



Sudaki oksijen konsantrasyonunun optik ölçümü

Oksijen transferinin optimizasyonu, belediye ve atık su arıtma tesislerinde, kontrol ve düzenleme stratejileri için en önemli elemandır.

2003'te, HACH LANGE, → sudaki çözülmüş oksijeni saptamak için

→ LDO (**L**uminescent **D**issolved **O**xygen) ölçüm yöntemini başlatan ilk üretici oldu. LDO teknolojisi, yüksek hassasiyet, uzun hizmet ömrü ve düşük bakım maliyeti gibi yararlar sağlayan, darbeli mavi ışık esaslıdır. Sunulmasından itibaren, bu yöntemin avantajları, onun sıradan elektrokimyasal yöntemlerin yerini almasını sağladı. Bu rapor, tüm dünyada memnun kalmış binlerce kullanıcının teknik özgeçmişini ve pratik deneyimleri anlatmaktadır.

Yazar: Dr. Michael Häck
Atık su ve proses ölçüm teknolojisi
uygulama uzmanı
HACH LANGE, Düsseldorf



LDO sensörünün işlevsel prensibi

Atık su arıtma tesisleri için, oksijen önemli bir kontrol parametresidir.

Elektrokimyasal sensörlerin, iş görmeleri için, düzenli olarak kalibre edilmeleri, bakım yapılmaları ve temizlenmeleri gerekir.

LDO optik ölçüm yöntemi, elektrokimyasal sensörlerin bu zafiyetini ortadan kaldırır.

Güçlü LDO sensörü, az bakım gerektirir ve güvenilirdir.

Atık su arıtma tesislerinde oksijen analizleri

Karbonun indirgenmesi, nitrifikasyon ve denitrifikasyonun kontrolü ve düzenlenmesi, kesinlikle, havalandırma tankındaki oksijen konsantrasyonunun bilinmesine bağlıdır. Bu yüzden, kanalizasyon arıtma tesisleri işletmecileri için, sorun sadece, olup olmaması değil, ayrıca aktif çamurdaki oksijen konsantrasyonunun nasıl sürekli ölçülebileceğidir.

Oksijen ölçümü elektrokimyasal yöntemlerinin bir özelliği de, kullanım esnasında anodun sürekli erimesi ve elektrolitin tükenmesidir. Her iki işlem de, bu şekilde ölçümle elde edilen değerlerin, kaçınılmaz olarak, az güvenilir olmasına yol açar. Bu etkiler, düzenli kalibrasyon ve elektrolit değiştirilmesiyle, sadece sınırlı tutulabilirler.

2003'te tamamen yeni bir tip oksijen sensörü geliştirildi ve kullanılmaya başlandı: HACH LANGE LDO. Bir lüminoforun lüminesansı esastır ve sadece fiziksel süre ölçümü yaparak oksijen konsantrasyonunu ölçer. Zaman ölçümü sapmadığından, kullanıcının sensörü kalibre etmesi gerekmez. Böylece, elek-

trokimyasal ölçüm hücrelerinin en önemli dezavantajları, ortadan kaldırılmıştır.

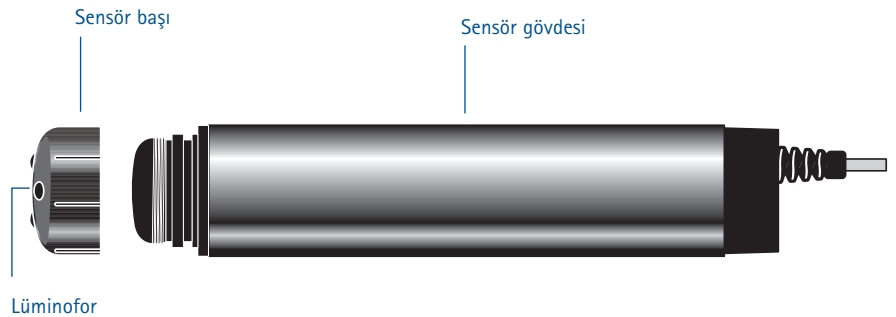
Optik ölçüm yönteminin en önemli özelliği, uzun zaman kararlı olması ve hassas ölçümler elde edilebilmesidir. Ayrıca, hassas oksijen ölçümleri sağlamak için gerekli bakım süresi büyük ölçüde azaltılmıştır.

