

ATIKSU ARITMADA AMONYUM KONTROL BAZLI HAVALANDIRMA



## İçindekiler

1. GİRİŞ .....	3
2. NİTRİFİKASYON VE DENİTRİFİKASYON .....	7
2.1 SİMÜLTANE NİTRİFİKASYON DENİTRİFİKASYONU (SND) .....	7
2.2 NİTRİT SHUNT (ŞÖNT, YAN YOL) İŞLEMİ .....	8
3. AMONYUM KONTROL BAZLI HAVALANDIRMA .....	10
4. GERİ BESLEMELİ VE İLERİ BESLEMELİ ABAC UYGULAMASI .....	14
4.1 AMONYAK TABANLI GERİ BESLEMELİ KONTROL .....	15
4.2 AMONYAK TABANLI İLERİ BESLEMELİ KONTROL .....	17
5. İZLEME YERİ .....	21
6. UYGULAMALAR .....	25
7. KAYNAKLAR .....	27

Tablo 1. Ölçüm Değerleri .....	23
--------------------------------	----

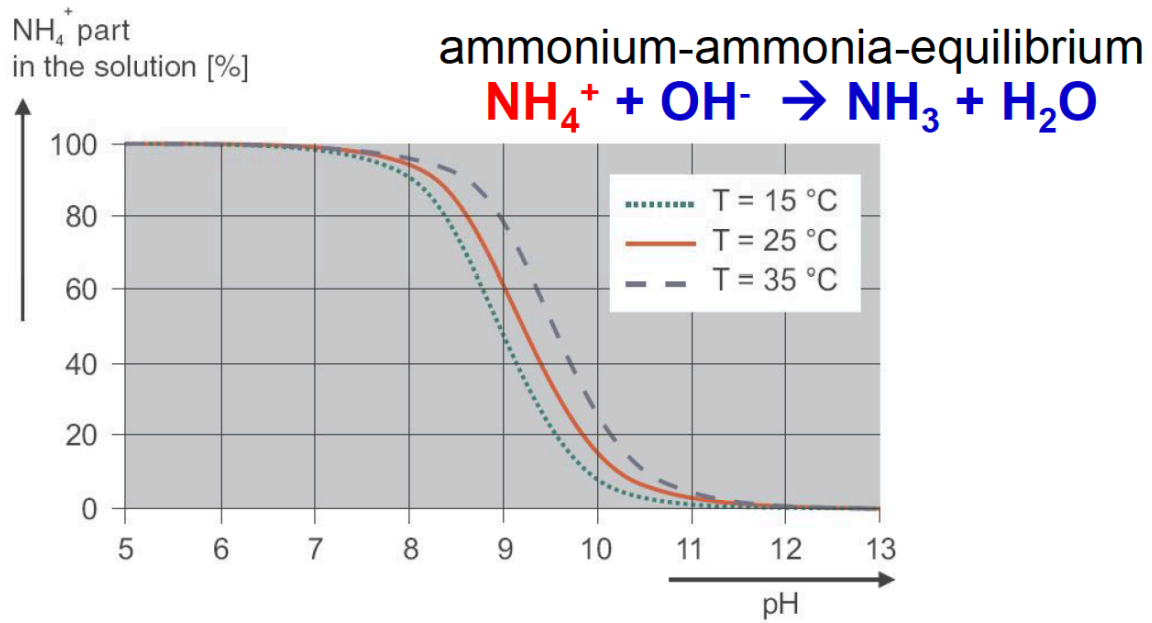
Şekil 1. Amonyum ile Amonyak Arasındaki İlişki .....	3
Şekil 2. Çözünmüş Oksijen Kontrollü Havalandırma Sistemi .....	5
Şekil 3. Klasik AAT'de Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon İşlemi .....	7
Şekil 4. Eşzaman Nitrifikasyon Denitrifikasyonu (SND) .....	8
Şekil 5. Nitrit Shunt (Şönt, Yan Yol, Hat Değiştirme, Kısa Yol) Devresi Prosesi .....	9
Şekil 6. Klasik bir AAT'de Amonyum Kontrol Bazlı Havalandırma .....	10
Şekil 7. ABAC Esaslı Çalışma Sistemi (Direk NH <sub>4</sub> Ölçüm Esaslı İzleme) .....	13
Şekil 8. Geri Beslemeli Sistem .....	16
Şekil 9. Geri Beslemeli Sistemin Akım Şeması .....	16
Şekil 10. İleri Besleme Akım Şeması .....	20
Şekil 11. Hutchinson'daki AAT'de Amonyak ve ÇO İzleme Yerleri .....	21
Şekil 12. ÇO Kontrolünde Esnasında Ortalama ÇO Konsantrasyonu .....	22
Şekil 13. ÇO, pH, ORP ve Amonyum Ölçüm Yerleri .....	23
Şekil 14. AAT'de Yanlış Havalandırma Uygulaması .....	24
Şekil 15. AAT'de Doğru Havalandırma Uygulaması .....	24
Şekil 16. Dokuz Kademeli AAT Besleme Sistemi .....	25

### 1. GİRİŞ

Atıksu arıtma tesisleri (AAT), atık su deşarj sınır değerlerine ilişkin daha katı düzenlemelere uyma talebinin artması ile sürekli olarak çeşitli kontrol stratejileri uygulamaktadır. Böyle bir gereklilik, amonyak salımını önlemektir.

Atık su deşarj limitleri uygulanmazsa arıtılmış sudaki bakiye amonyanın alıcı su ortamında kritik oksijen tüketmesine neden olur ve buda su kalitesine zarar verir. Ayrıca, yüksek pH seviyelerinde ve yüksek sıcaklıklarda, amonyum/amonyak dengesi, su ve deniz biyotası için toksik olabilecek daha büyük bir serbest amonyak konsantrasyonunu destekler.

Amonyum ile amonyak arasındaki ilişki **Şekil 1**'de verilmiştir.



**Şekil 1.** Amonyum ile Amonyak Arasındaki İlişki

- Dengesiz  $NH_4^+$  algılama yaklaşık pH 8,5 kadar iyi.
- pH değeri >8,5  $NH_4^+$ : algılama pH dengelemesi gerektirir.

Arıtılmış atıksuda bakiye amonyum problemlerinin yaşanmaması için AAT aerobik havuzlarında gerçekçi olmayan yüksek oranda,  $\text{ÇO} \geq 2$  mg/L gibi, havalandırma yapılmaktadır. Gerçekte BOI giderimi ve amonyumun nitrata dönüşümü 2 mg/L'den daha düşük  $\text{ÇO}$  değerlerinde gerçekleşmektedir. Havalandırma havuzunda  $\text{ÇO} > 1,5$  mg/L ulaştığında nitrifikasyon hızı maksimuma ulaşmaktadır.

Bu tip olaylar havalandırma bölgelerinde çözünmüş oksijen ( $\text{ÇO}$ ) ayar noktalarının yükseltilmesiyle önlenir.  $\text{ÇO}$  kontrollerinin tek başına kullanılması sınırlı uygulanabilirliğe sahiptir ve aktif çamur prosesinde arıtma etkinliğini etkileyebilir.

Denitrifikasyonu önemli ölçüde etkileyebilecek birkaç faktör, yüksek  $\text{ÇO}$  konsantrasyonları, havalandırma havuzlarının sonuna doğru uygun salınım bölgesi kontrollerinin olmaması ve ayrıca dahili karışık sıvı geri dönüşüm (IMLR) pompalarının uygun kontrolünün olmamasıdır. Bazı AAT'lerinde, bu başka bir uyum faktörüdür.

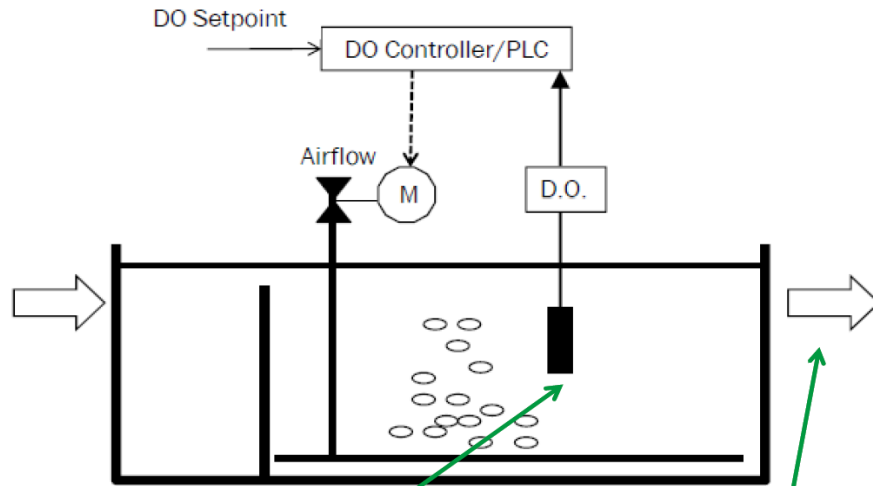
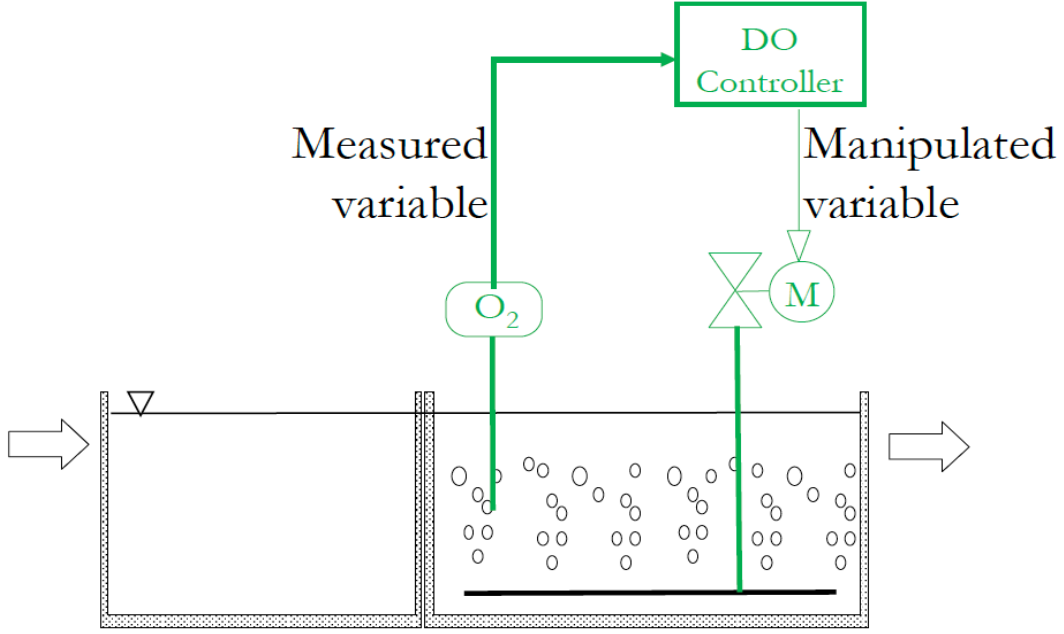
## Atıksu Arıtmada Amonyum Kontrol Bazlı Havalandırma

Arıtma için gereken havalandırmayı optimize etmek ve AAT'lerinde etkin besin giderimini sağlamak için, havalandırma ünitesinde blowerları ve IMLR pompalarını kontrol etmek için diğer sensörlerle birleştirilmiş amonyak analizörlerini içeren bir kontrol paketi önerilir. Uzaktan kumanda amonyak analizörü ve ÇO sensörlerinden ileri besleme/geri besleme döngüsü kullanmak, daha yüksek bir ÇO ayar noktası altında daha iyi performansla enerji tasarrufu sağlanabilir. Enerji ve maliyet tasarrufuna ek olarak, bu enerji verimliliği yatırımının enerji dışı etkileri, iyileştirilmiş sistem performansı ve atıksu deşarj kirliliğinin çevresel etkilerini azaltmaktadır.

