

BİR SÜT ÜRETİMİ FABRİKASI İÇİN TEMİZ ÜRETİM FIRSATLARININ ARAŞTIRILMASI

A. Özbay^a, G.N. Demirel^b

^a Sosyal ve Fiziki Altyapı Dai. Bşk., Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı, Ankara, Türkiye

^b Çevre Mühendisliği Bölümü, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye

ÖZET

Bu çalışmada bir süt işleme tesisindeki pastörize süt üretimi prosesini göz önüne alarak temiz üretim fırsatları araştırılmıştır. Temiz üretim kavramı ve ana uygulama araçları analiz edilerek çalışmanın temeli oluşturulmuştur. Temiz üretim fırsatları çalışmanın eksenini alarak pastörize süt üretim süreci ve bunun neden olduğu çevresel yükler tartışılmıştır. Örnek bir işletmede temiz üretim fırsatlarının değerlendirilmesi için bir metodoloji geliştirilmiştir. Metodoloji iki aşamayı kapsamaktadır; çevresel denetleme ile fırsatların değerlendirilmesine yardımcı olacak kontrol listelerinin hazırlanması; kütle-denge analizinin uygulanması. Kütle-denge analizinde giren ve çıkanları tespit etmek için ölçümler ve kütle akışlarının deneysel analizlerinden yararlanılmıştır. Hazırlanan kontrol listeleri uygulanabilecek atık azaltım fırsatlarının tespit edilmesinde faydalanılmıştır. Seçilen fırsatlar çevresel fayda ve ekonomik yapılabirlik yönünden değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçları; kullanılan servis suyunun %50'sinin, atıksuyun %9,3'ünün, kullanılan kimyasal maddelerin %65,36'sının ve deşarj edilen 181,91 kg/gün KOİ, 20,7 kg/gün AKM'nin kullanımını veya atılmasının engellenebileceğini ve servis suyunun %19,6'sının yeniden kullanılabilceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Temiz Üretim, Atık Azaltımı, Süt Ürünleri Pastörize Süt Üretimi

ABSTRACT

Possible cleaner production (CP) opportunities for the market milk production process of a dairy processing facility were examined in this study. CP concept and its key tools of implementation were analyzed to build the basis of study. General production process and its resulting environmental loads were investigated by taking possible CP opportunities as the basis of study. The methodology developed for CP opportunity assessment in Milk Processing Facility covered two major steps; preparation of checklists to assist auditing and CP

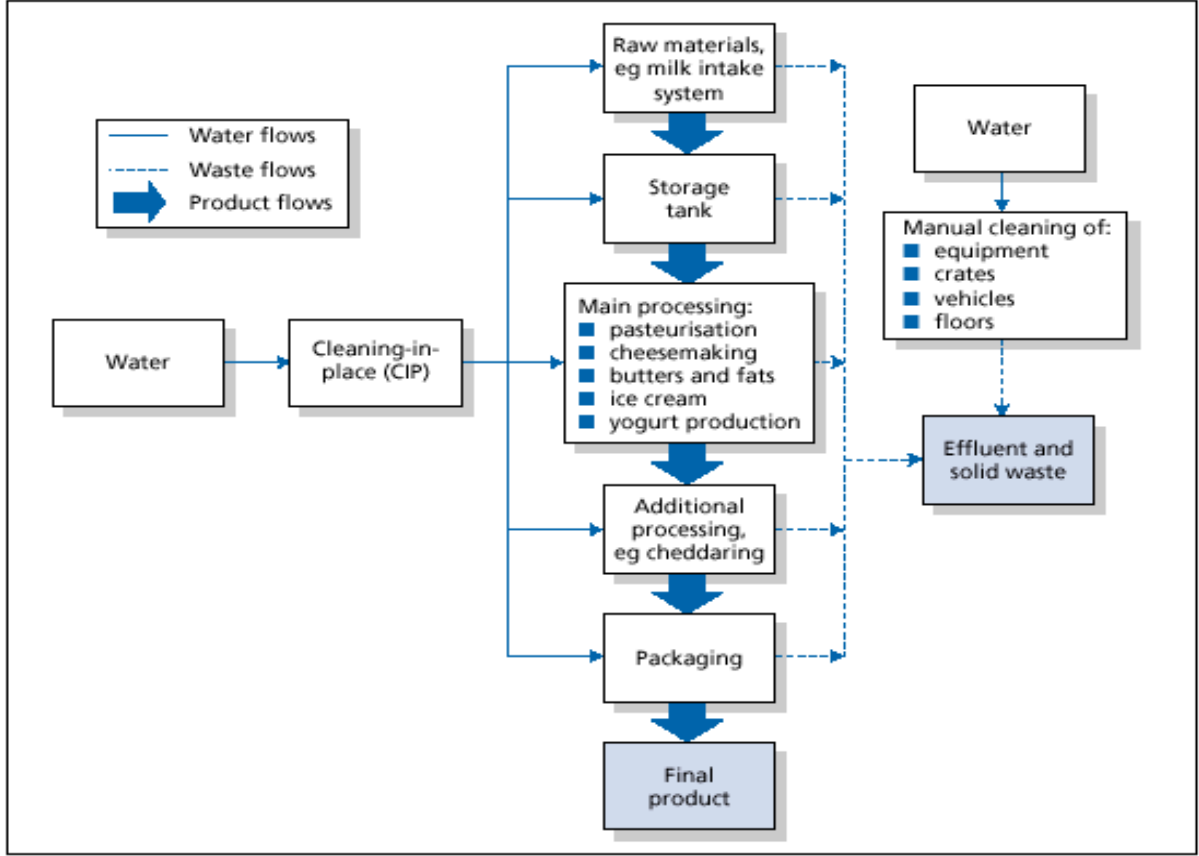
opportunity assessment, and implementation of the mass balance analysis. For mass balance analysis, measurements and experimental analysis of the mass flows were utilized to determine the inputs and outputs. Prepared check lists are utilized to determine waste reduction options that could be implemented. Selected opportunities are evaluated considering its environmental benefits and economic feasibility. The results of the study indicated that 50% of the service water used, 9.3 % of the current wastewater discharge, 65.36% of the chemical use and discharge of 181.91 kg/day of COD and 20.7kg/ day of TSS could be eliminated and 19.6 % of the service water used could be recycled/reused.

