantità massima di ossigeno disciolto che l'acqua può contenere (soluzione satura) dipende dalla quota del sito (elevazione, altitudine), e quindi dalla pressione atmosferica, dalla temperatura dell'acqua, e dalla salinità della stessa. L'ossigeno disciolto nelle acque naturali può variare da 0,0 mg/L a circa 16,0 mg/L. Nell'acqua distillata a 0,0°C l'ossigeno ha una solubilità di 14,6 mg/L al livello del mare. Acque calde, o di sorgente possono avere 4 o 5 mg/L di ossigeno disciolto circa. Acque correnti fredde possono avere livelli di ossigeno a 13 o 14 mg/L. Livelli più elevati sono possibili a causa della fotosintesi dalle piante e livelli più bassi sono possibili a causa della respirazione. Dal momento che i livelli di ossigeno disciolto sono dipendenti dalla temperatura dell'acqua, così come da altre variabili quali la fotosintesi e la respirazione in acqua, è utile cercare le tendenze stagionali. Per esempio è utile mettere in grafico i dati di ossigeno disciolto e temperatura dell'acqua raccolti per più di un anno. O anche cercare un somiglianze nei modelli stagionali. I dati di ossigeno disciolto devono essere raccolti alla stessa ora del giorno ogni settimana dal momento che i livelli di ossigeno in un sito cambiano durante il giorno man mano che l'acqua si riscalda e aumenta la fotosintesi (il fenomeno si accentua nelle ore pomeridiane). I dati raccolti in diversi momenti della giornata rendono i modelli stagionali molto più difficili da interpretare. Oltre a trovare i modelli stagionali, la rappresentazione grafica dei dati aiuta a verificare la presenza di eventuali altri errori, come ad esempio i punti decimali fuori luogo.

In Figura HY-DO-1 si nota come un valore di ossigeno disciolto di 3,0 mg/l misurato il 7 febbraio 1999 sia estremamente basso. Questo non è un valore normale per questo corpo d'acqua in questo periodo dell'anno. Ci si aspetta che il valore osservato di ossigeno disciolto sia circa di 11-13 mg/L. Se ci si imbatte in valori come questi, è opportuno contattare la scuola e chiedere di controllare due volte le schede tecniche per verificare se il valore registrato sia proprio quello che compare sul sito di GLOBE.

Dopo aver raccolto e analizzato alcuni campioni di acqua, si dovrebbe sapere circa che cosa dovrebbe essere il valore. Se si ottiene una misura inaspettata (maggiore o minore di quanto ci si aspetterebbe in base alla temperatura dell'aria e ai valori delle settimane precedenti, occorre ripetere la misura con un nuovo campione di acqua e bottiglie di campionamento pulite. Se si ottiene lo stesso risultato, segnare tra i metadati che si è consapevoli dei valori inusuali registrati per quella data e che quei dati sono effettivamente corretti.

Che cosa si cerca nei dati?

La maggior parte degli organismi non vive a livelli di ossigeno disciolto inferiore a 3,0 mg / L. Alcuni organismi sensibili non vivranno a livelli di ossigeno inferiori a 7,5 mg/L. Livelli di ossigeno disciolto che scendano a livelli bassi (cioè, a meno di 5 mg / L) sono un motivo di preoccupazione. Nutrienti in eccesso (ad esempio, fertilizzanti, acqua ricca di rifiuti organici) aggiunti al corpo d'acqua possono causare una crescita eccessiva di alghe e vegetazione, provocando un maggiore decadimento in acqua. I batteri che decompongono la materia organica usano e respirano ossigeno.

Oltre a guardare la quantità di ossigeno disciolto nell'acqua, è anche interessante confrontare la quantità di ossigeno disciolto misurata con un valore calcolato per la saturazione. Questo ci può dare informazioni sulla produttività del corpo idrico. In un corpo d'acqua produttivo, le piante produrranno ossigeno attraverso la fotosintesi. I valori di ossigeno disciolto variano nel corso della giornata, con il massimo valore che si verifica nel primo pomeriggio e livelli più bassi che si verificano durante la notte (quando la respirazione non è bilanciato da fotosintesi). In certi momenti della giornata (di solito nel primo pomeriggio), alcuni corpi idrici possono effettivamente avere una misura di ossigeno disciolto al di sopra del livello di saturazione, il che indica che l'ossigeno in più (oltre la saturazione si intende) è prodotto dalla fotosintesi e che successivamente verrà consumato dalla respirazione. I corpi idrici che sono altamente torbidi hanno una bassa penetrazione della luce e quindi bassa produttività. Essi sono tipicamente caratterizzati da bassi livelli di ossigeno disciolto. La pagina di visualizzazioni GLOBE sul sito Web visualizza i valori di saturazione dell'ossigeno disciolto, che è possibile confrontare graficamente con le misure reali ottenute nel sito idrologia.