Klasik atıksu arıtma sistemlerinde oksijen ölçümünün tam olarak nereden yapılması gerektiği ve hangi oksijen ayar noktasında çalışması gerektiği klasik bir sorun teşkil ediyor. Sistem sabit havalandırmadayken bile havuz boyunca farklı noktalarda zamanla ölçüm değerlerinin değiştiği görülebiliyor. Özellikle bazı durumlarda aşırı havalandırma sonucunda anoksik olması gereken havuza oksijen taşınıyor ve azot giderimi adımı olan denitrifikasyon basamağı yetersiz kalabiliyor. Bu olayların kontrolü için basit bir yöntem olarak havuz boyunca farklı noktalarda aynı derinlikte seyyar bir oksijen metre ile oksijen ölçümü ile aerobik ve anoksik hacmin kontrolü yapılabiliyor. Bu işlem gün içinde farklı saatlerde tekrarlanarak değişen yük durumuna göre kontrol edilebiliyor.

Çoğu klasik AAT'lerinde, ÇO konsantrasyonu 2 mg/L üzerinde tutularak aerobik havuzda aşırı hava tüketilmesine neden olunmaktadır.

Klasik AAT'de oksijen bazlı havalandırma **Şekil 2'**de verilmiştir.



DO setpoint chosen to minimize historical  $\text{NH}_4$  breakthrough.

Şekil 2. Çözünmüş Oksijen Kontrollü Havalandırma Sistemi

Şekil 2’de görüldüğü gibi havalandırma havuzunda ÇO konsantrasyonuna bağlı olarak havalandırma yapılmaktadır. Aerobik havuzların ÇO ölçüm esasına göre çalışması önemlidir.

Mevcut AAT’lerinde tek başına ÇO ölçümü ile verimli atıksuyu arıtımı yeterli değildir.

## Atıksu Arıtmada Amonyum Kontrol Bazlı Havalandırma

AAT'lerinde, kontrollü ve değişken amonyak ölçümüne dayalı havalandırma kontrolü iki nedenden biri için uygulanır:

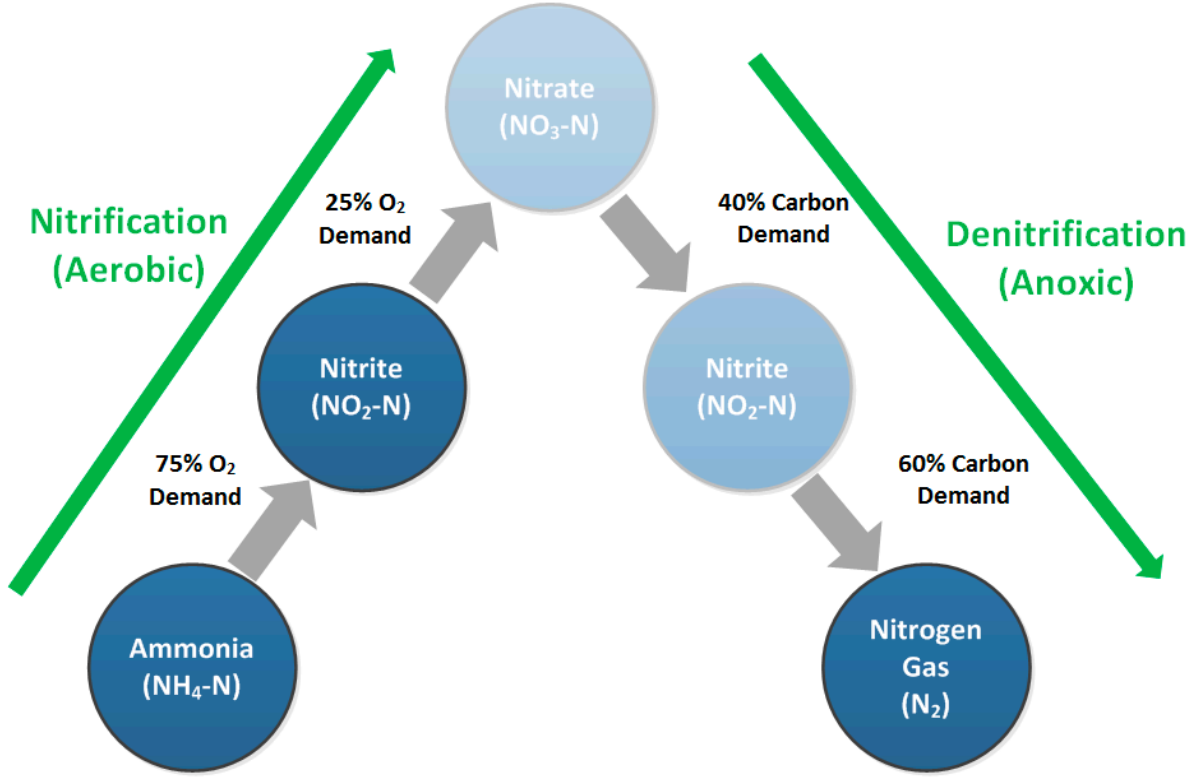
1. Havalandırma maliyetlerini azaltmak.
2. Bakiye amonyaktaki tepe noktalarını azaltmak.

Bu sistemle gerçekleştirilen çalışmalarda havalandırma sınırlamasının önemli ölçüde enerji tasarrufu sağladığı ispatlanmıştır. Ayrıca harici karbon ilavesi azaltılabilir, denitrifikasyon ve biyolojik fosfor (bio-P) performansı artırabilir.

Havalandırmayı sınırlamak için amonyak kontrolü, esasen atıksuda 1-2 mg/L amonyum azotunu koruyarak tam nitrifikasyonun sınırlandırılması için geri besleme veya ileri besleme kontrolüne dayanmaktadır. Havalandırma kontrolünün etkili amonyak yükünün izlenmesine dayandığı ileri ve geri beslemeli amonyak kontrolüne artan önem verilmiştir. Tipik olarak, amaç ani yük değişikliklerinin etkisini tahmin etmek ve böylece bakiye amonyak piklerini azaltmaktır. Ve aşırı havalandırmaya son vermektir.

## 2. NİTRİFİKASYON VE DENİTRİFİKASYON

Aerobik/anoksik bir biyolojik besi maddesi giderme işleminde atıksudan azot giderimi, klasik AAT'lerinde Şekil 3'de gösterildiği gibi tam nitrifikasyon işlemini takiben denitrifikasyon işlemi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3. Klasik AAT'de Nitrifikasyon ve Denitrifikasyon İşlemi

Aerobik şartlarda nitrifikasyon ve anoksik şartlarda denitrifikasyon işlemi gerçekleşir. Bu proses esnasında önemli miktarda ÇO ve karbon tüketilir.

Amonyum oksidasyon bakterileri (AOB), amonyumu nitrit okside eder. Takiben nitrit oksidasyon bakterileri (NOB), nitriti nitrata okside ederler. Her iki kademedeki ÇO kullanılır.

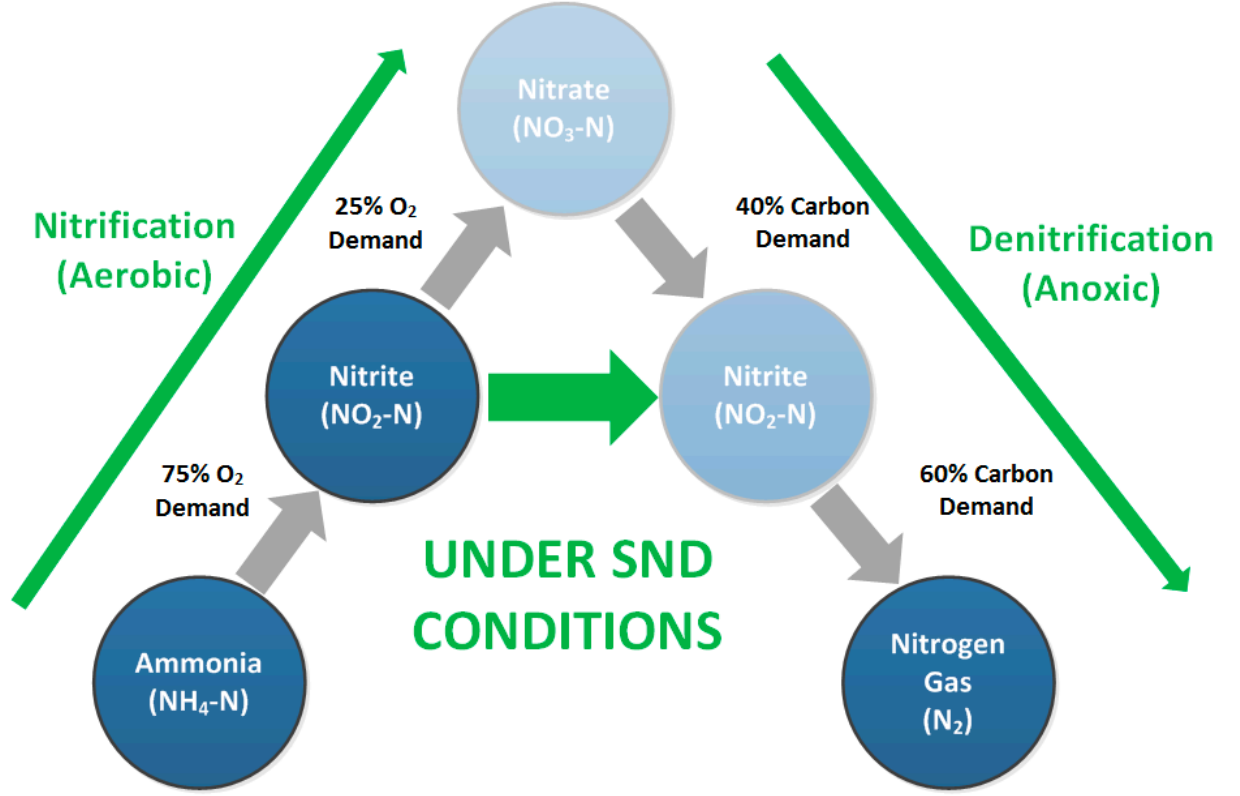
Anoksik şartlarda denitrifikasyon işlemi esnasında organik karbon kaynağı ile nitrat azot gazına indirgenir. Bu işlem de iki kademedir; nitrat önce nitrite ve takiben nitrit azota indirgenir.

Klasik AAT işletilmesinde amonyum azotu, nitrata kadar okside ediliyor, oksidasyon esnasında ciddi oranda ÇO tüketiliyor, sonra nitrat, nitrite ve nitrit ise azot gazına indirgeniyor.

### 2.1 SİMULTANE NİTRİFİKASYON DENİTRİFİKASYONU (SND)

Simultane (eşzamanlı) Nitrifikasyon Denitrifikasyon (SND) işleminin teşvik edildiği AAT'lerinde, havalandırma biyoreaktöründe (sıra ile değişen veya düşük ÇO koşulları altında) denitrifikasyon işlemde gerçekleştirilir, bu işlem tam olarak takip edilir. Bu işlem aşağıdaki faydaları sağlar:

- SND aktivitesiz AAT'leri SND'li tesislerle karşılaştırıldığında SND'li işletmelerde elde edilen azaltılmış TN (aynı etki C:N oranı için) – oksidasyondan önce denitrifikasyon işleminde karbon daha büyük oranda kullanılır.
- Azaltılmış havalandırma ihtiyaçları – karbon büyük oranda, oksidasyon yerine, denitrifikasyon için kullanılır.