Key Words: Cleaner Production, Waste Reduction, Dairy, Market Milk Processing

GİRİŞ

Temiz üretim işletmede optimizasyon ve tasarrufu sağlayarak çevre mevzuatına uyumu ve sürdürülebilir kalkınmayı desteklemektedir (Ontario Ministry of Environment, 1993). Bu yaklaşım, üretimin ve ürünlerin çevreye etkilerini en aza indiren önleyici bir stratejidir. Geleneksel boru-sonu yaklaşımlarla karşılaştırıldığında, TÜ teknikleri ve teknolojileri enerji ve hammaddeleri daha verimli kullanır, daha az atık üretir, kaynakların geri dönüşümünü ve yeniden kullanımını destekler ve artıkların daha uygun şekilde yönetimini sağlar. Aynı zamanda daha az tehlikeli kirleticilerin üretilmesini sağlamaktadır. TÜ yöntemlerinin yerel ve küresel düzeyde yararlarının yanı sıra belirgin ekonomik avantajları da vardır (Demirer, 2000).

Süt ürünleri endüstrisi dünyanın her yerinde bulunsa da sanayinin yapısı ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir. Süt ürünleri endüstrisinin atıksuyunda temel kirleticiler organik maddeler, askıda katı madde (örn. süt, peynir parçacıkları, dondurma üretiminde meyve ve fındık parçacıkları), fosfor, azot, klorürler, ısı, sıvı atıkların içerdiği asidite veya alkalinite (UNEP ve DEPA, 2000). Bu kirleticiler özellikle prosesler boyunca ortaya çıkan süt ve süt ürünleri olmak üzere atılan maddelerden, evsel atıksulardan, süt-dışı ve süt proseslerinin yan ürünlerinden (peynir altı suyu ve yağ ayranı) kaynaklanmaktadır. Bir süt işleme tesisindeki tipik su kullanımları ve atıksu kaynakları Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Bir süt işleme tesisindeki tipik su kullanımı ve atık kaynakları (Environmental Technology and Best Practice Program, 1999)

Bu çalışmanın amacı bir süt fabrikası için temiz üretim denetlemesi gerçekleştirerek, temiz üretim fırsatlarını ve bunlardan kaynaklanabilecek çevresel ve ekonomik faydaları tespit etmektir. Bir süt işleme tesisindeki temiz üretim denetlemesi için kullanılabilir kapsamlı temiz üretim fırsatları kılavuzu ve listeleri hazırlanarak bu denetleme sırasında firma için uygulanmıştır.

YÖNTEM

Temiz üretim denetlemesi süt işleme tesislerine temiz üretim fırsatlarının araştırılması, en önemli kirletici kaynaklarının belirlenerek buralarda uygulanmak üzere uygulanabilir temiz üretim fırsatlarının tespiti konusunda yardımcı olur. Bu çalışmada uygulanan temiz üretim denetlemesi yöntemi bu konuda önde gelen kurumlarca (UNEP, DEPA, 2000; Technical Pollution Prevention Guide, 1997; Environment Protection Authority, 1997; Sustainable Business Associates, 1998; New York State Department of Environmental Conservation Pollution Prevention Unit, 2001) hazırlanan farklı kılavuz ve kontrol listelerinin derlenmesi

ve yeniden organize edilmesiyle oluşturulmuştur. Temiz üretim denetlemesi yöntemi veya analiz stratejisi olarak kütle-dengesi kullanılmıştır.

Yöntemin firmada uygulanması sırasında süt üretimi prosesi ele alınmıştır. Bu proses hamsüt alımı ve pastörizasyon olmak üzere iki temel aşaması bulunmaktadır. Kütle dengesine girdi ve çıktılarının tespiti için ölçümler ile proseslerin farklı basamaklarından kaynaklanan atık yüklerini belirlemek üzere deneysel analizler yapılmıştır. Açıktan akan atıksuların KOİ, AKM, Alkalinite ve pH analizleri yapılmıştır. Deşarjların akış hızlarının veya hammadde kullanımının belirlenmesi için görünen kütle akışlarının tamamı için ölçümler yapılmıştır. Kullanılan yöntemin temel aşamaları Tablo 1’de verilmektedir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan yöntem

Aşama	İş	İşin alt tanımları
1- Planlama ve organizasyon	TÜ Denetlemesi Programının Kurulmaması ve Organizasyonu	A. Yönetimden onay alınması B. TÜ planı geliştirilmesi için takımın oluşturulması
2- Ön-denetleme (niteliksel denetleme)	Tesisin Bilgilerinin Toplanması	A. İşletme profilinin oluşturulması
3-Denetleme (niceliksel denetleme)	Çevresel Denetleme Yapılması	A. İşletme verilerinin derlenmesi B. Saha gözleminin yapılması C. TÜ fırsatlarının belirlenmesi D. TÜ fırsatlarının organize edilmesi
4- Değerlendirme ve Fizibilite Çalışması	Fizibilite Çalışmasının Yapılması	A. Fizibilite çalışmasının yapılması

Yönetimin onayının alınması ve ön-değerlendirme için takım elemanlarını seçtikten sonra işletme profilinin belirlenerek, üretim tesisinin ve çevresel durumunun kabaca durumunun ortaya konulması için işletmeye ilişkin genel bilgiler derlenmiştir.

Değerlendirme aşamasında bir çevresel analiz ile atık akışları ve bunların kaynakları tespit edilerek odaklanması gereken proses belirlenmiştir. Öncelikle işletmeden toplanan bilgilerle hammadde, ürünler, yan ürünler ve kayıplar, atıklar ve emisyonlar için bir ön kütle dengesi kurulmuş ve ön-değerlendirmede yapılan akış şemaları tamamlanmıştır. Daha sonra, detaylı bir saha gezisi ile kurulan kütle dengesinin ve akış şemalarının doğruluğu kontrol edilmiştir. Temiz üretim fırsatlarının belirlenmesi için derlenen örnek olay incelemeleri, daha önce görüşülen uzmanlar ve işletmedeki sorumlular tarafından ortaya konulan yaratıcı fikirler ve

Çalışma kapsamında hazırlanan kontrol listelerindeki önerilerden yararlanılmıştır. Ortaya konulan farklı seçenekler yeniden organize edilerek uygulanabilir olmayanlar çıkarılmıştır.

Fizibilite ve değerlendirme aşamasında fırsatların büyük kısmının faydaları açık bir şekilde ortada olduğundan basit teknik ve ekonomik fizibilite analizleri kullanılarak uygulanabilecek fırsatlar tespit edilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

n-Değerlendirme

Çalışmada incelenen firma yıllık 18 milyon litre süt işleme kapasitesine sahip bir süt ürünleri fabrikasıdır. Fabrikanın bir atıksu arıtma tesisi bulunmadığından, üretilen atıksu fabrikanın yanındaki bir aya deşarj edilmektedir. Dolayısıyla T teknikleri ile kirliliğin azaltılması hem bir ihtiyaç hem de önemli bir fırsatı işaret etmektedir.

