

SU YÖNETİMİ KAPSAMINDA İÇME SUYU TEMİN VE DAĞITIM SİSTEMLERİNDE SU KAYIP KAÇAKLARININ KONTROLÜ

Orhan BAYKAN



İSKİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ

Güzeltepe Mahallesi Alibey Caddesi No:25 34060

Eyüp/İSTANBUL

Tel: 0212 321 00 00 - 0212 301 20 00

Faks: 0212 321 77 19

www.iski.istanbul

ISBN: 978-605-9507-24-0

YAZARLAR:

Orhan BAYKAN

KAPAK TASARIMI:

İSKİ Basın Yayın ve Halkla İlişkiler Şube Müdürlüğü

Hatice MAZLUM

BASKI:

Yele Ofset Matbaa Kalıpları İthalat İhracat Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi

Matbaa Sertifika No: 32116

©2017 İSKİ

Bu kitabın bütün yayın hakları İSKİ'ye aittir. İSKİ'nin yazılı izni olmaksızın kısmen veya tamamen alıntı yapılamaz, kopya çekilemez, çoğaltılamaz ve yayınlanamaz.



Dünya üzerinde İstanbul kadar su ile bütünleşmiş çok az şehir vardır. Hayatın kaynağı olan su, bizim medeniyetimizin de temel unsurlarındandır. Su azizdir; kıymetlidir... Bu nedenle tüm hizmet alanlarında olduğu gibi bu konuda da büyük bir hassasiyetle çalışıyoruz. İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve İSKİ olarak evlerinize ulaştırdığımız suyun her aşamasına özen gösteriyoruz. Barajlarımızda topladığımız suları içme suyu tesislerine ulaştırıp işledikten sonra musluklarınızdan dünya standartlarının üstünde, içilebilir su sağlamanın ayrıcalıklı gururunu yaşıyoruz.

Hayati öneme sahip olan suyun verimli kullanımı kadar, yönetimi de ülkemiz ve İstanbulumuz açısından son derece hassas bir konudur. Büyük şehirlerde suya erişim ve şebeke işletim maliyetlerinin her geçen gün artıyor olması, tatlı su kaynaklarının sınırlı olduğu ülkemizde mevcut içme suyu şebekelerindeki su kayıp ve kaçaklarının izlenmesini, kontrolünü ve önlenmesini daha önemli bir hale getiriyor. Üstelik konunun ciddi ekonomik boyutları yanında içinde yaşadığımız coğrafyadan kaynaklanan stratejik boyutları da olduğunu unutmamalıyız.

İSKİ tarafından hazırlanan bu değerli çalışmanın, içme suyu temin ve dağıtım sistemlerindeki su kayıplarının kontrolü adına yararlı olacağına inanıyor; sevgi ve saygılarımı sunuyorum.

Mevlüt UYSAL
İstanbul Büyükşehir Belediye Başkanı



İnsanoğlu su kaynaklarını merkeze alarak başlayan medeniyet yolculuğuna bugün teknolojiyi katarak devam ediyor. Neredeyse bir yüzyıl öncesine kadar arklar, kemerler, bentler, sarnıçlar, kuyular, çeşmeler varken bugün uzaktan izlenip müdahale edilebilen akıllı sistemlerle şehirlere su ulaştırılıyor.

Su kaynağı bulma, içilebilir hale getirme, şehre dağıtma, kullanılmış suları toplama, çevreye zarar vermeden uzaklaştırma başlıkları; milyonlarca insanın yaşadığı şehirlerin hayatı meseleleri olarak gündemindeki yerini daima koruyor. Hem bağımsız hem de birbiriyle bağlantılı bütün bu işletme ve yatırımlarla beraber iklim değişikliğinin getirdiği senaryolara karşı gerekli tedbirlerin de alınması gerekiyor.

Biz İSKİ olarak nüfusuyla kalabalık, doğal güzellikleriyle eşsiz İstanbulumuzun su hizmetlerini bugünün ve geleceğin ihtiyaçlarını hesap ederek yürütüyoruz. Su varlığımız yani su kaynaklarımız bizim en büyük hazinemiz. Ülkemizin su zengini olmaması, ardışık kuraklık riskleri bizleri kaynaklarımızın korunması konusunda daha titiz davranmaya sevk ediyor. Ama bizim için suyun korunmasının bu "maddi" gerekçelerinin yanı sıra, kulağıımıza küpe olan "manevi" gerekçeleri de mevcut. Çünkü bizim inanışımıza göre su öyle bir varlıktır ki canlı olan her şey sudan yaratılmıştır. Bize bir bardak su uzatan kişi suya benzesin isteriz, çünkü su azizdir, mübarektir. Irmak kenarında bile olsak israfını hoş görmeyiz. Bütün işi su olan bir kurum olarak, düşünce ve inanış iklimimiz bize bunları tavsiye ettiği için, bir damla suyun korunmasını aynı zamanda "manevi" bir görev kabul ediyoruz.

"Su Yönetimi Kapsamında İçmesuyu Temin ve Dağıtım Sistemlerinde Su Kayıplarının Kontrolü" kitabımızı da, tecrübelerimizi paylaşmak, suyun bir damlasının dahi zayi edilmemesine katkı sağlamak için hazırladık. İdaremizin tecrübesi ülkemiz açısından önem taşıyor, çünkü İSKİ'nin projeleriyle İstanbul, kayıp-kaçakla mücadelede Türkiye'nin en başarılı şehri. İş pratiklerimizi, kayıp-kaçakla ilgili çalışmalarımızı özetleyen bu eser, alanda çalışan teknik personel için önemli bir yazılı kaynak teşkil edecek.

Aynı zamanda "Su Medeniyeti"nde bir iz olan bu kitabın hazırlanmasında emeği geçen arkadaşlarıma teşekkür ediyorum. Kayıp-kaçakla mücadele sahasındaki ilk eserlerden biri olan kitabımızın yeni yatırımlara ilham vermesini temenni ediyor, sevgi ve saygılarımı sunuyorum.

Fatih TURAN
İSKİ Genel Müdürü

ÖNSÖZ

Su yönetimi tatlı suyun havzalarda toplanması, içmesuyu arıtma tesislerinde işlenmesi, isale hatları marifetiyle şehre isalesi, şebeke hatlarıyla dağıtımı, ölçülmesi, on-line takibi, kullanılmış atıksuların toplanması, atıksuların arıtılması, işlenmiş atıksuların deşarjı, nihai ürünlerin bertarafı ve değerlendirilmesi, su enerjisi ve ekonomisinin Varlık Yönetimi kapsamında değerlendirilmesi gibi pek çok konuyu içine alan bir mühendislik metodolojisidir.

Bu kitabın kapsamı içmesuyu kaynaklarından temin edilen suyun tüketicilere ulaştırılmasına kadar geçen süreçte su idarelerinin her aşamaya hakim olmaları için bilinmesi gereken temel noktalar ve uygulama süreçleri hakkında okuyucu bilgilendirmek amacı ile içmesuyu şebekelerinde kullanılan malzemeler, yazılımlar ve basınç yönetimini içermektedir.

Tatlı su kaynaklarının sınırlı olduğu ülkemizde su yönetimi kapsamında içmesuyu şebekelerinde kayıp ve kaçakların düşürülmesi hayati önem arz etmektedir. Konunun çok ciddi ekonomik boyutları olduğu gibi, içinde yaşadığımız coğrafyadan kaynaklanan stratejik boyutları da mevcuttur.

Bu kitabın yazılmasından maksat içmesuyu şebekelerinde kayıp-kaçak uygulamaları hakkında çalışan teknik personellere konu hakkında fikir verebilmek ve bakış açısı sunabilmektir. Kitapta işlenen konuların herbiri, başlı başlıbaşına uzmanlık ve tecrübe gerektirmekte olup, asıl amacımız metodoloji ve yönetme tekniğini irdelemektir. Konuyla ilgili çalışmakta olan kurumların su yönetimi kapsamında kayıp-kaçaklara bakış açısının nasıl olması gerektiği, konunun mühendislik, Varlık Yönetimi, insan sağlığı, milli ekonomi gibi çeşitli boyutlarıyla bir bütün olarak ele alınması gerektiğinin iredelenmesidir.

Ayrıca bu kitapta Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğünün konu ile ilgili kıymetli gayret ve çalışmaları ile oluşturulan “**İçme Suyu Temin ve Dağıtım Sistemlerindeki Su Kayıplarının Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği**”nin teknik olarak değerlendirilmesi ve uygulanabilirliğinin arttırılması için yapılması gereken çalışmalara değinilmiştir.

Kitapta su yönetiminde kullanılan bazı malzemelerin kullanımı ve aranan teknik özellikler tanımlanmıştır. Bir ürün veya teknolojiye yönlendirmekten ziyade okuyucunun kayıp-kaçak çalışmalarının saha tekniğini anlaması ve konular hakkında fikir sahibi olması amaçlanmıştır.

Bu kitabın teknik içeriği, İSKİ Genel Müdürlüğünce tatbik edilen kayıp-kaçak çalışmalarında hazırladığı malzeme raporları, çeşitli eğitimlerde verdiğim seminer notları, imalat ve saha deneyimlerinde kazanmış olduğum bilgi ve birikimlerden oluşmaktadır.

Konuların daha iyi anlaşılması için gerek ilgili firmalardan gerekse saha uygulamalarından resimler ve bilgisayar çizimleri gösterilmiştir.

Ayrıca İSKİ Genel Müdürlüğü tarafından Göktürk-Kemerburgaz bölgesinde İSTKA projesi kapsamında yürütülmüş olan kayıp-kaçak çalışmasına ait veriler ışığında örnek bir DMA çalışmasında kitabımızda yer verilmiştir.

Bu kitabın kendi sahasında nice eserlerin yazılımına öncü olması duasıyla öncelikle, bu eserin basımını sağlayan İstanbul Büyükşehir Belediyesi İSKİ Genel Müdürü Sayın Fatih Turan’a,

kıymetli desteklerini esirgemeyen saygıdeğer amirlerim İSKİ Genel Müdür Yardımcısı Sayın Metin Akbaş, Araştırma Geliştirme ve Planlama Dairesi Başkanı Sayın Bilge Budeyri ile Su Arıtma Dairesi Başkanı Sayın Fatih Yıldız'a şükranlarımı sunarım.

Ayrıca, kitabın hazırlanması sırasında yorum ve görüşleri ile çalışmama önemli katkılar sağlayan Doç. Dr. Mehmet Özger'e, kitabın baskıya hazırlanmasında yardımlarını esirgemeyen İSKİ Basın Yayın ve Halkla İlişkiler Müdürlüğü'ne, kitabın derlenmesindeki desteklerinden dolayı Çevre Yüksek Mühendisi Filiz Daşkiran'a ve Makina Mühendisi Ali Osman Koca'ya teşekkürü bir borç bilirim.

Kıymetli ailem, değerli eşim Hatice Baykan'a ise, göstermiş olduğu anlayış ve derin alaka adına sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Orhan BAYKAN

İstanbul, 2017

GİRİŞ

Su yönetimi kapsamında su dağıtım şebekelerinin işletilmesi hizmeti tüketiciye su kalite standartlarına haiz suyun kesintisiz olarak sunulmasını gerektirir. Bu kitap, su dağıtım şebekelerinde kesintisiz ve kaliteli hizmetin sürekli sağlanabilmesi için gerekli olan kayıp-kaçakların azaltılması çalışmalarında kullanılan temel metodoloji ve kavramları anlamaya yardımcı olmak için yazılmıştır. Her bir bölümde kavramların kayıp-kaçak çalışmalarında kullanımı ve pratik bilgiler verilmiştir.

