

Prof. Dr. Dincer Topacık
Ulusal Membran Teknolojileri
Uygulama ve Araştırma Merkezi (MEM-TEK)

Endüstrilerde Su ve Değerli Kaynakların
Geri Kazanımı Teknolojileri

Prof. Dr. İsmail KOYUNCU

28.02.2022



MEM-TEK Hakkında



- Türkiye’de membran üretmek, modül ve proses geliştirmek, membran teknolojileri üzerine çalışan araştırmacılara fırsatlar sunmak ve global membran bilimine katkılarda bulunmak amacıyla, T.C. Kalkınma Bakanlığı’nın desteğiyle Ulusal Membran Teknolojileri Araştırma Merkezi (MEM-TEK) kurulmasına 2010 yılında başlanmıştır.
- Merkezin inşaatı 2011 yılında, cihazların kurulumu ise 2012 yılında tamamlanmıştır. Merkez 2014 yılında Uygulama ve Araştırma Merkezi (UYG-AR) statüsü kazanmıştır.

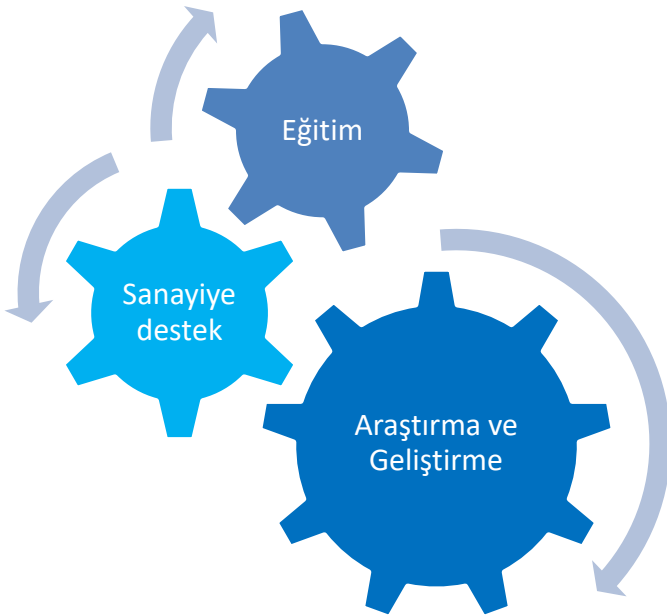


MEM-TEK'in VİZYONU

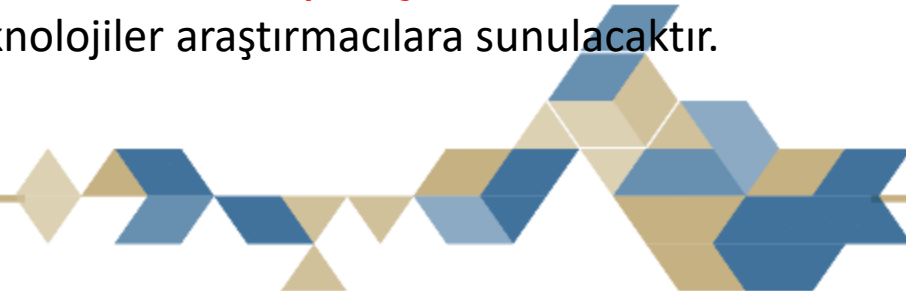
Su ve atıksu uygulamalarında membran üretimi, modül imalatı ve proses geliştirilmesi üzerine dünya çapında lider bir araştırma merkezi haline gelmektir.

