



TULLANTI SULARININ TƏMİZLƏNMƏSİ PROSESİNDƏ QALIQLARDAN YARANAN BİOQAZIN İTKİSİZ ENERJİYƏ ÇEVİRİLMƏSİNDƏ CHP TEXNOLOGİYASININ ROLU

Ülkər HƏSƏNOVA

“Su və Meliorasiya Elmi Tədqiqat İnstitutu” PHŞ, Azərbaycan

 :0009-0003-4185-1813

Tarixazər Zivər ƏBÜLFƏZ

“Su və Meliorasiya Elmi Tədqiqat İnstitutu” PHŞ, Azərbaycan

 :0009-0004-1200-4444



<https://doi.org/10.30546/12000021.2025.1.0041>

Xülasə. Məqalədə Ağdam şəhərinin perspektiv inkişaf planı çərçivəsində məişət tullantı sularının səmərəli utilizasiyası və bioqaz əldə olunması məsələləri araşdırılmışdır. Tullantı sularının təmizlənməsi zamanı formalaşan üzvi maddələr metantek vasitəsilə anaerob şəraitdə parçalanaraq bioqaz istehsalına imkan verir. Hesablama nəticələrinə görə, gündəlik 30 000 m³ tullantı su üçün təxminən 1 103 m³ metan və 1 838 m³ bioqaz əldə olunur. CHP (Combined Heat and Power), istilik-elektrik stansiyası texnologiyasının tətbiqi ilə bu bioqazdan gündəlik 4 368 kVt•saat elektrik enerjisi və eyni miqdarda istilik enerjisi istehsal etmək mümkündür. Bu enerji təmizləyici qurğunun daxili tələbatını ödəməklə yanaşı, qış aylarında isitmə, yay aylarında isə soyutma üçün istifadə oluna bilər. Nəticələr göstərir ki, kənd təsərrüfatı fəaliyyəti olan ərazilərdə tullantı sularının bioqaz vasitəsilə enerji istehsalına çevrilməsi yanaşması ekoloji və enerji baxımından optimal həll hesab olunur.

Açar sözlər: Tullantı suları, bioqaz, metantek, CHP texnologiyası, elektrik enerjisi, istilik enerjisi, enerji səmərəliliyi, Ağdam şəhəri



Giriş

İnsanların məskunlaşdığı şəhər və qəsəbələrdə tullantıların formalaşması qaçınılmazdır. Məişətdə və sənaye müəssisələrində formalaşan tullantı suların daşınması və təmizlənməsi üçün çox şaxəli şəbəkələr qurulur, təmizləyici qurğular tikilir. Tullantı sularının təmizlənməsi zamanı ətraf mühitə ziyan vuracaq və çürümə nəticəsində tullantılar təbiətə atılacaq CO₂ qazını formalaşdırır. Təmizləyici qurğularda ilkin durulducularda çökən çöküntülər, qurğuya daxil olan məişət tullantı sularının tərkibindəki üzvü və qeyri üzvü qarışığı olan lilin təxminən 6 faizinə bərabərdir. Bu tullantıların zərərləşdirilməsi üçün külli miqdarda vəsait tələb olunur, lakin ilkin investisiya qoymaqla uzun illər bioqaz və elektrik enerjisi almaqla ekoloji durum baxımından yaşıl zonada əsaslı mövqə tutmuş olarıq. Eyni zamanda insanların davamlı yaşadığı məskənlərdə məişət tullantı suları stabil enerji mənbəyi hesab edilə bilər. Məqalədə Ağdam şəhərinin perspektiv inkişafı əsas götürülərək tullantı sularının səmərəli utilizasiyasından, eyni zamanda tullantı sularının tərkibinə əsaslanaraq CHP texnologiyasından istifadə edərək əldə oluna biləcək elektrik enerjisinin miqdarının nəzəri hesabı məqalədə əksini tapmışdır. Ağdam şəhərinin ayrılmış şəbəkəyə malik olmasının üstünlükləri və ayrılmış şəbəkənin təmizləyici qurğularda gedən bioloji proseslərə təsirindən bəhs edilir. Bioqaz vasitəsilə enerji alarkən enerji itkisinin qarşısı CHP (CHP-Combinet Heat and Power) texnologiyalar vasitəsilə aradan qaldırılması, elektrik və istiliyin birlikdə istehsalı faydalı iş əmsalının göstəricisinin 80 faizə qədər artırılma bilməsi faktının izahı verilmişdir.