Kitap, 12 bölümden oluşmaktadır. Kitabın ilk bölümü su yönetiminin temeli olan planlamayı konu almaktadır. Şebeke planlaması için gerekli hususların anlatımı, şebeke planlamasında basınç yönetimi kavramı, basınç yönetimine ilişkin saha argümanları ve tüm bu hususlar göz önüne alınarak yazılımlar marifetiyle DMA bölgelerinin oluşturulması hususları, şebeke ve isale borulaması planlamasına ait dikkat edilecek hususlar ve su darbesi olayından bahsedilmiştir. Su darbesine ait temel kavramlar ve korunma yöntemlerine ilişkin okuyucuya bilgi sunulmuştur. Planlamaya ilişkin konulardan sonra planlanan modelin sahada kalibrasyon edilmesinden bahsedilerek saha uygulamalarına yer verilmiştir.

Akıllı izleme sistemleri bölümünde, su kayıp-kaçak uygulamalarının temel öğeleri olan SCADA ve CBS sistemlerinden bahsedilmiştir. İSKİ Genel Müdürlüğünce kullanılan gelişmiş bir CBS yazılımından örnekler verilerek CBS konusunda okuyucunun fikir sahibi olması hedeflenmiştir. Bu bölümde ayrıca SCADA sistemlerine ilişkin genel bilgi verilerek kayıp-kaçak çalışmalarındaki öneminden bahsedilmiştir.

DMA odaları bölümünde, DMA odalarına ait seçim kriterleri, ekipman seçimi ve temel gereksinimlerden bahsedilmiş, saha uygulamaları bölümünde ise kayıp-kaçakların en fazla gözlemlendiği yer olan boru hatları ve abone bağlantıları hakkında bilgilendirme yapılmıştır.

Malzemeler kısmında ise giriş olarak malzeme seçimine ilişkin temel kriterler açıklanmış, sürdürülebilir kayıp-kaçak çalışmaları açısından malzeme yönetiminin önemine değinilmiştir. Teorik anlatıma müteakip kayıp-kaçak uygulamalarında kullanılan malzemelerin saha uygulamaları örneklerle anlatılarak bu malzemelere ilişkin teknik değerlendirmeler okuyucuya sunulmuştur.

Fiziki kayıp-kaçakların tespiti bölümünde, kayıp-kaçak çalışmalarında kullanılan sızıntı tespit yöntemleri saha uygulamaları ile anlatılarak okuyucunun pratik bilgiye ulaşması amaçlanmıştır. Çeşitli kayıp-kaçak bulma yöntemleri mukayeseli olarak anlatılmıştır.

Entegre su yönetimi bölümünde ise kitabın bu bölüme kadar anlatılan tüm unsurlarının koordineli bir şekilde su yönetiminde tek çatı altında işletme tarafından nasıl kullanılacağı sorusunun cevabı verilmiştir.

Su yönetiminde afet planlaması bölümünde, sürdürülebilir hizmet açısından olağanüstü durumlarda hizmetin aksamaması açısından alınacak tedbirler anlatılmış, afetlere karşı uzun ömürlü malzemelerden örnekler verilerek afet yönetimine ilişkin temel kavramlar açıklanmıştır. Ar-Ge bölümünde ise kayıp-kaçak çalışmalarında Ar-Ge çalışmalarının önemi ve yeni nesil teknolojilerinin su idarelerine kazandırılması için yapılabilecek çalışmalardan bahsedilmiştir.

Kitabın son bölümünde ise kayıp-kaçakların ekonomik yönünden bahsedilerek çeşitli açılardan ülkemizdeki su yönetimi ele alınmıştır. Kitap örnek bir su kayıp-kaçak çalışması anlatılarak tamamlanmıştır.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	2
GİRİŞ	3
İÇİNDEKİLER.....	4
ŞEKİL LİSTESİ.....	7
TABLO LİSTESİ	11
1. BÖLÜM	
ŞEBEKE PLANLAMASI VE İSALE HATLARI.....	12
1.1. Şebeke Planlaması.....	12
1.1.1. Hidrolik Modelleme.....	12
1.1.2. Hidrolik Model Yazılımları	13
1.2. İsale Hatları	14
1.2.1. Cazibeli Ve Terfili Hatlar	14
1.2.2. Su Darbesi	15
2. BÖLÜM	
AKILLI İZLEME SİSTEMLERİ.....	16
2.1. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)	16
2.2. SCADA.....	24
2.3. Akıllı Şebeke Kavramı	25
3. BÖLÜM	
DMA ODALARI.....	28
4. BÖLÜM	
SAHA UYGULAMALARI	32
4.1. Şebeke İmalatları	32
4.1.2. Borulama.....	32
4.1.3. Abone Bağlantıları	33
5. BÖLÜM	
ŞEBEKE KALİBRASYONU	37
6. BÖLÜM	
MALZEME	39
6.1. Malzeme Seçimi	39
6.2. Malzeme Yönetimi	41

6.2.1. Malzeme Ömrü Takibi	41
6.2.2. Malzeme Verimliliği	41
6.2.3. Maliyet Analizi	41
6.2.4. Ürün Geliştirme Faaliyetleri	41
6.2.5. Önleyici Bakım Onarım	42
6.2.6. Doğru Malzeme Seçimi	42
6.2.7. Stok Kontrolü	42
6.2.8. Garanti Süreci Takibi	43
6.3. Malzemelerde Korozyon ve Boya Teknolojisi	44
6.4. Su Yönetimi Kapsamında Kullanılan Malzemelere Genel Bakış	50
6.4.1. Sertifikasyon	51
6.4.2. Su Dağıtım Hatlarında Kullanılan Borular	51
6.4.4. Elastomer Yataklı Sürgülü Vanalar-İzolasyon Vanaları	76
6.4.5. Debimetreler	81
6.4.6. Basınç Kırıcı Vanalar (BKV)	87
6.4.7. Sayaçlar	96
6.4.8. Pislik Tutucular	103
6.4.9. Vantuz	104
6.4.10. Telemetri (GPRS'li) Veri Kaydediciler	106
6.4.11. Datalogger	106
6.4.12. Yangın Hidrantları	107
7. BÖLÜM	
AKTİF SIZINTI KONTROLÜ VE FİZİKİ KAYIP-KAÇAKLAR	109
7.1. Zemin Mikrofonu	115
7.2. Korelatör	116
7.3. Sabit Ses Kaydedici (Permanent Sistem)	117
7.4. Vana Buşakle Bulma- Metal Dedektörü	120
7.5. Frekans Değerlerine Göre Sızıntı Tespiti	121
7.6. Toprakaltı Radar Cihazları	121
7.7. İsale Hatlarında Sızıntı Tespit Uygulamaları	121
8. BÖLÜM	
ENTEGRE SU YÖNETİMİ	124
8.1. İnsan Sağlığı Faktörü	126

8.2. Varlık Yönetimi.....	126
9.BÖLÜM	
SU YÖNETİMİ KAPSAMINDA AFET PLANLAMASI.....	128
10. BÖLÜM	
AR-GE FAALİYETLERİ	135
10.1. Test Merkezleri.....	139
10.2. Milli İmalat Stratejisi.....	139
10.3. Eğitim Planlaması.....	140
10.4. Teknik Dokümantasyon.....	140
11. BÖLÜM	
SU KAYIP-KAÇAKLARININ EKONOMİK YÖNÜ	142
12. BÖLÜM	
SU YÖNETİMİ KAPSAMINDA ÖRNEK BİR KAYIP-KAÇAK ÇALIŞMASI.....	145
KAYNAKÇA	171

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1. CBS programında DMA bölgesine ait bir görüntü	17
Şekil 2. Debimetre besleme bölgesi	18
Şekil 3. Su tüketim değerlerinin CBS ekranından izlenmesi	18
Şekil 4. İSKİ tarafından kullanılmakta olan gelişmiş CBS programına ait işlevler - 1	19
Şekil 5. İSKİ tarafından kullanılmakta olan gelişmiş CBS programına ait işlevler-2	20
Şekil 6. Bölgesel Tüketim Analizleri	21
Şekil 7. Kullanıcı Ekran Görüntüleri-1	22
Şekil 8. Kullanıcı Ekran Görüntüleri-2	23
Şekil 9. DMA Odası.....	28
Şekil 10. Örnek DMA Bölgeleri	30
Şekil 11. DMA Odası Oluşturulması	30
Şekil 12. Kemerburgaz Bölgesi'nde Oluşturulmuş Örnek DMA Odası.....	31
Şekil 13. Çelik Boru Saha Uygulamaları	33
Şekil 14. Arızalı Ana Musluklar	34
Şekil 15.Çeşitli Abone Bağlantıları (AVK, 2016)	34
Şekil 16. Priz Kolye Kullanılmadan Yapılan Ana Musluk Düktil Boru Bağlantıları	35
Şekil 17. Priz Kolye Kullanılarak Yapılan Ana Musluk Düktil Boru Bağlantıları-1	35
Şekil 18. Priz Kolye Kullanılarak Yapılan Ana Musluk Düktil Boru Bağlantıları-2	36
Şekil 19.Tesisat Elemanına Ait ROHS Testi ve Ağır Metal İnceleme Sonuçları	40
Şekil 20. Açık Alanda Hatalı Depolama Sonucu Paslanmış Malzemeler.....	42
Şekil 21. UV Işınlara Maruz Kalan Hatalı Depolanmış PE Borular	43
Şekil 22.Korozyona Uğramış Sürgülü Vanalar.....	44
Şekil 23.Sürgülü Vanalara Uygulanan Epoksi Boyalara İlişkin Bazı Test Methodları	47
Şekil 24.Boyası Tahrip Olmuş, Kullanılmamış Altyapı Malzemeleri	48
Şekil 25.Metal Yataklı Sürgülü Vanada Kullanıma Dayalı Oluşan Tahribat	49
Şekil 26. Çelik Boru Şartnamelerine Göre Çeşitli Tablolar.....	52
Şekil 27. Boru Dış Yüzeyinin Kaplanması	53
Şekil 28. Boru İç Yüzeyinin Kaplanması.....	53
Şekil 29. Melen Çelik Boru İmalatından Bir Görüntü	54
Şekil 30.Düktil Boru	55
Şekil 31.Düktil Font Boru ve Fittings-Şebeke Tesisat Malzemeleri Listesi	56
Şekil 32. FastiteJointPipe(ACIPCO, 2016).....	57
Şekil 33. MechanicalJointPipe(ACIPCO, 2016).....	57
Şekil 34. FastiteJointPipeWithFast -Grip Gasket(ACIPCO, 2016)	57
Şekil 35. Flex-Ring JointPipe(ACIPCO, 2016)	58
Şekil 36. FieldFlex-Ring JointPipe(ACIPCO, 2016).....	58
Şekil 37. MechanicalJointCoupledJointPipe(ACIPCO, 2016)	58
Şekil 38. Flex-Ring Fittings(ACIPCO, 2016).....	59
Şekil 39. Wall Pipe(ACIPCO, 2016)	59
Şekil 40. MechanicalJointFittings(ACIPCO, 2016).....	59
Şekil 41. Lok-Ring Fittings(ACIPCO, 2016).....	59