**Şekil 4.** Eşzaman Nitrifikasyon Denitrifikasyonu (SND)

SND işlemi aşağıdaki iki çevresel şartlarda gerçekleşir;

- Reaktör içinde aerobik ve anoksik bölgeler mevcut,
- Flok partiküller içinde aerobik ve anoksik bölgeler mevcut,

SND işleminde kısmi havalandırma ile KOI gideriminin iyileştiği tespit edilmiştir. SND, tam olarak azot giderme metodudur.

## 2.2 NİTRİT SHUNT (ŞÖNT, YAN YOL) İŞLEMİ

Nitrit, hem nitrifikasyon hem de denitrifikasyon için bir ara adım olduğundan, nitrifikasyon işlemi ilk nitrit adımında durdurulursa ve anoksik koşullar sunulursa, nitrit azot gazına indirgenebilir.

Bu işlem Nitrit, Nitritasyon - Denittasyon veya Nitrit shunt (yol değiştirme, kısa yol, hat değiştirme) yoluyla SND olarak bilinir ve ayrıca 'Kısa yol azot giderimi' işlemi olarak kabul edilir. Bu, hem oksijen hem de karbon gereksinimleri için önemli tasarruflara neden olabilir.

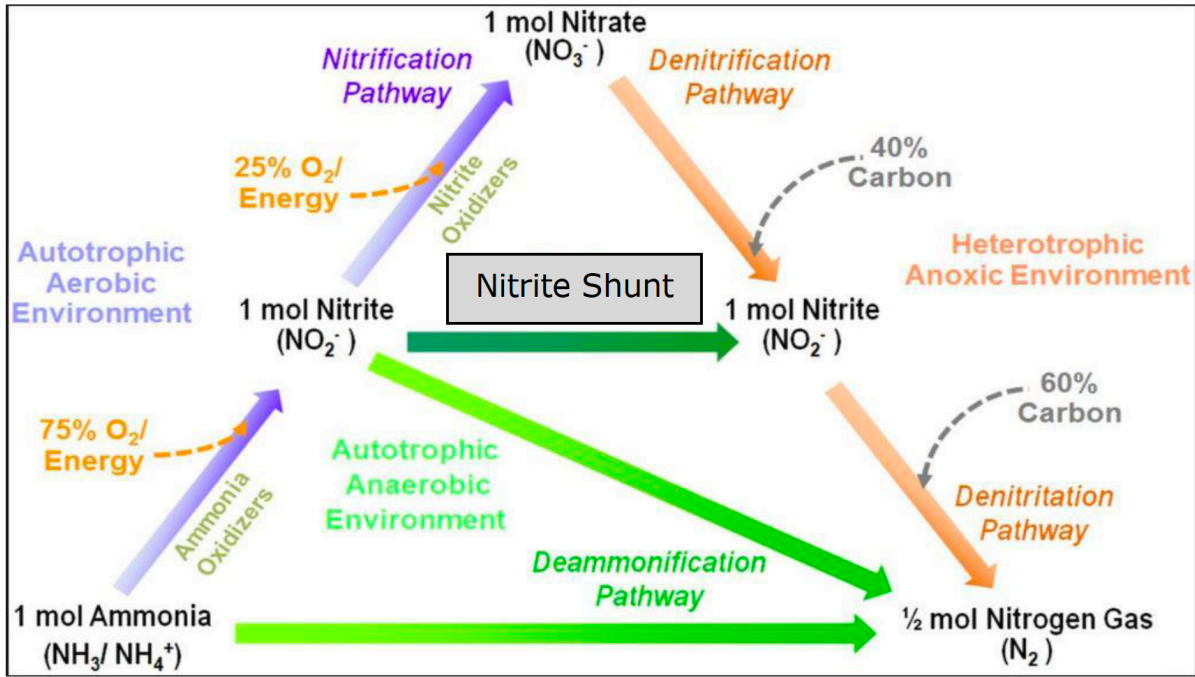
Nitrit hem Nitrifikasyon hem de Denitrifikasyon için bir ara adım olduğundan, Nitrifikasyon işlemi ilk Nitrit adımında durdurulursa ve anoksik koşullar sunulursa, nitrit azot gazına



## Atıksu Arıtmada Amonyum Kontrol Bazlı Havalandırma

indirgenabilir. Bu işlem Nitritasyon - Denittasyon veya Nitrit shunt olarak bilinir ve aynı zamanda “Kısa Yol Azot Giderimi” olarak da adlandırılır. Bu, hem oksijen hem de karbon gereksinimleri için önemli tasarruflara neden olabilir.

Ana akım nitrit shunt, aktif çamur nütrient giderim işlemlerinde kısayol azot giderimi sağlayan gelişmiş bir konsepttir. Bu, geleneksel azot giderimi için gerekli enerji gereksinimlerinin %25'ine ve denitrifikasyon için karbon gereksinimlerinin %40'ına kadar tasarruf sağlayabilen ekonomik bir çözümdür. Nitrit shunt'unun amacı, nitrit dönüşüm adımında nitrifikasyon işlemini durdurarak nitrat üretimini en aza indirmektir, bu daha sonra doğrudan azot gazına dönüştürülür. Bu hem doğrudan bir enerji 'geri ödemesi' sağlar ve ayrıca birincil arıtma işlemlerinden kaynaklanan karbon toplamaya daha fazla odaklanma fırsatı sunar (**Şekil 5**). Nitrit shunt'unun anahtarı, aerobik amonyak oksitleyici bakterilerin (AOB) büyümesini desteklerken nitrit oksitleyici bakterilerin (NOB) dışarı seçilmesidir.



**Şekil 5.** Nitrit Shunt (Şönt, Yan Yol, Hat Değişirme, Kısa Yol) Devresi Prosesi

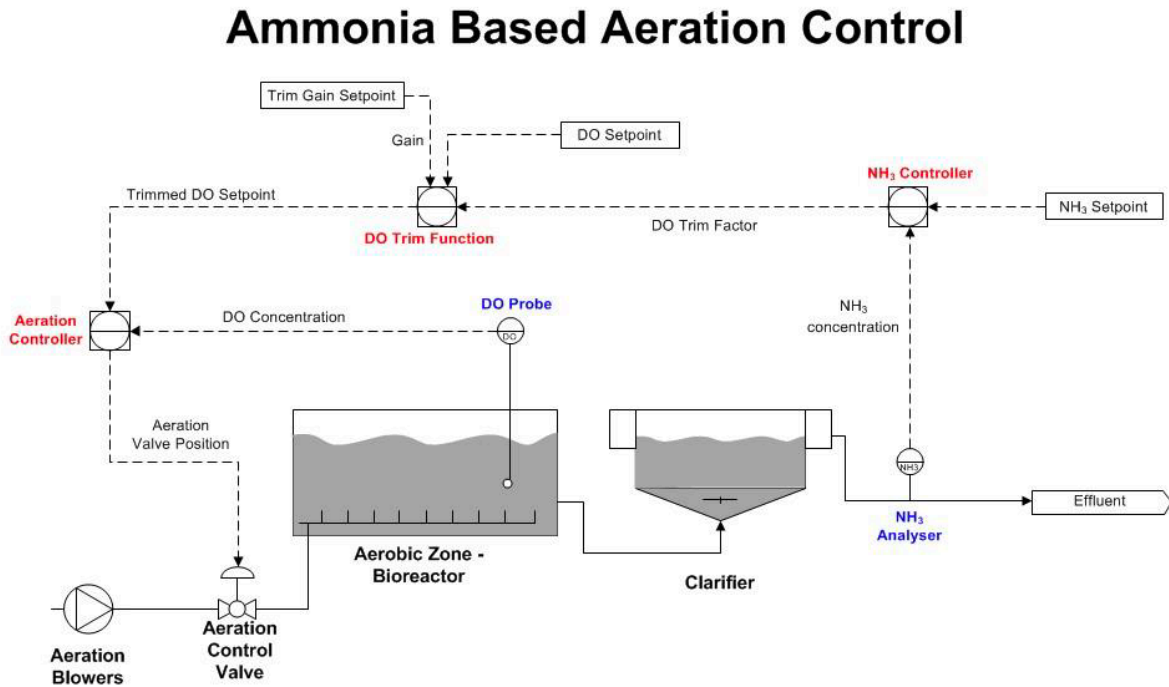
### 3. AMONYUM KONTROL BAZLI HAVALANDIRMA

Klasik AAT'lerinde aerobik havuzlarında nitrifikasyonu tamamlamak için havalandırma yapılır. Bu yüzden aşırı hava ve enerji tüketilir. Bazen tam nitrifikasyon gerçekleştirmek için havalandırma havuzunda 2,0 mg/L üzerinde ÇO beslemesi yapılır. Havalandırma işleminde maksimum 1,8 mg/L ÇO konsantrasyonu yeterlidir.

Çoğu AAT'lerinde arıtılmış atıksu deşarjında amonyak konsantrasyonu, 0,1 mg/L'den daha çok düşük oluyor. Muhtemelen arıtılmış atıksuda amonyum azotu sınır değerlerinin fevkalade altındadır.

ABAC sistemi, havalandırmayı azaltmak, ÇO'yu düşürmek, nitrifikasyonu sınırlamak ve denitrifikasyonu artırmak için amonyak bazlı havalandırma kontrol sistemidir. Kısaca, ABAC sistemi ile, havalandırmada amonyum azotu nitrifikasyonunun tamamlanmasına bir sınırlama getirilmektedir.

Amonyum bazlı havalandırma sistemi akım şeması **Şekil 6'**de verilmiştir.



**Şekil 6.** Klasik bir AAT'de Amonyum Kontrol Bazlı Havalandırma

Aerobik ve anoksik ortamlar için nitrit, hem nitrifikasyon hem de denitrifikasyon için bir ara kademe olduğu için nitrifikasyon işlemi ilk nitrit adımında sunulan anoksik koşullar oluşturularak durdurulur ve nitrit, azot gazına indirgenebilir. Bu işlem, Nitritasyon - Denittasyon veya Nitrit shunt olarak bilinir ve 'kısa yol BNR' işlemi olarak kabul edilir. Shunt nitrifikasyon/denitrifikasyon (SND), geleneksel tam yol ile nitrit shunt yolu arasındaki kısmi koşul olarak düşünülebilir. Nitrit shunt kontrol stratejilerinin daha iyi anlaşılması konusundaki son gelişmeler, gelişmiş havalandırma kontrolü ve karbonlu oksidasyon üzerinde denitrifikasyon için iyileştirilmiş karbon kullanımı yoluyla enerji tüketimi azaltılır.

## Atıksu Arıtmada Amonyum Kontrol Bazlı Havalandırma

Tam nitrifikasyona kıyasla sınırlandırılmış havalandırma ile enerji tasarrufu sağlanır. Düşük ÇO kullanılarak daha fazla denitrifikasyona gerçekleşir ve bazı durumlarda daha iyi biyo-P giderim performansına yol açar.

Amonyum esaslı havalandırma (ABAC);

- Aerobik havuzun sonuna kadar tam nitrifikasyon gerçekleştirilmez.
- Amonyum izin verilen deşarj sınır şartlarının karşılanması sağlanır.
- Toplam azot giderim verimliliği optimize edilir.
- İkinci bir anoksik bölgeyi denitrifiye eden ve sahip olan tesisler için, anoksik bölgelere daha az ÇO verilmesi nedeniyle karbon kullanımı azalır.
- Hava akışı ve enerji kullanımı en az olur.
- Sadece ihtiyaç olan hava sağlanır ve daha az enerji tüketilir.
- Düşük ÇO konsantrasyonlarında shunt nitrifikasyon ve denitrifikasyon (SND) oranı en üst düzeye çıkarılır.
- Düşük TN içeren tesisler için SND nitrifikasyon ve denitrifikasyonun aynı bölgede gerçekleşmesi teşvik edilir.