Optik ölçüm yöntemi

Optik olarak çözülmüş oksijen ölçümü, geleneksel elektrokimyasal ölçüm yöntemlerinin dezavantajlarını ortadan kaldırmaktadır. LDO prensibi, fiziksel lüminesans olayına dayanır. Bu, ısıdan başka bir dürtüyle tahrik edildiğinde ışık yayan bazı malzemelerin özelliği olarak tanımlanır. LDO prensibi durumunda ise, bu dürtü ışıktır. Uygun bir lüminofor ve uygun bir dalga boyunda tahrik ışığı seçildiğinde, lüminesansın yoğunluğu ve zayıflaması için geçen süre, malzemenin çevresindeki oksijen konsantrasyonuna bağlıdır.

HACH LANGE LDO sensörü, iki bileşenden oluşmuştur (Şekil 1).

Şeffaf bir taşıyıcı malzemeyle kaplı sensör başı ve lüminesansı başlatan ışığı yayan mavi bir LED, referans eleman



Şekil 1: Sensör başlı LDO sensörü

olarak ışık gören kırmızı bir LED, bir foto diyot ve bir elektronik değerlendirme biriminden oluşan prob gövdesi.

Çalıştırılırken, sensör başı sensör gövdesine takılır ve suya daldırılır. Böylece analiz edilen numunedeki oksijen molekülleri, lüminoforla direkt temasta olur.

Bir ölçüm yapmak için, tahrik LED'i, darbeli mavi ışığı iletir. Enerji açısından zengin mavi ışık, oldukça hassas ölçümler yapılmasına imkan sağlar. Işık darbesi (50 msan), şeffaf taşıyıcı malzemeden, radyan enerjisinin bir kısmını verdiği lüminofora geçer. Bu lüminofordaki bazı iyonların temel enerji seviyelerinin bir üstüne çıkmalarına sebep olur. Bunlar, mikro saniyeler içerisinde, birçok ara seviyeler vasıtasıyla kırmızı ışık şeklinde kaybettikleri enerjilerini yayarak eski enerji seviyelerine dönerler (Şekil 2).

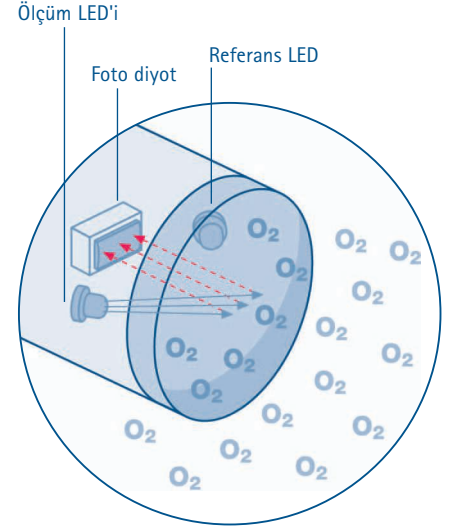
Oksijen molekülleri, lüminoforla temasta olduklarında, iki etki meydana gelir: Öncelikle, oksijen molekülleri, daha yüksek seviyeli elektronların enerjisini absorblayabilir ve onların ışık yaymadan temel enerji seviyelerine dönmelerini sağlarlar. Oksijen konsantrasyonu ne kadar

fazlaysa, yayılan kırmızı ışığın yoğunluğu o kadar azalır.

Oksijen molekülleri aynı zamanda, lüminoforda "şoklara" sebep olurlar, öyle ki elektronlar daha yüksek enerji seviyelerinden daha hızlı geri dönerler. Böylece yayılan kırmızı ışığın ömrü kısalmış olur.