Şekil 42. Standart Basınç Sınıfları-İç ve Dış Boru Et Kalınlıkları.....	59
Şekil 43.Düktıl BorudaTartar ve Tüberkül Oluşumu.....	60
Şekil 44. Polietilen Borularda Oluşan Hasarlar	63
Şekil 45. Türk-AK Akreditasyonlu PE Test Laboratuvarı (Fırat Plastik, 2016).....	64
Şekil 46.ElektrofüzyonManşon Kaynağı ve Uygulanışı(Fırat Plastik, 2016).....	65
Şekil 47. Alın kaynağı ve uygulanışı(Fırat Plastik, 2016)	66
Şekil 48.DezinsifikasyonKorozyonuna Uğramış Pirinç Malzemeler	67
Şekil 49. Bağlantı Parçasında Tasarımda Et Kalınlığına Dikkat Edilmesi Gereken Kısımlar .	67
Şekil 50.Pirinç Ana Musluğa İlişkin Teknik Şartname Resmi(İSKİ, 2016b)	70
Şekil 51.Pirinç Malzemelere İlişkin Test ve Deneyler.....	71
Şekil 52. Şebekelerde Kullanılan Çeşitli Pirinç Malzemeler-1 (GPD Döküm, 2017)	73
Şekil 53. Şebekelerde Kullanılan Çeşitli Pirinç Malzemeler-2 (Valf Sanayi, 2017)	74
Şekil 54. Şiber Valf Çalışma Prensibi (Valf Sanayi, 2017)	75
Şekil 55. Stop Valf Çalışma Prensibi (Valf Sanayi, 2017)	75
Şekil 56. Hasar Görmüş Pirinç Malzemeler.....	76
Şekil 57.Elastomer Yataklı Sürgülü Vana (AVK, 2016)	77
Şekil 58. Vana Sızdırmazlık Elemanları(AVK, 2016).....	77
Şekil 59. Korozyona Uğramış Metal Yataklı Vanalar	78
Şekil 60. ElastomerSitli ve Metal Sitli Vana Mukayesesi(AVK, 2016)	79
Şekil 61.F4 Sınıfı (PN16) Sürgülü Vana ve F5 Sınıfı (PN16) SürgülüVana.....	81
Şekil 62. DMA Odasına Monte Edilmiş Debimetre	82
Şekil 63. UltrasonikDebimetre (HWM, 2016).....	83
Şekil 64. Kelepçeli Ultrasonik Debimetreler - Clamp on Tip.....	83
Şekil 65.Elektromanyetik Debimetre (ISOIL, 2016)	84
Şekil 66. Vantuz ve Dip Deşarjı Durumunda Debimetre Montajı	85
Şekil 67.Deşarj Hattına Doğru Monte Edilmiş Debimetre	85
Şekil 68. Doğru ve Yanlış Debimetre Montajları	85
Şekil 69. Doğru Debimetre Montajları.....	86
Şekil 70. Yanlış Debimetre Montajları	86
Şekil 71. Debimetrede Dirsek Mesafesi Kontrolü-1	87
Şekil 72. Debimetrede Dirsek Mesafesi Kontrolü-2	87
Şekil 73.Diyafram Aktuatörlü Klape Kapamalı Basınç Kontrol Vanası	88
Şekil 74.Piston Aktuatörlü Klape Kapamalı BasınçKontrol Vanaları	89
Şekil 75.AktüatörDiyaframlı Basınç Regülasyon Vanası Kesiti ve Çalışma Prensibi	90
Şekil 76.Pistonlu Tip Basınç Kırıcılar (Saisanket, 2016).....	91
Şekil 77. Basınç Kontrolörü (HWM, 2016)	92
Şekil 78. Pistonlu Tip Basınç ve Çalışma Prensibi (Saisanket, 2016)	93
Şekil 79. Pistonlu Basınç Kırıcılara Ait Teknik Değerler ve Basınç Eğrileri	94
Şekil 80.Volumetrik Sayacın Çalışma Prensibi	97
Şekil 81. Hız Esaslı Çok Hüzmeli Sayaç Kesit Görünüş	98
Şekil 82. Hız Esaslı Sayaç Demontaj	99
Şekil 83.Sayaç Filtresinde Oluşan Tıkanmalar	99
Şekil 84.Sayaç Göstergesinde Oluşan Nem Problemi	100
Şekil 85.Sayaç Ölçüm İstasyonu.....	102

Şekil 86. Y-Tipi Pislik Tutucu (Duyar Vana, 2016)	103
Şekil 87. Örnek Y-Tipi Pislik Tutucu Montajları	104
Şekil 88. Örnek Vantuz Montajı	105
Şekil 89. Şebekede Kullanılan Vantuz Çeşitleri	105
Şekil 90. Telemetri Veri Kaydediciler	106
Şekil 91. Sahada Yapılan Basınç Ölçümleri	107
Şekil 92. Yerüstü ve Yeraltı Hidrantları.....	107
Şekil 93. Gece Debisi Analizi Verileri.....	110
Şekil 94. Yüksek Frekans Basınç Çalışması Örneği	111
Şekil 95. Hot Tap Uygulaması ile Basınçlı Hatta S-GATE Vana Montajı	111
Şekil 96. Hot Tap Uygulaması - Basınçlı Hattan Branşman Alınması - S Bunkü Vanası.....	113
Şekil 97. Yer Mikrofonu Arazi Uygulamaları	115
Şekil 98. Kemerburgaz-Göktürk Çalışmasında Kullanılan Kollektör Cihazı	116
Şekil 99. Korelatör Cihazının Kullanımı-1	116
Şekil 100. Korelatör Cihazının Kullanımı-2	117
Şekil 101. Korelatör Cihazına Ait Bilgisayar Yazılımı.....	117
Şekil 102. Permalog Ses Kaydedici Sistem	118
Şekil 103. Permalog Sistem Saha Uygulaması-1	118
Şekil 104. Permalog Sistem Saha Uygulaması-2 (El Terminali)	119
Şekil 105. Permalog Sistem Saha Uygulaması-3	119
Şekil 106. Sensörlerden El Terminaline Aktarım Yapılması	120
Şekil 107. Metal Dedektörü Saha Uygulaması	120
Şekil 108. Akıllı Top Uygulaması (PURE, 2016).....	122
Şekil 109. İsale Hatlarında Kaçak Bulma Uygulaması(PURE, 2016)	122
Şekil 110. İsale Hatlarında Kayıp Tespit Cihazları(PURE, 2016).....	123
Şekil 111. Afet Durumunda Yıkılmış Binalar.....	128
Şekil 112. Deprem ve Heyelan Afetlerine Dayanıklı Altyapı Malzemesi- Superflex	129
Şekil 113. Deprem Bağlantı Sistemi(ACIPCO, 2016).....	131
Şekil 114. Vana ve Fittingslerin Yerleşimi, Testi İçin Örnek Bir Test ve Eğitim Platformu	137
Şekil 115. Teleskobik Vana Tiji(AVK, 2016) Buşakle Takımı (Duyar Vana, 2016).....	137
Şekil 116. Hasar Görmüş Ana Musluklar ve Kelepçesiz Ana Musluk Bağlantısı	138
Şekil 117. Basıncı Hatta Abone Bağlantısı Yapılması(AVK, 2016)	138
Şekil 118. Çalışma Kapsamında Oluşturulan DMA Bölgeleri(İSKİ, 2014)	147
Şekil 119. Oluşturulan DMA Bölgeleri ve Saha Bigilerinin Yazılımda Gösterimi	148
Şekil 120. Göktürk Bölgesine Ait Aylık Tüketim Verileri (İSKİ, 2014).....	149
Şekil 121. CBS Yazılımı Üzerinde Sınır Vanaları (İSKİ, 2014)	149
Şekil 122. DMA Odası İnşaatı-Temel Atma	151
Şekil 123. DMA Odası İnşaatı-Oda Gövdesi Beton Dökülmüş Hali	151
Şekil 124. DMA Odası Borulama ve Ekipman Montajı	152
Şekil 125. CBS Yazılımında Görünmeyen Vanaların Tespit Edilmesi	152
Şekil 126. DMA Odasında Basınç Ekipmanları.....	153
Şekil 127. DMA Bölgesinde Bulunan Kritik Basınç Noktası (İSKİ, 2014)	153
Şekil 128. DMA Gece Çizgisi İçin 7 Günlük Basınç Debi Verileri Tablosu (İSKİ, 2014) ...	154
Şekil 129. DMA Bölgesi İçin Gece Debisi Basınç ve Debi Değerleri (İSKİ, 2014)	156

Şekil 130. DMA Bölgelerine ait 2. Sızıntı Referansı Gün Boyu Akış ve Basınç Çizgileri ...	158
Şekil 131. DMA Bölgelerine ait 3. Sızıntı Referansı Gün Boyu Akış ve Basınç Çizgileri ...	159
Şekil 132. 1 ve 2. Gece Ölçümlerindeki Zon Basınçları(İSKİ, 2014)	161
Şekil 133. Arazide Basınç Uygulaması Örnekleri	161
Şekil 134. Arazide Basınç Ölçümleri ve DataloggerMarifetiyle Kaydedilmeleri	162
Şekil 135. Korelasyon Cihazı PC Yazılımı Ekran Görüntüsü(İSKİ, 2014)	163
Şekil 136. Test Edilen Kayıp-Kaçaklar-1	164
Şekil 137. Test Edilen Kayıp-Kaçaklar-2	165
Şekil 138. Tek Sayaç ve Çoklu Sayaç Montajları	167
Şekil 139. Örnek Abone Bağlantısı-1	168
Şekil 140. Örnek Abone Bağlantısı-2	169
Şekil 141. Şebeke Sistemi	170

TABLO LİSTESİ

Tablo 1. Hidrolik Pürüzlülük Katsayısı.....	37
Tablo 2. Çelik Boruların Standartlardaki Gösterimleri (TSE EN 10025-2, 2006)	53
Tablo 3. Malzeme Özellikleri (Fırat Plastik, 2016)	61
Tablo 4. Polietilen Hammadelerine Göre Boruların Tasarım Ölçüleri ve Basınç Sınıfları	62
Tablo 5. İSKİ Şartnamelerinde Pirinç Dişli Bağlantılarına İlişkin Bazı Ölçü ve Standartlar ..	69
Tablo 6. CW617 N Pirinç Alaşımları Özellikleri (İSKİ, 2017)	71
Tablo 7. CW602 N Pirinç Alaşımları Özellikleri (İSKİ, 2017)	72
Tablo 8. Örnek Debimetre Özellik Tablosu	82
Tablo 9. Pistonlu Basınç Kırıcıya Ait Açma ve Kapama Debileri, İşletme Basınç Aralığı.....	95
Tablo 10. Hidrant Tip Gösterimi (TS EN 14384, 2007) Çizelge-6.....	108
Tablo 11. Hidrantlar İçin Boy Tipleri (TS EN 14384, 2007).....	108
Tablo 12. Döndürme Moment Değerleri (TS EN 14384, 2007)	108
Tablo 13. IWA Metodolojisi (IWA, 2000)	114
Tablo 14. .Göktürk Bölgesine İlişkin Saha Bilgileri(İSKİ, 2014)	146
Tablo 15. DMA Bölgesine İlişkin Saha Varlığı Bilgileri (İSKİ, 2014)	150
Tablo 16. DMA İlk Sızıntı Çizgisi Su Dengesi (İSKİ, 2014)	155
Tablo 17. DMA İçin Ortalama Gece Tüketimi Hesabı Tablosu (İSKİ, 2014).....	156
Tablo 18. DMA İlk Gece Debisi Analiz Sonuçları (İSKİ, 2014).....	157
Tablo 19. DMA Bölgesine ait 2. Sızıntı Referansı Su Dengesi Tablosu (İSKİ, 2014).....	158
Tablo 20. DMA Gece Debisi Analiz Sonuçları(İSKİ, 2014)	159
Tablo 21. DMA 3. Sızıntı Referansı Gece Debisi Analiz Sonuçları (İSKİ, 2014)	160
Tablo 22. DMA Bölgesine İlişkin ILI Değerleri (İSKİ, 2014)	166

1. BÖLÜM

ŞEBEKE PLANLAMASI VE İSALE HATLARI

1.1. Şebeke Planlaması

1.1.1. Hidrolik Modelleme

Su yönetimi kapsamında içmesuyu şebeke hatlarının kayıp-kaçak oranı en düşük seviyede işletilecek şekilde imal edilebilmesinin temeli, sağlıklı yapılandırılmış şebeke modellendirilmesinden geçer.