Pastörize süt üretimi çiğ süt alımı ve pastörizasyon olmak üzere iki temel prosesi içermektedir. Çiğ süt her biri 5 tonluk 3'er tanker içeren kamyonların arkasında fabrikaya getirilmektedir. Günde 3-4 kamyon süt alınmaktadır. elik bir filtre ile kaba parçacıklar ayrıştırıldıktan sonra süt, akışın dengelenmesi için 650 L hacimli havuza bir pompa ile basılmaktadır.

Denge havuzundan klarifikatre basılan süt burada 1800rpm hızıyla çevirilerek içindeki parçacıkların klarifikatrn çeperlerinde toplanması sağlanır. eperlerde toplanan katı ve yabancı maddeler, çeperlerden süzülerek akan su yardımıyla toplanarak her yarım saatte bir otomatik olarak süt çamuru şeklinde dışarı atılır. Bu proste su, süt çamurunu toplamak için kullanılmakta olup fazlası sürekli olarak kanala deşarj edilmektedir. Bunun yanı sıra vanalardan su kaybı da söz konusudur. Günlük kullanılabilecek miktardan fazla olan süt soğutma plakalarından geçerek, plakaların arasından geçen 0°C su ile 4-5°C'den 2°C'ye soğutulmaktadır. Soğutucu plakalardan sonra, 2 tanesi 15000L diğer 2'si 11250 L kapasiteli 4 adet çiğ süt tanklarında saklanmaktadır.

Pastörizasyon sistemi HTST (High Temperature Short Time-Yüksek ısı az zaman) pastörizasyon sisteminden, pastörize süt tanklarına kadar olan proseslerin tamamını kapsamaktadır. HTST pastörizatörü birbirine paralel plakalardan oluşmakta olup, süt ve su bu plakaların farklı taraflarında akarak ısı alışverişini sağlamaktadır.

Pastörizasyon sistemi ve çiğ süt tankları manuel bir sistemle bağlı oldukları için bu sistemlerin bağlanması sırasında dökülmeler ve tankların dibinde kalan süt köpüğü nedeniyle süt kayıpları vardır. Pastörizasyon sisteminin çalıştırılmasından önce her gün sabah sistem 90°C su ile ısıtılarak sistemden çıkan su kanala atılmaktadır.

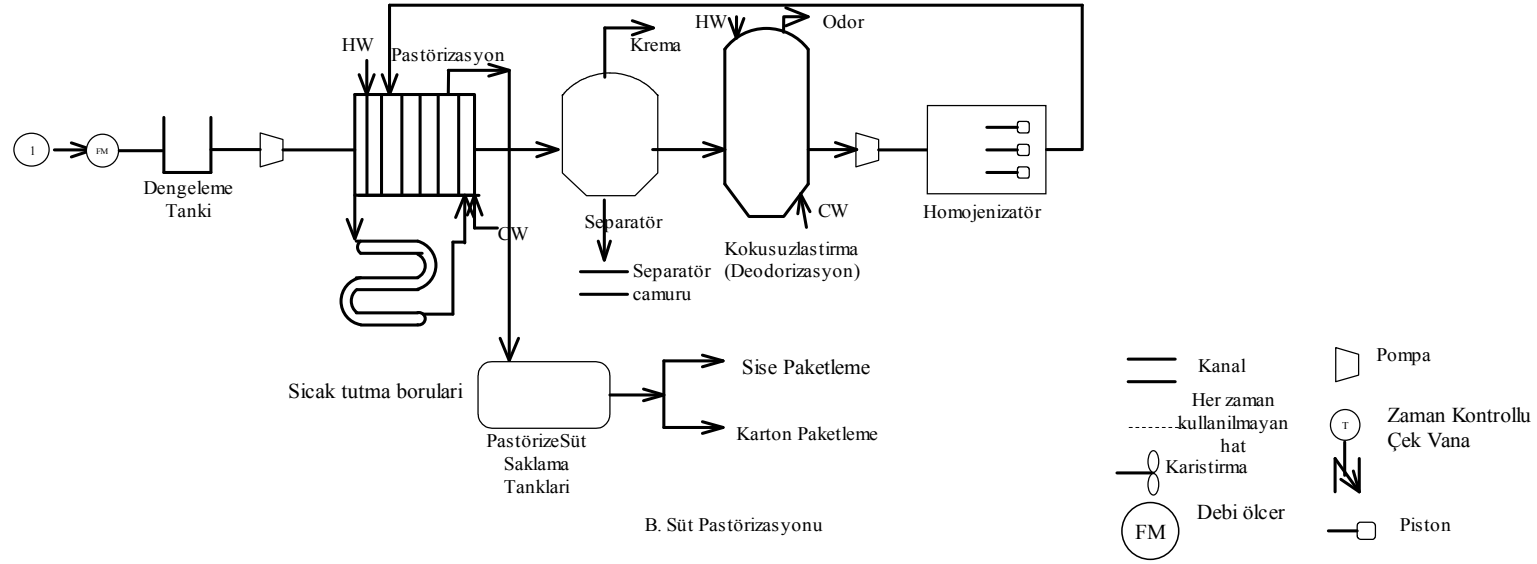
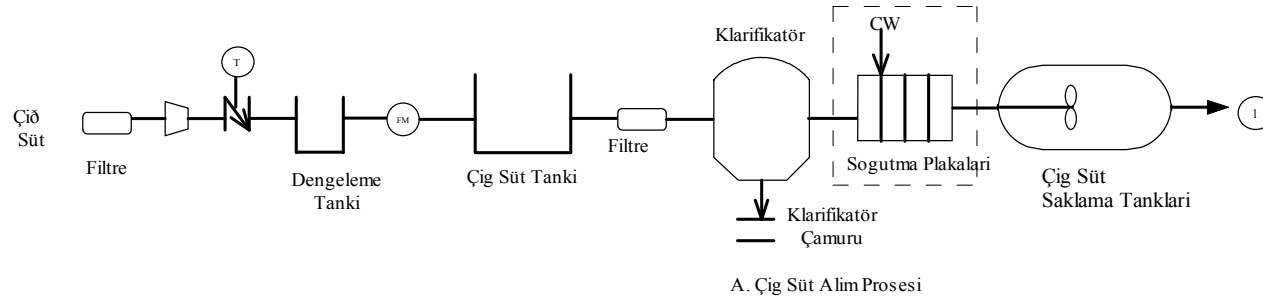
Pastörizasyon sırasında ön ısıtmadan geçen süt kremasının ayrılması için separatöre akar. Separasyon, koku giderimi (deodorizasyon) ve homojenizasyon işlemlerinden sonra süt tekrar HTST pastörizatöre gelerek burada 90°C su ile 89-90°C'ye kadar ısıtılır. Bu aşamada kullanılan su buhar ile ısıtılır ve yoğunlaşarak suya dönüşen buhar kanala atılır. 90°C'ye ısıtılan süt bir süre ısının sabit tutulması için borularda dolaştırıldıktan sonra bu sefer 0°C'deki su ile 6°C'ye kadar soğutulur. Isınan soğutma suyu tekrar kullanılmak üzere soğutma kulelerine gönderilir. Pastörizasyon işlemi tamamlana süt ise pastörize süt tanklarına (3 adet) akar.