Her iki olay da, söndürüm olarak görülür. Şekil 4, etkilerini göstermektedir: $t=0$ 'da mavi LED tarafından iletilen ışık darbesi, kırmızı ışık yayarak derhal cevap veren lüminofora çarpar. Kırmızı ışığın maksimum (I_{max}) yoğunluk ve zayıflama süresi, çevresindeki oksijen konsantrasyonuna bağlıdır (zayıflama süresi burada, tahrikten sonra kırmızı ışığın maksimum yoğunluğunun $1/e$ 'sine dönmesinden önce geçen süre anlamındadır).

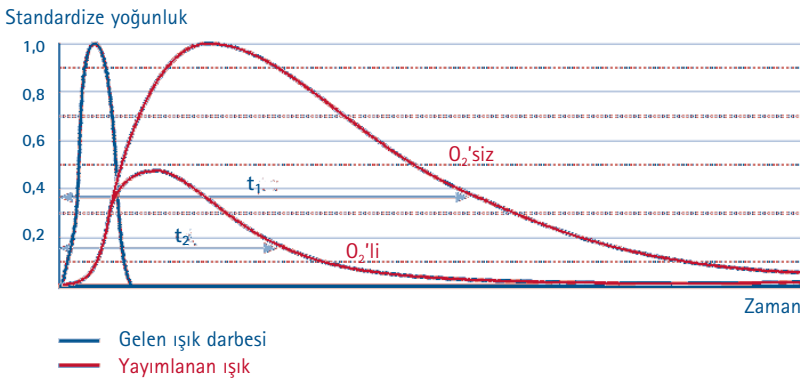
Oksijen konsantrasyonunu saptamak için, kırmızı ışığın t ömrü değerlendirilir. Bu yüzden, oksijen ölçümü sadece fiziksel süre ölçümüne dayanmaktadır.



Şekil 2: HACH LANGE LDO'nun işlevsel prensibi



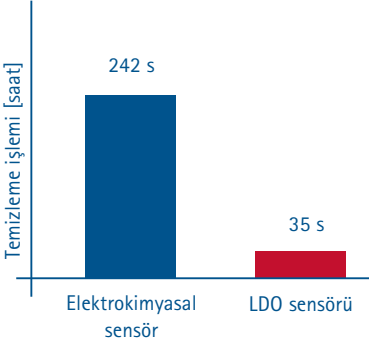
Şekil 3: Sensördeki mavi ve kırmızı LED



Şekil 4: Zamana göre mavi tahrik ışığı ve kırmızı yayılan ışığın yoğunluğu

Enerji açısından zengin mavi ışık, yüksek çözünürlükte ölçüm sinyalleri verir. Bu yüzden, mavi ışık, düşük enerjili ışıkla örneğin yeşil ışıkla ulaşılamayan bir hassasiyet içindedir.

LDO sensörünün yararları



Şekil 5: 12 oksijen problu bir kanalizasyon arıtma tesisinde tipik yıllık temizlik işi

LDO ölçüm sistemi, her ölçümden önce dengelenir.



Şekil 6: Prob yüzeyi, kolay temizlenir.

Darbeli mavi tahrik ışığının seçilmesi, yoğun emisyonlu kırmızı lüminesanın kolaylıkla ölçümüne, böylece, geniş bir ölçüm aralığı sağlanmasına ve düşük saptama sınırına yol açar.

Sensör, sürekli probdaki kırmızı referans LED yardımıyla dengelenir. Her ölçümden önce, radyasyon özellikleri bilinen, lüminoforda yansıyan ve lüminesan ışığın aynı yolunda tüm optik sistemi geçen bir ışık demeti iletir.

