

ÖZET**SU ARITMASI İÇİN İYİLEŞTİRİLMİŞ METOT**

Buluş, özellikle atık su işleme tesislerinde besin maddelerinin daha iyi uzaklaştırılmasını sağlayan, bir durumu belirlemeye ve bu durumun ortaya çıkmasının bir sonucu olarak, atık su

5 işlemlerini değiştirmeye yönelik bir metot ile ilgilidir. .

İSTEMLER

1. Bir arıtma kısmına sahip bir atık su arıtma tesisini kontrol etmeye yönelik bir metot olup bahsedilen metot, aşağıdaki adımları içermektedir:
 - 5 a) arıtma kısmının, nitrat konsantrasyonu, $\text{NO}_{3,\text{low}}$ seviyesinin altına düşene kadar, ki burada $\text{NO}_{3,\text{low}}$, güncel amonyum ve nitrat ölçümlerinin bir fonksiyonudur ve fosfat konsantrasyonu, $\text{PO}_{4,\text{high}}$ seviyesinden yüksek olana kadar, ki burada $\text{PO}_{4,\text{high}}$, güncel amonyum, nitrat ve fosfat ölçümlerinin bir fonksiyonudur, anaerobik şartlara ulaşılmasına izin verilmesi,
 - 10 b) arıtma kısmının, amonyum konsantrasyonu, $\text{NH}_{4,\text{low}}$ seviyesinin altına düşene kadar, ki burada $\text{NH}_{4,\text{low}}$, güncel amonyum ve nitrat ölçümlerinin bir fonksiyonudur ve fosfat konsantrasyonu, $\text{PO}_{4,\text{low}}$ seviyesinin altına düşene kadar, ki burada $\text{PO}_{4,\text{low}}$, güncel amonyum, nitrat ve fosfat ölçümlerinin bir fonksiyonudur, aerobik şartlara ulaşılmasına izin verilmesi,
 - 15 - bahsedilen metot, amonyum, nitrat, fosfat ve çözülmüş oksijen konsantrasyonlarını ölçmeye yönelik sensörlerin ve sensörden değerler alan ve uygulanan hava miktarını kontrol eden bir kontrolörün kullanımını da içerir ve bahsedilen metot, çevrim içi ölçüm tabanlı bir kontrolden faydalanır.

TARİFNAME

SU ARITMASI İÇİN İYİLEŞTİRİLMİŞ METOT

Mevcut buluş, bir atık su işleme tesisini kontrol etmeye yönelik iyileştirilmiş bir metot ile ilgilidir. Daha özel bir anlatımla bu buluş, bir durumu belirlemeye ve bu durumun ortaya çıkmasının bir sonucu olarak, atık su işlemlerini değiştirmeye yönelik bir metot ile ilgilidir. Mevcut buluş, özellikle de atık su işleme tesislerinde besin maddelerinin daha iyi uzaklaştırılmasını sağlayan bir metot ile ilgilidir.

Önceden bilinen su arıtma tesislerinde, biyolojik materyalin ve azotun uzaklaştırılması, örneğin EP 0 642 469 içerisinde tarif edildiği üzere farklı kontrol ve düzenleme vasıtaları kullanılarak ayarlanmakta ve fosfor içerikli maddeler, çökeltici ajanlar ile veya olmaksızın ayrı bir adımda uzaklaştırılmaktadır.

Önceki tekniğin US 2002/043486 dokümanında, atık suyu işlemeye yönelik ve daha özel olarak, bir atık su arıtma prosesinde atık sularındaki besin maddelerini uzaklaştırmaya yönelik prosesler ve sistemler açıklanır. Söz konusu sistemler yüksek derecede otomasyona dayandırılabilir ve bu durum, operatörlerin gerekli gözetimini azaltır ve böylece işletme maliyetleri daha da düşürülür ve operasyonel belirsizliklerin daha da azaltılması sağlanır.

Mevcut buluşun amacı, iki veya daha fazla prosesi birbirlerine görece olarak optimize etmek yoluyla, kapsamlı şekilde iyileştirilmiş bir arıtma elde etmektir. Bu buluş, atık su arıtma tesisinde, kaynakların ana kısmını işgal eden bir veya daha fazla primer saflaştırma prosesinde, önemli zararlı etkilere sebep olmaksızın, ikincil bir saflaştırma prosesinin kontrolünü artıran veya optimize eden bir kontrol metodu sağlamakta ve böylece fosfor içerikli maddelerin biyolojik içeriğini uzaklaştırmaya yönelik proses eklenmekte veya optimize edilmekte ve aynı zamanda, organik maddelerin ve nitrat ve amonyum bileşiklerinin parçalanması, neredeyse hiç değişmeyen bir verimlilikle atık su arıtma tesisinde gerçekleştirilmeye devam etmektedir.

Faz uzunluklarının genel olarak kontrolü, iki farklı prensibe uygun olarak gerçekleştirilebilir: zamana dayalı kontrol ve çevrim içi ölçüm tabanlı kontrol. Zamana dayalı kontrol, basit olarak, gerek spesifik faz uzunluklarının sabit olarak atanması, gerekse faz uzunluklarının gün boyunca önceden tanımlı bir motife uygun olarak değişmesine imkan verilmesidir. Prensipite basit olmakla birlikte zamana dayalı kontrol, daha etkili olabilir, çünkü faz uzunlukları için görece olarak karmaşık zaman desenlerini tanımlamak mümkündür. Ancak yük veya başka önemli faktörler bilinmeyen bir şekilde değiştiğinde faz süresi (yani kapasite) kaybolacak, çok fazla enerji kullanılacak veya istenen verim kalitesi karşılanmayacaktır.

Mevcut buluşa göre tarif edilen çevrim içi ölçüm tabanlı kontrol kullanılarak, bu problemlerin bir kısmı veya tamamı çözülebilir, çünkü çevrim içi ölçüm tabanlı kontrol, yük değişimlerini takip etme ve faz uzunluklarını buna göre ayarlama kapasitesine sahiptir. Ölçüm tabanlı kontrolü uygulayacak birkaç farklı strateji vardır.

- 5 Mevcut buluşun bir başka amacı, atık suyu işlemeye yönelik olarak, özellikle fosforlu maddeler uzaklaştırılırken çökeltici ajanların miktarının azaltılabildiği iyileştirilmiş bir kontrol metodu sağlamaktır.

Bir su arıtma tesisinde kullanılan çökeltici ajanların miktarındaki bir düşüş, sadece işletme maliyetlerini azaltmakla kalmaz, aynı zamanda bu tip bir tesisin çevresel etkisini de azaltır.

- 10 Çökeltici ajanlar daha küçük miktarlarda kullanıldığından, çamurun içinde daha az miktarlarda çökelmiş kimyasal bileşik bulunur ve bu sebeple de tarımsal amaçlar için daha uygun bir çamur elde edilir.

Dolayısıyla mevcut buluş, bir birinci faz ve bir ikinci faz olmak üzere iki faza sahip bir döngüye yer veren bir kontrol metodu sağlamaktadır ve birinci faz, yeterli bir nitrifikasyon elde edilene ve toplanan fosfat, güncel yük veya kapasite durumu esasında tanımlı bir düzeye ulaşana kadar devam eder ve ikinci faz ise, yeterli denitrifikasyon elde edilene kadar ve hücreler arası bileşiklerin, fosforlu madde biriktiren organizmalarda (FBO) depolanması, tanımlı bir seviyeye ulaşana kadar devam eder.

- 20 "Yeterli" ifadesi, istenen bir seviyenin elde edilmiş olduğu anlamına gelir; istenen seviye, bir sabit parametre ile veya sürekli olarak adapte edilen bir parametreyle tanımlanabilir.

Tercih edildiği haliyle bu buluş, 10.000 PE üzerinde yüke sahip tesislerde, daha fazla tercih edildiği haliyle 100,000 PE üzerinde yüke sahip olan tesislerde ve en çok tercih edildiği haliyle, 250,000 PE üzerinde yüke sahip olan tesislerde kullanılır.

- 25 Tercih edildiği haliyle bu buluş, $>2.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ 'lük bir besleme hacmine, daha fazla tercih edildiği haliyle $>20.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ 'lük bir besleme hacmine ve en çok tercih edildiği haliyle $>60.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ 'lük bir besleme hacmine sahip tesislerde kullanılır.

Sistem parametreleri, amonyum, nitrat ve fosfat ölçümlerine yönelik çevrim içi ölçüm aletleri ile belirlenir ve bu tip ölçüm cihazları örneğin aşağıda belirtilen firmalar tarafından yapılır:

- Hach Lange
- 30 - Danfoss
- Endress+Hauser
- Bran+Luebbe
- WTW (Wissenschaftlich-Technische Werkstätten GmbH & co. KG)

- Applied Spectrometry Associates, Inc. (ChemScan Analyzers)

Tanımlar:

Yük/kapasite: Yük tanımı; hidrolik yük, organik madde yükü ve besin yükü tanımlarına ayrılabilir. Hidrolik yük, birim günde giriş akımının hacmidir [m^3/sa]. Organik madde yükü, birim günde giriş akımında bulunan organik madde kütlesidir [$kg/gün$]. Besin yükü, birim günde giriş akımında bulunan besin kütlesidir [$kg/gün$]. Kapasitenin tanımı, biyolojik proseslerin uzaklaştırmasının mümkün olduğu maksimum yüküdür.