Şəhər təsərrüfatının şəbəkəsi və təmizləyici qurğusu

Ağdam şəhərinin perspektiv planında əhalisi 100 min nəfər olan əraziyə xidmət edəcək məişət tullantı və yağış kanalizasiyasının şəbəkələşdirilməsi nəzərdə tutulmuşdur. Bu bölgə üçün günlük su sərfi bir adam üçün 321 litr nəzərdə tutulmuşdur. Aylıq su sərfini şəhər, ətraf qəsəbə və kiçik təsərrüfatlar üçün 30-35 min arası nəzərə alsaq, formalaşan məişət tullantı sularını bu rəqəmin 80% kimi qəbul edirik. Məqalədə təmizləyici qurğunun 100% yüklənmə ilə iş rejimi nəzərdə tutulmuşdur. Çünki daha az qəbul edilən tullantı sularının təmizlənməsi üçün daha az enerji tələb olunur.

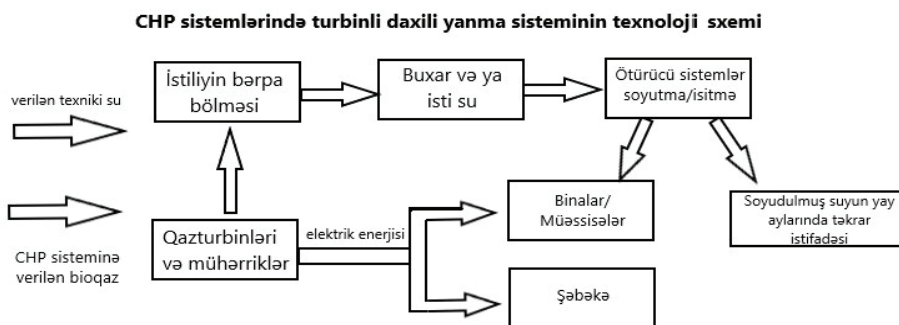
Məişət tullantı suları ilə bərabər kənd təsərrüfatından daxil olan tullantı sularından bioqaz və elektrik almaq üçün bu şəbəkəyə yağış sularının, qrunut sularının, yaxud hər hansı təmiz suların qarışması yol verilməzdir. Ağdam şəhərinin Qarqarçay yaxınlığında yerləşməsi yağış sularının bir başa çaya ötürülməsinə şərait yaradır. Bu halda gələcək perspektivdə nəzərdə tutulan 30 min m³/gün qurğunun istismarını nöqsansız yerinə yetirmək mümkündür. Unutmaq lazım deyil ki, hər bir kənar su (yağış, qrunut, çay və s.), təmizləyici qurğunun ayrı-ayrı hissələrinin daha böyük həcmdə olmasına səbəb olur və suyun durulması təmizləmə prosesində tələb olunan aktiv lilin miqdarını aşağı salır. Daxil olan təmiz su kütləsi qurğuda layihələndirilib tikilən qumtutanın, durulducunun həcmindən daha böyük olmasına səbəb olur, lakin təmizləmə prosesində bir çox çətinliklərlə üzləşilir. Bu cür sulardan bioqaz əldə etmək mümkün olmur. Artıq yüklə işləyən qurğularda tullantı suyun təmizlənməsinin effektivlik əmsalı 30-40 faiz (mexaniki çökdürmə hesabına) təşkil edir.

CHP (Combined Heat and Power), istilik-elektrik stansiyası texnologiyası nədir və onun iş prinsipi

Bu texnologiya, müxtəlif texnologiyalar və yanacaqlar vasitəsi ilə yüksək effektivliyə malik elektrik, eyni zaman istilik enerjisini almağa imkan verir. Elektrik stansiyalarında yanacaq (qaz, bioqaz, kömür, neft məhsulları) yanarkən yalnız elektrik əldə edirik, proses zamanı yaranan qazlar isə itkiyə gedir. Belə qurğunun təmizləyici qurğular kompleksinə yaxın yerləşməsi, uzaq məsafəyə ötürülən elektrik enerjisində yaranan itkilərin qarşısını alır və proses zamanı formalaşan istilik isitmə sistemlərində istifadə oluna bilər.