LDO teknolojinin avantajları

Kurulu elektrokimyasal çözülmüş oksijen ölçüm yöntemleri, kullanıcının, düzenli bakım yapmasını gerektirir. Sensörlerin yanıtıcı sonuç verme eğilimlerinin belirli sınırlar içinde tutulabilmesinin tek yolu bu olduğundan, temizleme, kalibrasyon, membran ve elektrolit değişimi, anodun zımparalanması ve bu faaliyetlerin belgelendirilmesi gerekli ve kaçınılmaz görülür. Alternatif yöntemler bulunmadığında ve biyolojik kanalizasyon arıtma tesislerinde oksijen parametresinin önemi göz önüne alınarak, kullanıcılar, bu ek işi kabul etmekten büyük ölçüde kaçınmaktadırlar.

Yeni optik ölçüm yöntemi, bir alternatif sunmaktadır. Elektrokimyasal yöntemlerle karşılaştırıldıklarında, optik yöntemler, kullanıcıya, ölçülmüş değerlerin niteliği ve gerekli bakım miktarı anlamında önemli avantajlar sunmaktadır (Şekil 5).

Kalibrasyon yok

Optik LDO yöntemi, sapma gerçekleşmeyen zaman ölçümüne dayanarak oksijen konsantrasyonunu ölçer. Sensör başındaki herhangi bir aşınma yada fotosolma, yayılan kırmızı ışığın yoğunluğunu etkiler ama -sadece numunedeki oksijen konsantrasyonuna bağlı olan- yaşam süresini etkilemez. Tüm optik bileşenler, her ölçümden önce, yayımlanan lüminesanla tam olarak aynı yolda iletilen kırmızı LED'den gelen bir ışık darbesine göre ayarlanırlar.

Bu yüzden kullanıcının yanlış kalibrasyonu diye bir şey ortadan kaldırılmış olur.

Membran yada elektrolit değişimi yok

LDO yönteminde, elektrolit, elektrotlar ve membranın yerini, sensör başındaki oksijene duyarlı kaplama almıştır. Kullanıcının yapmak zorunda olduğu tek şey iki yılda bir bu başı değiştirmektir.

Yüksek ölçüm doğruluğu

Enerji bakımından zengin tahrik ışığı, LDO sensörüne daima yüksek ölçüm doğruluğu sağlar.

Numuneyi hareket halinde tutmaya gerek yoktur

Elektrokimyasal ölçüm yöntemleri, katotta oksijenin hidroksit iyonlarına indirgenmesi sonucu oluşan akım yada voltajı saptarlar. Bu "oksijen tüketimini" telafi etmek için, oksijen molekülleri elektrolitte sürekli dağılımaldırlar. Sensöre komşu oksijen moleküllerindeki azalma, sadece, numunenin sensör civarında hareket halinde tutulmasıyla önlenebilir.

LDO yöntemi, oksijeni tüketmez. Sadece oksijen moleküllerinin oksijene hassas tabakayla temasta olması gerekmektedir. Numunenin sensör civarında hareket halinde tutulması gerekmez.

Kirlenmeden etkilenmeme

Kirlenen membranın difüzyonu engellemesi yüzünden elektrokimyasal ölçüm hücresinde oksijen dönüşümü sınırlıysa, yanıtıcı ölçüm sonuçları elde edilecektir. LDO ölçüm prensibi, herhangi bir oksijen tüketimine dayanmaz. Bu yüzden, oksijen tüketmeyen malzemeler yüzünden kirlenme, sadece, cevap süresini artırır ancak yanıtıcı ölçüm sonuçları alınmasına neden olmaz.

Sensör H₂S sebebiyle bozulmaz

Gaz H₂S, elektrokimyasal ölçüm hücrelerinin anodu üzerinde neredeyse hiç çözünmeyen gümüş sülfid tabakası oluşmasına neden olur. Bu, hücreleri kullanılmaz hale getirir. LDO lüminoforu, H₂S'e ve diğer birçok kimyasallara karşı dirençlidir. Bu yüzden sensör, zor uygulamalarda sorun çıkmadan kullanılabilir.