Separatörün temel çalışma prensibi klarifikatör ile aynı olup sütün yağı üst taraftan krema şeklinde alınırken her yarım saatte bir süt çamuru aşağıdan kanala atılır. Süt çamuru için kullanılan deşarj suyunun fazlası iki hortumla devamlı kanala akmaktadır.

Koku giderimi (deodorizasyon) sırasında süt vakumlanarak koku giderilir. Bu işlemde soğutma suyu soğutma kulelerine gönderilirken, ısıtma suyu devamlı kanala deşarj edilmektedir. Soğutma suyunun kulelere gönderildiği hatta borudaki delik nedeniyle devamlı bir soğutma suyu kaybı söz konusudur. Homojenizasyon ünitesinde basınç altında çalışan pistonlarla sütün yağ ve sıvı içeriği homojen hale getirilmektedir. Bu makinanın altındaki hortumlardan birinin delinmesi nedeniyle devamlı bir soğutma suyu kaybı vardır.

Pastörize süt tanklarında saklanan süt buradan paketlemeye gönderilmektedir. Kutu paketlemede, paketlenen sütlerin biriktirildiği kasalar soğuk hava deposuna manuel olarak taşınmakta olup bu işlem boyunca deponun kapısı yaklaşık 3 saat açık kalmaktadır. Şişelemede otomatik olarak şişelenerek kasalara yerleştirilen süt belt taşıyıcı (belt conveyor) vasıtasıyla soğuk hava deposuna iletilmektedir. Bu prosese sırasında kapaklanamayan veya hasarlı şişelerdeki süt, kaplara boşaltılarak başka ürünlerde kullanılmak üzere süt işleme prosesinin başına (dengeleme havuzu) gönderilmektedir. Paketlenmiş sütün dışında sütün bir kısmı 40 L'lik çelik kaplarda paketlenmemiş olarak satılmaktadır. Paketleme işlemleri sırasında bozuk veya deforme paketlemeden kaynaklı dökülen sütler, kapların dolumundaki taşmalar, tankların dibinde kalan süt ve süt köpüğü ve 1. durulamalar sırasında suyla birlikte atılan sütler nedeniyle kayıplar olmaktadır.

Günün sonunda, bütün sitem, ekipmanlar ve tanklar temizlenmektedir. Temizlik genelde manuel yapılmakta veya kontrol edilmektedir. Temizlik işleminin birinci aşaması pastörizasyon sistemindeki sütün su ile boşaltılarak, sütlü 1. durulama suyunun kanala deşarj edilmesidir. Bundan sonra kimyasal çözeltiler kullanılarak temizlik yapılmakta ve buradan çıkan atıksu kanala atılmaktadır. 1. durulamadan sonra NaOH veya detarjan kullanılmaktadır. Bu işlemde kaynaklı atıksu ile bunu yıkamak için kullanılan sıcak veya soğuk durulama suyu kanala deşarj edilmektedir. Mekanik temizlik sırasında kullanılan temel temizlik maddesi de NaOH'tır. Nitrik asit (HNO_3) pastörizasyon sisteminin temizlenmesinde kostik sodadan (NaOH) sonra kullanılmakta ve sonrasında bu çözelti de kanala deşarj edilmektedir. Tablo 2'de temizlik işlemi sırasındaki atıksular gösterilmektedir.



Şekil 2. İşletmenin Proses Akış Şeması

Tablo 2. Temizleme Prosesi Deşarjları

Kaynak	Temizlik tipi	1 durulama deşarjı	Temizlik maddesi	Son deşarj
Kamyon üzerindeki tanklar	Manuel	Sütlü sıcak su	-	-
Çelik kaplar	Manuel+ mekanik	Sütlü-sodalı sıcak atıksu	Kostik soda	Sıcak ve soğuk durulama suyu
Çiğ süt tankları	Manuel	Süt köpüğü+ sütlü atıksu	Deterjan	Soğuk durulama suyu
Pastörizasyon sistemi	Manuel	Sitemde kalan süt (arkadan basılan su ile deşarj edilir)+ sütlü atıksu	-Kostik soda çözeltisi - Kostik soda çözeltisinin 2. durulama suyu -Asit çözeltisi	Sıcak ve soğuk durulama suyu
Pastörizasyon alanı zemini	Manuel	-	Deterjan	Ilık durulama atıksuyu
Pastörize süt tankları	Manuel (sabah ve akşam)	Süt köpüğü+ ılık sütlü atıksu	Kostik soda çözeltisi	Ilık durulama atıksuyu Soğuk durulama atıksuyu
Şişe yıkama	Mekanik	Sütlü atıksu	Kostik soda çözeltisi	Ilık durulama atıksuyu Soğuk durulama atıksuyu
Şişe kasası yıkama	Mekanik	-	-	Soğuk durulama atıksuyu
Şişeleme sistemi	Manuel	Sütlü atıksu	Deterjan	Soğuk durulama atıksuyu
Karton paketleme	Mekanik (CIP sistemi)	-	Kostik soda atıksuyu	Ilık durulama atıksuyu Soğuk durulama atıksuyu (sabah yıkamasında)

İşletmeye ilişkin bilgiler temel olarak ölçümler, satın alma kayıtları, işletme mühendisleriyle görüşmelerden elde edilmiştir. Deşarjların akış hızları ve kullanılan hammaddelerin miktarları ölçümlerle tespit edilmiştir. Akış hızları genelde belirli hacimdeki kapların dolun zamanının ölçülmesiyle hesaplanmıştır. Hammadde kayıplarını atık yüklerini belirleyebilmek

için akışların kimyasal karakterizasyonu yapılmıştır. Bu analiz sırasında standart metodlar kullanılarak KOİ, AKM, Alkalinite ve pH analizleri yapılmıştır (APHA, 1995).

Denetleme: Saha Gözlemi

Bu aşamada işletme sahası detaylı olarak incelenmiştir. Bu çalışmada kütle dengesi analizinin tamamlanması ve önerilebilecek TÛ fırsatlarının saptanması için prosesler detaylı olarak analiz edilmiştir.