Bir **sistem parametresi**, sistem ve hangi parametrenin kantifiye edilebildiği hakkında bilgi içeren bir parametredir. İlgili sistem parametreleri; bileşen konsantrasyonları, örneğin NO_3 , NH_4 , PO_4 , COD (kimyasal oksijen ihtiyacı), BOD (biyokimyasal oksijen ihtiyacı), TOC (toplam organik karbon), redoks potansiyeli ve sıcaklıktan oluşan gruptan seçilebilecektir. Bir sistem parametresinin sürekli olarak ölçülmesi, sistem parametresinin ölçülmesinin her zaman mümkün olduğu anlamına gelir ve normal olarak ölçümler, belirli zaman adımlarına, mesela her 30 saniyede bir, ya da istek üzerine kaydedilecektir.

Bir **kontrol parametresi**, uygun bir kontrol aksiyonu belirlemek amacıyla, sistem parametrelerinin bir veya daha fazla kayıtlı değerlerinden seçilen veya hesaplanan bir parametredir (değişken veya sabit). Kontrol parametresi, örneğin bir ayar noktası veya bir üst veya alt limit olabilir. Bir kontrol parametresinin örneği, bir nitrifikasyon tankındaki oksijen konsantrasyonunun istenen değeridir. Bu kontrol parametresi ile ilişkili sistem parametrelerinin örnekleri arasında nitrat konsantrasyonu, redoks potansiyeli ve fosfat konsantrasyonu bulunur. Bir kontrol parametresinin bir başka örneği, bir denitrifikasyon tankındaki güncel amonyum konsantrasyonudur. Bu kontrol parametresi ile ilişkili sistem parametrelerinin örnekleri arasında amonyum konsantrasyonu, oksijen konsantrasyonu ve oksijen beslemesi bulunur.

Eğer ki kontrol parametresi, örneğin birden fazla sistem parametresinden hesaplanır ise, bir **kontrol fonksiyonu** ile hesaplanır. Bir kontrol fonksiyonu, kontrol parametresi ile sistem parametresi veya sistem parametresinden türetilen bir değer arasındaki korelasyonu tanımlar. Sistem parametresi ve kontrol parametresi arasındaki korelasyon, normal olarak, deterministik (belirleyici) veya stokastik (olasılıksal) tipteki bir matematiksel modele göre tanımlanır ve bu model ise, kısmi olarak veya tamamıyla önceki verilerden veya önceki çalışmaların deneyiminden belirlenebilecektir. Tipik olduğu üzere kullanılan kontrol fonksiyonları, çeşitli sürekli fonksiyonların bir kombinasyonu olan süresiz fonksiyonlardır.

Bu buluş, fosforu uzaklaştıran bakterilerin (fosfor biriktiren organizmalar, FBO) değişen şartlar altında kontrollü şekilde yaşamaya zorlanmasıyla, FBO'nun, sürecin net bir sonucu olarak, çevreleyen ortamdan daha fazla miktarlarda fosforlu madde uzaklaştırabildiklerine dair iyi bilinen bulguya dayanır.

Bu bulgu, örneğin U.S. Patenti No. 5.304.308 içerisinde tarif edilir ve buna göre işletme şartları, anaerobik ve aerobik şartlar arasında dönüşümlü olarak değiştirilir. Bahsedilen dokümanda, iki bölmeli bir arıtma tesisinde hem azot hem de fosfor bileşenlerinin nasıl uzaklaştırıldığı tarif edilir. Azot, $\text{NH}_4\text{-N}$ 'nin aerobik şartlar altında, nitrifiye edici bakterilerin etkisi ile $\text{NO}_3\text{-N}$ halinde oksitleneceği şekilde elimine edilir ve bu ürün ise daha sonra anaerobik şartlar altında, denitrifiye edici bakterilerin etkisi ile N_2 halinde indirgenir. Bu kesintili havalandırma işleminde aktifleşmiş çamurdan gerçekleşen fosfor salımı, denitrifikasyon tamamlandıktan sonra meydana gelir ve $\text{NO}_3\text{-N}$ 'den ortaya çıkan oksijen molekülleri, tankta yok olur ve daha sonra sonraki havalandırma adımında fosforlu madde Emilimi gerçekleştirilir. Birinci ve ikinci havalandırma tanklarının işlemleri, önceden belirlenmiş değere eşit olan bir ORP (oksidasyon-indirgeme potansiyeli) bükülme noktasının veya ORP değerinin saptanması esasında eş zamanlı olarak ajitasyondan havalandırmaya geçirilir ve bahsedilen nokta ise, ikinci havalandırma tankında denitrifikasyon sürecinin tamamlanmasını temsil eder. Bu metot, hem azotun hem de fosforlu maddelerin atık sudan sabit şekilde uzaklaştırılmasına yöneliktir ve bu metoda göre iki proses arasında bir önceliklendirme kararı verilmez. Ayrıca bu proses, iki adet havalandırma bölme ve her iki bölmeden geçen bir ileri yönlü akım bulunan spesifik bir tesis tipi ile sınırlıdır.

Mevcut buluşun metodu, havalandırma eklenebilen tek bir tank / kısım / bölme içerisinde gerçekleştirilir ve bu metot, azotun sabit şekilde uzaklaştırılmasına ve zaman zaman fosforlu maddelerin biyolojik olarak uzaklaştırılmasına yöneliktir. Mevcut buluş uygulandığında, atık suyun içindeki fosforlu maddenin artmış bir kısmı, FBO içerisinde bağlanır ve bu organizmalar çamur olarak uzaklaştırıldıkça procesten uzaklaştırılır, dolayısıyla çökeltici maddeler ile daha az fosforlu maddenin çökertilmesi gerekir ve bu durum ise, biyolojik şekilde bağlanan fosforlu maddeler, bitkiler için daha fazla bulunduğundan, çamurun tarımsal kullanım için daha uygun olması avantajını verir. Mevcut buluş uygulanırken bir veya daha fazla bölümü bulunan mevcut bir tesise bir kontrol metodu eklenebilir ve böylece daha fazla fosforlu maddenin biyolojik şekilde uzaklaştırılması sağlanır ve eğer ki kontrol metodu birden fazla bölmeye sahip bir arıtma tesisine eklenir veya uygulanır ise, bölmeler ayrı ayrı kontrol edilir ve sonuç olarak tesisin daha esnek şekilde işletilmesine imkan verilir. Ayrıca, mevcut buluşun kontrol metodu uygulanırken mevcut bir arıtma tesisine yeni bir bölme eklenmesi arzu edilebilir ve böylece proses optimize edilir ve daha fazla fosforlu maddenin uzaklaştırılması sağlanır.

Mevcut başvuruda, su arıtma tesisindeki şartları tarif etmek üzere aşağıdaki terimler kullanılacaktır:

Aerobik şartlar, lokasyonda oksijen (O_2) bulunduğu anlamına gelir. Aerobik şartlar altında bakteriler, organik maddeleri ayrıştırır ve amonyak ve azotlu bileşiklerini nitrat, çamur ve karbon dioksit dönüştürür. Kolayca parçalanabilen organik materyal, ayrıştırılması en hızlı olanıdır.

Nitrifiye edici bakteriler, amonyak ve diğer azotlu bileşikleri nitrat haline dönüştürürken, daha ağır organik materyaller başka bakteriler tarafından ayrıştırılır. Fosforlu maddeleri gideren bakteriler fosforlu maddeleri içerisine alır.

Anoksik şartlar, lokasyonda serbest oksijen değil de nitrat (NO_3) bulunduğu anlamına gelir.

- 5 Anoksik şartlar altında denitrifiye edici bakteriler, organik maddeyi ayrıştırmak üzere oksijen kaynağı olarak nitrat kullanır ve bu proses esnasında nitrat, serbest azota dönüştürülür. Fosforlu maddeleri gideren bakteriler fosforlu maddeleri bu şartlar altında da içerisine alır.

Aerobik şartlar, lokasyonda ne nitrat ne de oksijen bulunduğu anlamına gelir. Anaerobik şartlar altında fosforlu maddeleri gideren bakteriler, kolaylıkla parçalanabilen bir karbon

10 kaynağı ile beslendiğinde ve fosforlu maddeleri gideren bakterilerde karbon kaynağı istifleri bulunduğu büyüyebilirler.