Bioqaz üzərində işləyən qazturbinaları fırlanma zamanı mexaniki enerjini elektrik enerjisinə çevirir. Əldə edilmiş enerji təmizləyici qurğunu elektrikle təmin etmək iqtidarındadır. Bu sistemin aşırı qızmaması üçün sistemə texniki su verilir. Turbinlərin fəaliyyəti nəticəsində egzoz qazları, turbinlərin soyudulması üçün verilən suyun qızması və sürtgü yağlarının qızması küllü miqdarda istiliyin ayrılmasına səbəb olur. Sxem 1-də CHP texnoloju iş prinsipi təsvir edilmişdir.

Sxem 1.



Təmizləyici qurğulardan bioqazın və CHP sisteminə elektrik enerjisinin alınmasının riyazi əsaslandırılması

Məişət tullantı sularından əldə ediləcək bioqazın və elektrik enerjisinin hesabını aparmaq üçün şərti olaraq Ağdam şəhərinin perspektiv planda göstərilən əhali sayını 100 min nəfər, formalaşan məişət tullantı sularını 30 min m³/gün qəbul edirik. Əhəlinin yaşam tərzini, qida adətlərini və şəhər ətrafı özünü məşqulluq proqramına əsasən qurulan kiçik təsərrüfat idarəçiliyin (quşçuluq və maldarlıq) əsas götürərək nəzəri hesabatlarda oksigenin bioloji tələbatın 350 mq/l qəbul edirik. Bu zaman nəzərə alırıq ki, əhəlinin tələbatlarına uyğun ət-süd məhsullarının lokal istehsalı bölgələr üçün prioritet məsələdir və hər bir iri buynuzlu heyvan bir günə 35 kq nəcis, 20 kq sidik ifraz edir.

Təmizləyici qurğuya daxil olan ümumi OBT-ni hesablamaq üçün aşağı göstərilən formulan istifadə edirik:

Qurğuya daxil olan OBT-nin $0,35 \text{ kq/m}^3$ qatılığını nəzərə alaraq ümumi OBT-ni tapırıq (1):

$$OBT_{\text{ümumi}} = 30000 \text{ m}^3 / \text{gün} \times 0,35 \text{ kq/m}^3 = 10\,500 \text{ kq/gün} \quad (1);$$

İlkin çökdürmə zamanı OBT-nin 30-40%-i itirilir. Bunu nəzərə alaraq ilkin çökdürmədə ortalama 35 faiz qəbul edərək, neçə kiloqram çöküntü alacağımızı hesablayırıq (2):

$$OBT_{\text{ilkin çök}} = 10\,500 \times 0,35 = 3\,675 \text{ kq/gün} \quad (2)$$

Oksigenə bioloji tələbatın parametri suda olan üzvi maddələrin parçalanması üçün lazım olan oksigen miqdarını göstərir. Tullantı suyunda olan ümumi quru qalığın çəkisi (TS), bura həm üzvi, həm də mineral maddələr daxildir, kütləsini tapmaq üçün (mq/l) empirik nisbətdən istifadə olunur(3).

$$TS \approx OBT / f \times k \quad (3)$$

f- üzvi hissənin payı (adətən 0.7-0.8, uçucu maddələrin bərk maddəyə nisbəti VS/TS)

k- bio parçalanma əmsalı (adətən 0.4-0.6, OBT/VS)

Bizim halda OBT-ni $0,35 \text{ kq/m}^3$ qəbul etdiyimizdə, $TS_{\text{konversiya.kof}} \approx 0,4$

Bu zaman ilkin çöküntüdə quru qalığın miqdarını aşağıdakı düsturla tapırıq (4):

$$TS_{\text{ilkin çök.}} = 3\,675 \times 0,4 \approx 1\,470 \text{ kq/gün} \quad (4)$$