Şebeke modellemesi; debi ihtiyacı ile basınç gereksinimleri üzerine oluşturulmuş su kaynakları ve dağıtım şebekeleri bilgilerinden (tasarım debisi, malzeme cinsi, malzeme yaşı, basınç sınıfı, çap, et kalınlığı, sahadaki varlıklar) yola çıkılarak oluşturulur.

Bir şebekenin hidrolik modellemesinin sağlıklı yapılabilmesi için;

- Sahadaki tüm bilgileri ihtiva eden iyi yapılandırılmış bir CBS yazılımı
- CBS modeline entegre edilmiş bir hidrolik modelleme programı
- CBS ve hidrolik modelleme programını iyi okuyabilen ve uygulayabilen teknik personel ile
- Düzgün saha kalibrasyonu uygulaması gereklidir.

1.1.1.1. Basınç Yönetimi

Basınçla sızıntı arasındaki ilişki, basıncın kareköküyle değil daha çok genişleyen üslü kuvvetiyle bağlantılıdır. Dolayısı ile şebekede basınç ne kadar fazla ise kayıp oranı o kadar fazla olacaktır.

Hidrolik modelin oluşturulmasında 2 temel unsur mevcuttur;

1. İhtiyaç debileri: Şebeke modellemesi yapılmadan önce bölgenin nüfus analizi, tüketici profili (sanayi, evsel, hastane vs.), tatil bölgelerindeki yaz-kış ihtiyacı farkı, yangın hidrantlarının durumu ve gece-gündüz debi karakteristiklerinin durumunun göz önüne alınması gerekmektedir.

2. Çalışma basıncı değerleri: Basınç çalışmasının temelinde basınca dayalı kayıp oranının düşürülmesi yatmaktadır. Basınç çalışmasının sağlıklı temellere oturabilmesi açısından şebekede öncelikli olarak topografya göz önüne alınarak şebeke besleme alanlarının benzer karakteristik gösteren bölgelere ayrılmış olması gerekmektedir (kat ayrımları).

Şebeke modellemesi yapılırken, modellenecek şebekenin kritik noktalardaki kullanıcıların basınç ihtiyacını karşılayabilecek şekilde, mümkün olan en düşük basınçta işletilmesi öngörülmelidir. Bu öngörü yapılırken şebeke hatlarındaki su hızının 1m/sn'nin altına düşmemesi, su kalitesinin korunması açısından önemlidir.

Şebekelerde basınç yönetimi açısından 3 çeşit kontrol uygulanmaktadır:

i. Pompa marifetiyle basınç kontrolü

Pompa kontrolü ile şebeke basıncı ayarlama sık kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin başarılı olabilmesi için, devri düşürülmüş pompanın çalışma basıncı, depoların çalışma seviyelerindeki su ihtiyacını sağlamalıdır. Depoda minimum ve maksimum su seviyeleri için pompa ile depo su seviyesi arasında işletme değeri belirlenmelidir.

Terfi merkezleri ile ilgili önemli bir husus da, pompaların çalışma noktalarındaki verimleridir. Şebeke plancısı, yükselecek enerji maliyetlerini dikkate almalı, konventörlü çalıştırılacak pompaların frekans, güç ve verimlerini göz önüne alarak modeli tasarlamalıdır.

Ayrıca pompaların çalışma eğrileri dinamik bir şekilde hem model yazılımından hem de SCADA'dan izlenerek gerektiğinde pompalara müdahale edilmelidir.

ii. Sınır valfleri marifetiyle basınç kontrolü

Vanaların yarı açık, kapalı veya oransal kontrolü ile basınç kontrolü tavsiye edilmemekle birlikte şebekelerde kullanılan bir yöntemdir. Belirli oranda açık vananın, boru içi su hidrolik yüküne maruz kalması mil yataklamasına zarar vermekte, su içindeki partiküllerin vana sitleri üzerindeki aşındırıcı etkisini artırmaktadır.

iii. Basınç kırıcılar marifetiyle basınç kontrolü

Basınç kırıcılar, şebekedeki basıncın istenilen çıkış basıncına statik veya dinamik yöntemlerle düşürülmesini sağlayan valflerdir. Basınç kontrolörleri marifetiyle değişen debi ihtiyaçlarına göre dinamik olarak çalışmaları sağlanabilir. Basınç düşürücülerle ilgili teknik bilgilerden kitabın sonraki bölümlerinde bahsedilecektir.

Şebeke modellemesini yapacak teknik personel, öngörülebilecek pompa marifeti ile basınç düşürme veya basınç kırıcı marifeti ile basınç düşürme durumlarını göz önüne alarak seçimini yapmalı, şebekede basınç kırıcı yerlerini tespit ettikten sonra, buna göre şebeke modelini oluşturmalıdır.

Herhangi bir bölgede hidrolik modelleme analizi yapabilmek için o bölgenin arazi ölçüm kotları, dağıtım beslemelerinin hangi bölümlerinin cazibe veya terfi ile yapıldığı, bölgeyi besleyen depolar varsa bu depoların besleme yüzdeleri, şebekenin mevcut çalışma basınçları, kritik hatlar (bölgedeki en yüksek kotlu yerleşim veya en yüksek basınç kayıplı nokta veya kritik öneme sahip tesis), tüketicilere ait sanayi ve evsel kullanıcı profilleri, yangın debisi açısından bölgenin analizi, terfi istasyonlarındaki pompalara ait bilgiler, depo seviye bilgilerinin (giriş, çıkış, taşkan kotları ve hacim) ve konumlarının belirlenmesi ve şebeke bölgesindeki malzeme ve varlıkların doğru olarak çıkarılmış envanterlerinin bulunması gerekmektedir.

Hidrolik modellemeler, şebekeler alt bölgelere (DMA) ayrılarak yapılır.

Hidrolik Modeller dinamik olarak işletilmelidir. Sahadaki malzeme ve işletim enstrümanlarında (terfi istasyonu yenilemeleri, boru hatlarındaki değişiklikler, afet durumları ve yeni yerleşimlere bağlı oluşabilecek farklı yangın senaryoları için) değişimlere göre dinamik olarak yenilenmelidir. Modellemenin sahadaki değişikliklere göre güncellenmemesi bazı abonelere istenilen suyun verilememesi, yangın debisinin temin edilememesi, kayıp-kaçak miktarının yükselmesi gibi sebeplere yol açar.

Bu gibi sorunlarla karşılaşılmasında için idarelerde hidrolik modellemelerin sayısal arşivi ve güncellemelerinden sorumlu birimler oluşturulması gerekmektedir.

1.1.2. Hidrolik Model Yazılımları

Hidrolik modelleme yazılımları, su yönetim personeli tarafından tespit edilen tüketici profili ihtiyaç debilerinin, sahadaki boru, vana, depo ve diğer varlıklara ait bilgilerin, yangın hidrantı bilgilerinin ve zamana bağlı değişen tüketimlerin (yaz-kış, gece-gündüz) belirli senaryolar halinde sisteme yüklenilmesi sonucu sistemin çalışma verilerini hidrolik açıdan analiz eden bilgisayar simülasyonlarıdır.

Hidrolik model yazılımları ile;

- Zamana bağılı su kullanımı, depo su seviyeleri, pompa ve basınç kırıcı durumlarının simülasyonu ve çalışma şartlarına göre bilgilerinin alınması,
- Kritik hat analizi,
- Hâlihazırdaki şebekenin talep durumlarına göre hız, basınç analizleri,
- Su kalitesi ve zamana bağılı konsantrasyon analizleri,
- Modellenen ve araziden gelen verilerin karşılaştırılması,
- Düzeltmeler yaparak modelin kalibrasyonunun sağlanması,
- Fiziki kaçak miktarının tespiti,
- Yangın debilerinin analizleri yapılabilmektedir.

Hidrolik Modelleme konusunda hâlihazırda EPANET, WaterGEMS, Innovyze, Synergi, DHI, Esri gibi yazılımlar kullanılmaktadır.

Ayrıca özellikle isale hatlarında karşılaşılan su darbesi probleminin çözümünde *Parmakyan Abakları*, *Dahlhous Metodu* ve *Karekeristikler Metodu* gibi matematiksel modellemeler ile çözümleme yapılarak süpresyon ve depresyon miktarlarına göre hava kazanı, darbe vanası, denge bacası gibi çözüm yolları kullanılmaktadır. Bu konuda da karakteristikler Metodunu kullanarak çözüm yollarını analiz eden *Hammer Programı* piyasada kullanılmaktadır.

1.2. İsale Hatları

1.2.1. Cazibeli Ve Terfili Hatlar

Su dağıtım şebekeleri genellikle yerleşim yerlerinin 20, 30, 35 yıllık debi profilleri göz önüne alınarak projelendirilirler.

Arıtma tesislerinin çıkışlarındaki depolardan itibaren dağıtım yerlerinin kotları göz önüne alınarak, su akışının kendi enerjisi ile akması durumunda cazibeli akış, pompa istasyonu ile akışın ulaştırılması halinde terfili akış söz konusudur.

İsale hatlarında projelendirme ve tasarım aşamasında aşağıdaki hususlar göz önüne alınır:

- Hattın debi ve hıza göre boyutlandırılması,
- Hattaki ekipmanların (vanalar, vantuzlar, tahliye yapıları, basınç regülasyon vanaları, su darbesi önleme ekipmanları vb.) belirlenmesi,
- Hattaki sürekli ve yersel yük kayıpların hesaplanması,
- İsale hattında gerekli noktaların mesnetlerle desteklenmesi ve mukavemet hesapları (dış yükler ve tespit kitleleri),
- İsale hattında hava cepleri ve vakum oluşması durumlarına karşı hatta uygun noktalara vantuz konulması,
- Uzun ve kot farkı değişimleri yüksek isale hatlarında denge bacalarının değerlendirilmesi,
- İsale hattının gerektiğinde boşaltılması amacıyla dip tahliyelerinin belirlenmesi,
- Gerekli yerlere su deposu tasarımı,
- Terfi hatlarında pompa hesapları ve boyutlandırılması,
- İsale hatlarından açık kanal akışlarına geçilecek yerlerde türbinli basınç kırıcı, enerji kırıcı gibi alternatiflerin değerlendirilmesi,
- İsale hattında kullanılacak boru malzemesi ve ekipmanların uygun seçimi.

Boru hattı boyutlandırmasında hız ve debi göz önüne alınarak boru çapı hesaplanır. Daha sonra et kalınlığı tahkiki yapılır. İsale hatlarında seçilen boru çapları ile beraber et kalınlığı boru maliyetini

etkileyen en önemli unsurlardır. Dolayısı ile boru çapı ve su hızının optimum seçilmesi gerekmektedir. Boru çapının büyük seçilmesi, enerji ve ilk yatırım maliyetlerini arttıracaktır.

1.2.2. Su Darbesi

Pompa sistemlerinde ani elektrik kesintileri, büyük çaplı vanalarda açma/kapama işlemleri ve pompaya yol verme sırasında su darbesi meydana gelebilmektedir. Su darbesi boru hattı ve pompalar için ciddi tehdit oluşturmaktadır.