- Anaerobik şartlar, bir arıtma tesisinin bir bölümüne veya bir kısmına uygulandığında, örneğin denitrifikasyon ve/veya amonyak yıkımı gibi normal olarak bu bölmede gerçekleşen prosesler durdurulur veya yavaşlatılır. Dolayısıyla, fosforlu maddeleri gideren bakterilerin büyümesi
- 15 esnasında tesis, azot uzaklaştırma bakımından aynı verimlilikte arıtma yapamayabilir, çünkü bu proseslerin süresi bu durumda daha kısa olacaktır. Dolayısıyla fosforlu maddeleri gideren bakterilerin büyümeye bırakılması ve örneğin gün içerisinde düşük bir atık su yükü bulunan belirli zamanlar esnasında aşırı kapasite bulunabilen periyotlar esnasında fosforlu maddelerin almaya yönelik prosesler için gerekli olan dahili karbon kaynaklarının oluşmaya imkan
- 20 verilmesi tercih edilir. Ancak, sistemde aşırı kapasitenin ne zaman olduğunu ve ne kadar sürdüğünü kestirmek güç olabildiğinden, tesisin ihtiyaç olduğu zaman yeterli azot giderme kapasitesine sahip olamama riski söz konusu olur. Dahası, sadece sabit açma ve kapama süreleri kullanılarak ani bir fırsat penceresi kullanılmayacaktır. Dolayısıyla, bir tesisin veya bir tesis kısmının, fosforlu maddeleri uzaklaştırma kapasitesine ne zaman ve isteğe göre hangi
- 25 uzunlukta sahip olduğunu belirlemek üzere, ölçülen bir veya daha fazla sistem parametresinin değerlerinin kullanılması tercih edilir.

- Ancak, fosforlu maddelerin uzaklaştırılması verimliliğini sadece fosforlu maddeleri gideren bakterilerin miktarı ve dahili karbon kaynaklarının miktarı belirlemez. Eğer çok az bakteri varsa, sadece küçük miktarda fosforlu madde alınabilir. Eğer ki bakterilerdeki dahili karbon
- 30 kaynaklarının miktarı çok küçük olur ise, bu durumda da sadece az miktarda fosforlu madde alınabilir. Dahası eğer ki dahili karbon kaynakları ve bakterilerin miktarı arasındaki oran çok küçük olur ise, fosforlu maddenin alımı çok yavaş olur ve fosforlu maddeler su geçirilmeden önce tüketilemez. Oranın artırılması amacıyla bakterilerin, kolaylıkla ayrışabilen bir karbon kaynağına erişimini sağlamak ve bir büyüme periyodunu tetiklemek üzere anaerobik şartlar
- 35 uygulamak gerekecektir. Oranın artırılması bu durumda zaman alır ve bu sürenin, örneğin

nitrifikasyon ve denitrifikasyon prosesleri gibi başka proseslerden alınması gerekir. Dolayısıyla mevcut buluşun önemli bir yönü, atık sularda genel olarak iyileştirilmiş bir arıtma sağlamak amacıyla ilgili tüm proseslerin birbirleri ile göreceli olarak optimizasyonunu amaçlamaktadır.

Tercih edilen bir yapılanmaya göre burada tarif edilen kontrol metodu, Geliştirilmiş Biyolojik Fosfor Giderimi (**GBFG**) için mutlak olarak dizayn edilmemiş olan bir biyolojik atık su işleme tesisinde GBFG özelliğini kazandırmayı amaçlamaktadır. GBFG, ilave reaktörler oluşturmak yerine mevcut biyolojik reaktörlerde biyolojik reaksiyonların kontrol altına alınması yoluyla başanlıdır. Kontrol metodu, sadece GBFG için veya Biyolojik Azot Giderme (**BAG**) ile birlikte kullanılabilir. GBFG ve BAG'nin kombinasyonu durumunda, GBFG ve BAG'de kullanılan prosesler aynı proses süresi için yarışır. Dolayısıyla, her ikisi için kapasite olmadığında GBFG ve BAG arasında bir önceliklendirme yapmak gerekir. Genel itibarıyla bu önceliklendirme, tahliye tüzükleri ve fosforlu maddelerin çöktürücü kimyasallar vasıtasıyla uzaklaştırma olanağı sebebiyle BAG işlemleri lehinde gerçekleşir. Birleşik durumdaki kontrol metodu, arıtma tesislerinin yüksek ve düşük yük durumları ile değişken şartlardan geçtiği gerçeğinden faydalanır. Düşük yük periyotlarında arıtma tesisi normal olarak fazla kapasiteye sahiptir ve bu husus, mevcut reaktör hacimleri içerisinde GBFG lehine kullanılır.

Proses, fasıllı havalandırma ile kontrol edilir. Yani proses şartları, aerobik (havalandırma), anoksik (ajitasyon) ve anaerobik (ajitasyon) şartları arasında dönüşümlü olarak gerçekleştirilir. Aerobik faz, **N fazı** olarak anılır ve anoksik ve anaerobik fazlar birlikte **DN fazını** meydana getirir. N ve DN fazlarının uzunluğu, güncel yük/kapasite durumu temelinde belirlenir. N fazının uzunluğu, yeterince fosfat alımı ve BAG ile birleştirilmesi durumunda, nitrifikasyon sağlanacağı şekilde belirlenir. DN fazının uzunluğu, fosforlu madde biriktiren organizmalarda (FBO) hücreler arası bileşiklerde yeterli depolama ve BAG ile birleştirilmesi durumunda, denitrifikasyon sağlanacağı şekilde belirlenir. GBFG, BAG ile birleştirildiğinde DN fazı, hem anoksik hem de anaerobik şartları içerir, çünkü havalandırma olmayan periyodun anoksik fazın ötesine uzatılması gerekir ve böylece anaerobik şartlara ulaşılır.

Kontrol metodu, iki faz içeren bir döngüye yer verir:

Reaktör, fosfat alımı güncel yük/kapasite durumu esasında belirlenen bir seviyeye ulaşana kadar havalandırılır (**N fazı**). GBFG, BAG ile birleştirildiğinde, havalandırma yeterli nitrifikasyon elde edilene ve fosfat alımı, güncel yük/kapasite durumu esasında belirlenen bir seviyeye ulaşana kadar devam eder. N fazının sürdürülmesi, havalandırmanın mevcut yük/kapasite durumu esasında kontrol edilmesiyle gerçekleştirilir.

Reaktör, hücreler arası bileşiklerin depolanması, güncel yük/kapasite durumu esasında belirlenen bir seviyeye ulaşana kadar havalandırılır (**DN fazı**). GBFG, BAG ile birleştirildiğinde DN fazı, yeterli denitrifikasyon elde edilene ve hücreler arası bileşiklerin depolanması, güncel

yük/kapasite durumu esasında belirlenen bir seviyeye ulaşana kadar devam eder. DN fazının sürdürülmesi, havalandırma kapalı tutularak gerçekleştirilir.

Mevcut buluş, çoklu kontrol fonksiyonları kullanıldığında özellikle uygun olur. Çoklu kontrol fonksiyonlarının kullanımı, EP 642 469 içerisinde detaylı olarak tarif edilir ve bir kontrol parametresinin, en az iki sistem parametresine ve bahsedilen sistem parametreleri ile ilişkili kontrol fonksiyonlarına yönelik ölçüm sonuçları esasında belirlenmesi ile karakterize edilir.

Çoklu kontrol fonksiyonlarının kullanımı, bir atık su arıtma tesisinin kontrolü esnasında ölçülen sistem parametrelerinden bir kısmının, aynı fiziksel şartlar hakkında bilgi sağladığına ve dolayısıyla bu tip sistem parametrelerinin, tesisin durumunun daha doğru, hızlı ve güvenilir şekilde belirlenmesi ve kontrol parametresinin tayin edilmesi için kullanılabildiğine dayandırılır ve böylece tesisin daha verimli şekilde kontrol altına alınması sağlanır.

Birden fazla kontrol fonksiyonu kullanıldığında kontrol parametresi, ayrı kontrol parametrelerinden (cp_i) her birinin bir sistem parametresinin bir fonksiyonu olacağı şekilde, münferit kontrol parametrelerinin ağırlıklı bir kombinasyonu esasında belirlenebilir. Çoklu kontrol fonksiyonlarında münferit kontrol parametreleri, ilgili kontrol aksiyonu ile bağlantılı olarak uygunluğu bakımından görelî olarak tartılır.

Bu tip bir kontrolün kullanımı, kontrol parametresinin belirlenmesinde kullanılan kontrol fonksiyonlarının, parametrenin büyüklüğüne bağılı olarak farklı şekilde ağırlıklandırılmasına imkan verir.