Hızlı cevap süreleri

Optik yöntem sadece oksijen moleküllerinin lüminoforla temasta olmasını gerektirir. Bu yüzden optik ölçüm yönteminin cevap süreleri, saniyelerle ifade edilmektedir. Eğer daha düz bir sinyal görünümü istenirse, transformatör, sinyali azaltmaya ayarlanabilir.

Düşük oksijen konsantrasyonlarında mükemmel hassasiyet

Ölçüm hassasiyetinin etkisi (lüminesanın yaşam süresinin değişimi/oksijen konsantrasyonu değişimi ($\Delta\tau / \Delta c_{O_2}$)), oksijen konsantrasyonu azaldıkça artar. Bu yüzden ölçüm prensibi, düşük ölçüm aralığında özellikle iyi çözüm sunar.

Sağlam sensör

LDO sensörü, mekanik baskılara karşı özellikle dirençlidir. Çalışması sırasında yada kullanıcı temizlerken membranın hasara uğraması dışında sorun meydana gelmeyecektir.

Sensörün uzun hizmet ömrü

Darbeli mavi tahrik ışığı, yoğun lüminesanın ancak aynı zamanda da, sensör başının son derece uzun ömürlü olmasının teminatıdır. Oldukça uzun deneyim dönemine dayanarak, HACH LANGE sensör başı için 24 ay garanti vermektedir!

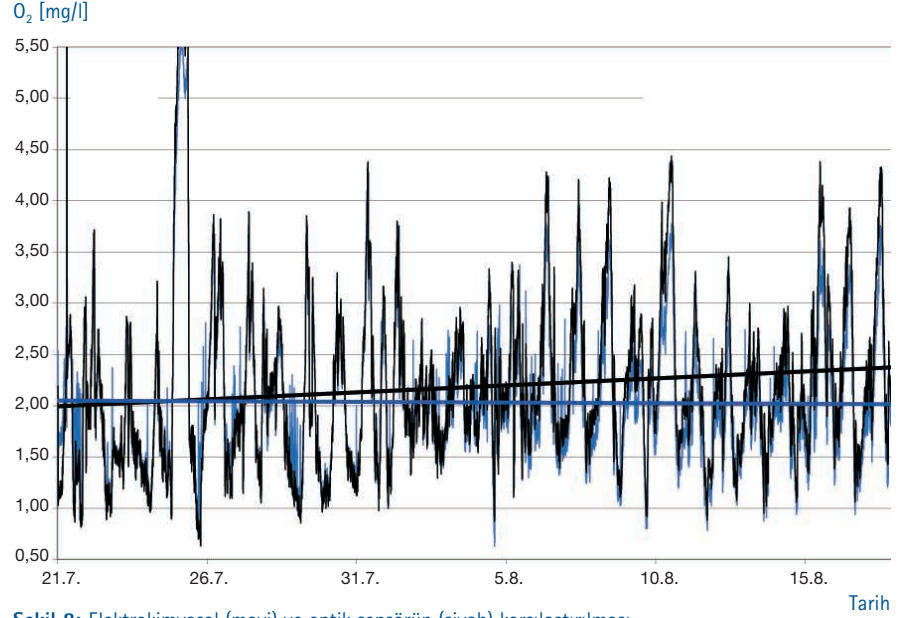


Şekil 7: Zorlu ortamlarda bile LDO sensörü normal işlev görür. Bakım miktarı minimumdur.

**24 AY!
GARANTİ**

Bir ölçüm yapmak için, LED tahriki, bir mavi ışık darbesi iletir. Bu, kısa, enerji açısından zengin darbe, lüminofor üzerine en düşük baskıyı uygular ve iki yıldan fazla güvenilir okumalar elde edilmesini sağlar!

Uygulamadan gelen ölçüm tecrübesi



Şekil 8: Elektrokimyasal (mavi) ve optik sensörün (siyah) karşılaştırılması

LDO sensörü, sıradan sensörlerden daha güvenilir ölçüm yapar ve enerji tasarrufu sağlar.