Su darbesi (su koçu) sebebi ile yüksek basınç (süpresyon) ve düşük basınç (depresyon) etkileri meydana gelerek boru hattına zarar verebilir. Süpresyon, boru hattı ve fittingslerde yüksek basınç etkisiyle zarar verirken; depresyonda ise literatürde kolon çarpışması denilen basınç dalgalanması etkisi ile boru çökmesi zararını oluşturmaktadır.

Kısa süre içerisinde büyük momentum değişimlerinin olması büyük kuvvetlerin doğmasına neden olmakta, hat boyunca ses hızı ile hareket eden basınç dalgaları sönümleninceye kadar hatta darbe etkisi oluşturmaktadırlar.

İsale hatlarında yüksek basınç dalgalanmalı söz konusu iken, şebeke hatlarında tekrarlayan milisaniyeler seviyesinde orta basınç dalgalanmaları söz konusu olabilmektedir. Hattın uzunluğu, kot farkı, boru malzemesi ve et kalınlığı su darbesi etkisinde belirleyici rol oynamaktadır.

Özellikle şebekelerdeki abone bağlantıları, tekrarlayan su koçu darbeleri etkisiyle zarar görebilir. Flanşlı ve kaynaklı bağlantılar, dişli bağlantılara göre nispeten daha dayanıklıdır. Yüksek topoğrafik kotlardaki yangın hidrantlarından çekilen suyun aniden kesilmesi, terfi merkezlerindeki enerji kesintileri gibi etkenler, şebekelerdeki abone bağlantıları üzerinde olumsuz etkiler bırakmaktadır.

Su hatlarında su darbesine karşı aşağıdaki tedbirlere başvurulmaktadır:

- Hava kazanı kullanımı; depresyon ve süpresyon durumlarına karşı pompa çıkışına konularak pompanın basınç etkilerine karşı korunmasını sağlar. Hava kazanı seçimlerinde basıncın ve zamana bağlı değişimlerin iyi hesaplanarak vana kapanma sürelerinin en doğru şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Günümüzde *Karakteristikler Metoduna* dayalı olarak yapılan çözümlemeler yaygın olarak hesaplamalarda kullanılmaktadırlar.
- Tek yönlü besleme tankı denge bacaları; hatların pik noktalarına konarak depresyon etkilerini gidermektedir. Hattı tek yönlü besleme prensibiyle çalışmaktadır.
- Pompa hatlarda çek valf kullanılması; su darbesine karşı hattı ve pompayı koruma amacıyla çek valf kullanılmaktadır. Çek valfler ani kapanma sebebi ile ters ivme oluşturmakta ve bu durum pompaya zarar vermektedir. Ters ivmeye karşı vananın dinamik karakteristiğinin bilinmesi ve hesaplanan darbe büyüklüğü doğrultusunda seçilmesi önem arz etmektedir.
- Denge bacası; boru hatlarında depresyon ve süpresyon basınçlarına tedbir olarak kullanılmaktadır.
- Pompa sistemlerinde yaygın olarak hava kazanı çözümü kullanılmakta olup Melen Hattı gibi uzun hatlarda, hattın yüksek kot farkı değişimlerinin bulunduğu noktalarında su depoları ve denge bacası tedbirleri de devreye girmektedir.

2. BÖLÜM

AKILLI İZLEME SİSTEMLERİ

2.1. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)

CBS sistemi GPS koordinatlarına dayalı saha verilerinin bilgisayar yazılımına girilmesine dayanan toplama, hafızaya alma ve istenilen sonuçların analiz edilerek işlenmesini sağlayan akıllı haritalama sistemidir. CBS sistemleri, web ve mobil uygulamalar ile entegre su yönetimine geçişte ciddi katkılar sunmaktadır.

Gelişmiş CBS yazılımları CAD+GIS ortamını beraber barındırarak saha verilerini sürekli güncelleme imkanı sağlamaktadır.

Örnek bir CBS uygulaması olarak İSKİ Genel Müdürlüğü tarafından kullanılan gelişmiş CBS yazılımı ile;

- Havza sorgulama
- Abone bilgileri sorgulama
- Bina sorgulama – Emlak bilgileri
- İçmesuyu hatları görüntüleme
- Yağmursuyu hatları görüntüleme
- Atıksu hatları görüntüleme
- Dere bilgileri
- DMA bölgeleri görüntüleme
- Vana görüntüleme
- İş sonu hazırlama araçları
- Saha enstrüman (donatı) bilgileri (debimetre vb.)
- Depo ve rezervuar bilgileri
- Arıza bakım-onarım takibi
- İçmesuyu numune takibi ve laboratuvar verileri takibi
- Su tüketimlerinin takibi ve kayıp-kaçak oranı izlenilmesi
- Deniz kirliliği sorgulanması
- Sondaj sorgulanması
- SCADA takip enstrümanları ile entegre şekilde saha verilerinin görüntülenmesi gibi faaliyetler etkin bir şekilde yapılmaktadır.

İmalat aşamasından itibaren verinin giriş ve onay süreçlerinin sistem üzerinden yapılmasına ait uygulama geliştirmek, hidrolik modelleme-SCADA-CBS entegrasyonuna ait çalışmalar yaparak şebeke izleme, analiz ve iş emri faaliyetlerinin sistem üzerinde yapılabilmesine ait altyapıyı hazırlamak ve uygulama projelerinin sisteme giriş çalışmalarını yapma faaliyetleri üzerinden CBS yazılımının entegre su yönetiminin önemli bir parçası olması gerçekleştirilebilir.

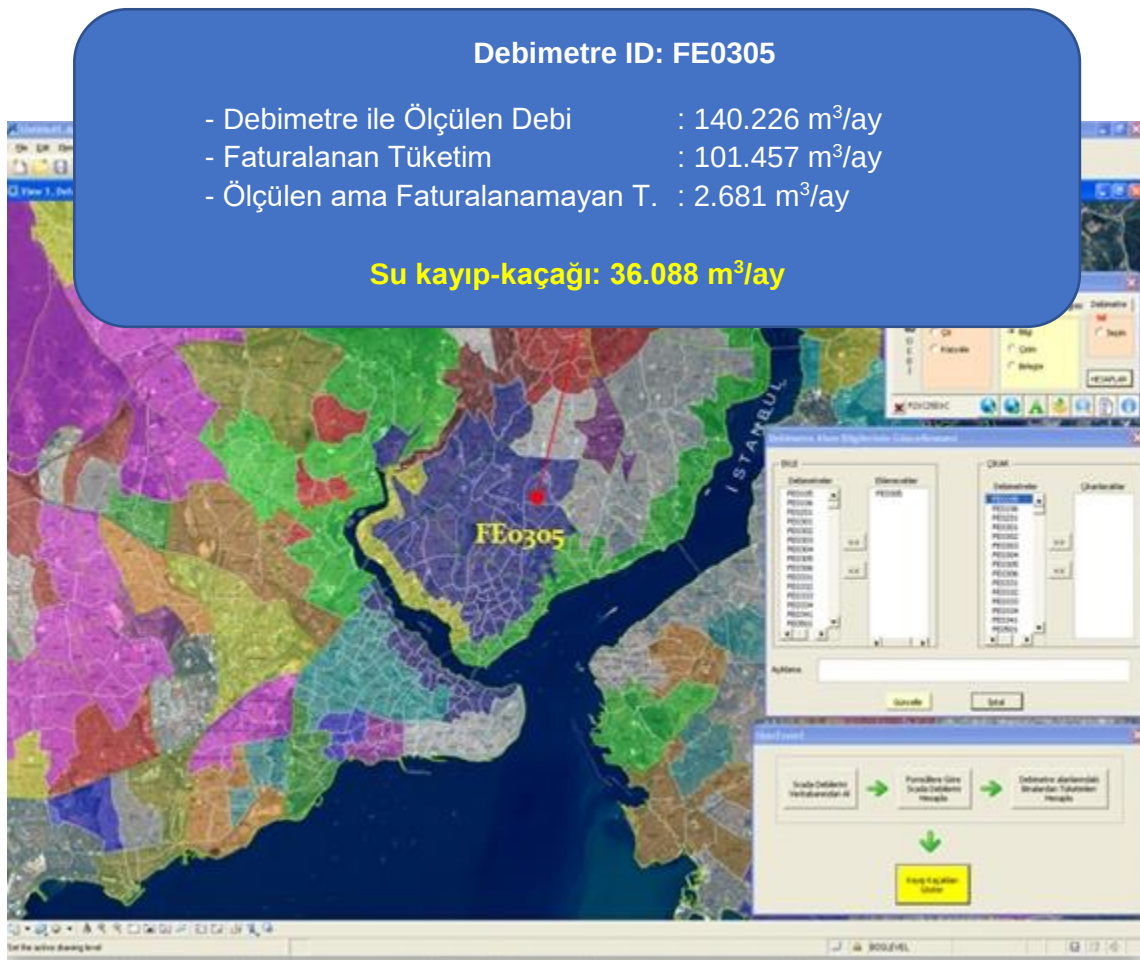
Su Yönetimi Açısından Örnek Bir CBS Uygulaması

Su Kayıp Ve Kaçaklarının Takibi ve Kontrolü Projesi

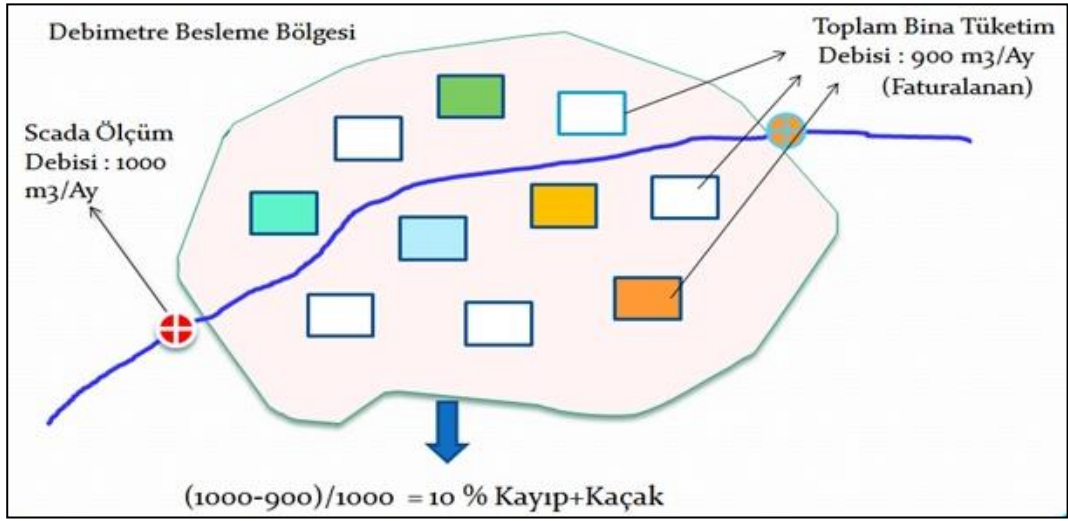
İSKİ Genel Müdürlüğü Su Kayıp-Kaçak Çalışmaları Entegre Su Yönetimi kapsamında CBS uygulamasını gelişmiş parametrelerle kullanmaktadır. Bu kapsamda;

- Debimetre bilgilerinin SCADA'dan liste halinde alınarak GIS ortamına işlenmesi,
- GIS ortamında debimetre besleme bölgelerinin belirlenerek çizilmesi, sınırlarının oluşturulması, kodlanması,
- Debimetre sonuçlarının SCADA'dan temin edilerek sisteme on-line işlenmesi,
- Debimetre bölgelerindeki tüketicilerin bina bazında tüketimlerinin otomatik hesaplanması,
- SCADA verileri baz alınarak faturalanan, faturalanamayan ve ölçülen debilerin sistemden on-line alınabilmesi,
- DMA bölgelerine ilişkin bilgi ve çıktılar gelişmiş CBS yazılımı ile elde edilebilmektedir.