Kontrol parametresi, örneğin aşağıdaki iki formülden biri kullanılarak belirlenebilir:

$$CP = \frac{w_1 cp_1 + w_2 cp_2 + w_3 cp_3 + \dots + w_m cp_m}{w_1 + w_2 + w_3 + \dots + w_m} \quad (1)$$

burada CP, meydana gelen kontrol parametresidir; w_i , ağırlıkları temsil eder; cp_i , münferit kontrol fonksiyonları ile belirlenen münferit kontrol parametresidir; ve m, 1'den büyük bir pozitif tam sayıdır,

$$CP = \frac{w_1 cp_1^{n_1+1} + w_2 cp_2^{n_2+1} + w_3 cp_3^{n_3+1} + \dots + w_m cp_m^{n_m+1}}{w_1 cp_1^{n_1} + w_2 cp_2^{n_2} + w_3 cp_3^{n_3} + \dots + w_m cp_m^{n_m}} \quad (2)$$

burada CP, w_i , cp_i ve m, yukarıda tanımlanan anlama sahiptir ve burada n_i , gerçekte sayılardır.

Kontrol parametresinin, münferit kontrol fonksiyonlarına yönelik ağırlıklar kullanılarak belirlenmesi, örneğin üstel, logaritmik ve etki fonksiyonları gibi farklı sürekli fonksiyonların bir kombinasyonunu kullanılarak, yani konvansiyonel istatistik ve stokastik modelleri kullanarak da gerçekleştirilebilir.

Kontrol parametresinin belirlenmesi ve müteakip olarak kontrol aksiyonunun seçilmesi, tercihen arıtma tesisine yönelik olarak, sistem parametreleri, türetilmiş sistem parametreleri ve

kontrol parametreleri arasındaki korelasyonu tanımlayan ve arıtma tesisinin ilgili zaman noktasındaki durumunu tarif edebilen bir matematiksel model kullanılarak gerçekleştirilir. Alternatif olarak kontrol aksiyonu, önceden belirlenmiş bir kurallar kümesi esasında belirlenebilir.

- 5 Çoklu kontrol fonksiyonlarını kullanmanın bir başka varyantı, ölçüm sonuçlarının kalitesinin değerlendirilmesi ve kontrol parametresinin, değerlendirilmiş olan ölçüm sonuçları esasında belirlenmesi ile karakterize edilir.

10 Ölçüm sonuçlarının kalitesinin değerlendirilmesi, tercih edildiği haliyle, "Method of controlling waste water purification plants using quality evaluation of measurement data" başlıklı DK patent başvurusu 1677/91 içerisinde tarif edilen metot ile gerçekleştirilir.

Ölçüm sonuçlarının kalitesinin değerlendirilmesinin, çoklu kontrol fonksiyonlarının kullanıldığı yukarıda bahsedilen tercihli varyasyonda gerçekleştirme şekli hakkında daha detaylı bilgi için yukarıda yapılan atfa başvurulabilir.

- 15 Ölçüm sonuçlarının kalite değerlendirmesi, tercihen en az bir parametreye yönelik ölçüm değerinin, matematiksel model esasında sürekli olarak hesaplanan, beklenen bir dinamik değer aralığıyla ve bir veya birkaç başka parametrenin eş zamanlı ve/veya önceki ölçümüyle ve/veya aynı parametrenin bir önceki ölçümüyle karşılaştırılması esasında gerçekleştirilir.

Beklenen dinamik değer aralığı tercihen beklenen bir dinamik değer ve buradan maksimum varyasyonların hesaplanması yoluyla belirlenir.

- 20 Daha fazla tercih edildiği haliyle ölçüm sonuçlarının kalite değerlendirmesi, ölçüm değerinin beklenen dinamik değer aralığı ile karşılaştırılması esasında ölçüm değerinin kredibilitesi değerlendirilerek gerçekleştirilir ve bu amaçla, kontrol parametresinin sonraki tayininde ölçüm değeri ile birlikte kullanılacak bir kredibilite faktörü atanır.

- 25 Kontrol parametresinin belirlenmesinden önce ölçüm sonuçları, eğer var ise, saptanabilir ölçüm enterferansının büyüklüğüne karşılık gelen bir değer ile düzeltilebilir.

Burada kullanıldığı haliyle "saptanabilir ölçüm enterferansı" terimi, bunların kontrolü ile bağlantılı olarak arıtma tesisinin maruz kaldığı etkilerin sebep olduğu ölçüm enterferansını ifade eder.

- 30 Saptanabilir ölçüm enterferansının kantifikasyonu, tercih edildiği haliyle matematiksel model esasında gerçekleştirilir ve aynı tipteki kontrol modifikasyonlarına yönelik yanıt süreçlerinin geçmiş verileri önceden gerçekleştirilir.

Çoklu kontrolün yukarıda tarif edilen varyantında kontrol parametresi, mevcut olanların en son güvenilir ölçüm sonuçları esasında herhangi bir zaman belirlenir ve b) bunlar kredibilitelerine göre ağırlıklandırılır ve böylece ölçüm sonuçlarının toplanan materyali ile karşılaştırmalı olarak

bir optimum kontrol elde edilir ve bu kontrol, önceki tekniğin yöntemleri ile elde edilen kontrolden çok daha etkili olur.

Kontrol parametresi, iki veya daha fazla sistem parametresi için toplanan ölçüm değerleri ve bunlarla ilişkili kontrol fonksiyonları ve kredibilite faktörleri esasında belirlenir.

- 5 Bu durumda kontrol parametresi, örneğin aşağıdaki iki formülden biri kullanılarak belirlenebilir:

$$CP = \frac{w_1 cf_1 cp_1 + w_2 cf_2 cp_2 + w_3 cf_3 cp_3 + \dots + w_m cf_m cp_m}{w_1 cf_1 + w_2 cf_2 + w_3 cf_3 + \dots + w_m cf_m}$$

burada CP, w_i , cp_i ve m , yukarıda tanımlanan anlama sahiptir ve burada cf_i , bir kredibilite faktörüdür,

$$CP = \frac{w_1 cf_1 cp_1^{n-1} + w_2 cf_2 cp_2^{n-1} + w_3 cf_3 cp_3^{n-1} + \dots + w_m cf_m cp_m^{n-1}}{w_1 cf_1 cp_1^{n-1} + w_2 cf_2 cp_2^{n-1} + w_3 cf_3 cp_3^{n-1} + \dots + w_m cf_m cp_m^{n-1}}$$

- 10 burada CP, cp_i , cf_i , n ve m , yukarıda tanımlanan anlama sahiptir.

Buluş konusu metot tercihen ölçüm sonuçlarını ve kontrol sinyallerini toplayan ve saklayan, toplanan verileri bir matematiksel model ile işleyen ve yeni kontrol aksiyonları gerçekleştiren bir entegre kontrol ve bilgisayar sistemi (kontrol aparatı) ile gerçekleştirilir.

- 15 Tercih edildiği haliyle bu metot, atık su arıtma tesislerinde, örneğin Biotenitro, ön denitrifikasyon prosesi (AO) vs. biyolojik fosfor giderimi için ayrı bir adım olmaksızın kullanılır. Ancak, iyileştirilmiş fosfor giderimi, atık su işleme tesisinde, örneğin biodepho, ön denitrifikasyon prosesi A2O vs. gibi bir biyolojik olarak fosfor giderimi için ayrı bir adımla başarılabılır.

- 20 Mevcut buluşun bir etkisi, atık su arıtma tesisindeki genel bakteri florasının yavaş şekilde değişerek, atık suların işlemlerini daha da iyileştiren şartlara ulaşılmasıdır. Tesise bağlı olarak bakteri florasının adaptasyonu bir ay sürebilecek ve şartlar, anaerobik zaman periyodunu uzatırken FBO'ların lehine olduğundan bu popülasyon artacaktır.

Mevcut buluş, şekillere başvurularda daha detaylı olarak tarif edilecektir:

Şekil 1, mevcut buluşa uygun olarak işletilen bir tesisin bölmesini gösterir.

- 25 Şekil 2, devir daim özelliği olan bir ön denitrifikasyon tesisini gösterir.

Şekil 3A, dönüşümlü bir GBAG prosesindeki ana fazları gösterir. DN: anoksik şartlar, N: aerobik şartlar (başka ara fazlar da kullanılabilir).

Şekil 3B, dönüşümlü proseslerde GBAG'ye yönelik kriterleri gösterir. Kontrol stratejisinde, NO_3 ve NH_4 ölçümlerini kullanılır.

- 30 Şekil 4, SBR'nin çalışma prensibini gösterir.

Şekil 5, bir kontrol algoritmasının bir akış diyagramını gösterir;

Şekil 6A, azot giderme kapasite fazlalığının bir fonksiyonu olarak P-aralığını gösterir.

Şekil 6B, fosfat limitlerinin değişen azot yükü ile nasıl değiştiğini gösterir.