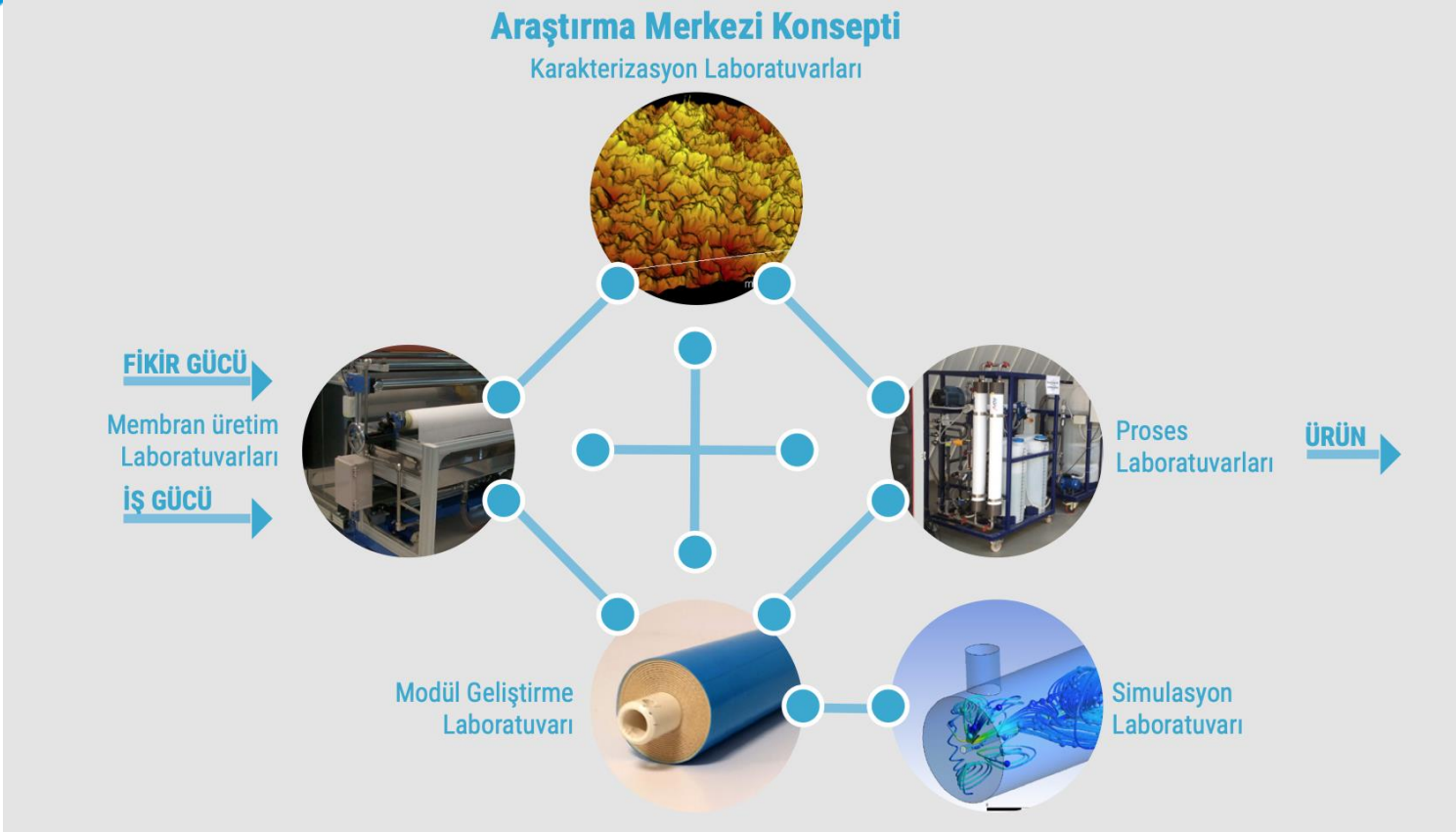


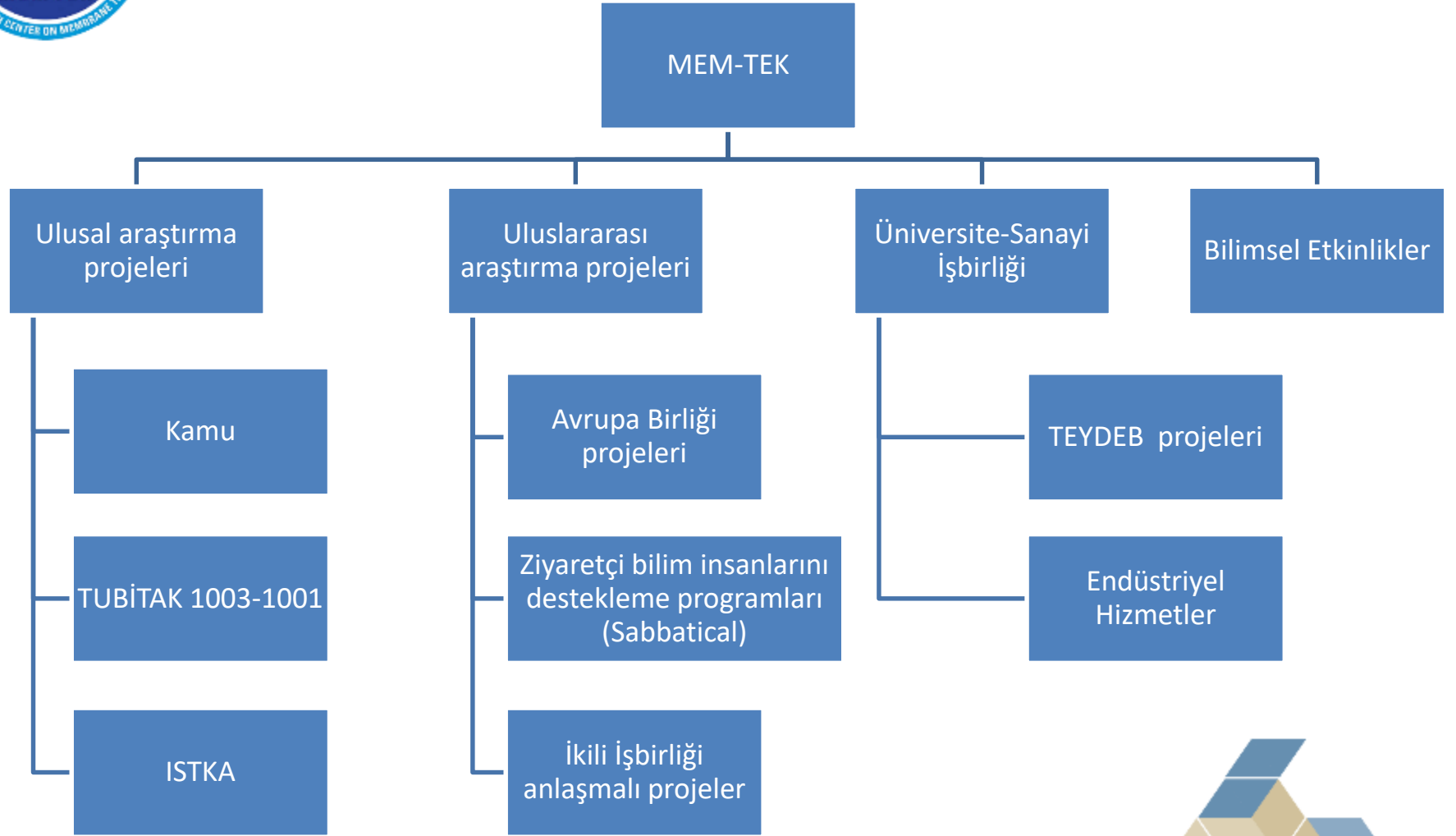
MEM-TEK'in MİSYONU



- **Araştırma ve Geliştirme:** MEM-TEK mevcut teknolojileri geliştirmek ve yeni teknolojiler üretmek amacıyla araştırmalar yapacaktır.
- **Sanayiye destek:** MEM-TEK sanayinin bütün alanlarına membran teknolojileri üzerine ihtiyaç duydukları teknik bilgi birikimini ve altyapıyı sağlayacaktır.
- **Araştırmacıların ve bilim insanlarının yetiştirilmesi:** En son teknolojiler araştırmacılara sunulacaktır.



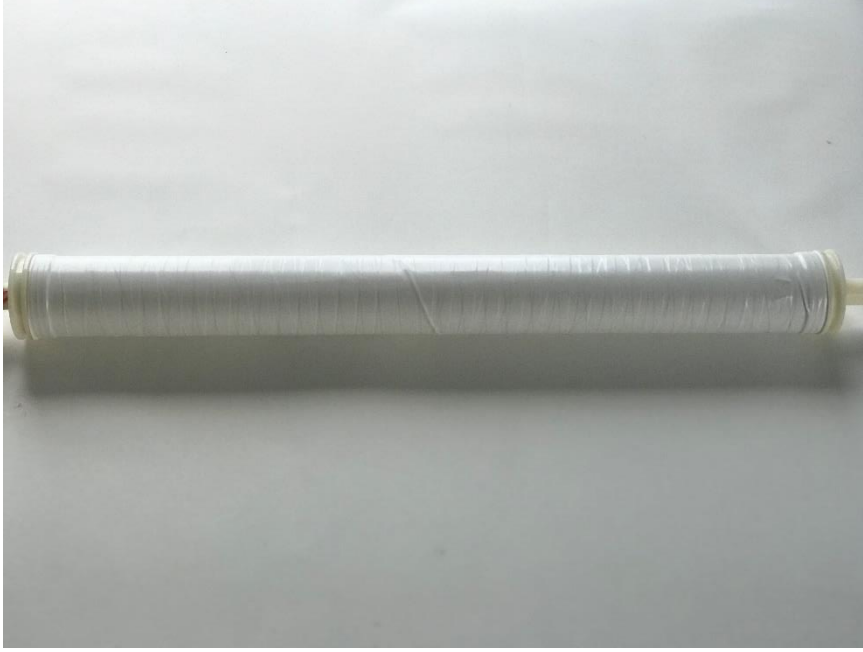




Alkali ve Boyar Madde İçeren Endüstriyel Atıksulardan Membranlar ile Su ve Kimyasal Madde Geri Kazanımı – TÜBİTAK 1003

- Nanofiltrasyon düzeyinde ticari membran muadili TFC kaplama pilot ölçekte yapıldı. Pilot ölçekte modül üretildi
- % 99,9 oranda boya giderim verimi elde edilen nanofiltrasyon membranlarının üretildi.
- HNT katkılı nanofiltrasyon membranları üretildi.





Endüstriyel Atıksu Geri Kazanımı için NF Membranı pilot ölçekli spiral sargı modülü



Proje Adı: Tekstil atıksularının membran teknolojiler ile arıtımı ve geri kullanımı ve membran konsantrelerinin fiziksel/kimyasal metotlar ile uzaklaştırılması

Tunus İşbirlikli 114Y409 No.lu Proje - 2510 – TÜBİTAK-MHESR İşbirliği Programı

Haziran 2015- Mayıs 2017



**Centre of Water Research
Technology (CERTE)/TUNISIA**



AMAÇ: İki farklı ülkedeki (Tunus ve Türkiye) tekstil endüstrisi arıtma tesisi çıkış sularında bulunan rengin, tuzun ve diğer organik maddelerin mevcut sistemlere göre daha ekonomik bir şekilde uzaklaştırılması ve suyun proseslerde tekrar kullanımının sağlanması, ayrıca membran konsantreleri için bir yönetim biçiminin belirlenmesidir.

Gerçekleştirilen Çalışmalar

- Proje kapsamında sentetik RO ve NF membran konsantreleri yönetimi için elektrokoagülasyon (EC), elektrofenton (EF), elektrodializ (ED) ve bu yöntemlerle oluşturulmuş bütünleşik prosesler ile çalışılmıştır (%47-99 KOİ ve %86-99,2 Renk giderimi elde edilmiştir).
- Membran konsantrisi yönetiminde EC, EF ve ED proseslerinin maliyetleri incelenmiştir.