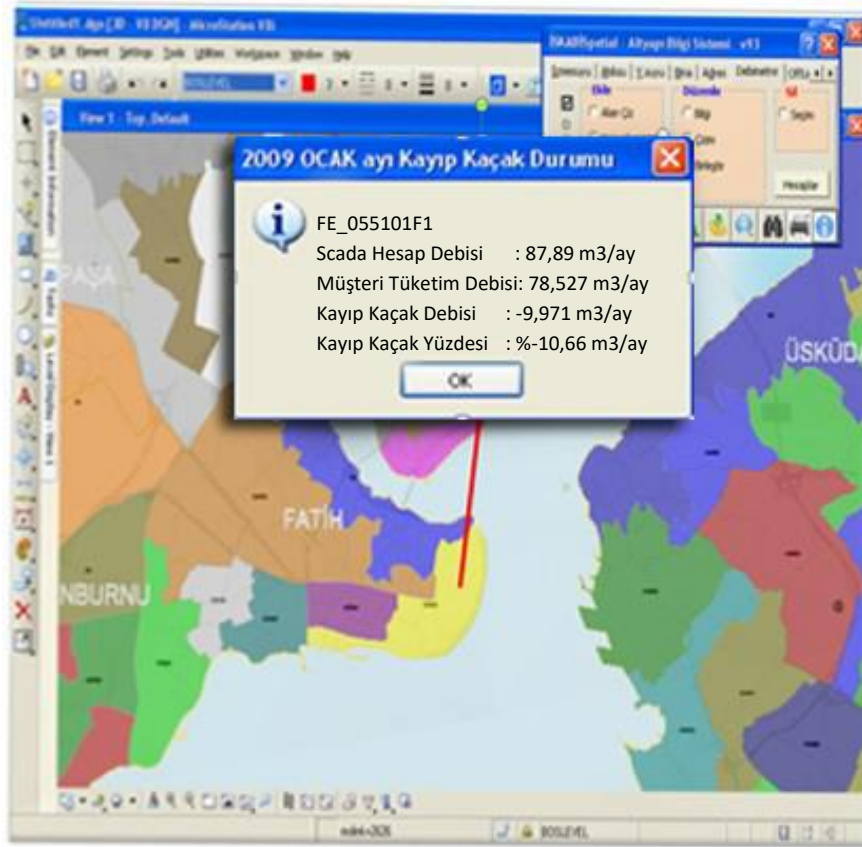
CBS sistemi, SCADA ile entegre çalışarak bölgelere giren suyun debimetre ölçüm değerlerinden faturalandırılan ve izinli kullanım miktarları düşürülerek o bölgedeki kayıp-kaçak miktarları tespit edilmektedir.