Şekil 1, birleşik GBFG ve BAG muamelesi gerçekleştirilen bir arıtma tesisindeki bir bölmeyi gösterir. Bu bölme bir giriş (I), bir çıkış (O), bir sensör (S), bir fan (A) ve bir kontrolör (C) içerir. Giriş (I), reaktöre atık su verir ve işlemiden geçirilen atık sular, reaktörün çıkışından (O) çekilir. Reaktör içerisinde, sensör (S) ile kaydedilmiş olan, ölçülen sistem parametreleri, amonyum (NH_4), nitrat (NO_3), fosfat (PO_4) ve çözünmüş oksijen (DO) konsantrasyonlarıdır. Kontrolör (C), sensörden değerleri alır ve bölmeye uygulanan hava miktarını kontrol eder; tarif edilen kontrol döngüsü sınırsız olarak tekrarlanır. N fazı esnasında, amonyum konsantrasyonu, amonyumun nitrat (nitrit üzerinden) halinde nitrifikasyonu yoluyla azaltılır ve fosfat, fosfat alımı esnasında FBO hücrelerinde saklanır. DN fazı esnasında nitrat konsantrasyonu, denitrifikasyon ile azaltılır ve fosfat konsantrasyonu, fosfat salımı sebebiyle artar.

N fazı. PO_4 , fosfat alımını kantifiye etmek için kullanılır. NH_4 , amonyağın nitrat halinde nitrifikasyonunu kantifiye etmek için kullanılır. NH_4 , NO_3 ve PO_4 , akım yük/kapasite durumunu kantifiye etmek için kullanılır. Reaktörün havalandırılması, DO konsantrasyonunun bir DO_{sp} seviyesinde kontrol edilmesiyle muhafaza edilir. N fazı, NH_4 seviyesi $\text{NH}_{4,\text{low}}$ seviyesinden düşük olana ve PO_4 seviyesi $\text{PO}_{4,\text{low}}$ seviyesinden düşük olana kadar devam eder. $\text{NH}_{4,\text{low}}$ seviyesi, güncel NH_4 ve NO_3 ölçümlerinin bir fonksiyonudur. $\text{PO}_{4,\text{low}}$ seviyesi, güncel NH_4 , NO_3 ve PO_4 ölçümlerinin bir fonksiyonudur. DO_{sp} seviyesi, güncel NH_4 ve NO_3 ölçümlerinin bir fonksiyonudur.

DN fazı. PO_4 , fosfat salımını kantifiye etmek için kullanılır. NO_3 , nitratın gaz formundaki azot halinde denitrifikasyonunu kantifiye etmek için kullanılır. NH_4 , NO_3 ve PO_4 , akım yük/kapasite durumunu kantifiye etmek için kullanılır. Havalandırma, DO konsantrasyonunun $\text{DO}_{\text{sp}} = 0$ halinde kontrol edilmesiyle kapatılır. DN fazı, NO_3 seviyesi $\text{NO}_{3,\text{low}}$ seviyesinden düşük olana ve PO_4 seviyesi $\text{PO}_{4,\text{high}}$ seviyesinden yüksek olana kadar devam eder. $\text{NO}_{3,\text{low}}$ seviyesi, güncel NH_4 ve NO_3 ölçümlerinin bir fonksiyonudur. $\text{PO}_{4,\text{high}}$ seviyesi, güncel NH_4 , NO_3 ve PO_4 ölçümlerinin bir fonksiyonudur.

Şekil 2, devridaim özelliği olan bir ön denitrifikasyon sistemini gösterir. Bu tesiste bir yük, birinci bölmeye (1), bir ikinci bölmeden (2) geri beslenen bir akım (4) ile birlikte beslenir. Birinci bölmedeki şartlar izlenir, sistem parametreleri ölçülür ve bölmeye geri beslenen geri besleme akımı regüle edilir. Bölmeler, karıştırma vasıtaları ile karıştırılabilir. Birinci bölme (1), örneğin hava beslenmemesi gibi, bölmenin havalandırılmasına imkan vermeyerek ve bölmeye, geri beslenen akım (4) yoluyla nitrat besleyerek geleneksel şekilde anoksik şartlarda tutulur. Birinci bölmede denitrifikasyon bakterileri, beslenen nitratı, taze olarak sağlanan organik materyali

- kullanarak gaz formunda azota dönüştürür. Bu proses ile nitrat miktarı azalır ve amonyak, taze eklenen akım ile sağlandığından amonyak konsantrasyonu artabilir. Malzeme birinci bölmeden ikinci bölmeye beslenir ve burada, atık suyun havalandırılması ile aerobik şartlar altında tutulur. İkinci bölmede organik madde ayrışır ve beslenen amonyak ve azot bileşikleri, nitrat halinde
- 5 ayrıştırılır. İkinci bölmede sistem parametrelerinin başka ölçümleri yapılır ve ölçülen sistem parametrelerinden en az birine dayanarak bir kontrol aksiyonu gerçekleştirilir, örneğin geri beslenen akışın bir miktarında bir değişim yapılır. Bu proseste, taze olarak beslenen malzemenin 10 misli kadarı geri beslenir ve tercih edildiği haliyle geri besleme hızı, taze olarak beslenen malzemenin yaklaşık olarak 5 misli olur. İkinci bölmeden gelen akış, isteğe göre bir
- 10 çökeltme ünitesi (6) üzerinden çevreye (8) veya bir fosfor giderme işlemi gerçekleştirilmediğinde bir fosfor giderme ünitesine çıkılabilir. Fosfor giderme ünitesinde fosforlu maddeleri uzaklaştırmak üzere tipik olarak çökeltici maddeler kullanır, ancak elektrokimyasal prosesler de kullanılabilir. Bu yapılmaya göre bir fosfor giderme ünitesi (3), akış yönünde birinci kompartımanın öncesine yerleştirilir.
- 15 Örneğin ikinci bölme içerisinde bir sistem parametresi ölçülerek, ikinci bölmeden geri beslemenin bir süreliğine durdurulmasının veya azaltılmasının mümkün olup olmadığı hesaplanabilir. Bu durum, örneğin nitrat miktarının, çevreye bırakılması için yeterince düşük olması halinde, ya da ikinci tankın, beslenen malzeme için depolama kapasitesi fazlasına sahip olması halinde geçerlidir. Birinci tankın içerisine nitrat beslemesi azaldığında, birinci tanktaki
- 20 şartlar anoksik şartlardan anaerobik şartlara dönüşecektir. Birinci tankın içerisine nitrat beslemesinin ne kadar azaldığına bağlı olarak kısımda anoksik ve anaerobik şartların bir karışımı mevcut olabilir, örneğin nitrat girişine yakın bölgelerde anoksik şartlar söz konusudur ve daha uzaktaki bölgelerde ise anaerobik şartlar bulunur, çünkü burada nitrat tükenmiş olur. Bu durumda kolaylıkla parçalanabilir organik malzeme, ölçümler ve hesaplamalar temelinde
- 25 ve ihtiyaç olduğunda, gerek ayrılmış bir akım olarak taze beslenen akımdan, gerekse bunların bir kombinasyonu halinde birinci bölmeye beslenebilir. Bu şartlar altında fosforlu maddeleri gideren bakteriler büyümeye başlar ve yukarıda tarif edildiği gibi bakteriler ilk olarak fosfor salar ve sayı olarak artar ve kendi dahili karbon kaynaklarında artış görülür. Malzemeler daha sonra birinci bölmeden, aerobik şartlar bulunan ikinci bölmeye akarken, fosforlu maddeleri gideren
- 30 bakteriler yeniden fosforu toplar ve sayıları artmış olduğundan, bakteriler tarafından artmış miktarda fosfor alınır. Ölçülen sistem parametreleri temelinde, birinci bölmede anaerobik şartların ne zaman ortadan kaldırılacağı belirlenir ve bu amaçla, örneğin nitrat bakımından zengin olan ikinci bölmeden geri besleme artırılarak/başlatılarak, birinci bölmeye nitrat beslemesi artırılabilir. Fosforlu maddeleri gideren bakteriler daha fazla fosforlu madde
- 35 topladığından, çökeltici maddeler ile, eğer varsa, daha küçük bir miktarın çökeltmesi gerekir ve böylece çökeltici maddelerin daha az tüketilmesi sağlanır.

Şekil 3A, bir dönüşümlü tesisi gösterir. Dönüşümlü proses, bir tank seti (normalde iki tank) içerisinde geçen akışı, yeniden gerçekleşen bir şekilde değiştiren bir döngüsel çalışma programına dayanır. Gelişmiş biyolojik azot giderme (GBAG) amacıyla döngü, Şekil 3'e göre en az iki fazdan (aerobik (nitrifikasyon) ve anoksik (denitrifikasyon)) oluşur. Fazlar, genellikle hidrolik kalış süresinden önemli ölçüde daha kısadır ve bu durum, nitrat devri daiminden kaçınılmasına imkan verir. Reaktörlerin çıkış akımının zamanlaması optimize edilebilir ve bu husus ise genellikle olası en düşük atık amonyak konsantrasyonu elde edilecek şekilde yapılır, yani dışarı akış, en düşük NH_4 konsantrasyonuna sahip tanktan çekilir. İki ana faz, birkaç fazlası ile takviye edilebilir, örneğin her iki reaktör de havalandırılır, su sadece nitrifikasyon reaktöründen akar vs. ve bu durum, toplam nitrifikasyon ve denitrifikasyon sürelerinin mutlak olarak eşit olmadığına işaret eder. Bu şekilde elde edilmiş olan serbestlik derecesi, prosesi değişken şartlara adapte etmek üzere kullanılabilir. Burada ele alınan iki reaktörlü proses konfigürasyonuna sıklıkla **BioDenitro** prosesi denilir.