Amonyak esaslı kontrole dayalı havalandırma iki nedenden en az biri için uygulanır;

1. Havalandırmada sınırlama: Tam nitrifikasyonu önlemek için havalandırma sınırlandırılır. Havalandırma kontrolü, işletim maliyetlerini azaltmak ve potansiyel olarak performansı artırmak için havalandırmayı sınırlamak için kullanılabilir. Yaklaşım nitrifikasyonun kısmen sınırlandırılması ve hedef atıksu amonyak konsantrasyonunun izin değerinin altında tutulması için kullanılır. Potansiyel faydaları arasında enerji tasarrufu, artan denitrifikasyon, azaltılmış dış karbon dozajı ve geliştirilmiş biyo-P giderim performansı sağlanır. Havalandırma yoğunluğunun manipüle edilmesi, ÇO seviyelerini azaltarak nitrifikasyonun sınırlandırılması için yüksek bir kontrol sistemine sahiptir.
2. Atıksu amonyum piklerini azaltmak için havalandırma manipülasyonu için havalandırma kontrolü kullanılabilir. Bu çalışmada iki yaklaşım değerlendirilmiştir:
  - a. Havalandırma yoğunluğunu kontrol etmek ve havalandırma maliyetlerini azaltmak,
  - b. Havalandırılmış hacim fraksiyonunu ayarlamak.

Her iki hedef için amonyak tabanlı havalandırma kontrolü, geri beslemeli veya ileri beslemeli kontrol sistemi kullanılarak uygulanabilir. Bu bölüm iki durum için arka plan sağlar ve kontrol yapılarının ayrıntıları daha sonra ele alınacaktır.

Nitrifikatörlerin kütlesi, çıkarılan ortalama amonyak yüküne ve SRT'ye bağlıdır ve günden güne yavaşça değişir. ABAC bazlı havalandırma sisteminde SRT, minimum 15 gün veya < 20 gün olabilir. Pik yük sürelerinde, sistemin nitrifikasyon kapasitesi aşılabılır ve bu da atıksu amonyak deşarjına yol açar. Bu kinetik bir kısıtlamadır ve artan havalandırma yoğunluğu ile ele alınamaz. Nitrifikasyon ile amonyak çıkış piklerinin azaltılmasında ani bir iyileştirme için tek seçenek aktif nitrifikatör kütlesini arttırmaktır. Bu, salım bölgelerindeki havalandırmanın aşılması veya depolanmış nitrifikasyonların dozlaması ile gerçekleştirilebilir.

## Atıksu Arıtmada Amonyum Kontrol Bazlı Havalandırma

ABAC sistemi ile, tam nitrifikasyonun önlenmesi için havalandırmayı sınırlayarak bakiye amonyak konsantrasyonunu tipik olarak 1 ila 2 mgN / L arasında tutmaktır. İşlem, bir hedef amonyak konsantrasyonu (1-2 mgN/L) oluşturulmasını ve kontrol sisteminin, amonyak hedefini karşılamak için ÇO konsantrasyonunun değiştirmesini sağlar. Sistem 7/24 devamlı ölçüm ile arıtma verimi düzenli olarak izlenebilir.

Bu kontrol yaklaşımı, atıksu amonyak iznini korurken amonyak deşarj seviyelerini cüzi miktarda artırabilir.

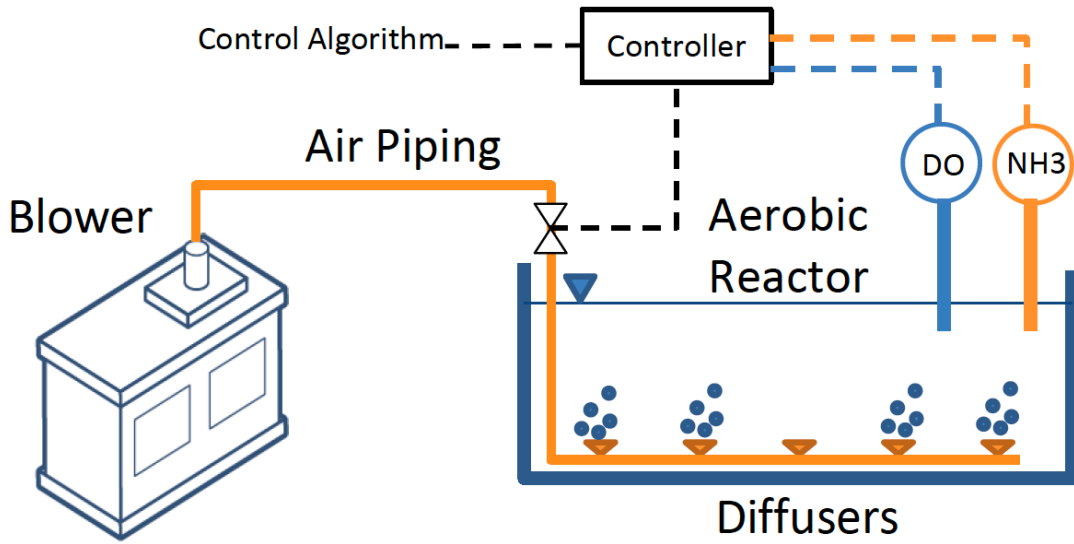
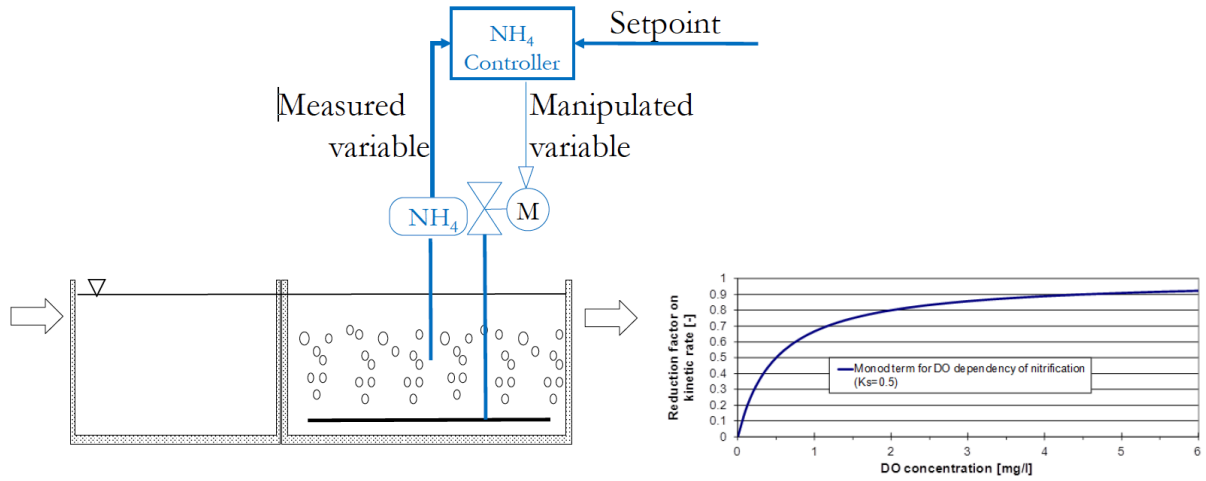
Nitritin, nitrit oksitleyici bakteriler (NOB) tarafından nitrata oksidasyonunu önleyen ve oluşan nitritin heterotrofik denitrifikasyon ile dinitrojen gazına indirgenmesine izin veren nitrasyon-denitrifikasyon, toplam azot giderimi için organik karbon talebini %40 oranında azaltabilir. Alkalinite ilavesi ihtiyacını azaltır. Ayrıca nitrit oksidasyonundan kaçınarak havalandırma maliyetlerinde %25 tasarruf sağlanabilir. Amonyak bazlı havalandırma kontrolü, düzenlemeleri karşılamak için yeterli miktarda amonyağı nitratlamak için havalandırmanın sadece havalandırma enerjisinden tasarruf etmekle kalmayıp aynı zamanda denitrifikasyon kapasitesini arttırdığını, alkalinite ve tamamlayıcı karbon tasarrufu sağladığını göstermiştir.

Bu sisteme eklenebilecek diğeri bir kontrol yöntemi olan RTC-SRT çamur yaşı modülü ile sistemin ihtiyacı olan çamur yaşı atıksu sıcaklığına göre belirlenirken, günlük sistemden çekilmesi gereken çamur miktarı operatöre otomatik olarak bildirilebiliyor. Böylece farklı sistemlerin bileşimi sonucunda arıtma ve enerji verimi artırılıyor. Havalandırma tanklarında kontrollü olarak denitrifikasyon ve nitrifikasyon hacimlerinin ayarlanması ile sistemde bulunan nitrat daha verimli kullanılarak oksijen ihtiyacı azalıyor ve alkalinitenin bir bölümü geri kazanılarak nitrifikasyona destek sağlanıyor.

Basitleştirilmiş kontrol algoritması:

- ✓ Operatör, bakiye amonyum ayar noktasını seçer.
- ✓ Bakiye amonyum ayar noktasından daha büyük olduğunda kontrolör, ÇO artırır.
- ✓ Bakiye amonyum ayar noktasının altında olduğunda kontrolör, ÇO azaltır.

ABAC esaslı çalışma sistemi basit akım şeması (direk  $\text{NH}_4^+$  ölçüm esaslı izleme) **Şekil 7'**de verilmiştir.



Şekil 7. ABAC Esaslı Çalışma Sistemi (Direk NH<sub>4</sub> Ölçüm Esaslı İzleme)

### 4. GERİ BESLEMELİ VE İLERİ BESLEMELİ ABAC UYGULAMASI

Geri beslemeli ve ileri beslemeli ABAC kontrol sistemine ilişkin olarak, geri beslemeli kontrolörü ile kontrol edilen değişkeni ayar noktası çevresinde kabul edilebilir bir aralık içinde tutmak için makul bir süre içinde tepki verip veremeyeceğidir. Akış aşağı sinyali çok geçse ve daha erken bir sinyal avantajlı olacaksa, ölçüm noktası yukarı doğru hareket ettirilebilir.

Her iki beslemeli hedef için amonyak tabanlı havalandırma kontrolü, geri beslemeli veya ileri beslemeli kontrol kullanılarak uygulanabilir. İleri beslemede daha fazla sensör kullanmak gerekir. Genel olarak, aynı kontrol hedefine her iki yöntemle de ulaşılabiliyorsa, geri beslemeli kontrol tercih edilir, çünkü:

1. Daha az sensör gereklidir.
2. Bir proses modelinin geliştirilmesi gereksizdir.
3. Geri besleme kontrolü daha sağlamdır.
4. Problemleri periyodik olarak kontrol etmek gerekir.
5. Hata güvenliği ÇO ile kontrol edilir.

Bazı çalışmalara göre nitrifikasyonun sınırlandırılması için havalandırma yoğunluğunu ayarlama amacının genellikle geri besleme kontrolü kullanılarak gerçekleştirilebildiğini göstermektedir. Bu da geri beslemeli kontrolün daha uygun bir yaklaşım olduğunu düşündürmektedir. Tipik olarak, amonyum giderim verimliliği yavaşça değişir; ileri beslemeli kontrol nadiren ek avantajlar sağlar.

Amonyum esaslı ileri beslemeli kontrol stratejisi, en az iki amonyak probu (biri yukarı akış ve diğeri aşağı akış için), bir çözünmüş oksijen probu ve bir debi ölçer gerektirir. Modelin doğruluğunu artırmak için, sıcaklık ve karışık sıvıları süspansiyonlu katılar için ilave sensörler entegre edilmelidir. Bu, önemli bir yatırım ve artan işletme ve bakım ile maliyeti ile sonuçlanır.

ABAC ileri beslemeli kontrol yalnızca;

1. Süreç dinamikleri, bozuklukların sıklığına göre yavaştır.
2. İleri beslemeli kontrol eylemleri yeterli kontrol yetkisine sahiptir ve bir rahatsızlığın etkisini azaltabilir.
3. Potansiyel rahatsızlıkları olan kontrollü sistem yeterli doğrulukta bir modelde tarif edilir.
4. Rahatsızlıklar çevrimiçi olarak ölçülebilir veya güvenilir bir şekilde tahmin edilebilir.
5. Hata güvenliği  $NH_4^+$  ile kontrol edilir.