MEM-TEK'ten Endüstriyel Atıksu Geri Kazanımı Proje Örnekleri



Yüksek Alkali Özelliğe Sahip Endüstriyel Atıksulardan Kimyasal Madde ve Su Geri Kazanımı için Seramik Membranların Üretimi ve Uygulanması – TÜBİTAK 1003

- Ülkemizde üretimi olmayan, polimerik membranlara göre üstün özellikler gösteren, Ultrafiltasyon (UF) ve Nanofiltrasyon (NF) seviyelerinde ayırma özelliği taşıyacak, seramik membran tabakalarının sentezlenerek, laboratuvar ve pilot ölçekte üretimlerinin yapılmıştır.
- Tekstil endüstrisinde ön terbiye işlemlerinden kasar ve kostikleme sonucu oluşan yüksek alkali özellikteki sulardan kostik soda (NaOH) ve empirme yıkama işlemleri sonucunda oluşan atık sulardan boyar maddeler, kostik, hidrojen sülfid, sabun ve çeşitli inorganik bileşikler ayırıp, sıcaklığı 70-95 °C olan suyun geri kazanılarak yeniden prosese dahil edilmesi sağlanmıştır.
- Seramik membran proseslerinin endüstriyel atıksuların geri kazanımı hedefine yönelik olarak uygulamasının artırılması ve ülkemiz koşullarında ekonomik olarak uygulanabilmesi sağlanmıştır.



GEBZE



K

WTP





Kahramanmaraş'ta bulunan çöp sızıntı suyu arıtma tesisi için kurulan MBR sistemidir.

Oldukça yüksek değerlere sahip olan çöp sızıntı suyunun biyolojik arıtma işlemine entegre edilen batık MBR sisteminden sonra, NF geri kazanım membran sistemi ile, çok düşük alan ihtiyacı ile arıtılması faaliyeti başarıyla sürdürmektedir.

Çıkış suyu parametreleri deşarj limitlerine uygun.





Bölge:	Kahramanmaraş
Kapasite:	100 m ³ /gün
Giriş Değerler:	BOI=8000 mg/l KOI=20000 mg/l AKM=8000 mg/l
Çıkış Değerler:	KOI<1500-1750 mg/l AKM~2 mg/l





- ✓ Bir süt endüstrisine ait fabrika için kurulan MBR + RO atıksu geri kazanım tesisidir.
- ✓ Süt ürünleri üretiminden kaynaklı endüstriyel atık suyun biyolojik arıtma işlemlerinden sonra MBR sistemi sonrasında Ters Osmoz (RO) ile geri kazanılarak proseste tekrar kullanılarak üretimde kullanılan su ihtiyacı azaltılmıştır.
- ✓ Geri kazanım tesisi çıkış suyu parametreleri kullanım kriterlerine tamamen uygundur.





Kapasite:	250 m ³ /gün
Giriş Değerleri:	BOI=1000 mg/l
	KOI=2000 mg/l
	AKM=1000 mg/l
Çıkış Değerleri:	BOI<3 mg/l
	KOI<40 mg/l
	AKM~0 mg/l



İplik Fabrikası Boyahane Atık Su Geri Kazanım Tesisi, işletmeden gelen endüstriyel atık suyun biyolojik arıtma işlemlerinden sonra membran teknolojileriyle geri kazanılarak proseste tekrar kullanılması amacıyla faaliyet göstermektedir.

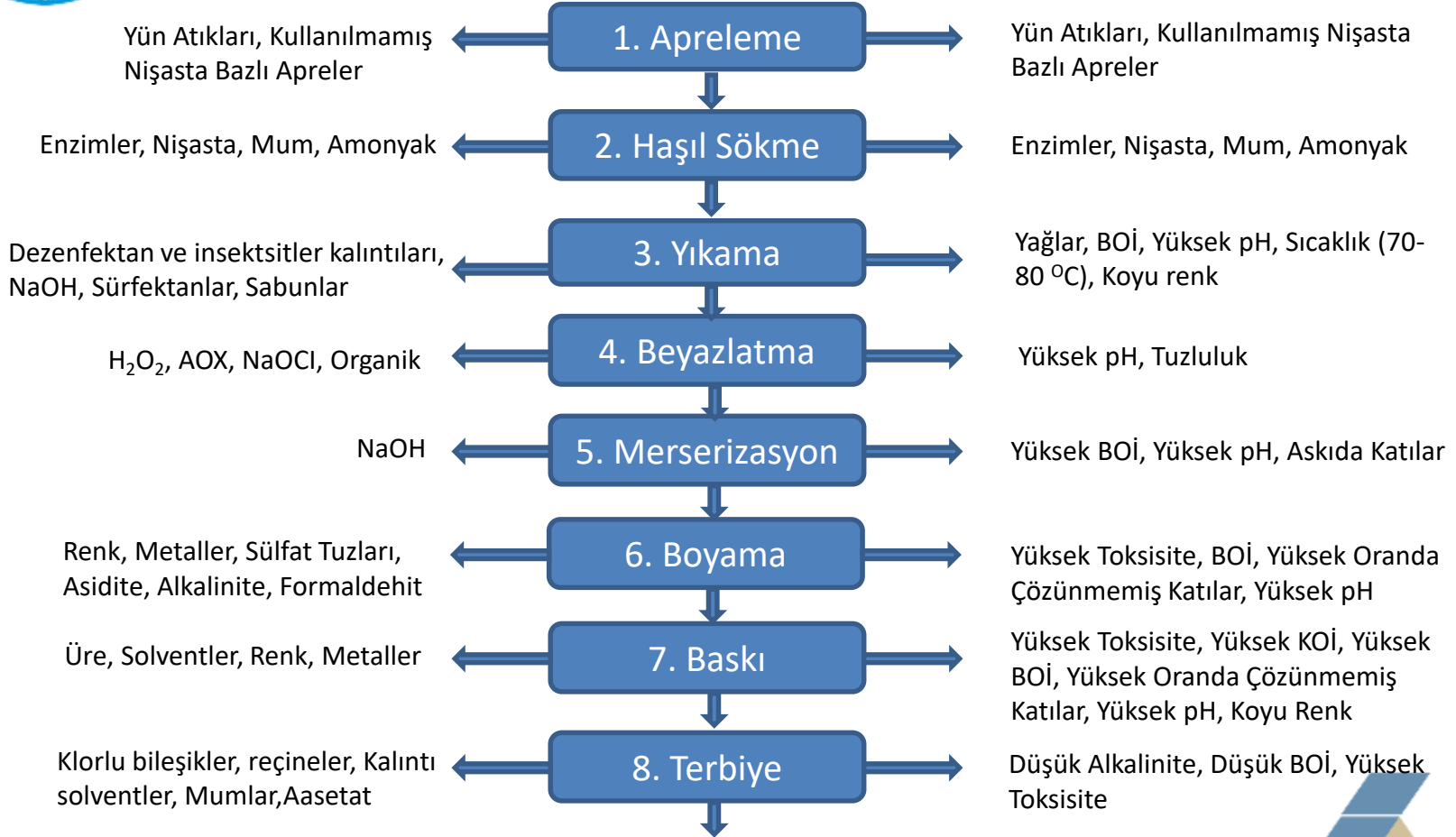
Tesisten gelen atık su, elektroksidasyon, mikro disk elek, biyolojik arıtma-MBR (Membran Biyoreaktör) ve 'fouling resistance reverse osmosis sistem' adı verilen özel bir sistemden geçirilerek tekrar yüksek kalite proses suyu olarak servis edilir.