Ölçüm sonuçları

Şekil 8, dört haftalık bir dönem boyunca optik oksijen sensörü ve sıradan bir elektrokimyasal yöntemle elde edilen sonuçları göstermektedir. Ölçüm yeri, bir belediye kanalizasyon arıtma tesisinin havalandırma tankıdır.

Oksijen, elektrokimyasal sensörün ölçüm değerlerine göre düzenlenmektedir. Kontrol ünitesi, aeratörü, elektrokimyasal oksijen sensörünün sağladığı ortalama ölçüm değerini hedef değere tekabül edecek şekilde ayarlar. Eğer sensör gerçek konsantrasyondan daha düşük bir okuma verirse, bu durum, havalandırma tankında, kapalı kontrol döngüsünde hemen anlaşılacak olan istenmeyen bir yüksek konsantrasyona sebep olur.

Buradaki örnekte, sensörün hatalı sonuçları, bu dört haftalık dönemden itibaren, havalandırma tankında istenen 2 mg/l'lik ortalama konsantrasyonun 0,4 mg/l üstünde bir ortalama oksijen

konsantrasyonuna sebep olur (siyah düz çizgiyle gösterilen). Bu fark, teknik bakımdan, oksijenin denitrifikasyon bölgesine taşınması gibi proses için dezavantajlara sahiptir. Havalandırma tankındaki gerçek oksijen konsantrasyonu, yeni optik sensörle gösterilmektedir.

Prosesin ekonomisi açısından kötü olduğu için, havalandırma tankındaki gereksiz yere yüksek oksijen konsantrasyonlarından sakınılmalıdır. ATV çalışma tablosu A 131 [1, 2]'ye göre, aktif çamurun havalandırılması için gerekli oksijen:

$$N \sim C_s / (C_s - C_x) \text{ 'dir.}$$

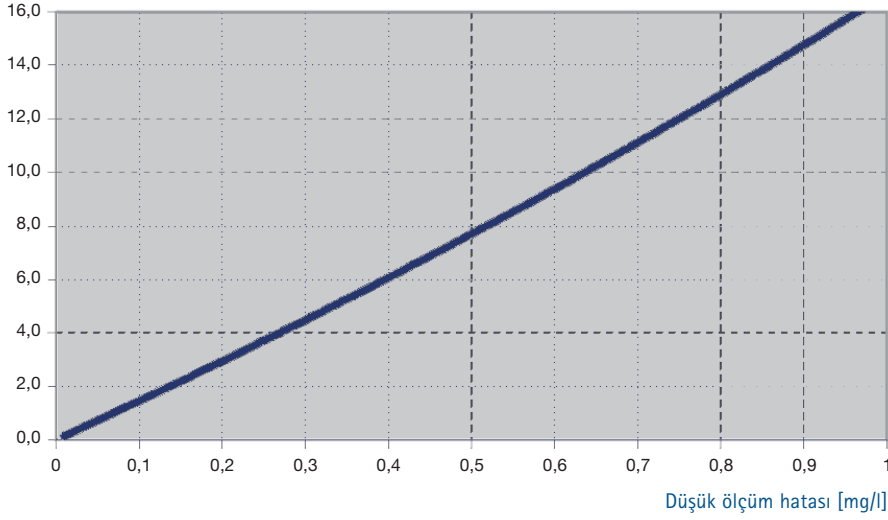
Burada

C_s : kabul edilen oksijen doygunluk konsantrasyonudur ve

C_x : oksijen konsantrasyonudur.

Oksijen konsantrasyonu C_x arttıkça, havalandırma tankında oksijen transferi için enerji ihtiyacı N ve buna bağlı olarak da enerji masrafları artar.