Un esempio di ricerca fatta da uno studente mediante indagine

Formulare un'ipotesi

Una studentessa interessata all'ossigeno disciolto sta esaminando il diagramma nel tempo dell'ossigeno disciolto nel sito SWS-02 a Reynolds Jr Sr High School, chiamato "Ponte coperto" (Figura HY-DO-2). La studentessa si accorge che i valori di ossigeno disciolto a fine dicembre 2000 a gennaio 2001 sono molto più bassi rispetto ai valori registrati negli inverni precedenti. Durante tale periodo di tempo il valore oscilla da 7 a 10 mg/L per circa un mese. Nel corso degli ultimi tre inverni, l'ossigeno disciolto costantemente è variato da 11 a 15 mg / L. I bassi valori sono simili a quelli trovati nei periodi più caldi. Sapendo che i livelli di ossigeno disciolto alla saturazione sono generalmente connessi alla temperatura, la studentessa ipotizza che la temperatura dell'acqua durante questo periodo di tempo sia superiore al normale e che l'acqua più calda sia responsabile per i bassi valori di ossigeno disciolto. La studentessa contatta la scuola e viene a sapere che questo corpo d'acqua è il fiume Shenango.

Raccolta e analisi dei dati

Lei inizia tracciando i valori medi mensili di ossigeno disciolto e temperatura. Vedere la Figura HY-DO-3. Che l'ossigeno disciolto del gennaio 2001 sia insolitamente basso risulta ancora più evidente se si considerano le medie mensili. Tuttavia, non sembra esservi un corrispondente aumento della temperatura dell'acqua, che è di circa 3 ° C.

Se la temperatura è normale, allora anche i valori di saturazione dell'ossigeno dovrebbero essere alti. Ciò significa che il deficit di ossigeno disciolto, che è la differenza tra i valori osservati e quelli alla saturazione, è insolitamente alto per qualche ragione.

La pagina di visualizzazioni GLOBE calcola medie mensili per i valori di temperatura dell'acqua e di ossigeno disciolto misurato, ma non per l'ossigeno disciolto alla saturazione, per cui la studentessa decide di calcolare le medie mensili per saturazione di ossigeno disciolto. Genera un grafico con l'ossigeno disciolto, l'ossigeno di saturazione,

Per la misurazione della conduttività elettrica, il mercato offre sia sonde, che conduttimetri. Per chiarezza, le sonde sono gli strumenti che misurano la tensione o la resistenza in un campione di acqua. I conduttimetri sono strumenti che convertono le

Table HY-DO-3

	Water Temp. degrees (°C)	Dissolved oxygen (mg/L)	Saturated DO (mg/L)	DO use (mg/L)
Date				
1/2/1998	5	11.2	12.8	1.6
1/10/1998	5.5	10.5	12.6	2.1
1/17/1998	2	12.1	13.8	1.7
1/24/1998	1.5	12.6	14	1.4
1/31/1998	2	11.7	13.8	2.1
Average	3.2	11.6	13.4	1.8
Date				
1/9/1999	0	12.3	14.6	2.3
1/16/1999	0	12.3	14.6	2.3
1/23/1999	1	10.8	14.2	3.4
1/30/1999	0.5	11.6	14.4	2.8
Average	0.4	11.8	14.5	2.7
Date				
1/6/2000	3	13.6	13.5	-0.1
1/13/2000	1.2	13	14.1	1.1
1/20/2000	0	13	14.6	1.6
1/27/2000	0	13.3	14.6	1.3
Average	1.1	13.2	14.2	1.0
Date				
1/5/2001	6	9.8	12.4	2.6
1/12/2001	1	9.8	14.2	4.4
1/19/2001	2	8.5	13.8	5.3
1/26/2001	1	7.4	14.2	6.8
Average	2.5	8.9	13.7	4.8

e la temperatura dell'acqua, e quindi crea una tabella di dati. Trasferisce queste informazioni in un foglio di calcolo.

Quindi estrae tutti i valori di gennaio, per ciascuno degli anni in questione (tabella HY-DO-3). Calcola quindi il deficit di ossigeno disciolto (ossigeno disciolto alla saturazione - ossigeno disciolto misurato). Poi, per ogni anno, ella calcola la media per ciascuno dei quattro termini.

L'ossigeno disciolto medio nel 2001 è di 8,9 mg/L. Nel periodo 1998-2000, è 11,6, 11,8 e 13,2, rispettivamente.