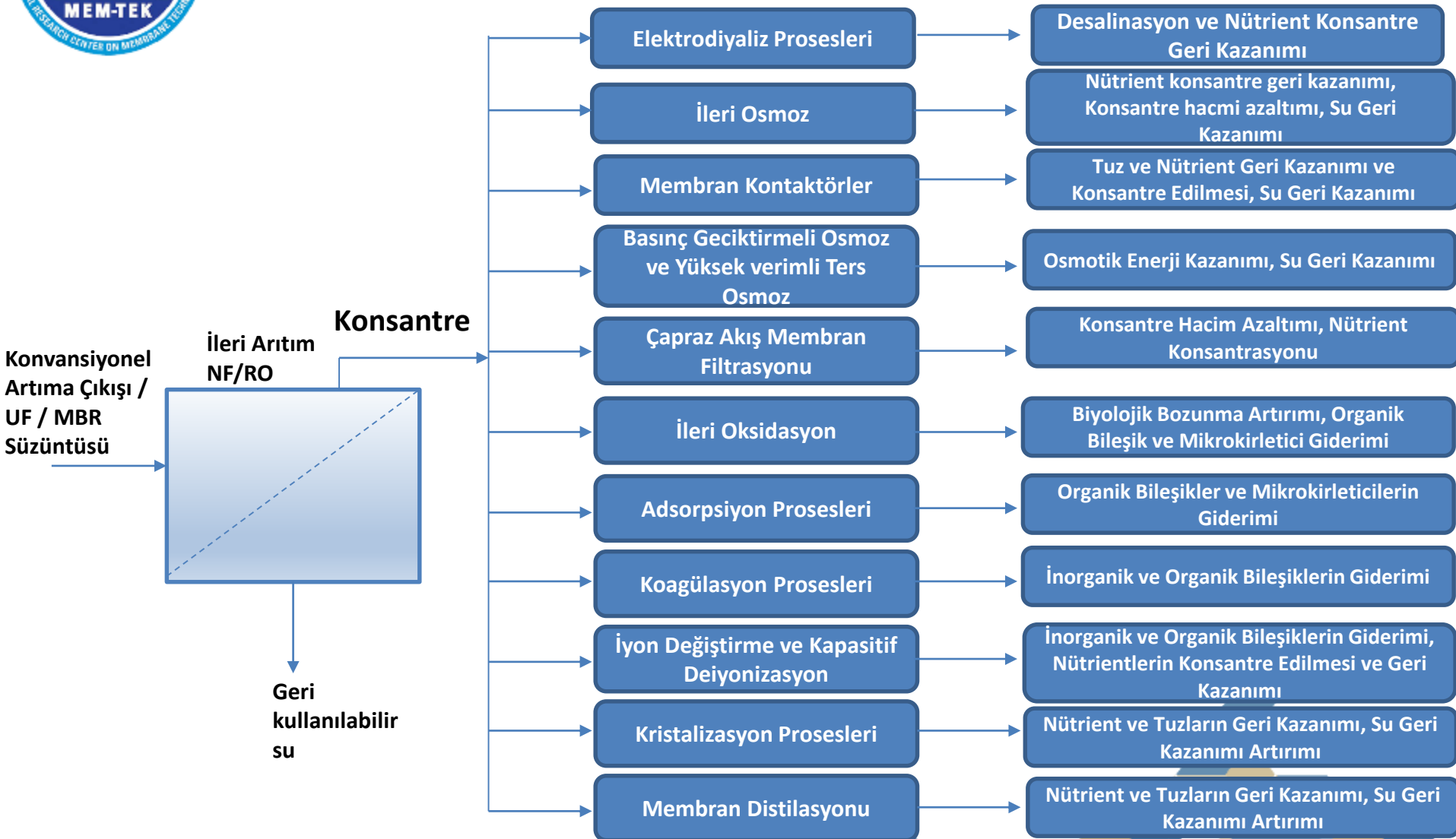


Şekil: Sırasıyla sistem giriş suyu, GENMBR® çıkışı ve RO çıkışı.

Bileşenler

Atıksu Karakteristikleri





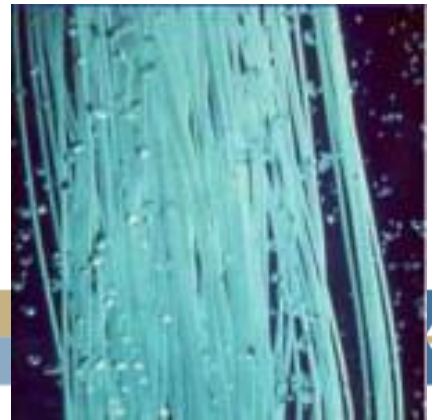
ZDHC (Zero Discharge Hazardous Chemical) NEDİR?

- ✓ Tehlikeli Kimyasalların Sıfır Deşarjı
- ✓ Tekstil ve ayakkabı imalatında, deri işlemede meydana gelen, ürünlerin üretim aşamalarında kullanılan kimyasallar sonucu çıkan atık suyun engellenmesi ve azaltımı hedeflenmektedir.



TEKSTİL ENDÜSTRİSİNDE ÇEVRE & SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK POLİTİKASI

- ✓ Global tekstil firmalarının ortak ZDHC Rehberine bağlı olarak oluşturdukları çevre ve sürdürülebilirlik politikasıdır.
- ✓ Misyon ve Amacı;
 - ✓ Biyolojik çeşitliliğin korunması
 - ✓ Doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi



ZDHC (Zero Discharge Hazardous Chemical)

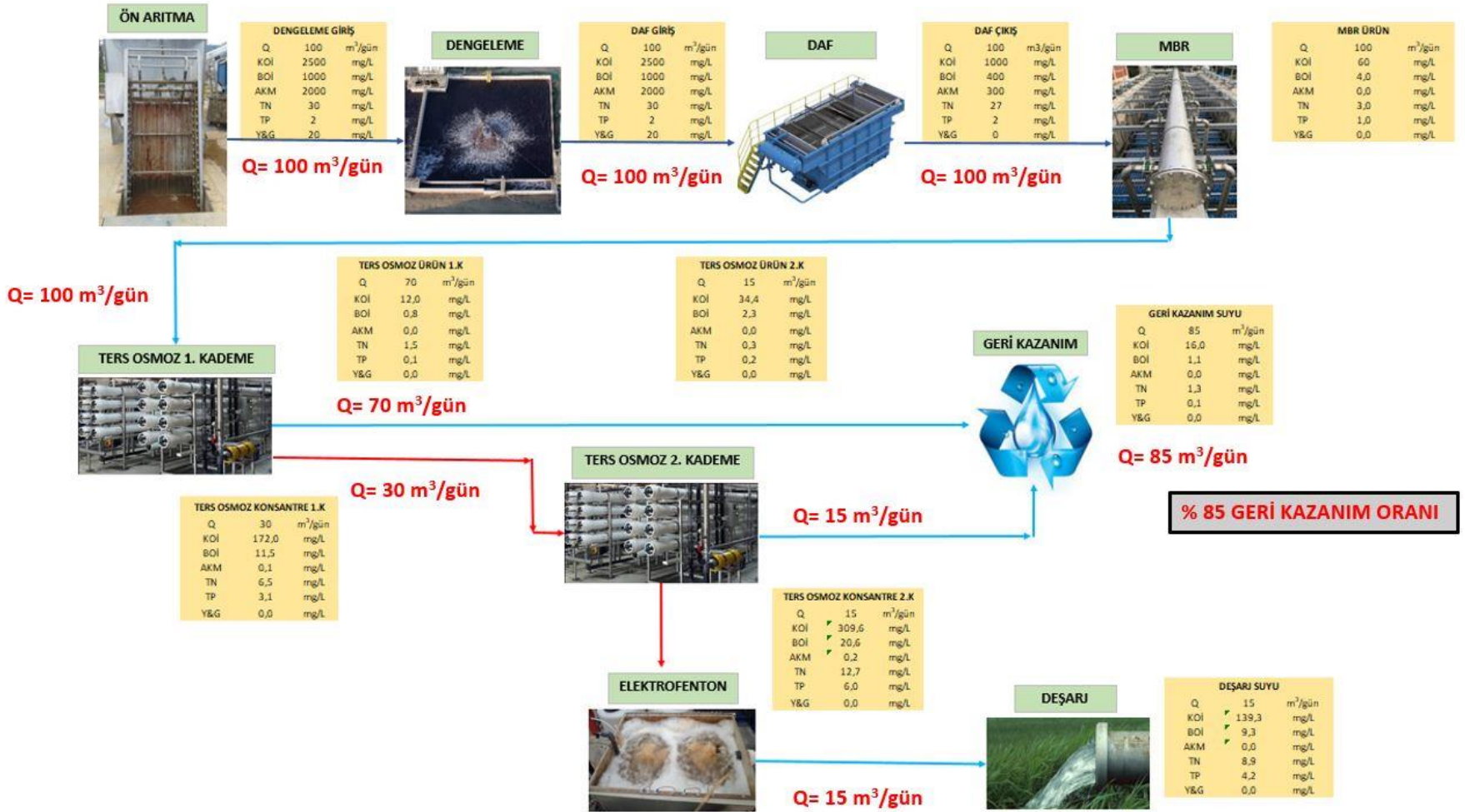
- ✓ ZDHC protokolüne katılım sağlayan çok sayıda global firma vardır
- ✓ Bu firmalar ve markalar tekstil hammaeddesi (kumaş,iplik) temin ettikleri fabrikalardan bu protokole uymalarını istemektedir. Geri kazanım yapabilen fabrikalar ve üretim tesisleri bu sebeple bu global firmaların tedarikçi zinciri olma açısından tercih sebebi olmaktadır.