Azot giderme, yani nitrifikasyon ve denitrifikasyon için geliştirilen bir alternatif kontrol stratejisi, çevrim içi NO_3 ve NH_4 ölçümlerine dayanır. Nitrifikasyon ve denitrifikasyon fazlarını sonlandırmaya yönelik kriterler, iki ölçümün fonksiyonlarıdır. Kontrol stratejisi, Şekil 3B içerisinde kriterlerin operasyon bölgesini tanımladığı iki boyutlu bir alan olarak gösterilir. Nitrifikasyon fazı esnasında proses, sağdan sola ve alttan yukarı doğru ve denitrifikasyon fazında ise tam tersi şekilde ilerler. Proses, k_N veya k_{DN} kontrol parametrelerinden biri ile tanımlanan bir sınırı geçer geçmez nitrifikasyon veya denitrifikasyon fazı sona erer. Bu kontrol stratejisinin avantajı, faz uzunluklarını yük değişimlerine uyarlaması ve uygun olmayan faz uzunlukları sebebiyle zaman kaybı olmaması ve/veya enerjinin israf edilmesidir. Bu kural tabanlı strateji yapısı, bu stratejiyi sezgisel hale getirir ve kriterlerin optimizasyonu görece olarak saydamdır.

Şekil 4, SBR (Sequencing Batch Reactor; ardışık kesikli reaktör) tankının çalışma prensibini gösterir. Adım (1) kapsamında tank, atık su ile doldurulur ve nitrifikasyon havalandırma yapılarak kolaylaştırılır. Adım (2) kapsamında havalandırma durdurulur ve sistem, anaerobik şartlara ulaşmaya bırakılır. Denitrifikasyon gerçekleşir ve fosforlu maddeleri uzaklaştıran bakteriler, yukarıda tarif edildiği gibi döngüler içerisinde ilerler. Adım (3) kapsamında bir ikinci doldurma fazı meydana gelir ve havalandırma işlemi yeniden başlatılarak nitrifikasyon gerçekleşir. Bu faz esnasında fosforlu maddeler, fosforlu maddeleri uzaklaştıran bakteriler tarafından toplanır. Adım (4) kapsamında tankta bir kere daha anoksik ve aerobik şartlar sağlanır, akabinde havalandırmanın yeniden başlatıldığı adım (5) kapsamında üçüncü bir dolum fazı sağlanır. Fosforlu maddeler uzaklaştırılmış olduğunda ve yeterli miktarda taze beslenmiş malzeme parçalandığında tank (6) çökmeye bırakılır ve üzerinden çamur ve arıtılan su (7, 8) geçirilebilir.

Şekil 5, mevcut buluşa uygun spesifik bir kontrol metodunun bir algoritmasını gösterir. NO_3 , NH_4 , PO_4 , sistem parametreleridir (sp) ve sırasıyla nitrat, amonyum ve fosfat konsantrasyonlarının ölçümleridir. K_{nN} , K_{nbiop} , K_{dnN} ve K_{dnbiop} , sistem parametrelerinden hesaplanan kontrol parametreleridir. K_{nN} ve K_{dnN} , aşağıdaki denkleme göre NH_4 ve NO_3 'ten hesaplanır:

$$CP(sp_1, sp_2) = \begin{cases} yes & f(sp_1) \geq sp_2 \\ no & f(sp_1) < sp_2 \end{cases}$$

CP, meydana gelen K_{nM} veya K_{dnN} kontrol parametreleridir. sp_1 ve sp_2 , sistem parametreleri NO_3 ve NH_4 'tür ve $f(sp_1)$ fonksiyonu ise ampirik deneyime dayanır. K_{nN} veya K_{dnN} , Şekil 5 içerisinde sp_2 'yi, sp_1 'in bir fonksiyonu olarak gösteren bir eğri ile gösterilir. Meydana gelen parametre, noktanın (sp_1 , sp_2) eğriye görece olarak nereye yerleştiği ile belirlenir. Eğer ki nokta (sp_1 , sp_2) eğrinin üzerinde olur ise, meydana gelen kontrol parametresi 'evet (yes)' olur ve eğer ki nokta (sp_1 , sp_2) eğrinin altında olur ise, meydana gelen kontrol parametresi 'hayır (no)' olur.

K_{nbiop} , aşağıdaki denkleme göre NH_4 ve PO_4 'ten hesaplanır:

$$CP(sp_1, sp_2) = \begin{cases} yes & sp_1 < Lim1 \vee sp_2 < Limsp_2 \\ no & Else \end{cases}$$

Burada CP, meydana gelen kontrol parametresi K_{nbiop} olur. sp_1 ve sp_2 , sistem parametreleri PO_4 ve NH_4 'tür. $Lim1$, PO_4 tabanlı 24 saatlik ampirik deneyimin bir fonksiyonudur. $Limsp_2$, bir sabit limittir.

K_{dnbiop} , aşağıdaki denkleme göre PO_4 , NH_4 ve PO_4 'ten hesaplanır:

$$CP(sp_1, sp_2, sp_3) = \begin{cases} yes & sp_1 > Lim1 + dPo4 \vee sp_2 < Limsp_2 \\ no & Else \end{cases}$$

Burada CP, meydana gelen kontrol parametresi K_{dnbiop} olur. sp_1 , sp_2 ve sp_3 , sistem parametreleri PO_4 , NH_4 ve NO_3 'tür. $Lim1$, PO_4 tabanlı 24 saatlik ampirik deneyimin bir fonksiyonudur. $d\text{PO}_4$, NH_4 ve NO_3 'ün toplam konsantrasyonunun bir fonksiyonudur ve ampirik deneyime dayanır. $Limsp_2$, bir sabit limittir.

Şekil 5'in algoritmasına göre, ilk olarak, kontrol parametresi K_{dnN} ve yukarıda tarif edilen ve NH_4 'ü NO_3 'ün bir fonksiyonu olarak gösteren bir eğri formunda verilen kontrol fonksiyonu seçilir. Daha sonra, örneğin nitrat beslemesinin durdurulması veya havalandırmanın durmuş vaziyette tutulması gibi bir birinci kontrol aksiyonunun gerçekleştirilip gerçekleştirilmemesi belirlenir ve bu aksiyon, anaerobik şartlara ulaşılacak şekilde yürütülür. PO_4 'ün konsantrasyonu olan bir ikinci sistem parametresi ölçülür ve ikinci kontrol parametresi K_{dnbiop} seçilir. NH_4 ve NO_3 'ün toplam konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak $d\text{PO}_4$ kontrol parametresine sahip bir ikinci kontrol fonksiyonu seçilir ve bu fonksiyon, NH_4

konsantrasyonuna ait bir ölçüm ile birlikte ve bu temelde hangi kontrol aksiyonunun uygulanması gerektiğine karar verilir. Bu durumda seçim, nitrat beslemesi, havalandırılma ve karbon kaynaklarının sağlanması arasında yapılır. Havalandırma veya nitrat beslemesi seçildiğinde ve uygulandığında saflaştırma kısmı, anaerobik şartları bırakır. Havalandırma seçildiğinde bu kısım, aerobik şartlara girer. Ölçülen sistem parametreleri NH_4 ve NO_3 5 esasında bir üçüncü kontrol parametresi olarak K_{NN} , yukarıda tarif edilen ve NH_4 'ü NO_3 'ün bir fonksiyonu olarak gösteren bir eğri ile betimlenen bir üçüncü kontrol fonksiyonu ile birlikte seçilir. Bu eğri, önceki ile aynı olabilir, ya da bir başka eğri olabilir. Daha sonra, örneğin havalandırmaya devam edilmesi, havalandırmanın kapatılması gibi 10 bir üçüncü kontrol aksiyonu seçilir ve böylece bu kısım anoksik şartlara ulaşmaya bırakılır. PO_4 'ün konsantrasyonu olan bir 4. sistem parametresi ölçülür ve 4. kontrol parametresi K_{nbiop} seçilir. PO_4 'e, 24 saatlik ortalama PO_4 konsantrasyonunun bir fonksiyonu olarak sahip bir 4. kontrol fonksiyonu seçilir ve bu fonksiyon, NH_4 konsantrasyonunun bir ölçümü ile birlikte ve bu temelde, örneğin havalandırmanın kapatılması gibi hangi kontrol aksiyonunun uygulanması 15 gerektiği belirlenir ve bu kısım anoksik şartlara ulaşmaya bırakılır. Havalandırma fazı, 4. sistem parametresi kullanılarak arzu edilirse uzatılabilir.