Şekil 1. CBS programında DMA bölgesine ait bir görüntü

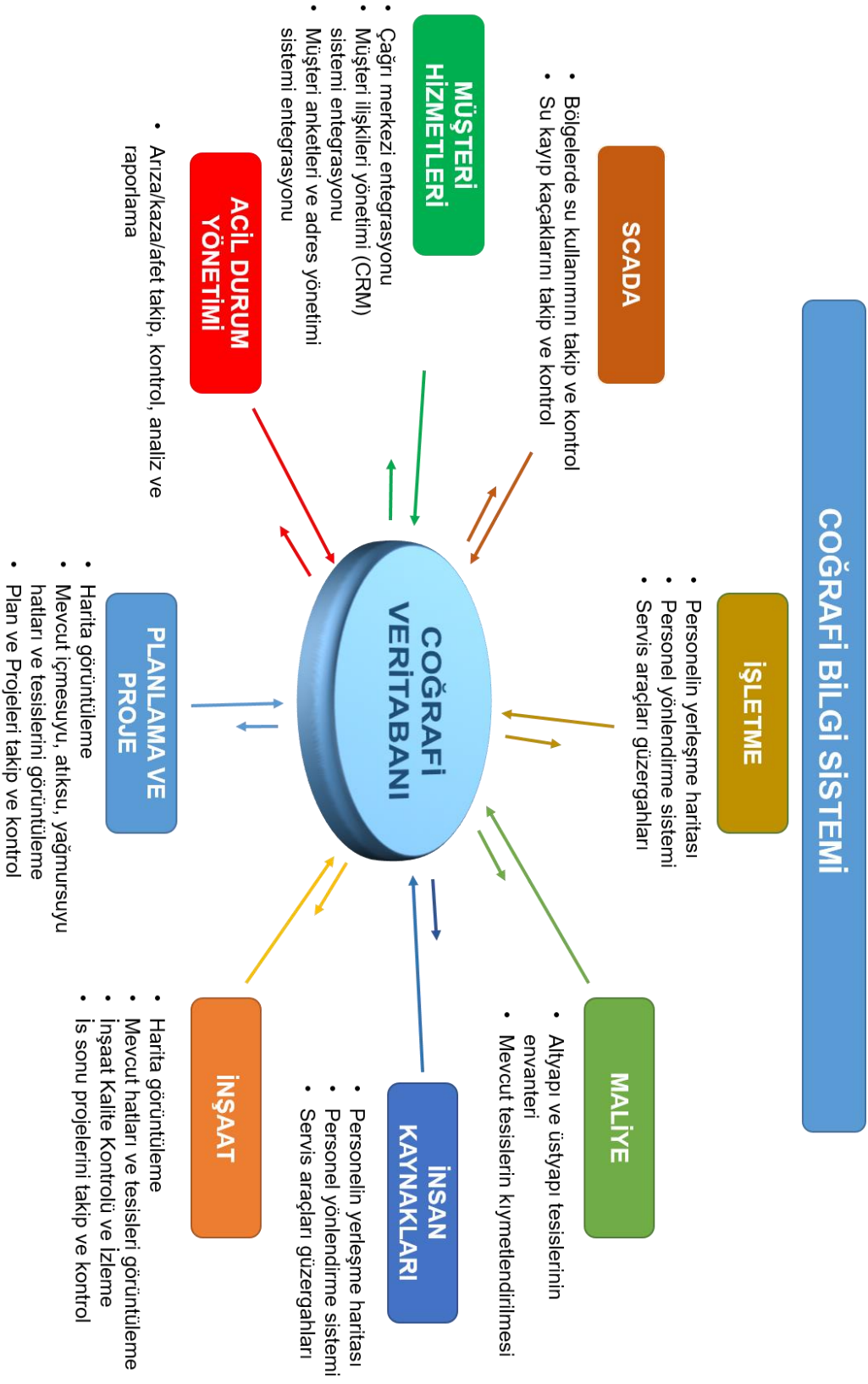


Şekil 2. Debimetre besleme bölgesi

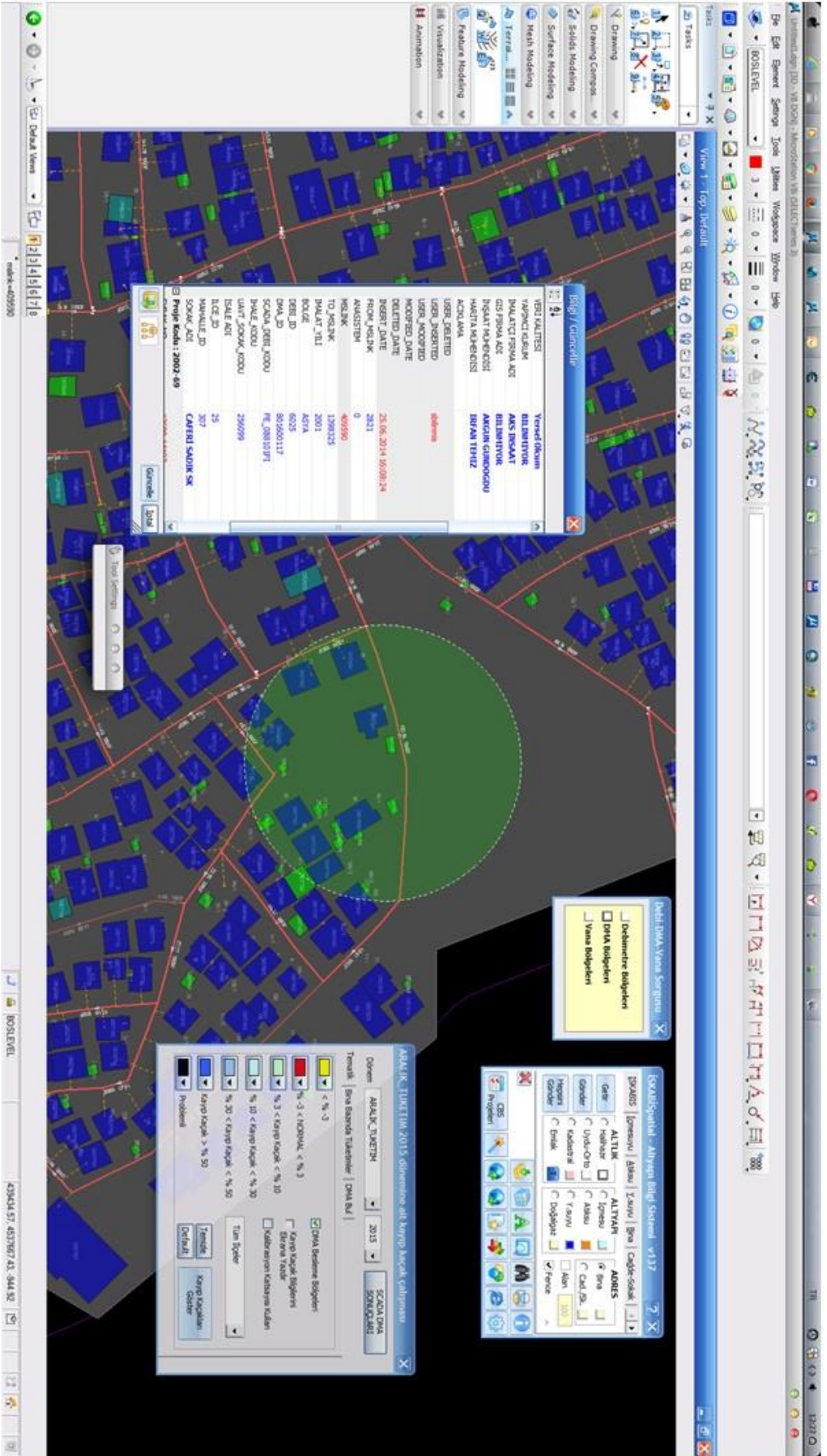


Şekil 3. Su tüketim değerlerinin CBS ekranından izlenmesi

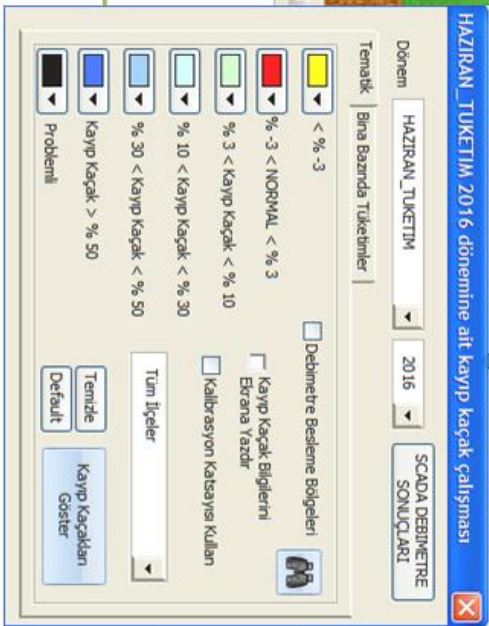
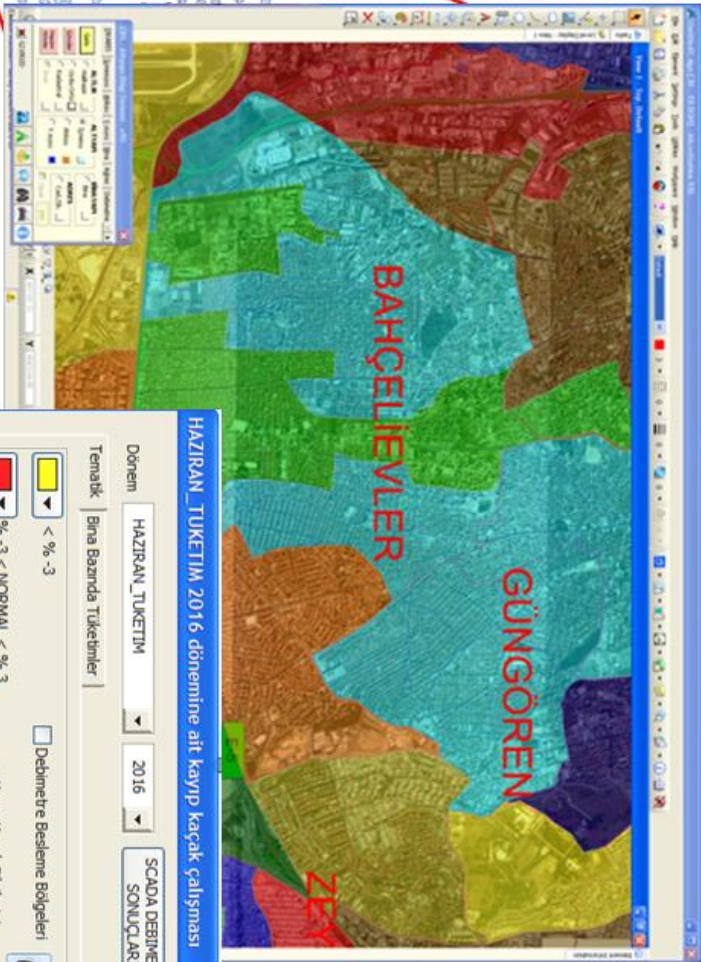
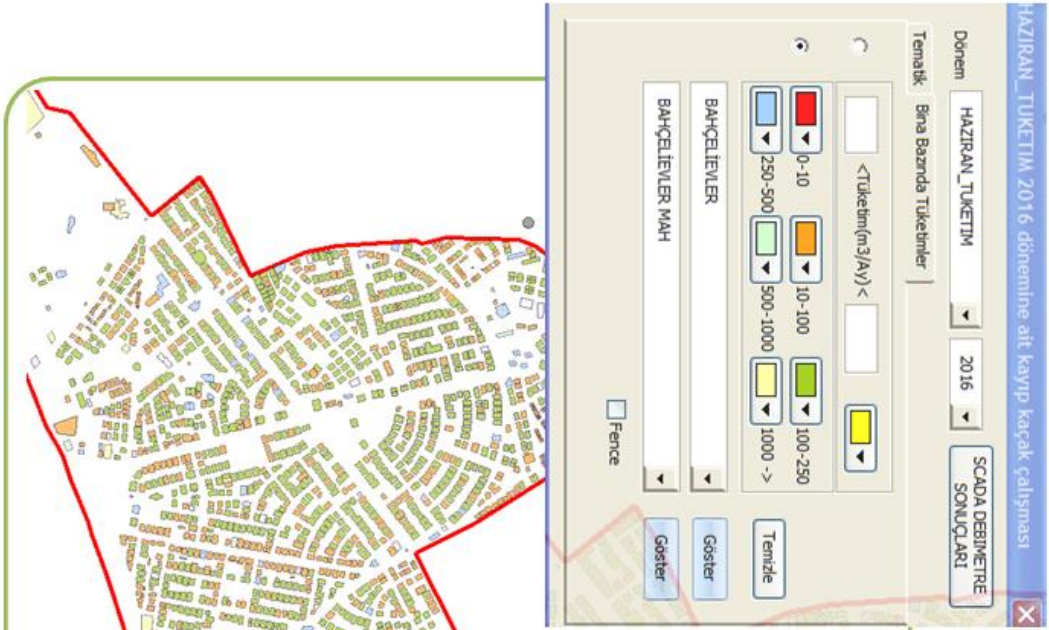
ENTEĞRE YÖNETİM SİSTEMİ



Şekil 4. İSKİ Genel Müdürlüğü tarafından kullanılmakta olan CBS programına ait işlevler - 1



Şekil 5. İSKİ Genel Müdürlüğü tarafından kullanılmakta olan CBS programına ait işlevler-2



Şekil 6. Bölgesel tüketim analizleri

Toad for Oracle - [SPATIAL@CBSD.B.WORLD - Editor (New 1 *)]

File Edit Search Editor Session Database Debug View Utilities Run Window Help

SPATIAL@CBSD.B.WORLD

SQL Editor

```
select * from dwh.aylik_bina_m3_calismasi@dwh where yil=2016
```

Data Grid

IL...	M...	SOK...	BINA_KI...	SCADA_DEBI...	YIL	OCA...	SUB...	SUBAT...	MAR...	MART...	NISAN...	NISAN_TUKETIM	MAYIS_ADET	MAYIS_TUKETIM	HAZIRAN_ADET	HAZIRAN_TUKETIM	TEMMUZ_ADET
IH	119		2739994	FESH	2016	8	57.95	8	56.43	8	58.69	8	59.55	8	66.01	8	66.86
IH	116		2790417	FESH	2016	18	162.85	18	156.86	18	150.98	18	161.54	18	168.57	18	161.92
IH	219		2711450	FEIH	2016	1		1		1		1		1		1	
IH	102		2756519	FESH	2016	3	70	3	67.7	3	77.78	3	81.27	3	89.14	2	86.24
IM	106		2290548	FE_040103FI	2016	12	142.41	12	140.84	12	153.24	12	159.72	12	174.55	12	170.45
IL	102		1903913	FE_040103FI	2016	4	32.69	4	32.17	4	29.57	4	28.2	4	33.25	4	28.44
IH	104		2731754	FEBS	2016	4	40.77	4	41.19	4	46.34	4	47.2	4	48.92	4	52.14
IH	201		2709934	FEIH	2016	6	62.1	6	59.67	6	60.28	6	63.48	6	75.94	6	71.06
IL	113		4865086	FESH	2016	241	1177.1	243	1036.35	243	1185.34	241	1128.68	241	1229.38	244	1048.21
AP	112		2858495	FE_088101FI	2016	3	13.28	3	17.62	3	16.28	3	14.4	3	15.06	3	16.94
AV	601		3176656	FESA	2016	2	34.62	2	32.7	2	34.69	2	32.6	2	31.09	2	28.99
IP	110		1100568	FE_040103FI	2016	6	54.06	6	49.49	6	54.13	6	41.58	6	36.05	6	60.61
IP	104		1092817	FE_040103FI	2016	13	94.35	13	79.95	13	68.76	12	67.2	12	70.55	12	68.7
IA	111		1162721	FE_122102FI	2016	11	167.62	11	154.04	11	162.87	11	143.6	11	153.08	11	133.71
IG	608		5103464	FE_076102FI	2016	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
IH	121		2725260	FESH	2016	4	79	4	78.89	4	85.65	4	91.82	4	92.11	4	106.38

SPATIAL@CBSD.B.WORLD - Describe Objects (Table ABONE.SCDMT200@IMDB*)

Name Owner Type
SCDMT200 ABONE Table

ABONE.SCDMT200@IMDB*

SCDMT200: Created: 23/03/2015 09:55:46 Last DDL: 06/01/2016 11:22:07
Primary Key: DEBIMETRE_NO, TARH

Columns Indexes Constraints Triggers Data Script Grants Synonyms Partitions Subpartitions Stats/Size Referential Policies Auditing

RA_NO	DEBIMETRE_NO	DEBIMETRE_ADI	ISALE_M3	ANLIK_M3	SAYAC_M3	DEGIS_TARH	GIRIS_TARH	DEGIS_KULLANICI	GIRIS_KULLANICI	DURUM_KODU
	FE_012301FI	Sazildere Terfi Sazildere Çıkışı	80372	80372	0	09/09/2016 09:31:59	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_012403FI	İkitelli Küçükköy çıkış hattı	46400	47023	46400	09/09/2016 09:32:01	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_013101FI	Halkalı Depo ve Terfi Emlak B.-H...	19100	19184	19100	09/09/2016 09:32:03	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_013102FI	Halkalı Depo ve Terfi Başak Topl...	0	0	0	09/09/2016 09:32:35	09/09/2016...	SCADA	SCADA	1002400
	FE_013103FI	Halkalı Depo ve Terfi Sefaköy Çıkış	6000	6068	6000	09/09/2016 09:32:37	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_015102FI	Ömerli STT- Temizsu Ter-1 Dud...	0	447	0	09/09/2016 09:41:57	09/09/2016...	SCADA	SCADA	1000000
	FE_015104FI	Ömerli STT- Temizsu Ter-1 Dud...	385800	385865	385800	09/09/2016 09:32:43	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_015601FI	Ömerli Orhaniye Giriş	474711	474711	0	09/09/2016 09:32:47	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_015602FI	Ömerli Orhaniye Çıkış	435456	435456	0	09/09/2016 09:32:51	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_015603FI	Ömerli Muradiye Giriş	200600	200755	200600	09/09/2016 09:32:53	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_015604FI	Ömerli Muradiye Çıkış	167500	167434	167500	09/09/2016 09:32:55	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_015701FI	Ömerli Darlık Girişi	475700	475677	475700	09/09/2016 09:32:57	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_015702FI	Ömerli Dudullu Çıkış	483500	484079	483500	09/09/2016 09:32:59	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_015703FI	Ömerli Depo Girişi	244013	244013	0	09/09/2016 09:33:03	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_128101FI	Cumhuriyet terfi çıkışı	653834	653834	0	09/09/2016 09:41:01	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_128201FI	Cumhuriyet arıtma girişi	755978	755978	0	09/09/2016 09:41:05	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_128202FI	Cumhuriyet arıtma çıkışı	358455	358455	0	09/09/2016 09:41:08	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_128203FI	Cumhuriyet arıtma çıkışı	366611	366611	0	09/09/2016 09:41:12	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_128204FI	Cumhuriyet arıtma çıkışı	756435	756435	0	09/09/2016 09:41:16	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_128205FI	Cumhuriyet arıtma girişi	374214	374214	0	09/09/2016 09:41:19	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_128206FI	Cumhuriyet arıtma girişi	359147	359147	0	09/09/2016 09:41:24	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_135101FI	Seymen depo	500	33	500	09/09/2016 09:41:26	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_135102FI	Seymen depo	12167	12167	28200	09/09/2016 09:41:29	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0
	FE_149101FI	Şile kontrol merkezi	90479	90479	0	09/09/2016 09:41:33	09/09/2016...	SCADA	SCADA	0

Şekil 7. Kullanıcı ekran görüntüleri - 1

2.2. SCADA

SCADA terimi ingilizce "Supervisory Control and Data Acquisition" kelimelerinin ilk harflerinin okunması ile oluşturulan bir kısaltmadır. Bir SCADA sistemi, saha elektroniği ve enstrümanları, saha ile SCADA yazılımı arasındaki iletişim ortamı ile SCADA yazılımından oluşur.