Tuttavia, la temperatura dell'acqua è circa la stessa per tutti e quattro i mesi di gennaio esaminati: 3.2 °C, 0.4°C, 1.1°C e 2.5°C. La temperatura è effettivamente maggiore nel mese di gennaio del 1998 rispetto al 2001 e l'ossigeno disciolto misurato è più alto. Pertanto, la diminuzione di ossigeno disciolto non sembra essere correlata alla temperatura.

Il deficit medio di ossigeno disciolto varia da 1,0 a 2,7 mg/L nei primi tre anni ed è 4,8 nel 2001. Il deficit di ossigeno disciolto è quasi due volte più elevato nel gennaio 2001 di quando non lo sia nell'altro anno più alto (gennaio 1999), quando è 2,7.

Lei conclude che: valori di ossigeno disciolto misurati sono inferiori nel gennaio 2001 rispetto a gennaio 1998-2000. La temperatura dell'acqua e valori di ossigeno disciolto saturi sono circa uguali, quindi la diminuzione di ossigeno disciolto non è correlata ad una variazione di temperatura dell'acqua.

Pertanto la sua ipotesi che l'acqua calda sia stata la causa del valore di ossigeno disciolto inferiore viene bocciata. Ci sono tutti gli elementi perché la sua ipotesi venga confutata. Gli scienziati fanno questo per tutto il loro tempo. Spesso nello scoprire che la nostra ipotesi non è corretta, arriviamo ad alternative che portano ad una migliore comprensione del problema in questione.

Ricerche future

Non c'è nulla in questi dati che suggerisca perché l'ossigeno disciolto è molto più basso nell'inverno 2001 che durante i tre anni precedenti. Lo studente fa notare che l'inverno 2000-2001 sembra più lungo in durata che gli altri inverni, ma non può pensare del perché questo potrebbe influenzare i livelli di ossigeno disciolto in seguito in inverno. Si accorge anche che i dati di ossigeno disciolto estivi nel 2000 appaiono più variabili rispetto agli anni precedenti. Forse qualcosa è cambiato nel fiume in modo tale da causare un aumento della domanda di ossigeno disciolto. Un motivo potrebbe essere che più batteri, come quelli associati con la decomposizione della materia organica nelle acque di scarico, possono essere presenti nell'acqua. Uno studente può verificare se ci sono stati cambiamenti nel bacino idrografico.