Şekil 6A ve B, bir kontrol stratejisinin yüke bağımlılığa nasıl adapte edilebildiğini gösterir.

Biyolojik fosfor aktivitesi, NH_4 'ünkülere benzer operasyonel döngüsü içinde ortofosfat (PO_4) 20 dinamikleri üretir. Yüksek biyolojik fosfor aktivitesi, PO_4 konsantrasyonunda büyük değişiklikler anlamına gelir, ancak reaktördeki ortalama konsantrasyon üzerinde sadece marjinal etki gösterir. Ancak, atık akım optimizasyonu (yani çıkışın zamanlanması) ve PO_4 konsantrasyonunun NH_4 konsantrasyonu ile pozitif şekilde ilintili olması (PO_4 , NH_4 'ün düşük olduğu zaman düşüktür) sebebiyle önemli ölçüde daha düşük atık PO_4 konsantrasyonları elde edilebilir. Sonuç olarak bir GBFG stratejisi, PO_4 konsantrasyonundaki değişimi desteklemelidir 25 ve bu ise operasyonel döngüye bir anaerobik faz eklenerek başarılır.

Temel kontrol fikri basittir ve yukarıda tarif edilen standart azot giderme stratejisine bir eklenti olarak görülebilir. PO_4 için, bir fazı sonlandırmak üzere k_N veya k_{DN} 'ye ek olarak yerine getirilmesi gereken ilave kriterlerden oluşur. Bu ilave PO_4 kriterleri; $\text{PO}_4 < P_{\text{low}}$ (aerobik fazın sonu) ve $\text{PO}_4 > P_{\text{high}}$ (anaerobik fazın sonu) olup, burada P_{low} ve P_{high} önceden tanımlanan 30 (veya daha sonra gösterileceği gibi hesaplanan) PO_4 limitleridir. Faz döngüsü prensip olarak aşağıdaki gibidir. NO_3 tükendikten sonra anoksik faz uzar ve sonuç olarak bir anaerobik faz halinde evrilir. Anaerobik faz esnasında PO_4 konsantrasyonu, hücre içinde depolanmış fosforun serbest kalması sebebiyle artar. Anaerobik faz, k_{DN} karşılandığında ve PO_4 konsantrasyonu, P_{high} üzerinde olduğunda sona erer. Takip eden aerobik faz esnasında PO_4 35 azalacaktır, çünkü fosfor, FBO'lar tarafından içsel olarak saklanır. Aerobik faz, k_N yerine

getirilene kadar ve PO_4 konsantrasyonu P_{low} altında olana kadar sürdürülür. Kontrol stratejisi, iki ana kural ile özetlenebilir:

eğer ki k_N ve $PO_4 < P_{low}$ olur ise uç aerobik (N) faz ve

eğer ki k_{DN} ve $PO_4 > P_{high}$ olur ise uç anoksik/anaerobik (DN) faz.

- 5 Buraya kadarki strateji göreceli olarak kolaydır. Ancak yukarıda, P_{low} ve P_{high} ile ilgili önceden tanımlı sabit değerler ile tarif edildiği üzere strateji, tesis üzerindeki yük veya biyolojik hızlar değiştiğinde başarısız olabilecektir. Strateji, fonksiyonel olması için bazı ilave gerekliliklere tabi tutulmalıdır ve bunlar aşağıda ele alınacaktır.

10 Kontrol stratejisinin önemli bir ön koşulu, GBFG'nin, atık azot konsantrasyonları üzerinde hiç veya sadece küçük bir negatif etkiye sahip olması gerektiğidir. Bu durum, anaerobik şartlar elde etmek için tam denitrifikasyon gerekli olduğundan, GBFG stratejisini aşırı azot giderme kapasitesi olmayan periyotlar ile sınırlandırır ($azot_kapasitesi - azot_yükü > 0$). Bu aşırı kapasite ile, tipik olarak azot yükü düşük olduğunda veya nitrifikasyon ve denitrifikasyon hızları yüksek olduğunda, örneğin yazın karşılaşılır. Elbette ki nitrifikasyon ve denitrifikasyon fazları,

15 tesiste ekstra kapasite olmadığında dahi anaerobik şartları elde etmek üzere ayarlanabilir, ancak bu durum, yüksek atık azot konsantrasyonu ile sonuçlanacaktır. Bu durum istenmez, çünkü PO_4 'ün aksine, çökeltme kimyasalları azotu uzaklaştırmaz. Dolayısıyla azot giderimi genel olarak önceliklendirilmeli ve GBFG, ne zaman ki azot yükü, azot giderme kapasitesinden az olur ise uygulanmalıdır.

20 P_{high} ve P_{low} seviyelerini azot yükü/kapasite durumu ile ilişkilendirme, stratejiye yük bağımlılığı katar. Bu durum, Şekil 6A'ya göre Prange, aşırı giderme kapasitesinin bir fonksiyonu olduğunda başarılı ($P_{range} = P_{high} - P_{low}$). Dolayısıyla düşük aşırı kapasite (yani kapasite fazlasının az olması), küçük bir P_{range} değeri verir ve bu ise $PO_4 > P_{high}$ kriterlerinin hızla karşılanmasına imkan verir ve sonucunda kısa bir anaerobik zaman söz konusu olur (veya hiç olmaz). Diğer

25 taraftan, büyük bir aşırı kapasite (yani kapasite fazlasının yüksek olması), büyük bir P_{range} ve daha uzun bir anaerobik zaman sağlar. Şekil 6B, bu fikri gösterir. Şekilde solda bulunan fazları göz önünde bulundurun. Burada, kapasite fazlası vardır ve sonuç olarak anaerobik süre dayatılacaktır. Faz uzunluklarını belirleyen, PO_4 konsantrasyonudur (azot kriterleri, PO_4 kriterlerinden önce yerine getirilir). Ancak yük değişiminden sonra artık kapasite fazlası söz

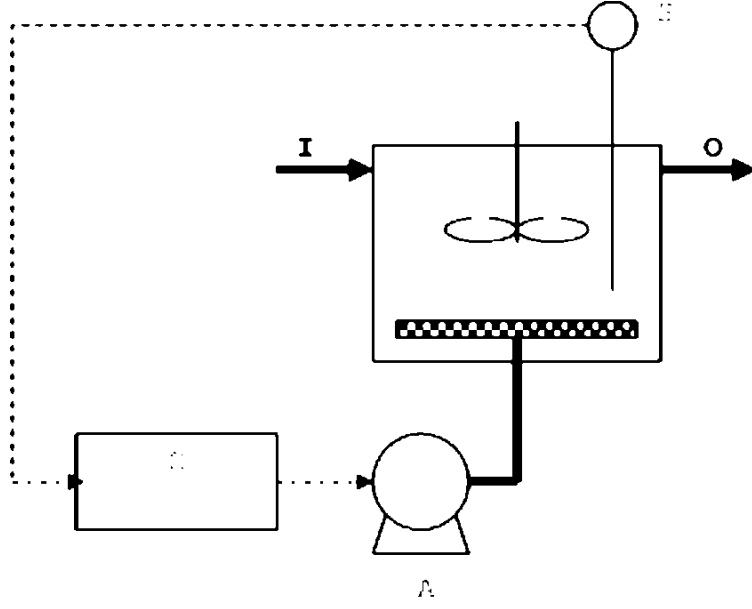
30 konusu olmaz. P_{high} azalır, yani $PO_4 > P_{high}$ kriteri, sonuç olarak daha kısa bir anaerobik faz ile daha erken yerine gelecektir. Azot kriterleri artık fazları belirlediğinden ve dolayısıyla PO_4 konsantrasyonlarının P_{high} ve P_{low} 'u aşmasına izin verildiğinden, takip eden fazlar daha uzun olur. P_{high} ve P_{low} üzerindeki düşük değerlerin, PO_4 'te en iyi düşüşü sağladığını düşünmek cazip gelse de, FBO'lar sistemde kalmak için anaerobik zamana ihtiyaç gösterdiğinden bu düşük

35 değerleri uzun süre muhafaza etmek mümkün değildir.