ZDHC İstenen Deşarj Limitleri

mg/L unless otherwise noted	Limits			Standard Method for Analysis/Testing			
	Foundational	Progressive	Aspirational	ISO	European Union	United States	China
Sum parameters							
Temperature [°C] *	Δ15 or max. 35	Δ10 or max. 30	Δ5 or max. 25	No standard	No standard	US EPA 17.01	GB/T 13195
TSS	50	15	5	ISO 11923	ISO 11923	US EPA 160.2, APHA 2540D	GB/T 11901
COD	150	80	40	ISO 6060**	ISO 6060**	US EPA 410.4, APHA 5220D**	GB/T 11914**
Total-N	20	10	5	ISO 5663, ISO 29441	ISO 5663, ISO 29441	US EPA 351.2, APHA 4500P-J, APHA 4500N-C	HJ 636, GB 11891
pH		6-9		ISO 10523	EN ISO 10523	US EPA 150.1	GB/T 6920
Colour [m ⁻¹] (436nm; 525; 620nm)	7; 5; 3	5; 3; 2	2; 1; 1	ISO 7887-B	-	-	-
BOD ₅	30	15	5	ISO 5815-1, -2 (5 days)	EN 1899-1 (5days)	US EPA 405.1 (5 days), APHA 5210B (5 days)	HJ 505
Ammonium-N	10	1	0.5	ISO 11732, ISO 7150	EN ISO 11732	US EPA 350.1, APHA 4500 NH ₃ -N	HJ 535, HJ 536
Total-P	3	0.5	0.1	ISO 11885, ISO 6878	EN ISO 11885	US EPA 365.4, APHA 4500P-J	GB/T 11893
AOX	5	1	0.1	ISO 9562	EN ISO 9563	US EPA 1650	HJ/T 83-2001
Oil and Grease	10	2	0.5	ISO 9377-2	EN ISO 9377-2	US EPA 1664	HJ 637
Phenol	0.5	0.01	0.001	ISO 14402	EN ISO 14402	APHA 5530 B, C&D	HJ 503
Colliform [bacteria/100 ml]	400	100	25	ISO 9308-1	EN ISO 9308-1	US EPA 9132	GB/T 5750.12
Persistent Foam	Refer to respective information in section 9.6.A			N/A	N/A	N/A	N/A
Anions							
Cyanide - Total	0.2	0.1	0.05	ISO 6703-1,-2,-3, ISO 14403-1,-2	ISO 6703-1,-2,-3, ISO 14403-1,-2	US EPA 335.2, APHA 4500-CN	HJ 484
Sulfide	0.5	0.05	0.01	ISO 10530	ISO 10530	APHA 4500-S2-D	GB/T 16489
Sulfite	2	0.5	0.2	ISO 10304-3	EN ISO 10304-3	US EPA 377.1	**

ZDHC Örnek Bir Akım Şeması



Tekstil endüstrisinde entegre su yönetimine yönelik ZLD yaklaşımı, atık üretim faaliyetlerinden sıfır sıvı atık bertarafı hedefine sahiptir. İlk olarak Bruggen ve diğerleri tarafından önerilen bu hedefe ulaşmanın birkaç geleneksel ve yenilikçi yolu vardır.

Yaklaşım, atık suyun basınçla çalıştırılan membran filtrasyonunu, filtrasyon konsantresinin arıtılmasını ve ardından ikinci adımda üretilen atıkların yakılmasını içeren tekstil atıksuyu için üç aşamalı bir arıtma işlemine dayanmaktadır.

Ref: Bruggen BV, Curcio E, Drioli E. Process intensification in the textile industry: the role of membrane technology. J Environ Manage 2004;73:267-74.





Su Geri Kazanımı için Sıfır Deşarj (ZLD) Proseslerinin Maliyet Analiz Karşılaştırması



Bu örnek çalışmada, tekstil boyahane atıksularının entegre membran prosesleri ile arıtılarak su geri kazanımı yapıldığı durumlar için maliyet karşılaştırmasını içermektedir.

Sistemde UF, Loose NF, Tight NF, RO ve MD membran işlemlerinin farklı kombinasyonları kullanılmıştır.

Ref: Vergili, İlda, Yasemin Kaya, Unal Sen, Zeren Beril Gönder, and Coskun Aydiner. 2012. "Techno-Economic Analysis of Textile Dye Bath Wastewater Treatment by Integrated Membrane Processes under the Zero Liquid Discharge Approach." Resources, Conservation and Recycling 58. Elsevier B.V.: 25–35. doi:10.1016/j.resconrec.2011.10.005.





Su Geri Kazanımı için Sıfır Deşarj (ZLD) Proseslerinin Maliyet Analiz Karşılaştırması



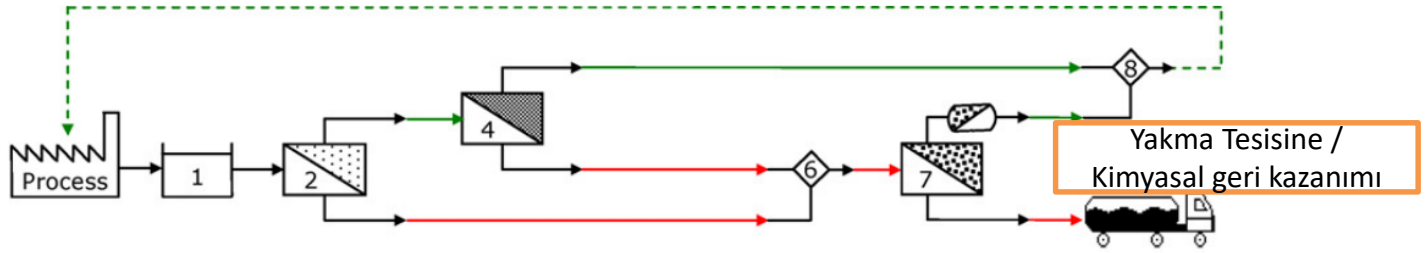
Dört farklı membran arıtma senaryosu için teknik performanslar deneysel olarak belirlenmiştir.