İlkin çökdürmə zamanı çöküntü əsasən ağır və sıx maddələrdən ibarət olur. Quru qalığın çəkisinin, TS-nin tərkib hissəsi olan lilin bioloji çürümə/qıcqırma prosesində aktiv iştirak edən üzvi hissəni (VS) hesaba almaq üçün, ilkin durulducudan çıxan çöküntünün quru qalıq konsentrasiyasının 6 faiz olduğunu qəbul edərək nəm həcmi hesablayırıq (5):

$$VS_{\text{ilkin çök.}} = 1\,470 / 0,06 = 24\,500 \text{ kq/gün} \approx 24,5 \text{ m}^3 / \text{gün} \quad (5)$$

Sonuncu durulducudan alınan izofil aktiv lilin bir hissəsi yenidən sistemə qaytarılır, yerdə qalan hissəsi isə kənarlaşdırılır. Bu təmizləyici qurğuya daxil olan OBT-nin 65% təşkil edir. İzofil lilin quru qalığı (6):

$$TS_{\text{izofil lil}} = OBT \times 65\% \times TS_{\text{konversiya kof.}} = 10\,500 \times 0,65 \times 0,4 = 2\,730 \text{ kq/gün} \quad (6)$$

İzafi lil ilkin çöktmədən alınan qalıqdan daha yüngül struktura malikdir və daha çox maye halında olduğu üçün onun quru qalıq konsentrasiyası 3.5% qəbul edilir və nəm həcmi aşağıdakı kimi olur(7):

$$VS_{\text{izafi lil}} = 2\,730 / 0,035 \approx 78\,000 \text{ kq/gün} \approx 78 \text{ m}^3 / \text{gün} \quad (7)$$

Nəticədə metantenk üçün istifadə oluna biləcək quru qalığın (8) və nəm həcmi (9) qalığı aşağıdakı kimidir:

$$TS = 1\,470 + 2\,730 = 4\,200 \text{ kq/gün} \quad (8)$$

$$VS_{\text{nəm həcmi ümumi}} = 24,5 + 78 = 102,5 \text{ m}^3 / \text{gün} \quad (9)$$

Nəm həcmi quru qalığın bir hissəsi olmasına baxmayaraq ($TS=VS+FS=\text{üzvi} + \text{qeyri üzvi}$) VS-nin göstəricisi su həcmi səbəbindən həmişə daha çox olur. Verilən nəm həcm, metantenkin tutum həcmi təyin edən əsas parametrlərdən biridir.

Metantenkdə çürümə prosesində iştirak edən quru qalığın TS miqdarını bildikdən sonra artıq bu qalıqdan yarana biləcək bioqazın miqdarının hesabına keçmək olar. Bu bioqaz, CHP sistemi vasitəsilə nə qədər elektrik enerjisi ala biləcəyimizin əsas faktorudur. Quru qalığın yalnız 75%-i anaerob parçalanaraq metan qazı yaradabilən üzvi maddədən (VS) ibarətdir(10).

$$VS_{\text{üzvi}} = TS \times 0,75 = 4\,200 \times 0,75 = 3\,150 \text{ kq/gün} \quad (10)$$

Lakin diqesterdə qurğunun konstruksiyasından, saxlama müddətindən və temperaturdan asılı olaraq (mezofil/termofil) yalnız üzvi maddələrin 40-70% parçalanır. Ortalama 50% qəbul etsək qaz yaranma prosesində yalnız 495 kq/gün çöküntü iştirak edəcək. Bu çöküntüdən metan qazının alınmasını hesablamaq üçün bizə qəbul edilmiş metanın bioloji potensial əmsalı tələb olunur (11):

$$CH_4 = 3150 \text{ kq/gün} \times 0.35 \text{ m}^3/\text{kq} \approx 1103 \text{ m}^3/\text{gün} \quad (11)$$

Metanın bioloji əmsalı empirik əmsaldır ($0.35 \text{ m}^3/\text{kq}$), anaerob parçalanma zamanı yaranan üzvi maddələrin miqdarı ilə yaranan metan qazını əlaqələndirir.