Denetleme: Kütle Dengesi ile Girdi-Çıktı Analizi

İşletmede kayıt tutma sistemi yetersiz olduğundan çalışmada kütle dengesinin kurulabilmesi için gereken veriler, girdi ve deşarjların akış hızlarının ölçümleriyle bulunmuştur. Tablo 3'te süt işleme ve sistem temizleme proseslerinin girdi ve çıktıların tamamını içeren kütle dengesi analizinin sonuçları verilmektedir. Kütle dengesi analizi bütün olarak yaklaşık 100 adet girdi ve çıktı akışından oluştuğundan burada yalnız sonuçları verilmektedir.

Tablo 3. İşletme süt üretimi ve temizleme kütle dengesi, 2000

Girdi kütle akışının kaynağı	Miktar (kg/gün)
Çiğ süt	33,985.8
Servis suyu	94,661.1
Buhar	2,677.9
Kostik soda	142.2
Deterjan	2.4
Asit	10
TOPLAM	131,479.6
Çıktı kütle akışının kaynağı	
Paketlenmiş süt	33,527.1
Krema	119
Diğer ürünler için yeniden kullanılan süt	271.2
Atıksu	69,827.1
Dökülen su ve soğutma suyu kaybı	15,911.4
Deşarj edilen temiz su	11,747.5
Dökülme ve temizleme sonucu kaybedilen süt ve süt köpüğü	302.6
Süt çamuru	58.4
TOPLAM	131,764.3

Süt üretimi prosesindeki TÛ fırsatlarının araştırılmasından deşarj edilen temiz suyun 9458,4 kg/gün'ün diğer proseslerde veya temizlik amacıyla yeniden kullanılabilceği tespit edilmiştir. Yeniden kullanılabilcek ve halen atılan suyun kaynağı servis suyu, yoğunlaşmış buhar, makinelerin fazla su deşarjları ve ısıtma suyudur. Yeniden kullanılabilcek süt ve sütlü sular dikkate alındığında, günde 560,8 kg/gün süt, süt çamuru ve süt köpüğünün atıldığı görölmektedir. Bunun yanında, 4117,1 kg/gün su deşarjı ekipmanların onarımı gibi iyi işletme prosedürleriyle (GHK-Good House Keeping) tamamen elimine edilebilir.

Temizleme prosesleri sırasındaki TÛ fırsatları ele alınırsa, 843,9 kg/gün sütlü atıksuyun tamamen elimine edilebileceği veya başka ürünlerde veya proseslerde kullanılarak azaltılabılceği tespit edilmiştir. TÛ fırsatları kullanılarak 152.1 kg/gün'lük kimyasal madde kullanımı azaltılabılcektir. Temizleme işlemi sırasında tamamen elimine edilebilecek veya başka bir kaynağın yeniden kullanımıyla karşılanabilcek su miktarı 27003,2 kg/gündür. Sonuç olarak TÛ fırsatlarıyla kullanımı azaltılabılcek su ve atıksu miktarı toplamı 52589,3 kg/gün'dür.

Temiz üretim fırsatları:

Süt üretimi için fırsatlar:

Temiz su yeniden kullanımı: klarifikatör ve separatörü temiz tutmak için kullanılan servis suyunun fazlası ve servis suyu kalitesindeki yoğunlaşmış buhar kanala atılmaktadır. Bu kaynaklar klarifikatör ve separatörde çamur oluşturmak için veya temizleme işlemleri sırasında yeniden kullanılabilir.

GHK/onarma: Klarifikatörün vanalarının, HTST pastörizatörünün montaj yerlerinin, kokusuzlaştırma ünitesindeki soğuk su hattındaki deliğin onarılması ve homojenizatörün altındaki delik hortumun değiştirilmesi 2037,3 kg/gün'lük servis suyunun boşa atılmasını engelleyecektir.

Saha-dışı yeniden kullanım/ süt çamuru: klarifikasyon ve separasyon prosesleri sırasında atılan süt çamuru en önemli organik kirlilik kaynağıdır. Aslında bu çamur besin değerı itibarıyla zengin içeriği nedeniyle kıymetli bir hayvan yemidir. Çalışmanın yapıldığı işletme

aynı zamanda büyükbaş hayvan da beslediğinden süt çamuru buralarda kullanılabilceği gibi tesisin yakınında bulunan yem işletmelerine de verilebilir.

Saha-dışı yeniden kullanım/sütlü atıksu: süt çamurunun yeniden kullanımındaki gibi işletmenin temizliğinde 1. durulamalardan ortaya çıkan sütlü su bir tankta toplanarak sığırların sulanmasında kullanılabilir. Sütün içeriğindeki maddeler nedeniyle bu suyla beslenen hayvanların süt verimi de artmaktadır.

Sütün yere dökülmesini engellemek için çığ süt tankları elle kontrol edilebilen bir vanalama ile tek bir boru hattına, bu hat da pastörizasyon sistemine bağlanabilir. Böylece 3 adet çığ süt tankından gelen akış kontrol edilebileceği gibi, sütün yere dökülmesi engellenebilecek ve bu tankların yıkanmasından gelen sütlü 1. durulama suyu tek bir noktadan (yeni bağlantı borusunun sonundan) toplanabilecektir.

GHK/ küçük ekipman değişimi/ su ve süt: separatörün çalışması sırasında süt çamurunu oluşturmak için kullanılan suyun fazlası su tankından taşarak devamlı kanala akmaktadır. Çamur oluşumu için servis suyunun biriktirildiği tanka bir seviye kontrolü takılırsa bu deşarj (2100 kg/gün) engellenebilecektir. Bu seviye kontrolü su tankı dolduğunda gelen suyun kesmelidir.

Paketlenmemiş süt 40 L'lik çelik kaplara doldurularak satılmaktadır. Bu kapların doldurulması sırasında vananın açık bırakılması ve taşmalar nedeniyle günde 45,2 kg/gün süt yere dökülmektedir. Burada kullanılan küresel vana bir çek vana ile değiştirilir ve her kap değişiminde bu vana kapatılırsa bu sütün dökülmesi engellenebilecektir.

GHK/ işletme yöntemi/ süt: hatalı paketleme (karton/şişe) ve boruda kalan sütler hali hazırda kaplarda toplanarak prosesin başına gönderilmektedir. Hatalı paketleme azaltılırsa, geri dönen süt de azalacağından aynı süt için kimyasal maddeler, enerji ve su tekrar kullanılmayacaktır.