Deneysel sonuçlara,

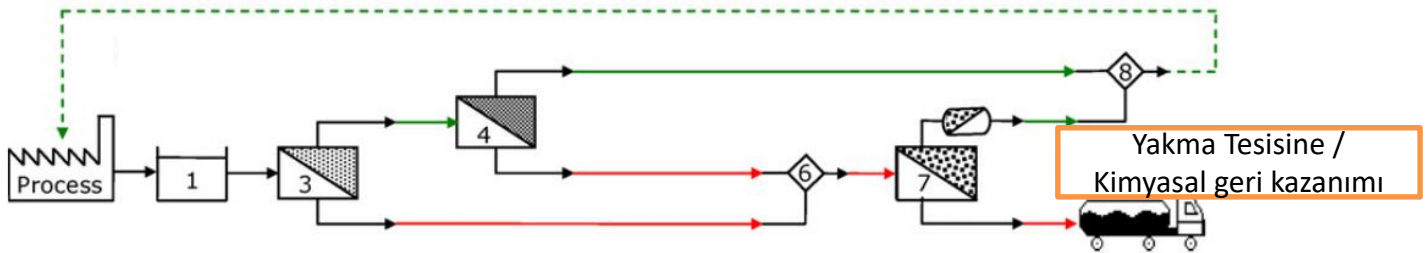
Literatür araştırmasına ve pazar araştırmasına dayanarak, her bir membran prosesi senaryosu ile ilişkili kütle dengesi, proses modelleme ve maliyet tahmin yazılımı (Intelligen's SuperPro Designer®) kullanılarak simüle edilmiştir. Daha sonra simülasyon sonuçları kullanılarak her bir membran arıtma senaryosunun ekonomik performansı hesaplanmıştır.

Ref: Vergili, İlda, Yasemin Kaya, Unal Sen, Zeren Beril Gönder, and Coskun Aydiner. 2012. "Techno-Economic Analysis of Textile Dye Bath Wastewater Treatment by Integrated Membrane Processes under the Zero Liquid Discharge Approach." Resources, Conservation and Recycling 58. Elsevier B.V.: 25–35. doi:10.1016/j.resconrec.2011.10.005.

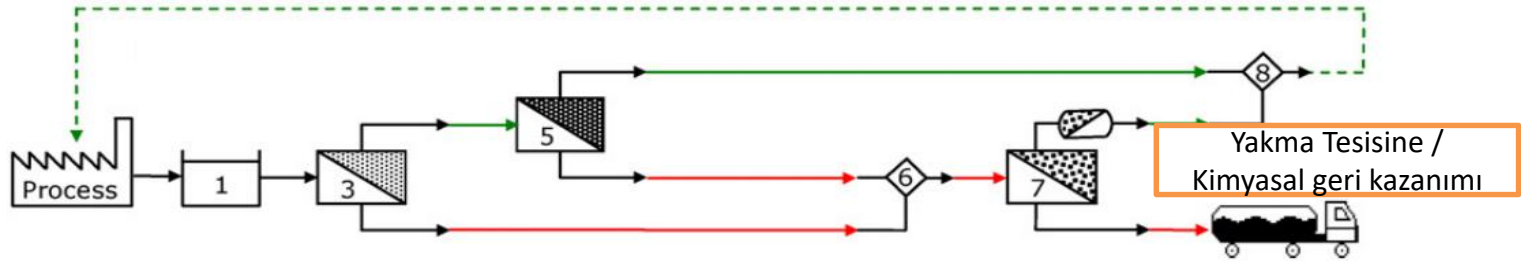




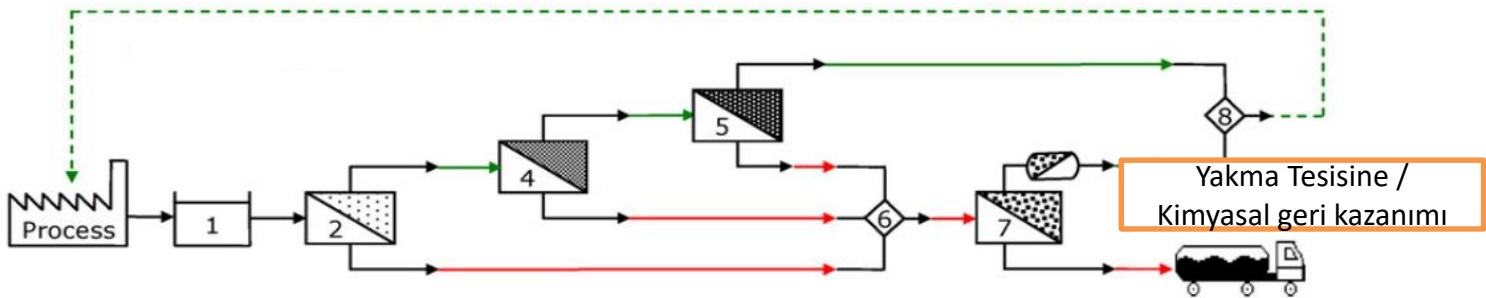
I. Senaryo	2	4	7
	Ultrafiltrasyon	Tight Nanofiltrasyon	Membran Distilasyonu



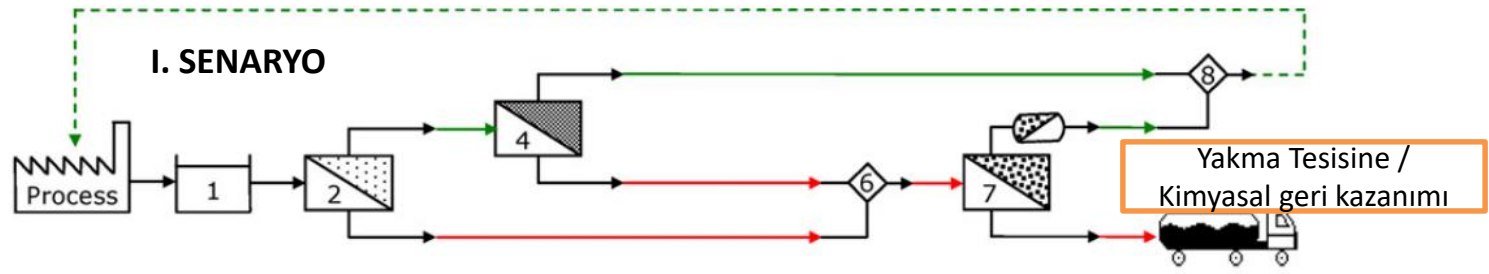
II. Senaryo	3	4	7
	Loose Nanofiltrasyon	Tight Nanofiltrasyon	Membran Distilasyonu



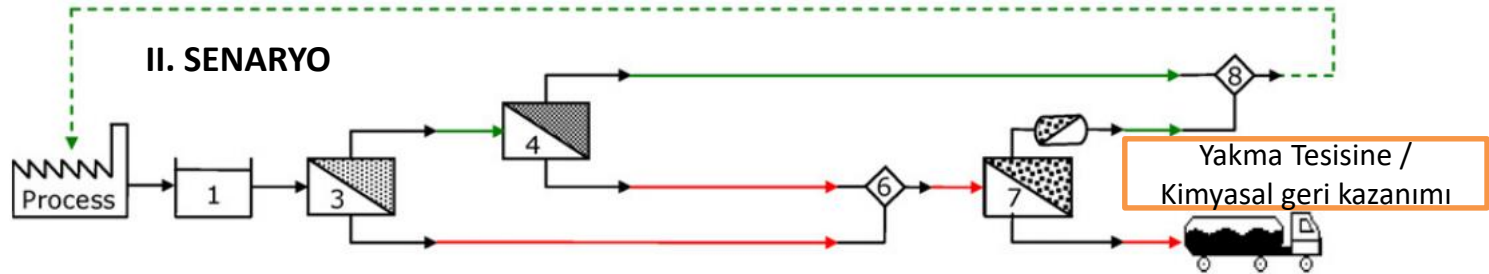
III. Senaryo	3	5	7
	Loose Nanofiltrasyon	Ters Osmoz	Membran Distilasyonu