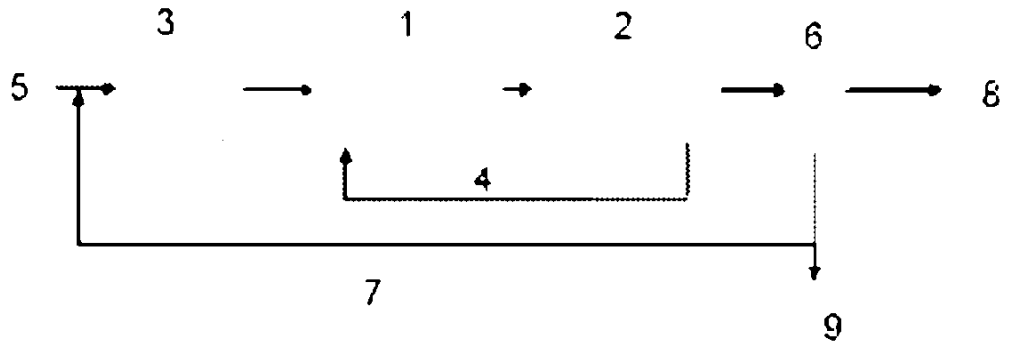
Şekil 6A'daki fonksiyona ait parametrelerin, strateji bakımından çok belirleyici olacağı açıktır ve biyolojik fosfor ve azot giderimi arasında optimizasyon ve önceliklendirme için kullanılabilir. Azot giderme kapasitesi genellikle bir değişken olarak bulunmaz, ancak bir alternatif tesisin kendine özgü dinamiği kullanılarak tahmin edilebilir. Hem gelen azot yükü, hem de güncel nitrifikasyon ve denitrifikasyon kapasitesi çevrim içi tahmin edilir ve tahminler, azot kriterleri, yani NO_3 ve NH_4 için kullanılan ile aynı ölçümlere dayandırılır. Fonksiyondaki eğim, biyo-P aktivitesi ile direkt olarak ilgilidir veya daha doğru olarak PO_4 'ün biyolojik salım ve alım oranları ile ilgilidir. Dik bir eğim, yüksek oranlara/hızlara, yani tam olarak oluşmuş biyo-P aktivitesine karşılık gelir. PO_4 salım ve alım oranları, nitrifikasyon / denitrifikasyon oranları ile benzer şekilde çevrim içi tahmin edilebilir. Hem azot hem de fosfor oranlarının tahminine dayanan bir strateji, bize sadece yüke bağımlı bir strateji kazandırmakla kalmaz. Ayrıca kendisini, süreçteki değişimlere göre de ayarlayacaktır, yani tam olarak adaptif bir strateji söz konusu olacaktır.

Geriye kalan, azot ile fosfor giderimi arasında önceliklendirme yapmaktır. Bu durum, fonksiyonun ve x ekseninin kesişme noktası ile belirlenir. Bir negatif değer (yani kapasite altındaki bir değer), fosfor giderimi GBFG üzerinde yüksek öncelik verir, çünkü azot giderme kapasitesinin bir kısmını kullanacaktır. Buna karşı, aşırı kapasite üzerindeki bir pozitif değer, azot giderimini açıkça önceliklendiren bir konzervatif strateji ortaya koyar. Yukarıdaki tartışmada, Şekil 6A'daki fonksiyonun lineer olduğu varsayılmıştır. Bu durumun böyle olması şart değildir ve fonksiyon elbette ki lineer ve süresiz olmayabilir de. P_{range} üzerinde, çok yüksek PO_4 konsantrasyonlarından sakınmak için muhtemelen doygunluk uygulanmalıdır.

Şekil 6A'daki fonksiyonun sadeleştirilmiş bir versiyonu, P_{range} 'in reaktördeki NO_3 ve NH_4 toplamının bir fonksiyonu olmasına izin vermektir. Yüksek azot ($\text{NO}_4 + \text{NO}_3$) konsantrasyonu, düşük bir P_{range} ile sonuçlanır ve düşük bir konsantrasyon ise yüksek bir P_{range} değeri verir. Yani bu strateji hala yüke bağımlıdır, çünkü reaktördeki azot konsantrasyonu, azot yükünün iyi bir tahmini olarak kabul edilebilir. Ancak biyolojik hızlardaki değişimleri izlemek üzere sadeleştirilmiş fonksiyon parametrelerinde manüel değişiklikler yapılmalıdır.

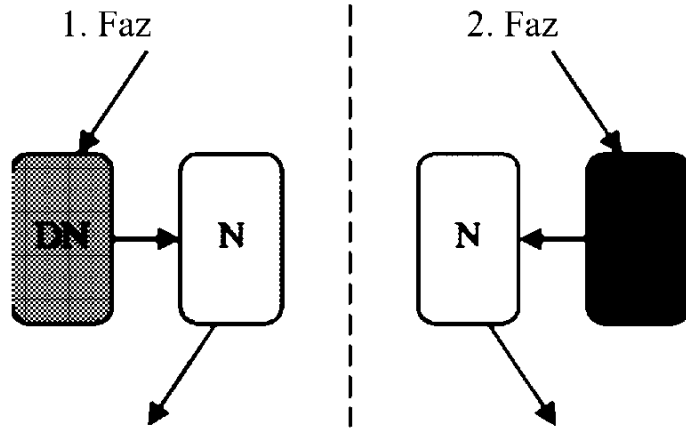


Şekil 1

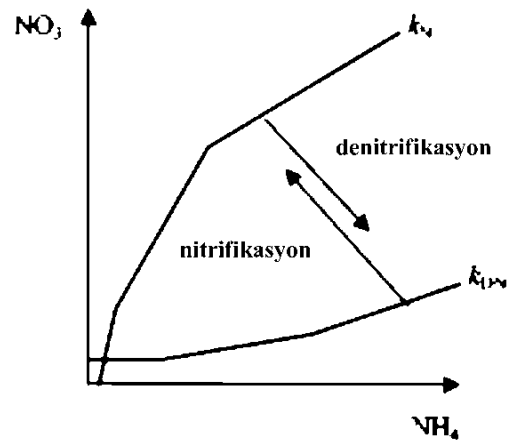


Şekil 2

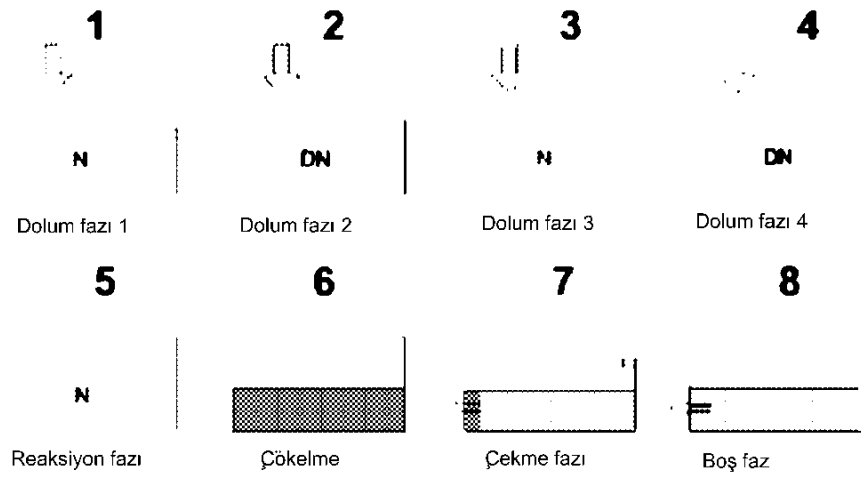
Şekil 3A



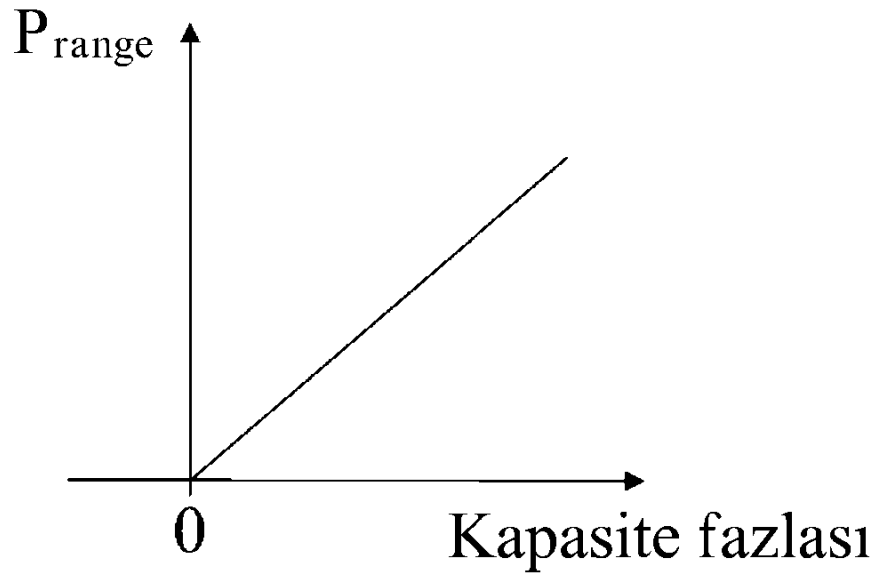
Şekil 3B



Şekil 4



Şekil 6A



Nh4