Metanteklərdə yaranan bioqazın 60 faizi metandan, yerdə qalan hissəsi karbon qazından ibarət olur. Bunu nəzərə alsaq, nəticədə əldə edəcəyimiz bioqazın miqdarı $1103 \text{ m}^3/\text{gün}$ -ə bərabərdir. 1 m^3 metanın enerji qarşılığı $41\,811 \text{ kC}$ və $9.9 \text{ kVt} \cdot \text{saat}/\text{m}^3$. Aşağı yanma istiliyi (LHV) əmsalı o istiliyin miqdarını təyin edir ki, yanacağın yanması zamanı yaranan su buxar şəklində qalır və kondensasiya olmur. Nəticədə bir kubmetr metan qazı yanarkən 9.9 kVt güc əldə edirik.

Bioqaz turbinə verilməmişdən öncə qazqolderlərdə nəmən, H_2S və siloksanlardan təmizlənir. Daha sonra turbində tələb olunan təzyiq səviyyəsinə çatdırılır. Bioqaz turbinin daxilində yanaraq valı fırladan mexaniki enerjiyə çevrilir və generatorun şkvini hərəkətə gətirərək elektrik yaradır. Turbinin daxilində bioqaz yanarkən enerjinin bir hissəsi istiliklə bərabər ayrılır. Bu enerji istilik dəyişdirici qurğuda toplanır. Bu qurğuda turbinlərdən alınan isti (turbinin soyudulması zamanı formalaşan isti su/buxar) platinlərdən keçərək daxil olan su ilə qarışaraq onu isidir. İsti su qış aylarında binanın isidilməsi, (triqenerasiya vasitəsi ilə $+7/+10$ dərəcəyə qədər) soyudulmuş su ilə yay aylarında işçi otaqların sərinləşdirilməsi üçün istifadə oluna bilər.

Bioqazdan əldə etdiyimiz metanın $\text{kVt} \cdot \text{saat}$ dəyərini hesablayaq (12):

$$E_{\text{kVt} \cdot \text{saat}/\text{gün}} = 1103 \text{ m}^3/\text{gün} \times 9.9 \text{ kVt} \cdot \text{saat}/\text{m}^3 \approx 10\,920 \text{ kVt} \cdot \text{saat}/\text{gün} \quad (12)$$

Elektrik enerjisinin əldə edilməsi prosesi zamanı kimyəvi enerjinin yalnız 40 faizi elektrik enerjisində çevrilir. Yəni elektrik enerjisi üçün faydalı iş əmsalımız (η_{el}) 40 faizə bərabərdir (13):

$$P_{\text{elektrik enerji}} = E_{\text{kVt} \cdot \text{saat}/\text{gün}} \times \eta_{el} = 10920 \times 0.4 = 4\,368 \text{ kVt} \cdot \text{saat}/\text{gün} \quad (13)$$

CHP sistemində əldə edəcəyimiz faydalı istiliyin miqdarı (14):

$$P_{\text{istilik enerji}} = E_{\text{kVt} \cdot \text{saat}/\text{gün}} \times \eta_{ist} = 10920 \times 0.4 = 4\,368 \text{ kVt} \cdot \text{saat}/\text{gün} = 15795 \text{ kC} \quad (14)$$

Əldə etdiyimiz istilik enerjisi ilə 60 m^3 suyu 70 dərəcəyə qədər qızdırmaq olar. Bu isə dövrü isitmə sistemi qurulduqda təmizləyici qurğunun istehsalat və inzibati otaqlarını qızdırmağa kifayət edəcək isti su miqdarıdır.

Əldə etdiyimiz günlük $4368 \text{ kVt} \cdot \text{saat}/\text{gün}$ elektrik enerjisi təmizləyici qurğunun daxili enerji tələbatını ödəyir. Müqayisə üçün Mərdəkan-Şüvəlan təmizləyici qurğusunu göstərmək olar. Məhsuldarlığı $16000 \text{ m}^3/\text{gün}$ olan qurğu, hal-hazırda günlük $12000\text{-}14000 \text{ m}^3/\text{gün}$ tullantı suyu təmizləyir və onun enerji sərfi $2000 \text{ kVt} \cdot \text{saat}/\text{gün}$ təşkil edir.