Mevcut bir algı, ileri beslemeli kontrolün bakiye amonyak piklerini azaltmak için faydalı olduğudur. Bu, ileri beslemeli kontrolün etkili bir yük artışı hakkında erken bir uyarı sağlayacağına ve amonyaktaki atık sıvının zirvesinden kaçınmak için havalandırma yoğunluğunun arttırılabileceği inancına dayanmaktadır. Bununla birlikte, daha önce tartışıldığı gibi, pikler genellikle sınırlı nitrifikatör kütlelerinin bir sonucu olarak kinetik bir kısıtlamadan kaynaklanır. Esasen, etkili yükleme tepelerine hızlı tepki vermenin ve amonyak atılımının azaltılmasının tek yolu, aktif nitratlama maddelerinin kütlelerini arttırmaktır (örneğin, salım bölgelerindeki havalandırmayı açarak veya depolanan nitrifikasyon çamurunu dozlayarak). Salınım bölgelerinde havalandırmanın açılması ve kapatılması daha basit geri besleme kontrol

yaklaşımı kullanılarak gerçekleştirilebilir. Ancak, ileri beslemeli kontrolün fayda sağladığı tek durum bu olabilir.

İleri beslemeli kontrol gerekçelendirilebildiğinde (örneğin, eşitlenemeyen pikler meydana geldiğinde veya hiçbir zaman atık su limitlerini aşmadığında), seçilen kontrol stratejisi bakiye amonyak piklerini azaltma yeteneğini değerlendirmek için test edilmelidir. İleri beslemeli kontrolün standart geri besleme kontrolüne göre herhangi bir fayda sağlayıp sağlamadığını belirlemek için dikkatli bir analiz uygulanmalıdır. Nansemond AAT'deki saha çalışması, ileri beslemeli kontrolün sadece çok düşük sıcaklıklarda aktif olduğunu göstermiştir. Ek olarak, ileri beslemeli havalandırma yoğunluğu kontrolü minimal kontrol yetkisi sağlamıştır; bu nedenle, ek maliyetler geri besleme amonyak kontrolüne kıyasla potansiyel tasarrufları önemli ölçüde azaltacaktır.

İleri beslemeli kontrolde, aerobik bölgenin başındaki amonyak probu, program nitrifikasyon için gerekli hava akışını hesaplar.

İleri beslemeli ve geri beslemeli, bölgenin başında ve sonunda amonyak probu, nitrifikasyon için gerekli havayı hesaplar, bölgenin sonundaki amonyak probu okumasına göre düzeltir.

### 4.1 AMONYAK TABANLI GERİ BESLEMELİ KONTROL

Çoğu AAT'lerinde, geri beslemeli kontrolü, hem havalandırma sınırlaması hem de atıksu amonyak piklerinin tutulmasına yönelik hedefleri karşılar. Salım bölgelerinde havalandırmanın açılması veya kapatılması için özel olarak uygulanan geri beslemeli kontrol, tesis özellikle olağandışı gelen atıksu özelliğinde değişim rahatsızlıklarıyla karşılaştığında faydalı olabilir.

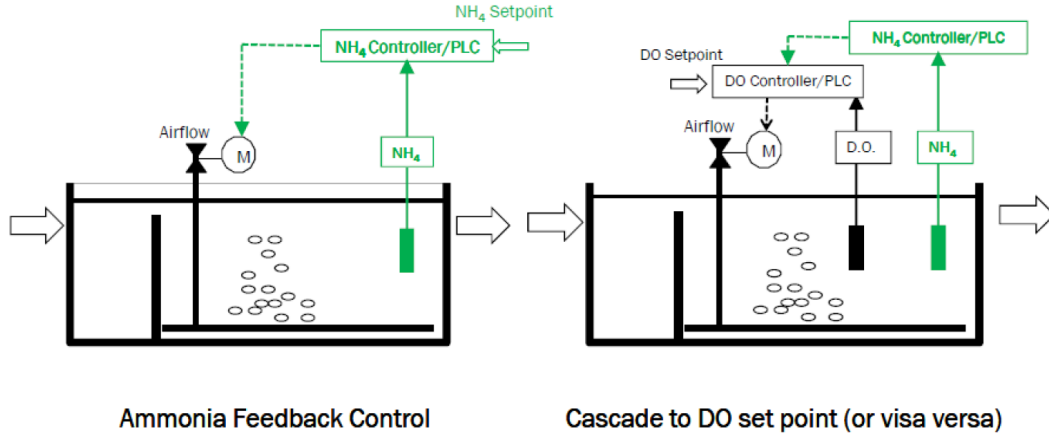
İleri beslemeli kontrole karşı geri bildirim sağlanır. Geri besleme kontrolü, denetleyiciye (örneğin, biyoreaktör ÇO konsantrasyonu) giren ölçülen bir işlem değişkenini (kontrollü değişken) içerir. Kontrol eylemi, ölçülen değer ile istenen değer (ayar noktası/referans) arasındaki farka (hataya) dayanır. Amaç, kontrol eylemi ile hatayı azaltmaktır (örneğin, hava akışını ayarlayarak).

Geri besleme, aerobik bölgenin sonundaki amonyak probu, ayar noktasının altındaysa program ÇO değerini azaltır ve ayar noktasının üstünde ise ÇO değerini artırır.

Genellikle, bir geri besleme denetimi yapısı üzerinde tercih edilir. Çünkü geri besleme denetimi işlem ölçülen çıktıyı temel alır ve denetlenen sistem modeli gerektirmez.

Kısa hidrolik bekleme süreleri olan sistemlerde, uzun sensör veya aktüatör tepki süreleri veya kontrol eylemlerine karşı yavaş reaksiyonlar nedeniyle ani rahatsızlıkları karşılamak için çok geç olabilir.

**Şekil 8**, bir geri besleme kontrol döngüsünün şemasını gösterir.



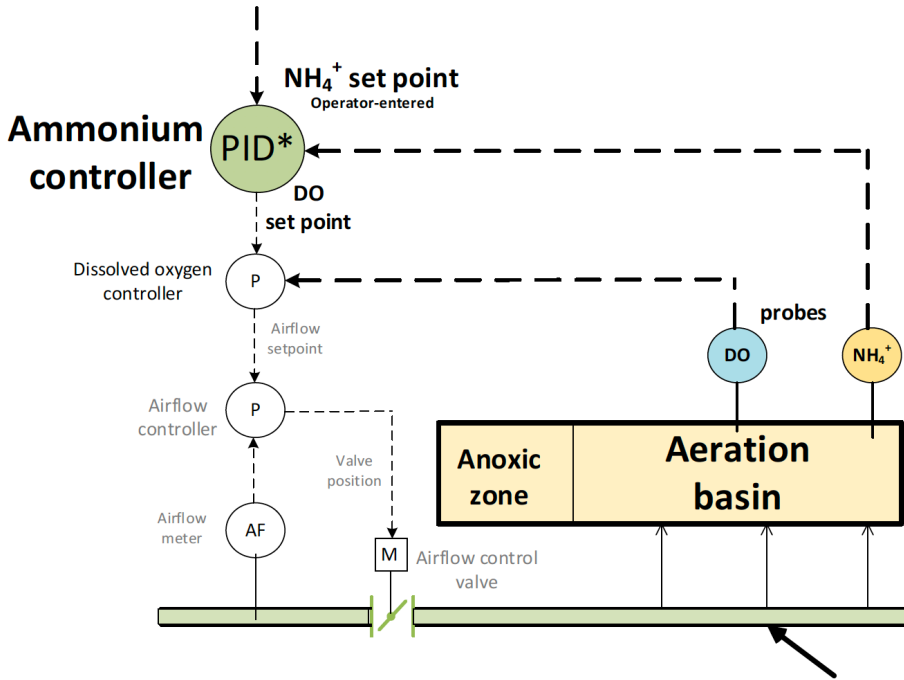
**Example**

NH<sub>4</sub> < 1.5 mg/L then DO setpoint = 0.5 mg/L  
 NH<sub>4</sub> > 1.6 mg/L then DO setpoint = 2.0 mg/L

**Şekil 8.** Geri Beslemeli Sistem

Örnek bir uygulamada, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> değeri <1,5 mg/L olduğu zaman ÇO set point değeri, 0,5 mg/L ve NH<sub>4</sub><sup>+</sup> değeri >1,6 mg/L ve yüksek olduğu zaman ÇO set point değeri, 2,0 mg/L olarak çalıştırılmaktadır.

Kısaca, geri beslemeli ABAC sisteminde ayarlamalar ÇO set point göre değil NH<sub>4</sub><sup>+</sup> set point göre yapılıyor ve NH<sub>4</sub><sup>+</sup> değerine göre hava debisi set point, vana pozisyonu ve ÇO ayarlanır.



**Şekil 9.** Geri Beslemeli Sistemin Akım Şeması

Geri beslemeli sistemin avantajları:

- Basit-hava akışı, doğrudan amonyak ölçümünden kontrol edilir.



- Birkaç tesiste başarıyla uygulanmıştır.
- ÇO'daki ve hava akışındaki sınırlamalar mantıklı uygulanabilir.
- $NH_4^+$  kontrolü ile ÇO kontrol edilerek gelişmiş enerji verimliliği sağlanır.

### 4.2 AMONYAK TABANLI İLERİ BESLEMELİ KONTROL

İleri beslemeli bir kontrolörün amacı, tesisin kapasitesini aşabilecek bir nüfuz zirvesine hızlı tepki vermek için avantaj sağlar. İleri beslemeli kontrolün amacı havalandırmayı sınırlamak, atıksu amonyak piklerini azaltmak, enerji tasarrufu sağlamak ve denitrifikasyon işlemini iyileştirmektir.

İleri besleme kontrolü için ortak bir argüman, potansiyel rahatsızlıkların tesisi gerçekten rahatsız etmeden önce ele alınmasıdır. Örneğin, proses ünitesinin yukarı akışında bir tepe izlenirse, tesisi artan yük (veya akış) için hazırlamak için yeterli eylemler potansiyel olarak tetiklenir.

Amonyak bazlı ileri beslemeli kontrol sistemi ile havalandırma kontrolünün avantajları ve olası tuzakları aşağıda detaylı olarak tartışılmıştır.

- Atıksu amonyak konsantrasyonu, aktif çamur tesislerinde tipik olarak yavaşça değişir, çünkü içeri giren yük bozuklukları genellikle yavaştır ve uzun tutma süresi süreci boyunca bozukluklar azaltılır. Çoğu durumda, amonyak geri besleme kontrolü yeterince hızlıdır ve amonyak ayar noktasını makul sınırlar içinde tutmak için kabul edilebilir kontrol yetkisi sağlar. Bu tesislerde ileri beslemeli kontrolün sağlanması ek bir fayda sağlamayacaktır.
- İleri beslemeli kontrol, model tahmini yanlışlıklarına karşı güvenlik faktörlerini içermelidir. Bu nedenle, amonyak kontrolünden potansiyel maliyet tasarrufu ve diğer faydalar tam olarak gerçekleştirilemeyebilir.
- Çoğu AAT için, amonyak yükü değişimlerinin bir sonucu olarak bir amonyak ayar noktasını muhafaza etmek için kontrol yetkisinin olmaması, bir geri besleme kontrol sistemindeki gecikmiş bir sinyalden kaynaklanmaz; bunun yerine, aerobik biyoreaktörlerdeki sınırlı nitrifikatör kütesinden kaynaklanmaktadır. Havalandırma yoğunluğunun erken bir artışı, daha fazla nitrifikasyon sağlayamamasına rağmen, belirli bir tampon kapasitesi sağlayabilir.
- Havalandırmanın sınırlandırılması (havalandırma yoğunluğunun azaltılması) tek taraflı bir kontrol yetkisine sahiptir. ÇO'ı azaltarak nitrifikasyon oranını sınırlamak için etkilidir, ancak nitrifikasyon kapasitesini arttıramaz. Gelen amonyak yük zirveleri için bir tampon oluşturmak için bir erken kontrol eylemi kullanılabilir, ancak ileri beslemeli model öngörülen nitrifikasyon kapasitesi açısından ve artan havalandırma yoğunluğunun gerekli olduğu noktanın belirlenmesinde doğru olmalıdır. Yanlış modeller, enerji tüketiminde gereksiz bir artışa veya tesis performansının düşmesine neden olabilir.