Karton kutuların daha iyi koşullarda saklanması, ve satın alma politikasının yeniden ayarlanmasıyla paketlerdeki deformasyonun %40 azalabileceği varsayılmıştır. Şişelerde ise

hatalı paketleme genelde kapaksız şişelerden kaynaklanmaktadır. Bu şişelerin kapakları hemen elle kapatılabilirse, sütler kirlenmeyeceğinden geri döndürülmesi gerekmeyecektir. Bu önlemlerle geri dönen sütlerin %70 oranında azaltılabileceği düşünülmüştür. Kutu ve şişe paketlemede bu önlemlerin hayata geçirilmesiyle geri dönen sütte 102,8 kg/gün'ük azalma sağlanabilecektir. Önerilen tüm TÜ tedbirlerinin uygulanmasıyla elde edilebilecek faydalar Tablo 4'te verilmektedir.

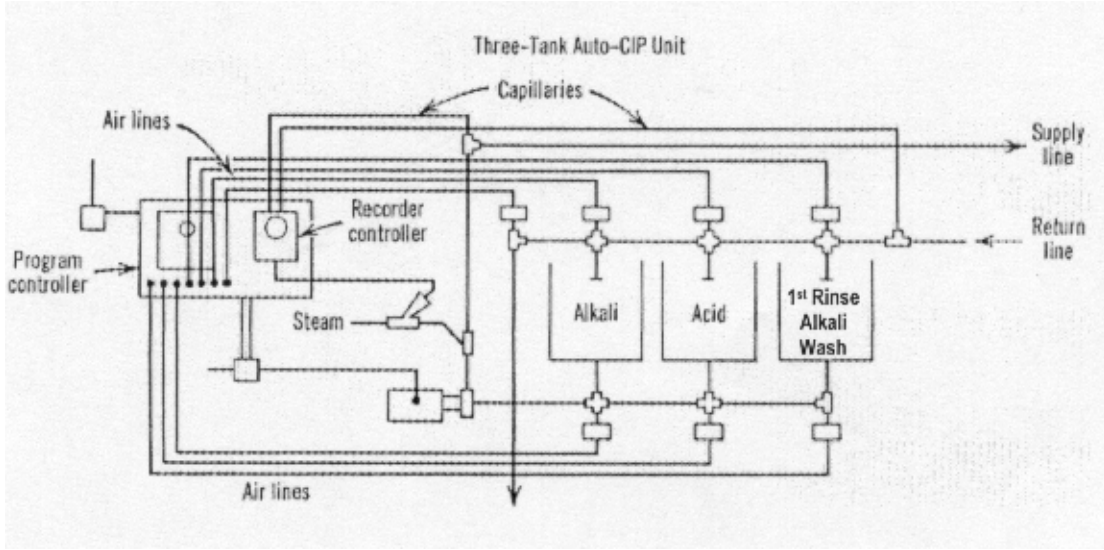
Tablo 4. Süt Üretimi Prosesi İçin Önerilen TÜ Fırsatları ve Bunların Uygulanmasından Elde Edilebilecek Kirlilik Azaltımları

Fırsat	Engellenen Deşarj (kg/gün)	Azaltılan Geri Dönüş (kg/gün)	Geri dönen su (kg/gün)	Azaltılan KOİ (kg/gün)	Azaltılan AKM (g/gün)
Temiz suyun yeniden kullanımı			9458.4		
GHK/ onarma	2037.3			5.7	792.5
Saha-dışı yeniden kullanım/ süt çamuru	55.8			9.1	1704.9
Saha-dışı yeniden kullanım/ sütlü su	6.9			1.7	413.6
GHK/ küçük ekipman değişimi/su ve süt	2100 45.2	(su) (süt)		11.1	2627.7
GHK/ işletme yöntemi/süt		102.8			
TOPLAM	4245.3	102.8	9458.4	27.7	5538.9

Temizlik işlemleri temiz üretim fırsatları:

Kütle dengesi analizi süt işleme tesislerinden kaynaklanan kirliliğin yüksek miktarda kimyasal madde ve su kullanımı nedeniyle büyük oranda temizlik işlemlerinden kaynaklandığını göstermektedir. Kirlilik CIP (Clean In Place) sistemi (bkz. Şekil 3) gibi otomatik ve verimli sistemler yerine, genelde elde yıkamaların kullanılması nedeniyle yüksek oranda alkali ve asit içeren çözeltilerin alıcı ortama deşarjından kaynaklanmaktadır.

Temizleme işlemleri sırasında kullanılan su gereksiz su kullanımlarının engellenmesi ve TÜ fırsatlarının kullanımıyla önemli oranda azaltılabilecektir. Temizlik sırasında 48.738,2 kg/gün gibi yüksek bir tutarda su kullanılması nedeniyle bu uygulamalarla önemli bir kazanç elde edilebilecektir.



Şekil 3. Çok amaçlı CIP Sistemi (<http://www.ea.gov.au/industry/eecp/case-studies/pauls1.html>)

Teknoloji değişimi- CIP (Clean In Place) Sistemi: işletme için önerilen CIP sistemi pastörizasyonun temizlenmesinden başlayarak pastörize süt tankları ve şişe paketleme sisteminin tümünü kapsamaktadır. Kurgulanan sistemde alkali çözelti, asit çözelti ve durulama olmak üzere her biri 1 tonluk 3 adet tank, kimyasal maddelerin optimum kullanımı için iletkenliğe bağlı olarak çalışan bir dozlama sistemi, çözeltilerin etkinliğini artırmak için bir ısıtma sistemi ve sıvıların kapalı sistemde çevirilebilmesi için bir pompa sistemi öngörülmüştür. Böyle bir sistemin ilk yatırım maliyeti 19.750 Euro'dur (<http://www.cleantechindia.com/eicnew/guidelines/Dairy1.htm> 1.8.2002).

Bu sistem kullanılarak hali hazırda elde ve ayrı ayrı yapılan durulamalar birleştirilerek 1000L'lik su ile, tek bir tanktaki suyun sistemde çevirilmesiyle yapılabilecektir. Aynı zamanda her sistem için ayrı ayrı temizleme çözeltileri hazırlama ve deterjan kullanımı engellenerek bu işlem hazırlanan asit ve alkali çözeltilerinin bütün sistemde çevirilmesiyle yapılabilecektir. Dolayısıyla CIP sistemi durulama, çözelti hazırlama ve son durulamada kullanılan sudan tasarruf nedeniyle avantajlıdır. Su tasarrufları; şişeleme sisteminin 1. durulaması, pastörize sistemi ve pastörize süt tankları için hazırlanan kostik soda çözeltilerinde kullanılan su, pastörizasyon sistemi ve pastörize süt tanklarının 2. durulaması, sabah yıkamalarında kullanılan suyun elimine edilmesi, pastörizasyon sistemi için hazırlanan asit çözeltisi ve bunun durulanmasında kullanılan su, şişeleme sisteminin elle yıkanmasında kullanılan su ve taşmalar ve açık bırakılan hortumlar nedeniyle kaybedilen suların engellenmesinden

kaynaklanmaktadır. Bütün bu tasarruflar 26110,3 kg/gün'lük suyun kullanılmasını elimine etmektedir. Ayrıca, CIP kapalı bir sistem olması nedeniyle 3262,7 kg/günlük yeniden kullanılabilir su veya çözeltinin atılmasını engellemektedir.