IV. Senaryo	2	4	5	7
	Ultrafiltrasyon	Tight Nanofiltrasyon	Ters Osmoz	Membran Distilasyonu

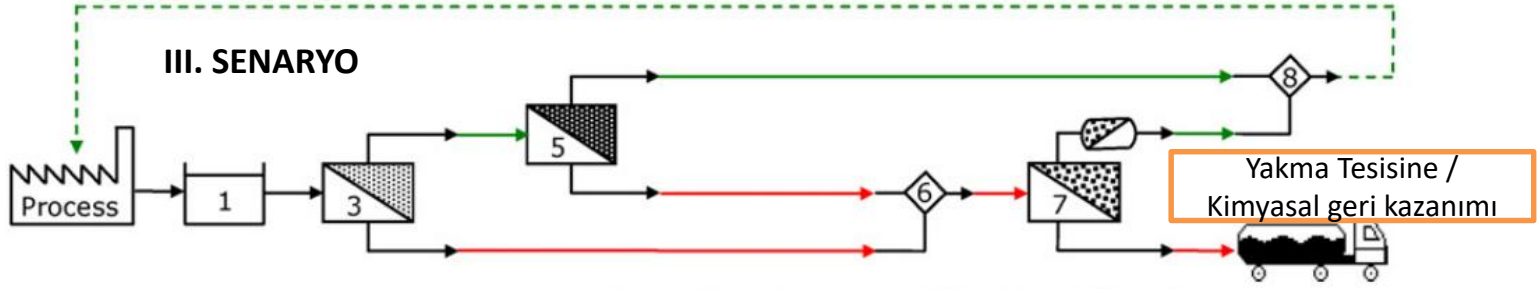


	1	2 p	2c	4p	4c	6c	7p	7c	8
Q (m ³ d ⁻¹):	1027	873	154	742	131	285	247	38	989
Water (m ³ d ⁻¹):	1000	854	146	730	124	271	243	27	973
COD (mg L ⁻¹):	2700	2300	4959	500	12508	8427	8010	11175	2378
Alk (mg L ⁻¹):	18000	10664	59573	5500	39641	50415	0	382356	4162
NaCl (mg L ⁻¹):	18000	18078	17553	17000	39641	20389	0	154632	12811
Dye (mg L ⁻¹):	1210	32	7895	7	211	4365	0	33101	5



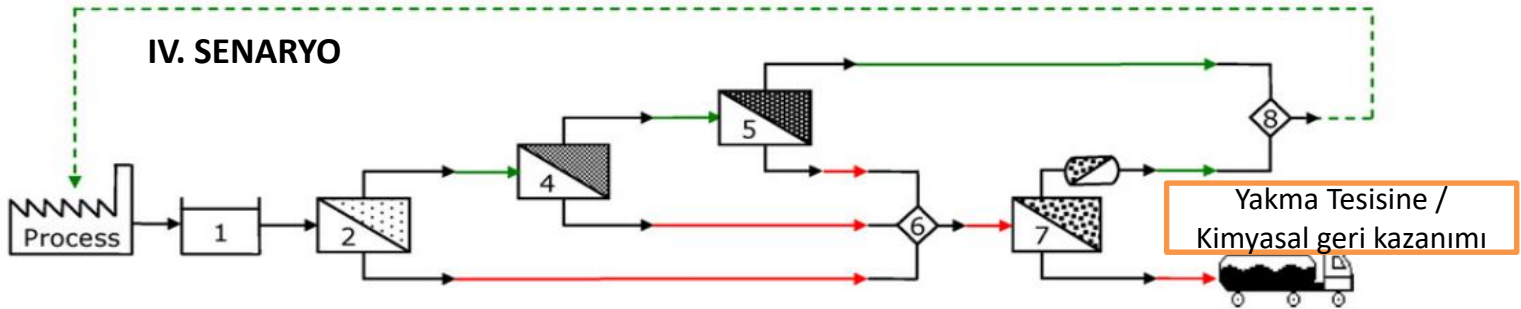
	1	3p	3c	4p	4c	6c	7p	7c	8
Q (m ³ /d):	1027	873	154	742	131	285	247	38	989
Water (m ³ /d):	1000	857	143	730	127	270	243	27	973
COD (mg/L):	2700	950	12617	500	3500	8428	8025	11052	2379
Alk (mg/L):	18000	7205	79142	4184	24324	53972	0	404810	3139
NaCl (mg/L):	18000	18138	17217	16993	24627	20622	0	154672	12749
Dye (mg/L):	1210	16	7984	0	106	4365	0	32738	0

III. SENARYO



	1	3p	3c	5p	5c	6c	7p	7c	8
Q (m ³ /d):	1027	873	154	742	131	285	247	38	989
Water (m ³ /d):	1000	857	143	737	119	263	237	26	974
COD (mg/L):	2700	950	12617	20	6217	9677	9701	9542	2394
Alk (mg/L):	18000	7205	79142	700	44061	63040	0	408233	529
NaCl (mg/L):	18000	18138	17217	2308	107842	58851	0	381133	1742
Dye (mg/L):	1210	16	7984	0	106	4365	0	32738	0

IV. SENARYO

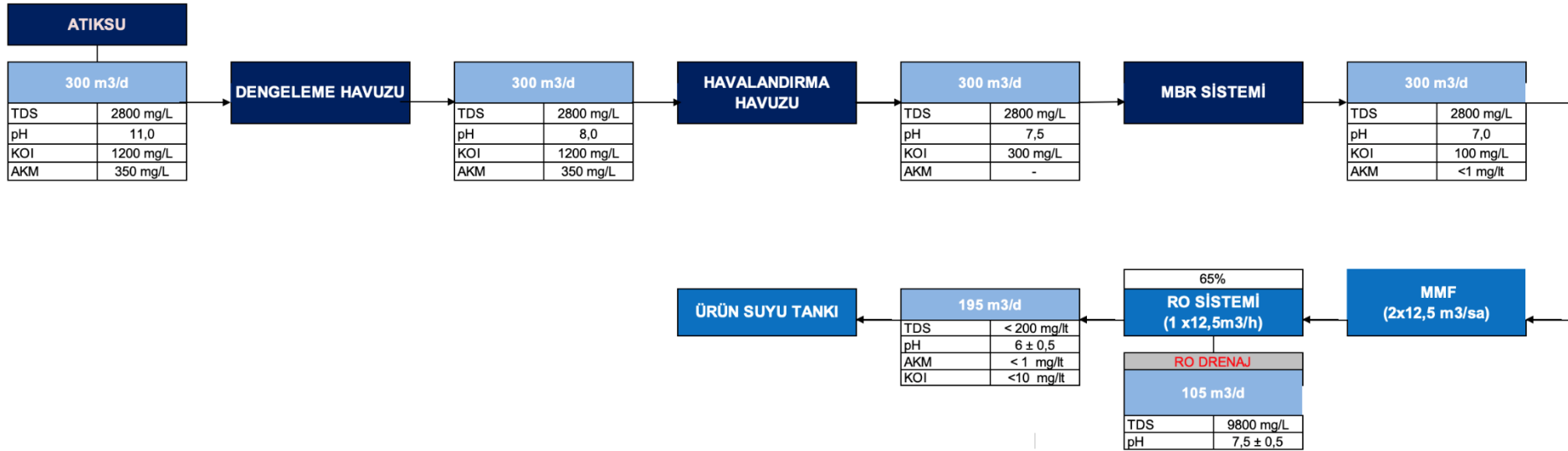


	1	2p	2c	4p	4c	5p	5c	6c	7p	7c	8
Q (m ³ /d):	1027	873	154	742	131	631	111	396	341	55	972
Water (m ³ /d):	1000	854	146	730	124	627	103	373	336	37	963
COD (mg/L):	2700	2300	4959	500	12508	10	3279	6982	6890	2700	2422
Alk (mg/L):	18000	10664	59573	5500	39641	350	35019	46090	0	327932	227
NaCl (mg/L):	18000	18078	17553	17000	39641	1200	107083	44738	0	318316	779
Dye (mg/L):	1210	32	7895	7	211	0	47	3153	0	22703	0