Ek enerji gereksinimi [%]



Şekil 9: Düşük oksijen ölçümlerindeki hatadan dolayı ek enerji gereksinimi (2 mg/l oksijen konsantrasyonu ve 9,0 mg/l doymuluk konsantrasyonuna göre)

Şekil 8 9,0 mg/l oksijen doymuluk konsantrasyonu C_s ve 2,0 mg/l hedef oksijen konsantrasyonu C_x varsayıldığında, düşük oksijen ölçümlerine atfedilebilen ek enerji girdisini göstermektedir. Örnekte, ölçümlerin oksijen konsantrasyonunu gerçeğinden 0,4 mg/l eksik göstermesi, enerji girişinde %6 artışa sebep olmuştur.

Aritma tesislerinde enerji tüketiminin %60-70'inin aktif çamuru havalandırmak üzere kullanıldığı düşünülürse, her koşul altında yanıtıcı sonuçlardan kaçınılması gerektiği aşikardır.

Özet

HACH LANGE'nin LDO oksijen sensörünün en önemli özellikleri, enerji bakımından zengin mavi ışıkla darbeli tahrik ve bir kırmızı referans ışık demetiyle ölçüm sisteminin devamlı dengelenmesidir. Bunlar LDO'yu düşük konsantrasyonlarda bile maksimum doğruluğu olan, kararlı hatasız ölçüm değerleri veren ve minimum bakım gerektiren ideal bir oksijen sensörü yapar. Kullanıcının tüm yapması gereken, iki yılda bir sensör başını değiştirmek ve ara sıra sensörü temizlemektir.

Sonuç: LDO, sıradan elektrokimyasal sensörlerin zayıf yönlerini yenmiştir ve diğer optik sistemlerden de üstündür.



Şekil 10: Ayrıca sahada ve laboratuvarında kullanılmak üzere portatif model bir LDO sensörü de mevcuttur.

Literatür & teknik veriler

Literatür

- [1] Merkblatt ATV-DVWK -A 131:
Bemessung von einstufigen Belebungsanlagen, Mai 2000
- [2] ATV Handbuch Betriebstechnik,
Kosten und Rechtsgrundlagen der Abwasserreinigung, Ernst & Sohn Verlag, 4. Aufl. 1995, S. 208-225
- [3] EPA Letter Recommendation of LDO Method 10360

Teknik veriler

Ürün numarası	LXV416.99.00001
Tanım	Sensör başlıklı çözünmüş oksijen probu
Ölçüm yöntemi	Luminesan, optik
Eksitasyon	Darbeli mavi ışık
Kalibrasyon	Gerekmez
Ölçüm aralıkları	0,1 – 20 mg/l (ppm) O ₂ ; 1 – 200% O ₂ doygunluğu; 0,1 – 50 °C
Doğruluk	± 0,1 mg/l O ₂ < 1 mg/l; ± 0,2 mg/l O ₂ > 1 mg/l
Tekrarlanabilirlik	Ölçüm aralığının son değerinin ± 0,5'i
Cevap süresi	T90 < 40 saniye (20 °C), T95 < 60 saniye (20 °C)
Sıcaklık aralığı	0 – 50 °C
Sıcaklık sensörü	NTC entegre, otomatik sıcaklık kompensasyonu
Sensör kablosu	10 m geçmeli bağlantılı sağlam kablo
Minimum akış hızı	Yok
Malzeme	NORYL, paslanmaz çelik 316
Boyutlar U x Ç	292 x 60 mm (11,5 x 2,4 inç)
Garanti	24 ay prob ve sensör başlığı
Montaj gereçleri	Tankta, sabit yada zincirli montaj; raya monte; talep üzerine hatta; baypas

Önceden bildirmeksizin değiştirilebilir.

HACH LANGE Servisleri



Sipariş ve teknik destek için bize her zaman ulaşabilirsiniz.



Teknik saha çalışanlarımızla saha desteği.



HACH LANGE treyleriyle proses optimizasyonunda masraftan tasarruf.



www.hach-lange.com güncel bilgilerle ve güvenli indirmelerle.



Servis kontratıyla uzatılmış garanti.



Posta ve epostayla sürekli müşteri bilgisi.