Saha dışı yeniden kullanım/ Sütli durulama suyunun hayvan sulamasında kullanılması: kamyonlardaki tankerlerin durulanmasında ilk 1 dakikada deşarj edilen durulama suyu toplanırsa, sığırların sulanmasında kullanılabilir. Pastörizasyon sistemi, pastörize süt tankları ve şişeleme temizlemesinin 1. durulama suları süt içermektedir. Yeni CIP sisteminde daha az su kullanılacağından daha konsantre bir süt içeriği söz konusu olabilecektir. Dolayısıyla bu durulama suyu da sığırların sulanması için kullanılabilir. Durulama sularının toplanması için bir borulama sistemi, küçük bir tank ve bunları kamyonlara basmak için pompaya ihtiyaç vardır. Bu uygulamayla 1581,2 kg/gün suyun kanala atılması engellenirken, 1364,2 kg/gün durulama suyu sığırların sulanması için kullanılabilir.

Ekipman değişimi/elle kapatılabilen nozül (shutt-off spray nozzle) kullanımı: elde yıkamalarda hortumların ağzına elle kapatılabilen nozül takılması suyu basınçlandırması ve su kullanımı verimliliğini artırması nedeniyle önemli miktarda su tasarrufu sağlayabilmektedir. Bu ekipman, kamyonlardaki tankların temizliğinde, çelik kapların yıkandığı bölgedeki zemin temizliğinde, pastörize süt tanklarının dışının sabah ve akşam yıkanmasında ve paketleme alanının dış yüzey yıkamalarında kullanılabilir. Su kullanımında verimliliği sağlayan bu ekipman 11727,8 kg/gün'lük servis suyu tasarrufu sağlayabilmektedir.

GHK-işletme yönteminde değişiklik: geri dönen sütlerin konulduğu kapların yıkanmasında kaplara NaOH atılarak, her kap için ayrı çözelti hazırlanmaktadır. Bunun yerine bir kapta hazırlanan çözelti diğerine boşaltılarak 5 kere kullanılırsa hem sudan hem de kimyasaldan tasarruf sağlanabilir.

Karton paketlemenin temizliği sırasında CIP sistemi kullanılmaktadır. Durulamada CIP tankını kullanarak suyun sistemde tekrar kullanımı gerekse de, durulama tamamen taze su kullanılarak yapılmaktadır. Bu işlem sırasında 3 tank su kullanılmaktadır. İşletme sırasında öncelikle tanktaki su 2-3 dakika sistemde çevrilirse, sonrasında 1 tank taze su (250 L) ile

yıkamanın yeterli olabileceği düşünülmektedir. Dolayısıyla işletme yöntemi değiştirilirse bu proseste 259,4 kg/gün suyun ve 7 kg/gün NaOH'ın kullanılması engellenecektir.

Kimyasal Değişimi: CIP sisteminin alkali tankında NaOH yerine P3-mip CIP isimli ve kapalı sistemler için geliştirilmiş kimyasal madde kullanılabilir. Bu kimyasal madde 60-80°C sıcaklıkta %1-2 konsantrasyonlarında bile daha iyi temizlik yapabilmektedir. Asit çözeltisinin hazırlanmasında ise benzer şekilde 50-60°C'de %1-2 konsantrasyonuyla kullanılabilen ve nitrik asit, fosforik asit ve inhibitörler içeren P3-horolith flüssig kullanılabilir (Mert Ergun, 2003). Önerilen sentetik kimyasallar, hali hazırda kullanılanlardan 3-4 kat pahalı olsalar da alkali çözelti için 80 kat, asidik çözelti için 20 kat daha az kimyasal madde kullanımı gerektirmesi nedeniyle kullanımları ekonomik olarak avantajlıdır.

Çelik kapların mekanik yıkamasında NaOH'ın kimyasal özellikleri nedeniyle hazırlanan çözelti 1 haftadan fazla kullanılamamaktadır. Bunun yerine P3-asepto kimyasalı bir dozlama sistemiyle kullanılabilir. Bu durumda sıcak ve soğuk su durulama tankları haftalık değişim gerektirse de alkali çözelti 1 ay kullanılabilir. Şişelerin yıkanmasında en önemli çevresel faktör, kullanılan yüksek alkaliniteli çözelti (konsantrasyonu % 3,75) ve bunun her hafta deşarj edilmesidir. Bu sistemde P3-stabilon WT isimli katkı maddesinin %0,2 konsantrasyonuyla eklenmesi halinde verimliliğin 2 kat arttığı saptanmıştır (Mert Ergun, 2003). Dolayısıyla bu kimyasalın bir dozlama sistemiyle birlikte kullanılması halinde, NaOH tüketimi %50 azalabilecektir.

Yukarıda açıklanan TÛ fırsatlarının uygulanması halinde büyük kısmı NaOH olmak üzere 94,1 kg/gün kimyasal kullanımı önlenebilecektir.

Yeniden kullanım-Şişe kasalarının yıkanmasında alkali suyun tekrar kullanımı: Şişelerin mekanik yıkanmasında tanklara fazla gelen ve yüksek alkali içerikli taşkın suyu sürekli kanala boşalmaktadır. Diğer taraftan kasaların yıkanmasında kasalar sürekli akan servis suyunun altından geçirilmektedir. Ayrıca, kirli şişeler suyla doldurularak bekletilmektedir. Eğer taşkın suyu küçük bir tankta toplanarak küçük bir pompayla sürekli basılırsa, kasaların

yıkanmasında veya günün sonunda kirli şişelerin suyla doldurulmasında kullanılabilir. Bu uygulamayla yüksek alkali içeren 9178,5 kg/gün'lük su yeniden kullanılabilir.

Temizlik işlemleri için önerilen tüm TÜ fırsatları uygulanırsa bunlardan elde edilebilecek kirlilik azaltımları Tablo 5'de sunulmaktadır.