Figure HY-DO-1

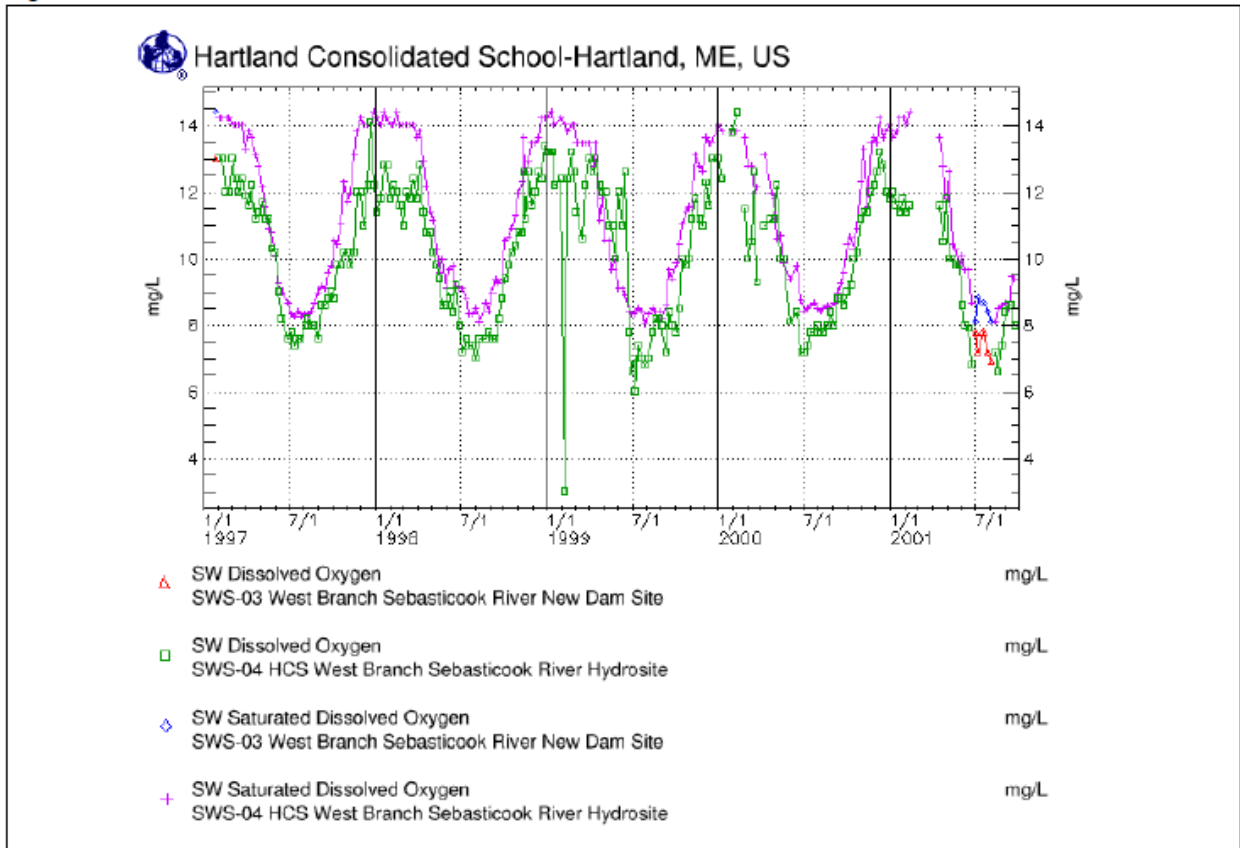


Figure HY-DO-2

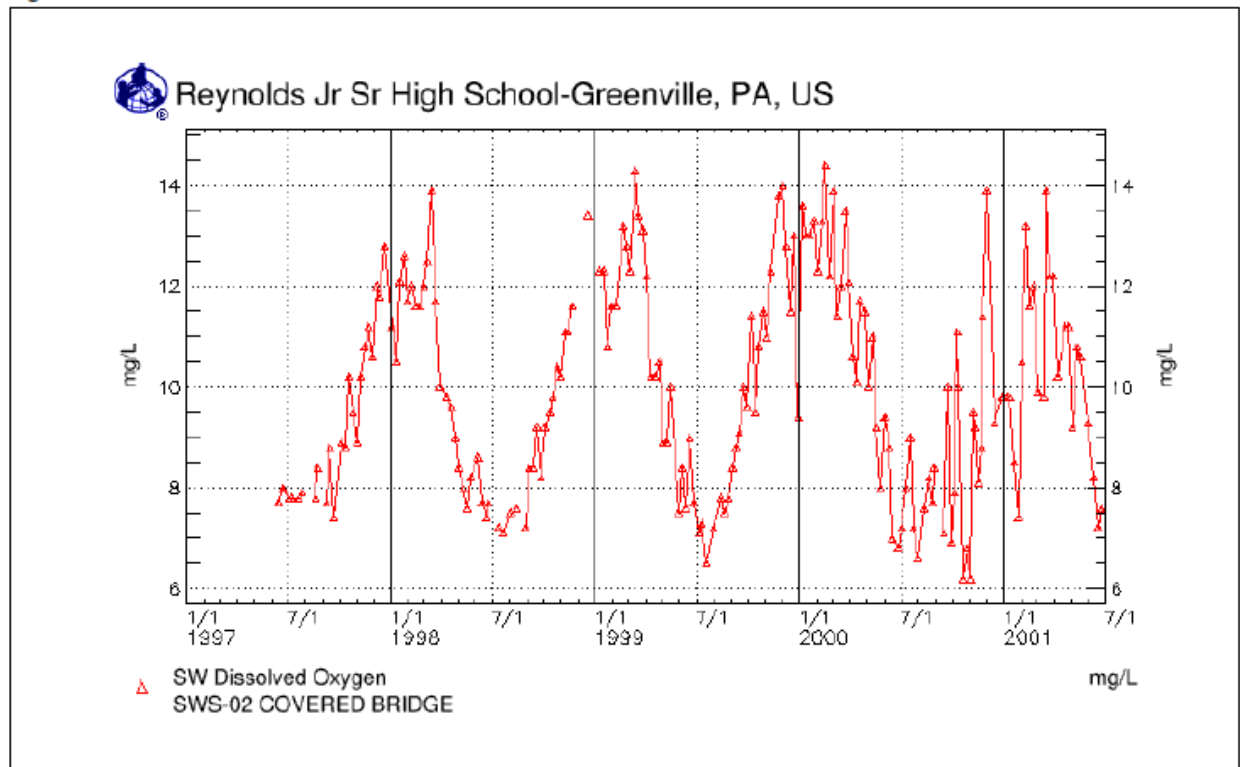


Figure HY-DO-3