Amonyak Deşarj Zirveleri Azaltmak için Amonyak İleri Besleme Kontrolü: Tipik olarak, atıksu piklerinin azaltılması gerektiğinde ileri beslemeli konseptler uygulanır. Amonyak kontrol stratejilerini değerlendirmenin ilk adımı, ileri beslemeli kontrolün gerekli olup olmadığını veya basit bir geri besleme kontrolörünün amonyak konsantrasyonunu kabul edilebilir bir hata

aralığında muhafaza edip edemeyeceğini analiz etmektir. Burada amonyak bazlı ileri beslemeli kontrolü uygulamak için farklı yöntemleri ve önerilen kontrol stratejilerinin sonuçta ortaya çıkan kontrol yetkisini ele almaktadır.

Esasen, havalandırma yoluyla bir bakiye amonyak ayar noktasını korumak için ileri besleme kontrolü için bir amonyak ölçümü kullanmanın iki yolu vardır:

1. Havalandırma yoğunluğunu değiştirerek (örneğin, ÇO ayar noktasını veya doğrudan amonyak kontrolünü değiştirerek)
2. Veya daha fazla havalandırılmış hacim ekleyerek (örneğin, bir salınım bölgesinde havalandırmanın açılması gib). İlk seçeneğe "havalandırma yoğunluğu kontrolü", ikinci seçeneğe "havalandırılmış hacim kontrolü" adı verilir

"Havalandırma yoğunluk kontrolü" (ilk seçenek) hem dezavantajlara hem de potansiyel faydalara sahiptir. Amonyak bazlı ileri beslemeli havalandırma yoğunluğu kontrolünün önemli bir dezavantajı genellikle sınırlı kontrol sistemidir. Bu, örneğin, nitrifikasyonun esas olarak doğrudan karbon ilavesiyle bağlantılı olduğu harici karbon ilave edilerek denitrifikasyonun kontrolünden farklıdır. Amonyak, havalandırma yoğunluğu kontrolü ile artan yükü hesaba katmak için artan havalandırma, yardımcı olabilir, ancak nitrifikasyon kapasitesi, nitrifikasyonların konsantrasyonu ile sınırlı olabilir.

Bir amonyak ileri besleme havalandırma yoğunluğu kontrolörünün potansiyel yararı, esas olarak geri beslemeli bir kontrolörden daha erken havalandırmayı arttırma ve dolayısıyla ani bir yük bozukluğunun etkisini öngörme yeteneğidir. Bu iki yoldan biriyle elde edilir: (1) gelen amonyak piki için seyreltme sağlamak üzere reaktördeki amonyak konsantrasyonunun minimuma indirilmesi veya (2) artan oksijen talebi beklentisiyle hava akışının yükseltilmesidir.

Amonyak yükünün düşük olduğu durumlarda, amonyakla ÇO kontrolörünün nitrifikasyon oranı üzerinde doğrudan etkisi vardır (yüksek kontrol otoritesi). Bununla birlikte, amonyak yükü düşük olduğunda tasarruf potansiyeli bir geri besleme amonyak kontrolörü kullanılarak ele alınabilir. Bu durum, hedef değişken ölçüldüğü (geri bildirim) ve öngörülmediği (ileri besleme) nedeniyle yetersiz havalandırma nedeniyle atık su amonyak izinlerini ihlal etme riskini en aza indirir.

"Havalandırılmış hacim kontrolü" (ikinci seçenek) daha avantajlı bir kontrol stratejisidir. Bir amonyak hacim kontrolörü, gelen amonyak yükünün tipik olarak havalandırılmış reaktörlerin nitrifikasyon kapasitesinden daha büyük olduğu durumlar için daha yüksek bir kontrol yetkisi sağlar. Salınım bölgelerindeki havalandırmayı açarak, bu kontrolör aktif nitrifikasyonların kütlesini artırabilir. Bu nedenle, bu kontrolör pik yükleri barındırmak için daha uygundur. İlave bir amonyak geri besleme, çözünmüş oksijen kontrolörü düşük yükleme durumlarını ele alacaktır. Bu kontrol stratejisi daha faydalıdır, çünkü iki yükleme durumu, her bir özel durum için yüksek kontrol yetkisine sahip iki bağımsız kontrol döngüsü tarafından yönetilir.

Bir besleme kontrol cihazı, bir işlem bozukluğunu (örneğin, akım amonyak yükü) ölçer ve kontrollü sistemin davranışını tahmin etmek için bir model kullanır. Tahminler daha sonra alınacak kontrol eylemini hesaplamak için kullanılır (örneğin, değişen havalandırma akışı veya

## Atıksu Arıtmada Amonyum Kontrol Bazlı Havalandırma

çözünmüş bir oksijen ayar noktası). Amaç, kontrollü değişkeni ayar noktası/referans değerinde tutmaktır; bununla birlikte, kontrollü değişken ölçülmez. Şekil 10, bir besleme denetleyicisinin şematik bir gösterimini gösterir.

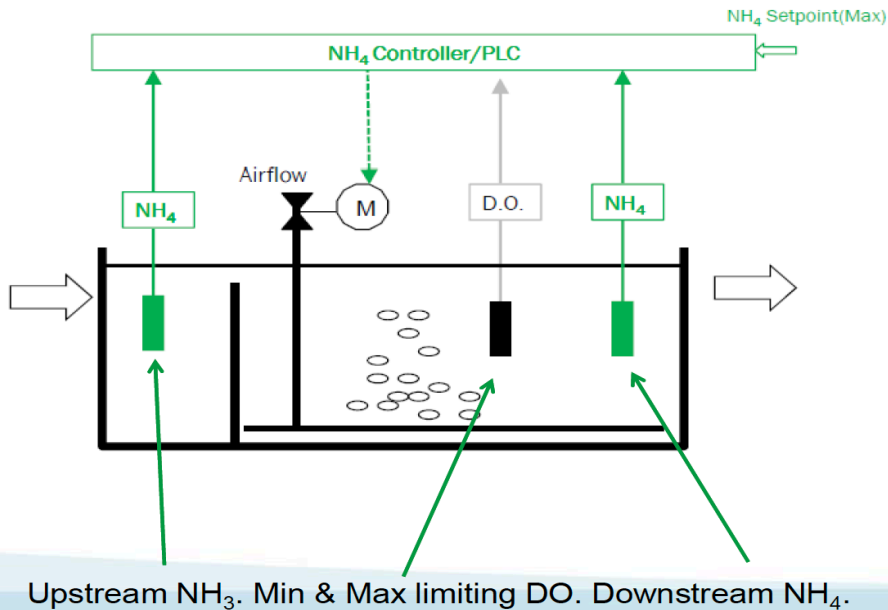
Atıksu arıtımında ileri beslemeli kavramlar başarılı bir şekilde rahatsızlıklara hızlı bir reaksiyonun gerekli olduğu ve kontrol eyleminin etkisinin tahmin edilmesinin basit olduğu durumlarda uygulanır. Örnekler akış kontrolü, kimyasal fosfor giderimi için ön kimyasalların dozajı veya bir yukarı akış sinyaline dayalı harici karbon ilave edilmesidir. Bu gibi durumlarda, geri besleme kavramlarının kullanılması, çıkış izinlerinin veya salınan kontrollü değişkenlerin ihlaline neden olabilir, çünkü ölçülen sinyal bozuklukları telafi etmek için çok geç olabilir.

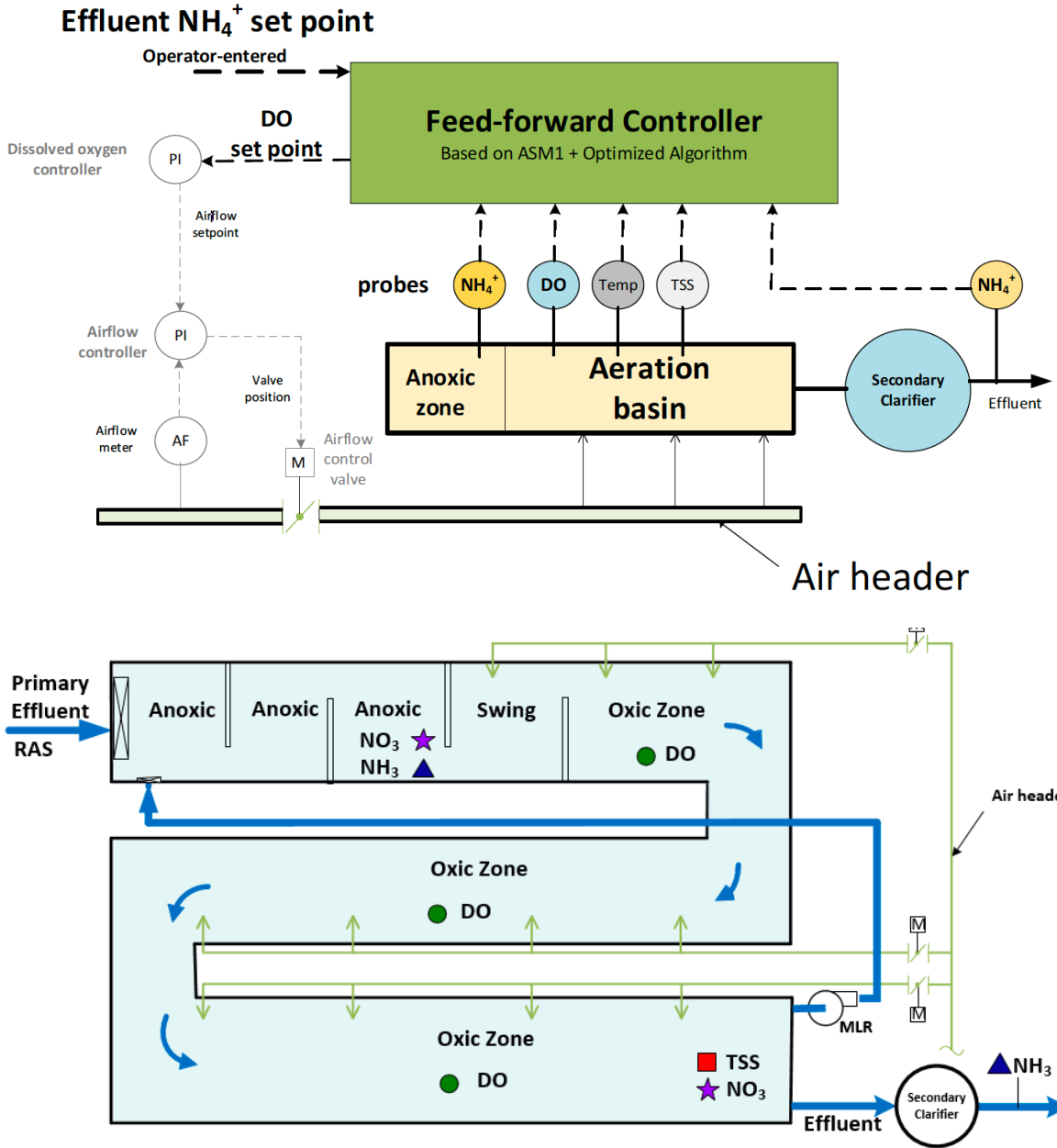
İleri Beslemeli Kontrolörlerin Dezavantajları; Çok basit bir model daha az girdi verisine ihtiyaç duyar, ancak sürecin bozulmalara ve denetleyici eylemlerine nasıl tepki vereceğini tahmin etme kabiliyeti sınırlıdır. Karmaşık bir model öngörülerinde daha doğru olsa da, giriş olarak birkaç sensöre ihtiyaç duyacaktır. Bu nedenle, geri besleme kontrolüne kıyasla, çoğu durumda ileri beslemeli kontrol kavramları;

1. Daha fazla sensöre ihtiyaç duyar.
2. Daha karmaşıktır.
3. Daha fazla bakım/kontrolör ayarına ihtiyaç duyar.
4. Operatörlere ek bir yük getirir.