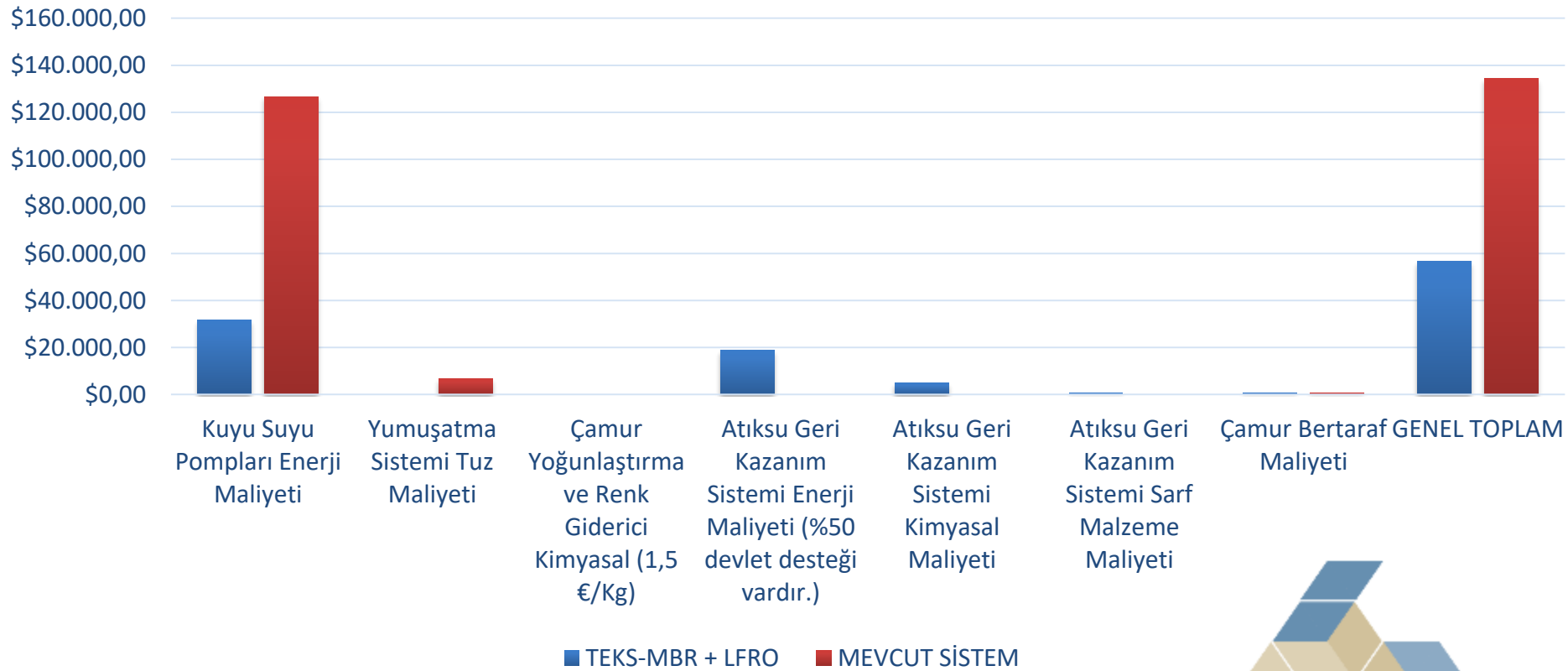
Maliyet	I. Senaryo	II. Senaryo	III. Senaryo	IV. Senaryo
Yatırım Maliyeti (\$/m ³ , giriş suyu)	0,16	0,17	0,31	0,21
İşletme Maliyeti (\$/m ³ , giriş suyu)	1,21	1,21	1,85	1,81
Toplam Arıtma Maliyeti (\$/m ³ , giriş suyu)	1,37	1,38	2,16	2,01
Membran Filtrasyonu (\$/m ³ , giriş suyu)	1,06	1,07	1,85	1,57
Membran Distilasyonu (\$/m ³ , konsantre)	1,13*			
Kâr (\$/m ³ , su)	4,91	4,90	4,43	4,37
Fayda/Maliyet oranı (Birim Fayda \$/Birim Maliyet \$)	3,58	3,55	2,05	2,17
Yatırımın geri dönüş süresi (yıl)	<1	<1	1,51	2,07

*MD Birim yatırım ve işletme maliyeti 90% geri kazanım oranında 0.26 ve 0.87 \$/m³, olarak belirtilmiştir.

AKIŞ DIAGRAMI



İŞLETME MALİYETLERİ KARŞILAŞTIRMA GRAFİĞİ





Su Geri Kazanımı için Sıfır Deşarj (ZLD) Proseslerinin Maliyet Analiz Karşılaştırması



İŞLETME KAYNAKLI TASARRUF HESAPLARI TABLOSU	
1 m3 su için İşletme Maliyeti farkı	\$0,86
Günlük işletme tasarrufu	\$258,53
YILLIK İŞLETME TASARRUFU (300 Gün Üzerinden)	\$77.559,99

İLK YATIRIM MALİYETİ	
EKO SAVE GERİ KAZANIM SİSTEMİ BÜTÇE FİYATI	\$160.000,00

FİNAL TABLO	
YATIRIMIN GERİ DÖNÜŞ SÜRESİ	2,1 Yıl

YILLARA GÖRE MEMBRAN DEĞİŞİMLERİ	İşletme Kaynaklı Tasarruf	Membran Değişim Maliyeti	Kalan Miktar
1. YIL İŞLETME TASARRUFU	\$77.560	\$0	\$77.560
2. YIL İŞLETME TASARRUFU (RO Membran Değişimi)	\$77.560	\$7.500	\$70.060
3. YIL İŞLETME TASARRUFU	\$77.560	\$0	\$77.560
ARA TOPLAM			\$225.180
YATIRIMIN AMORTİ ETME SÜRESİ			
4. YIL İŞLETME TASARRUFU (RO Membran Değişimi)	\$77.560	\$7.500	\$70.060
5. YIL İŞLETME TASARRUFU	\$77.560	\$0	\$77.560
6. YIL İŞLETME TASARRUFU (RO ve MBR Membran Değişimi)	\$77.560	\$35.250	\$42.310
7. YIL İŞLETME TASARRUFU	\$77.560	\$0	\$77.560
8. YIL İŞLETME TASARRUFU (RO Membran Değişimi)	\$77.560	\$7.500	\$70.060
9. YIL İŞLETME TASARRUFU	\$77.560	\$0	\$77.560
10. YIL İŞLETME TASARRUFU (RO Membran Değişimi)	\$77.560	\$7.500	\$70.060
TOPLAM TASARRUF MİKTARI			\$787.910

Dinlediğiniz için Teşekkürler

Prof. Dr. İsmail KOYUNCU

koyuncu@itu.edu.tr

memtek@itu.edu.tr