Beləliklə, Ağdam şəhərində nəzərdə tutulan $30\,000 \text{ m}^3/\text{gün}$ məhsuldarlıqlı qurğuda CHP texnologiyası tətbiq edilərsə, qurğu tamamilə enerji baxımından özünü təmin edə və əlavə istilik enerjisi ilə inzibati binaların isitmə ehtiyacını ödəyə bilər.

Müqayisələr. İqlim dəyişikliyi bir çox fəsadları üzləşdiyimiz dövrdə mövcud ekosistem qorunması çox vacib və prioritet məsələlərdən biridir. $30\,000 \text{ m}^3/\text{gün}$ tullantı sularını tə-

mizləyən bir qurğunun enerji sərfiyyatı 200 ailəni elektrik enerjisi ilə təmin edə bilər. CHP sistemlərinin istifadəsi təmizləyici qurğunun bir çox istehsalat və inzibati otaqlarının qızdırılması/soyudulması üçün şərait yaradır. Lakin bunu elektrik enerjisi sərf etməklə reallaşdırsaq, aylıq elektrik sərfiyyatı 15 000 kVt*saat-a bərabər olar. Bəzi istehsalat sahələrində müəyyən temperaturun saxlanılması vacibdir. Prosesin pozulmaması və davamlı yüksək faydalı iş əmsalının saxlanılması üçün şəbəkənin düzgün qurulması vacib amildir. Metantekdən aldığımız fermentasiya olunmuş qalıq zərərsiz hesab olunur (tələb olunarsa CaO bir daha zərərləşdirilir) və kənd təsərrüfatında gübrə kimi istifadə oluna bilər. Ərazinin şəbəkələşdirilməsi və ona düzgün xidmət göstərərək, tullantı suyun kənara sızmasının qarşısını alaraq gözəl Qarabağımızın təbiətinə zərər yetirə biləcək əsas problemlərdən birini aradan qaldırmış olacağıq.

Nəticə

Aparılan hesablamalar göstərir ki, Ağdam şəhərinin gündəlik 30 000 m³ tullantı suyunu emal edən təmizləyici qurğusunda metantenk tətbiqi ilə gündəlik 1 103 m³ metan və 1 838 m³ bioqaz əldə etmək mümkündür. CHP texnologiyası vasitəsilə bu bioqazdan gündəlik 4 368 kVt*saat elektrik və eyni miqdarda istilik enerjisi alınır. Beləliklə, tullantı sularından əmələ gələn bioqaz vasitəsilə enerji istehsalına çevrilməsi həm təmizləyici qurğunun enerji ehtiyacını təmin edir, həm də istilik təminatı və yay aylarında soyutma üçün istifadə oluna bilər. Bu yanaşma həm ekoloji, həm də enerji baxımından optimal həll hesab olunur.

İstifadə olunan ixtisarlər:

1. CHP (Combined Heat and Power) – istilik-elektrik stansiyası
2. OBT- oksigenin bioloji tələbatı
3. TS - quru qalığın çəkisi
4. VS - nəm həcmi
5. CH₄ - metan qazı

Açıqlama bəyanatı

Müəllif(lər) tərəfindən hər hansı potensial marağın toqquşması ilə bağlı məlumat verilməmişdir .

Ədəbiyyat və qeydlər:

U.S. Environmental Protection Agency Combined Heat and Power Partnership, Catalog of CHP Technologies, September 2017, full page 151
Metcalf & Eddy, Inc., Wastewater and Reuse (Fourth Edition), George Tchobanoglous, Franklin L.Burton, H.David Stensel, year 2003, full page 1819
www.ros-pipe.ru Состав природных газов
lists.bioenergylists.org , Biogas COD/CH₄ yield, Gasan Osojnik, 15 feb. 2011

Müəllifin əlaqə məlumatı

E-mail ünvanı: ulker.gasanova79@gmail.com,
tarixazer.z@gmail.com