Tablo 5. Temizlik işlemleri için önerilen TÜ fırsatları ve bunların uygulamasından elde edilebilecek kirlilik azaltımları

Fırsat	Engellenen Su kullanımı (kg/gün)	Engellenen deşarj (kg/ gün)	Engellenen Kimyasal kullanımı (kg/ gün)	Geri kazanılan Su (kg/ gün)	Azaltılan KOİ (kg/ gün)	Azaltılan AKM (g/ gün)	Azaltılan Alkalinite CaCO ₃ (kg/ gün)
CIP sistemi	26,110.3	3,262.7			4.2	1,566.2	40.1
Saha-dışı yeniden kullanım/ Hayvan yemi olarak sütlü durulama suyu*		1581.2			23.7	2,153	
Shut-off nozül kullanımı	11,727.8				126.2	11,469	
GHK-işletme yöntemini değiştirme	259.4		7				
Kimyasal madde değişimi	53.5		94.1				
Kasaların temizliğinde alkali suyun yeniden kullanımı	9,178.5			9,178.5			
TOPLAM	47,329.7	4,843.9	101.1	9,178.5	154.1	15,188.2	40.1

* Tasarlanan durumda 1364.2 kg/gün of atılan durulam suyu hayvan yemi olarak toplanmaktadır.

SONUÇLAR

İşletmede gerçekleştirilen temiz üretim denetlemesi önemli fırsatlara işaret etmektedir. Ayrıca, bu çalışmanın sonuçlarının uygulanmasıyla önemli miktarda kirlilik azaltımı sağlanabilecek ve su ve kimyasal madde kullanımından sağlanabilecek tasarruflar nedeniyle ekonomik kazançlar ve KOİ ve AKM yüklerinde azalma meydana gelebilecektir. Su kullanımında verimliliğin sağlanması ve sistemde kaybedilen sütün azaltılması çok yüksek maliyet gerektirmeden ve teknik olarak zor olmayan uygulamalarla başarılabilecek iki önemli temiz üretim alanıdır.

TÜ fırsatları değerlendirildiğinde; ekipmanların ve bağlantıların onarılması, küçük proses kontrolü ekipmanlarının yerleştirilmesi ve işletme yöntemlerinin değiştirilmesi çok maliyet gerektirmeden yapılabilecek iyi işletme prosedürü (GHK) önerileridir. Bunun yanında, servis suyu kalitesindeki suların yeniden kullanımı, süt çamuru ve sütlü suların saha dışında hayvan yemi olarak ve sığırların sulanmasında kullanımı ve alkali çözeltilerin başka ekipmanların temizlenmesinde yeniden kullanımı önerilmiştir. Teknolojik değişim açısından ise, temizleme sisteminin otomatikleştirilmesi için CIP sisteminin kullanılması ve su kullanımında verimlilik için hortumların ağzına shut-off spray nozüllerin monte edilmesi tavsiye edilmiştir. Ayrıca temizlik için alternatif kimyasal maddeler belirlenerek, bunların kullanımının avantajları ortaya konulmuştur.

Sonuç olarak, Tablo 6'da işletme için önerilen tüm TÜ fırsatları ve bunların sağlayabileceği kirlilik azaltımları gösterilmektedir. Tablo 5'teki değerler işletmenin kütle-denge analizi sonuçlarıyla karşılaştırıldığında şu hususlar görülmektedir;

- Servis suyunun %50'si, mevcut atıksu deşarjının %9,3'ü, kimyasal madde kullanımının %65,36'sı, atılan 181,91 kg/gün'lük KOİ ve 20,7 kg/gün'lük AKM elimine edilebilir
- Kullanılan servis suyunun %19,6'sı yeniden kullanılabilir.

Tablo 6. İşletme için önerilen tüm TÛ fırsatları ve bunların sağlayabileceği kirlilik azaltımları¹

Fırsat	Engellenen Su kullanımı (kg/gün)	Engellenen deşarj (kg/ gün)	Engellenen Kimyasal kullanımı (kg/ gün)	Geri kazanılan su (kg/ gün)	Azaltılan KOİ (kg/ gün)	Azaltılan AKM (g/gün)	Azaltılan alkalinite CaCO3 (kg/ gün)	Azaltılan geri dönüşüm (kg/ gün)
Temiz suyun yeniden kullanımı				9458.4				
GHK/ onarma		2037.3			5.7	792.5		
Saha- dışı yeniden kullanım/ Süt çamuru		55.8			9.1	1704.9		
GHK/ küçük ekipman değişimi /su ve süt		2100 45.2	(su) (süt)		11.1	2627.7		
GHK/ işletme yöntemi/ Süt ve su	259.4		7					102.8
CIP sistemi	26110.3	3262.7			4.2	1566.2	40.1	
Saha-dışı yeniden kullanım/ Hayvan yemi*		1588.1			25.5	2566.6		
Shut-off nozül kullanımı	11727.8				126.2	11469		
Kimyasal değişimi	53.5		94.1					
Alkali suyun yeniden kullanımı /temizlik	9178.5			9178.5				
TOPLAM	47329.7	9089.2	101.1	18636.9	181.9	20727.2	40.1	102.8

¹ Tesiste çiğ süt alım hattı 360 gün/yıl çalışırken, pastörizasyon hattı 308 gün/yıl çalışmaktadır. Hesaplamalar çiğ süt alım hattının 308 gün/yıl çalıştığı varsayımıyla yapılarak değerler buna göre düzeltilmiştir.

KAYNAKÇA

İşletme 2002. İşletme Kayıtları

APHA, 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 19th Edition, Washington, D.C.

Environment Protection Authority, State Government of Victoria, Australia, 1997. Environmental Guidelines for the Dairy Processing Industry.

Environmental Technology and Best Practice Program, 1999. Reducing Waste for Profit in the Dairy Industry, England.

New York State Department of Environmental Conservation Pollution Prevention Unit, 2001 Environmental Self-Assessment for the Food Processing Industry.

Mert Ergun ile yapılan görüşme, Ecolab Temizlik Sistemleri A.Ş., Kimya Müh., 18.4.2003.

Ontario Ministry of Environment, 1993. Pollution Prevention Planning, Guidance Document and Workbook.

Özbay A., Cleaner Production Opportunity Assessment for Market Milk Production, M.Sc. Thesis, Middle East Technical University, Department of Environmental Engineering, Ankara, Turkey.

Regional Activity Centre for Cleaner Production, 2000. Minimization Opportunities for Environmental Diagnosis.

Roy E. Carawan, James V. Chambers, Robert R. Zall, 1979. Water And Wastewater Management In Food Processing, Extension Special Report, No: AM-18B, North Carolina State University- Cornell University- Purdue University.

Sustainable Business Associates, 1998. Good House Keeping Guide for Small and Medium-Sized Enterprises.

Technical Pollution Prevention Guide for the Dairy Processing Operations in the Lower Frazer Basin, 1997 Environment Canada Environmental Protection Fraser Pollution Abatement North Vancouver.

UNEP and Danish Environmental Protection Agency, 2000. Cleaner Production Assessment in Dairy Processing.