Seçim kriterleri; Tercih edilen kontrol yapısı, etki yükü ve sıcaklık değişimleri, spesifik tesis konfigürasyonu, sensörlerin, aktüatörlerin ve blowerlar gibi ekipmanın tepki süreleri ve atıksu deşarj izni (limitler ve ortalama süre) gibi birçok faktöre bağlıdır.

Kontrol stratejilerini test ederken, ölçütlerden biri "kontrol otoritesi" dir; bu, kontrolörlerin belirli bir ayar noktasını koruma veya ayar koşullarının bir dizi koşulda (hem artan hem de azalan rahatsızlıkların yörüngesini takip etme) yeteneğidir).

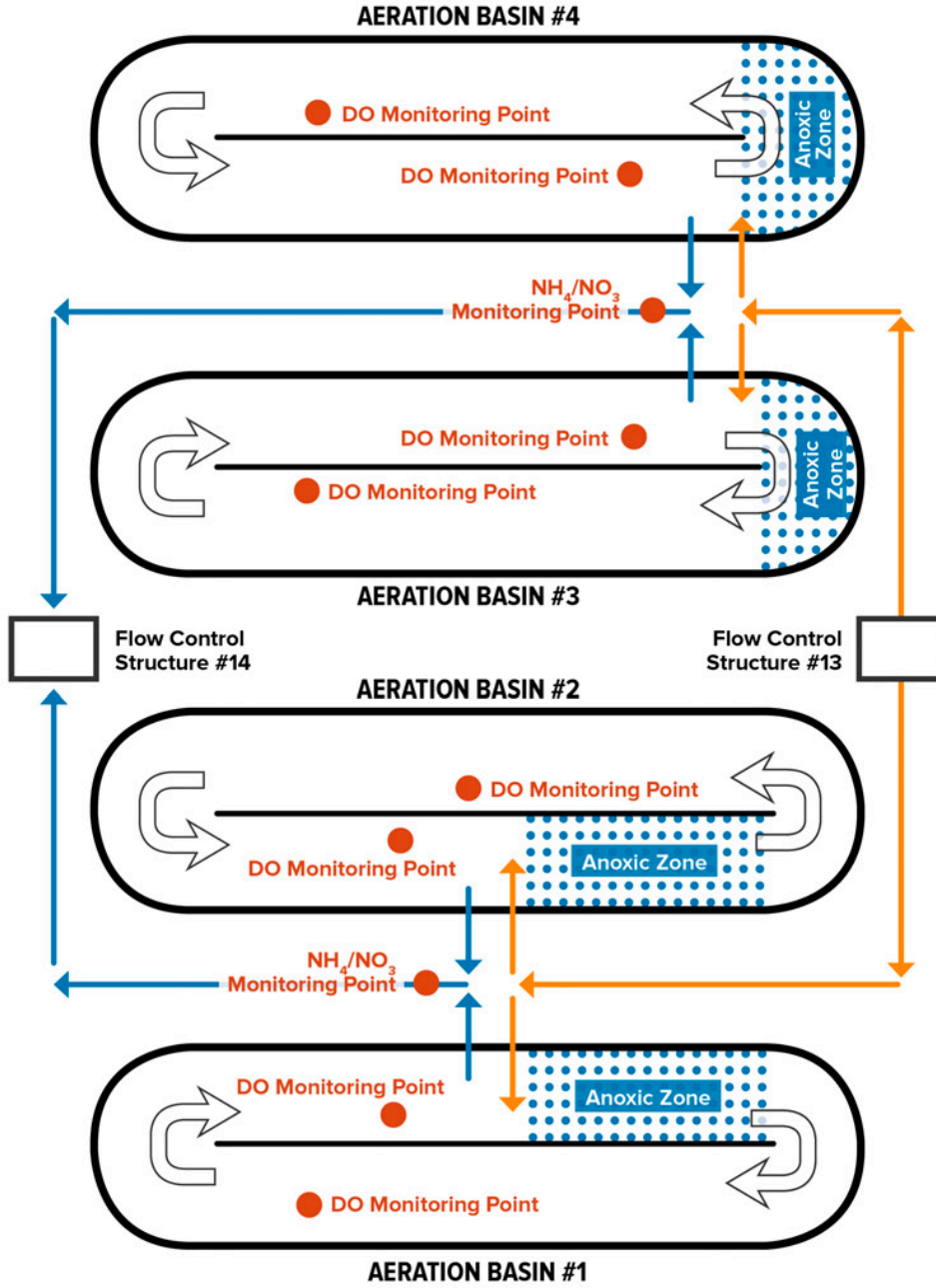




Şekil 10. İleri Besleme Akım Şeması

## 5. İZLEME YERİ

ABAC sisteminde ölçüm noktaları doğru belirlenmelidir. Şekil 11’de  $\text{CO}$ ,  $\text{NH}_4^+$  ölçüm noktalarını gösterilmiştir.



Şekil 11. Hutchinson'daki AAT'de Amonyak ve ÇÖ İzleme Yerleri

AAT'lerinde fonksiyonel bakterilerin derinlemesine incelenmesi ile, teknik açıdan enerji tasarrufu sağlayabilen yeni AAT prosesleri yavaş yavaş önerilmektedir. Bu teknolojiler temel olarak kısa yol nitrifikasyon, denitrifikasyon, fosfor giderim süreçleri ve anaerobik amonyum oksidasyon işlemlerine dayanan atıksu denitrifikasyon işlemlerini içerir. Kısa süreli

## Atıksu Arıtmada Amonyum Kontrol Bazlı Havalandırma

nitrifikasyon işlemleri %25 oranında enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Çünkü amonyak azotu sadece nitrat yerine nitrite dönüştürülmektedir. Aynı zamanda, nitrat yerine nitritin denitrifikasyonu, denitrifikasyon için bir karbon kaynağına olan talebi de azaltabilir ve atık su azot giderimi verimliliğini güçlendirebilir. Anaerobik şartlarda amonyum oksidasyon prosesi için esas olarak yüksek amonyak azotlu atık suya uygulanır. Amonyak azotunun sadece yaklaşık %50'si nitrite oksitlendiğinden, işlemde daha az oksijen ve enerji gerekir.

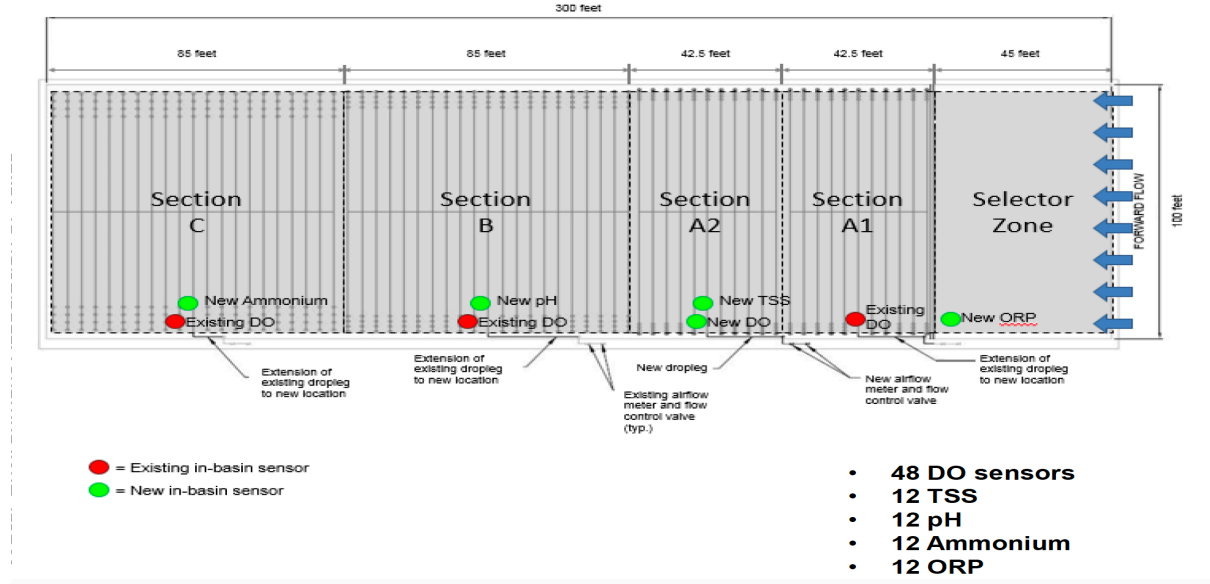
Son zamanlarda, anaerobik amonyum oksidasyonunun atık su arıtma sürecinin ana sürecine uygulanmasının uygulanabilirliği de dikkate alınmış ve bir dizi araştırma yapılmıştır. Şekil 12, denitrifikasyon işleminin ve nitrifikasyon işleminin ayrı ayrı gösterildiği biyolojik azot giderme işlemini gösterir. Denitrifikasyon ve fosfor giderim prosesi, büyük miktarda havalandırma enerjisinden tasarruf sağlayan shunt azot ve fosfor giderimi elde etmek için esas olarak elektron alıcısı olarak nitrat azotunu kullanır. Geleneksel geliştirilmiş biyolojik fosfor giderimi ile karşılaştırıldığında, nitrat giderici fosfor giderimi teknolojisi karbon kaynağı kullanım oranını %50 arttırır, %30 havalandırma tasarrufu sağlar ve çamur oluşumu %50 azaltılır.



**Şekil 12.** ÇO Kontrolünde Esnasında Ortalama ÇO Konsantrasyonu

**Şekil 13'**de AAT'de ÇO, pH, ORP, amonyum ölçüm yerleri verilmiştir.





Şekil 13. ÇO, pH, ORP ve Amonyum Ölçüm Yerleri

Şekil 13’de verilen ölçüm noktalarında ÇO değerlerinin en düşük ve en yüksek değerleri ve hedef NH<sub>4</sub> değerleri **Tablo 1**’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Ölçüm Değerleri

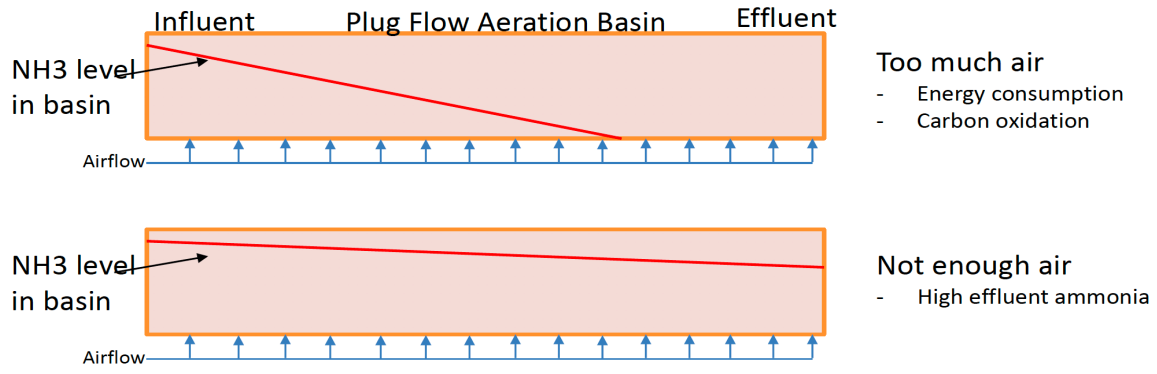
Ölçüm Yeri	Düşük ÇO, mg/L	Yüksek ÇO, mg/L
A1	0,3	0,3
A2	0,5	0,5
B	0,9	1,5
C	1,2	1,7
Hedef NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)		1,0

Aerobik bölgede amonyak ayarlama noktası kullanarak, tipik nitrifikasyon için en uygun ÇO ölçüm noktaları belirlenir.

AAT’i aerobik havuzda iki yanlış havalandırma uygulaması (Şekil 14);

1. Aşırı havalandırma ve aşırı enerji tüketimi,
2. Yetersiz havalandırma ve amonyum seviyesi yüksek.

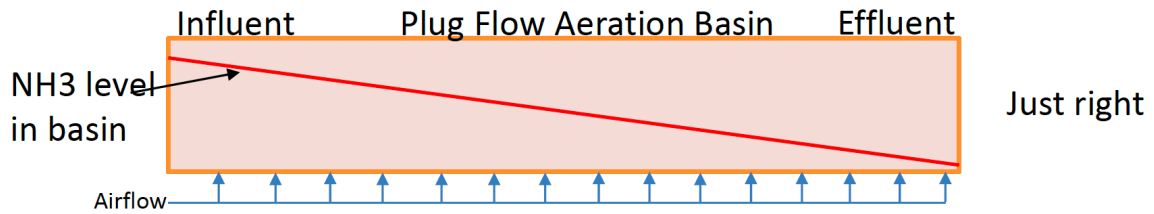
## Atıksu Arıtmada Amonyum Kontrol Bazlı Havalandırma



**Şekil 14.** AAT'de Yanlış Havalandırma Uygulaması

AAT'de doğru havalandırma (Şekil 15);

- Operatör deşarj amonyak ayar noktasını seçer.
- Deşarj amonyak ayar noktasından daha büyük olduğunda, kontrolör, ÇO yükseltir.
- Deşarj amonyak ayar noktasının altında olduğunda kontrolör, ÇO azaltır.



**Şekil 15.** AAT'de Doğru Havalandırma Uygulaması



## 6. UYGULAMALAR

ABAC sistemini uygulama esası;

### 1. Hazırlık;

- Atıksudaki amonyum değerini tespit ediniz. AAT proje kriterlerinin üzerinde amonyumlu atıksu geliyor mu tespit edilmeli,
- Atıksuyun hidrolik hareket takip edilmeli,
- Spesifikleri tartışınız: blowerların kapasitesi, diffüzör türleri gibi,
- Dinamik model oluşturunuz.
- AAT'e gelen atıksuyun sıcaklığı, kirlilik yüklerini değerlendiriniz.

### 2. Amaçlar;

- Tesis personeli ile kontrol parametrelerini belirleyiniz.
- Muhtemel kontrol senaryolarını tartışınız.
- Aletleri değerlendiriniz (ölçüm aletlerinin testlerini başlatınız)

### 3. Analiz ve Dizayn;

- ✓ Simülasyonu çalıştırınız, analiz ediniz ve tesis personeline sunum yapınız.
- ✓ Sonuçları tartışınız, rafine kontrol stratejisi geliştiriniz.
- ✓ Güvenli netler ve hata-besleme stratejileri geliştir.
- ✓ Uygulama için kontrol stratejileri geliştir.

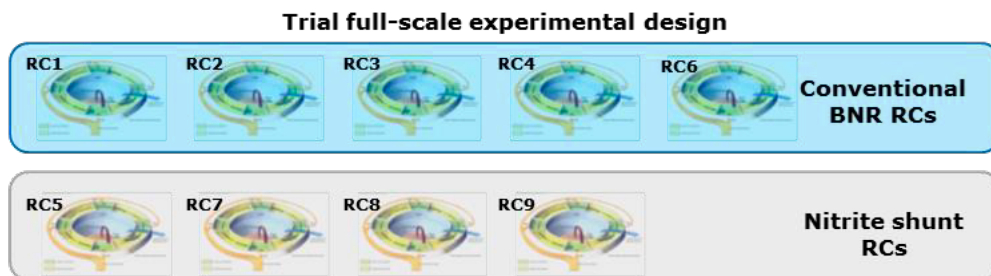
### 4. Uygulama;

- ✓ Instrumentation karar veriniz.
- ✓ Sensör ve kontroller için bakım ve QA/QC planları geliştir.
- ✓ Kontrol stratejisini uygulayın.

### 5. İşletme ve bakım;

- ✓ Operatör eğitimleri ve kontrol parametreleri optimizasyonu ve stratejiler modeli düzenle ve kullan,
- ✓ Düzenli olarak tekrar kontrol sistemi ve stratejileri gözden geçir.

Yaklaşık 120,000 eşdeğeri nüfus için aktif çamur sistemi; klasik atıksu arıtma tesisi 4 adet ilave havuzla 9 adete genişletilmiştir. Dokuz kademeli AAT besleme sisteminde; ilk dönüştürülen RC (reaktör havuzu) 5, ardından RC 7, 8 ve 9 kademeleri oluşturulmuştur. Her RC, dört geleneksel nitrifikasyon aerobik bölgesi (bölge 2, 4, 6 ve 8 aralarında serpiştirilmiş dört denitrifikan anoksik bölgeden (Bölge 1, 3, 5 ve 7) oluşmaktadır.



**Şekil 16.** Dokuz Kademeli AAT Besleme Sistemi

Şekil 16'de verilen AAT'de ÇO bazlı havalandırma kontrolü ve amonyum bazlı havalandırma kontrolü uygulanmıştır.

Amonyum bazlı havalandırma kontrol sistemi ile işletmede olumsuz etki oluşturmayan enerji verimli ve deşarj sınır değerleri güvenli sonuçlar alınmıştır.

Mangere AAT'inde kontrol stratejilerinin çeşitli varyasyonları denendikten sonra, amonyak bazlı havalandırma kontrolü bir nitrit shunt'unu teşvik etmek için en iyi yöntem olarak tanımlanmıştır ve RC performansı veya blower çalışması üzerinde olumsuz bir etkisi olmamıştır. Deneme, toplam havalandırma hacminin yaklaşık %22 olduğunu ve blower enerji tüketiminde %16'lık gerçek bir güç tasarrufuna karşılık geldiğini göstermiştir. Yeni kontrol stratejisine sahip reaktörler, 0,08 – 0,14 mg/L'ye kıyasla 0,16 – 0,41 mg/L nitrit konsantrasyonlarına sahiptir. Nitrat konsantrasyonları da 5,5 – 8,5 mg/L'ye karşı 3,4 – 4,7 mg/L arasında değişmektedir. Toplam azot konsantrasyonu kontrol reaktöründen 0,5 – 2,4 mg/L daha düşüktür. Amonyak konsantrasyonları yaklaşık 0,4 mg / L olarak ölçülmüştür.

Diğer birkaç faktörden etkilenebilecek yüksek pik SVI değerleri dışında çamurun yerleşebilirliği üzerinde hiçbir zararlı etki gözlenmemiştir. Biyokütle muayenesinde, düşük ÇO filamentli bakterilerin prevalansında artış belirtisi bulunmadığı ve gözlemlenen filamentli bakterilerin iki geleneksel ve iki nitrit şant reaktör numunesinde benzer olduğu görülmüştür. Nitrit shunt oluşumunu belirlemenin önemli bir yöntemi NOB:AOB oranlarını ölçmektir. Geleneksel bir reaktörün 0,6 değerine sahip olması beklenir. 0,6'dan düşük değerler nitrit shunt mekanizmasını gösterir. RC 5'in değeri 0,3 iken RC 7, 8 ve 9'de 0.6'nın üzerindedir. Daha düşük SRT'lerin elde edilmesinde ve tüm reaktörlerde nitrit shunt'nun uygulanmasındaki bir sınırlama, tesis edilen çamur işleme kapasitesi olabilir ve işleme tabi tutulması gereken daha yüksek çamur hacimleri olabilir.

Sonuç olarak, dört reaktörden üçü için nitrit shunt'nun meydana gelmesinin kategorik olarak kanıtlanmamasına rağmen, hepsi geleneksel reaktörlere kıyasla farklı davranmaktadır. Düşük toplam azot konsantrasyonları ve azaltılmış havalandırma, bu reaktörlerin nitrit shunt'nun geçiş yaptığını gösterir.

ABAC, ABD'deki Nansmond WRF ve Henrico WRF'de geleneksel ÇO kontrolünde çalışan uygulamaların yanı sıra tam ölçekli proses çalışmalarında uygulanmıştır.

- Nansmond HRSD tesisi, büyük bir endüstriyel atıksu ilaveli ve toplamda 110 ML/gün debili 5 aşamalı Bardenpho işletimdir. Bu tesisin dördü ABAC kontrolüne dönüştürüldü. Araştırmanın temel amacı, ortalama %47'lik bir tasarrufla tamamlayıcı karbon kullanımını azaltmaktır. ABAC çalışma modunda tesis elektrik maliyetleri %8 azaldı. ABAC modunda aylık ortalama kWh'de yaklaşık %4 azaldı.
- Henrico County WRF, toplam 8 çalışmanın 1'inde pilot işlem çalışmaya sahip 285 ML/gün atıksuya sahip bir tesistir. Pilot hedefler, tamamlayıcı karbon ilavesini azaltmak ve enerji tasarrufu için havalandırmayı en aza indirmektir. Deney sırasında SND/Amonyak bazlı ÇO kontrolü ile karbonda %40 azalma sağlandı.

## 7. KAYNAKLAR

1. Guoqiang Liu and Jianmin Wang, “Role of Solids Retention Time in Ammonia-Based Feedback Aeration Control” ASCE, J. Environ. Eng., 2016, 142(7): 04016029.
2. Aprilia Vellacott, Damien Sharland (Jacobs), “ADVANCES IN WASTEWATER TREATMENT – REDUCING ENERGY USE WHILE IMPROVING EFFLUENT QUALITY.”
3. Charles B. Bott, PhD, PE, BCEE, “Ammonia-Based Aeration Control (ABAC)” HRSD.
4. H.I. Tan, C.Carlinet, P. Bickers, O.Perez-Garcia, C.Mckenzie, “ESTABLISHING NITRITE SHUNT AT FULL SCALE.”
5. “Taking Ammonia-Based Aeration Control to the Next Level Real World Experience and Lessons Learned”, Robert W. Hite Facility Denver, Colorado.
6. Mark W. Miller, Pusker Regmi, Jose Jimenez, “Sensors Versus Analyzers: The Case for Ammonia-based Aeration Control”, WEFTEC 2019.
7. Troy Morgan; Western Regional Process Analytical Manager “Use of Ammonia and Nitrate Sensors for Activated Sludge Aeration Control”, xylem, October 23, 2012,
8. “Advanced Aeration Control Systems at Water Resource Recovery Facilities (WRRFs)”, Water Environment Association of Texas.
9. Leiv Rieger, “Myths About Ammonia Feedforward Aeration Control”, CONFERENCE PAPER · SEPTEMBER 2012.
10. Pusker Regmi, Ryder Bunce, Mark W. Miller, Hongkeun Park, Kartik Chandran, Bernhard Wett, Sudhir Murthy, Charles B. Bott, “Ammonia-Based Intermittent Aeration Control Optimized for Efficient Nitrogen Removal”, Biotechnology and Bioengineering, Vol. 112, No. 10, October, 2015.
11. Leiv Rieger, Richard M. Jones, Peter L. Dolcl, Charles B. Bott, “Ammonia-Based Feedforward and Feedback Aeration Control in Activated Sludge Processes”, Water Environ. Res., 86, 63 (2014).