SCADA sistemi aktif bir izleme ortamı olduğu gibi, kontrol ekipmanları aracılığıyla sahadaki ekipmanların on-off ve oransal çalışmalarını da kontrol eder. SCADA sisteminde saha enstrümanlarıyla sürekli bir bilgi alışverişi sağlanırken, yazılımın şartlandığı gerekler doğrultusunda sürekli bir kontrol müdahalesi mevcuttur.

SCADA sistemi günümüzde verimliliğin önemli bir parametresi haline gelmiştir. Bu sistem on-line denetim imkanı sağlarken, sağlıklı işletilen bir SCADA sistemi ile;

- Su yönetiminde süreklilik,
- Afet yönetiminde ön uyarı alarmı,
- İşgücü tasarrufu,
- Zaman tasarrufu,
- Enerji tasarrufu ve optimizasyonu,
- Malzeme tasarrufu,
- Su şebekelerindeki kayıp-kaçak miktarının minimize edilmesi,
- Arızaların en aza indirilmesi,
- Basınç yönetimi uygulamaları başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilir.

Kayıp – kaçakların düşürülmesi kapsamında özellikle debimetre ve basınç kırıcılar ile terfi merkezlerinin çalışma durumlarının sürekli izlenmesi, şebeke hatlarında meydana gelmesi muhtemel arızaların önüne geçilerek personel ve malzeme tasarrufu sağlanmasını, kayıp-kaçak su miktarının ciddi biçimde düşürülmesini sağlar. Arızaların en kısa zamanda tespiti ile arızalara en kısa zamanda müdahale edilmesi, hizmette kaliteli sürekliliğin sağlanması açısından önem arz etmektedir.

Debimetre ve basınç kırıcılarla ilgili teknik detaylar kitabımızın malzeme kısmında işlenmiştir.

Su yönetimi kapsamında SCADA uygulamaları terfi merkezleri, içmesuyu ve atıksu arıtma tesisleri, kuyu, depo ve rezervuarlar, isale ve şebeke hatlarının izlenmesi faaliyetlerinde kullanılmaktadır. Fiziksel, kimyasal, elektriksel ve enerji verileri sürekli olarak sistemden takip edilir. Ayrıca vanaların on-off veya oransal kapalılık durumları da sürekli izlenebilmektedir.

2.2.1. Kayıp-Kaçak Uygulamalarında SCADA

Şebekelerde SCADA faaliyeti basınç yönetimi, debi kontrolü ve sayaç tüketimlerinin sürekli olarak izlenmesi esasına dayanmaktadır.

Basınç yönetimi ve debi kontrollerinin bölgesel bazda daha iyi yapılabilmesi için oluşturulan DMA odalarına ait verilerin merkezi SCADA sistemi ile entegre çalışması ve DMA verilerinin sürekli takibi, kayıp-kaçak miktarlarının azaltılması, çalışmaların temel mantığını oluşturmaktadır.

Kayıp-kaçak uygulamalarında saha elektroniği RTU (uzaktan bağlantı/kontrol ünitesi) cihazlarıyla sağlanır. RTU, fiziksel saha ekipmanları ile SCADA sistemi arasında iletişimi sağlayan, sahadan gelen sinyal ve bilgileri merkez kontrol sistemine ileten ve merkez kontrol sisteminden gelen komutları

sahaya taşıyan elektronik bir cihazdır. RTU cihazları; pompalar, depolar, kuyular ve şebekedeki enstrümanların ölçüm ve denetlemelerini yaparak merkezi birime haberleşme ortamı ile iletir.

Haberleşme ortamı DMA odasının sinyallerinin merkezi SCADA'ya hangi metotlarla iletileceği hususudur. Sık kullanılan iletişim ortamları GSM ve radyo frekanslarıdır. Haberleşme ortamı seçilirken dikkat edilecek hususlar, DMA odasının konumu, kapak malzemesi ve oda kotunun sinyalin sağlıklı şekilde merkeze iletilmesini sağlayacak şekilde seçilmesidir.

Bilgi akışı çift yönlü sağlanarak, bir taraftan saha bilgileri merkeze gönderilirken, diğer taraftan merkezden aç-kapa veya oransal çalış komutları saha ekipmanlarına gönderilerek sürekli iletişim ortamı sağlanır.

Debimetre, vana, basınç ölçer, seviye ölçer, basınç kırıcı gibi saha ekipmanları on-line takip edilerek gerekli müdahaleler yapılır.

DMA odalarının giriş basıncı, çıkış basıncı ve ölçülen debi değerleri SCADA sisteminden sürekli takip edilerek tüketici profillerindeki değişiklikler tespit edilir. Şebekenin uygun basınçta çalışması, arıza durumu kontrolleri yapılır.

Ayrıca abone bazlı kontroller için uzaktan okumalı sayaçların tüketim profilleri gece-gündüz verileri ile takip edilerek noktasal kontrollerde yapılır.

2.3. Akıllı Şebeke Kavramı

Su yönetimi açısından Akıllı Şebeke, Endüstri 4.0 ile beraber özellikle altyapı sistemlerinde oluşturulmaya çalışılan entegre bir su yönetimi sistemidir.

Akıllı Şebeke kavramı bilgi işlem teknolojilerinin gelişen mühendislik dallarına insan hatası faktörünü minimuma indirecek şekilde entegrasyonunu amaçlamaktadır.

Su yönetiminde kayıp-kaçaklar açısından iyi yönetilen bir akıllı şebekede aşağıda belirtilen mühendislik disiplinlerinin entegre bir şekilde çalışması gerekmektedir;

- Bilgi İşlem Teknolojileri: Veri toplama, veri analizlerinin sayısallaştırılması, SCADA yazılımları vb.
- Çevre Mühendisliği: Uygun arıtma teknolojileri uygulanan şebeke ve su kalitesinin sürekli takibi,
- Makine Mühendisliği: Her türlü akıllı şebeke ekipmanının (pompalar, borular, vanalar, basınç kırıcılar vb.) tasarlanan şebekeye uygun temini, önleyici bakımı, sürekli gelişen teknolojiye göre şebeke elemanlarının yenilenmesi,
- Elektronik Mühendisliği: SCADA elektronik aksamının temini, bakımı, sensör teknolojilerinin makine mühendisliği ile beraber takibi, kontrol merkezleri ve saha ekipmanının akıllı şebeke kapsamında yönetimi ve güncellenmesi,
- İnşaat Mühendisliği: Tesislerin yapımı, boru hatlarının imalatı ve hidrolik kontrolleri, afet yönetimi vb.
- Haberleşme Mühendisliği: Saha varlıkları ile kontrol merkezleri arasında bilgi akışlarının sağlanması, güvenli veri iletişim protokolleri vb.
- İstatistik Mühendisliği: Sensörler ve varlık yönetimi kapsamında toplanan Big Dataların yorumlanması ve değerlendirme mantıklarının oluşturulması sürekli güncellenmesi.

Belirtilen mühendislik dallarının diğer mühendislik branşları ile beraber (Jeoloji, Harita, Endüstri vb.) su yönetimi kapsamında varlık yönetimi esaslarına göre çalışması ve tüm şebekede standardizasyon sağlanması, sağlıklı akıllı şebeke dizaynı açısından önem arz etmektedir.

Akıllı şebeke yönetimi, varlık yönetimi uygulamasının ideal halidir. Kaynakların en ekonomik ve optimum şekilde değerlendirilerek enerji, insan kaynağı ve zaman faktörleri açısından işletilmesi Akıllı şebeke kavramı ile mümkündür. Akıllı şebeke, otomasyon sistemlerinin gelişen sensör teknolojilerine dayalı olarak bilgi işlem tabanlı yönetimidir. İyi dizayn edilerek optimum yönetilen akıllı bir şebeke, işletme şartlarının maliyetlere etkisinin gerçekçi değerlendirilmesini sağlar. Pompa enerji sarfiyatları, şebekedeki basınç zonları, şebeke bölgelerindeki basınç dalgalanmaları, saha ekipmanlarının durumları (seviye, konum, açıklık vb.), arıza erken uyarı sistemlerine ait parametreler, şebeke işletiminin ekonomikliği ve ömrüne dair varlık yönetimine bilgi akışı sağlar.

Akıllı şebeke yönetimi, hidrolik modellerin saha verileri ile doğrulanması işlemi olan kalibrasyonun sürekli takibi açısından da önem arz etmektedir. Hidrolik model sürekli olarak yenilenen ve şartları değişen şebekeye göre güncellenirken, sensörlerden gelen multiparametrelerin değerlendirilmesi aracılığı ile hidrolik model-arazi-SCADA kombinasyonu kontrol edilir.

Akıllı şebeke datalarının varlık yönetimi kapsamında dijital hafızada saklanması, su yönetiminin ekonomiklik ve verimlilik açısından değerlendirilmesine altlık teşkil eder.

Sensörler

Sensörler, Endüstri 4.0 kavramının hayata geçirilmesinde temel parametre olup, akıllı şebeke açısından saha verilerini toplama ekipmanıdır. Akıllı şebekelerde kullanılacak sensörlerin seçiminde aşağıdaki parametrelerin göz önüne alınması gerekmektedir;

- Algılama tipi
- Sinyal özellikleri
- Sensör karakteristiği
- Sensör malzemesi
- Sensörün çalışacağı ortamın fiziksel özellikleri
- Sensörün çalışacağı elektriksel yük ve alanlar
- Veri toplanması istenen parametrenin doğru tespiti (konum, deplasman ve seviye sensörleri, hız, basınç, dokunsal sensörler, akış sensörleri, akustik sensörler, sıcaklık ve nem sensörleri, titreşim ölçen sensörler, optik sensörler vb.)

Nesnelerin İnterneti Kavramı

Su şebeke hattını oluşturan sayısız ekipmanın birbiri ile sürekli iletişimde olarak koordineli çalışması su dağıtım şebekesinde nesnelerin interneti olarak tanımlanabilir. Su kayıp-kaçakları açısından nesnelerin interneti olgusunun akıllı şebeke kapsamında uygulanması;

- İnsan faktöründen kaynaklanan hataların minimize edilmesi
- Şebekenin çalışacağı basıncın dinamik ayarlanması
- Enerji tüketimi optimizasyonunun sağlanması
- Fitreleme elemanlarında basınç uyarısı

- Şebeke ekipmanlarının optimum çalışmasından dolayı uzun ömürlü oluşu
- Afet yönetimi kapsamında kırık ve çatlakların noktasal yer tespiti
- Şebekenin istenilen kalite standartlarında işletim açısından sürekliliğinin sağlanması gibi faydalar sağlar.

Nesnelerin interneti aracılığıyla şebekenin iletişimde kalarak koordineli çalışması; doğru şebeke planlaması, uygun ekipman seçimi, doğru sensör seçimi yapılarak veri toplamanın sağlıklı yapılması, toplanan verilerin kesintisiz, sağlıklı ve güvenilir haberleşme aracılığıyla SCADA yazılımına iletimi, istatistiksel verilerin hızlı ve en geniş kapsamda yorumlanarak şebekeye müdahalesinin sürdürülebilir döngü şeklinde uygulanması ile mümkündür.

DMA ODALARI

DMA, belirli bir dağıtım şebekesinin ayrılmış kısmının devamlı olarak incelenebilmesi için oluşturulmuş izole bölgelerdir. Sızıntı tespitini optimize eder. DMA bölgeleri kayıp-kaçakları yönetmek için hidrolik olarak ayrı alanlardadır.

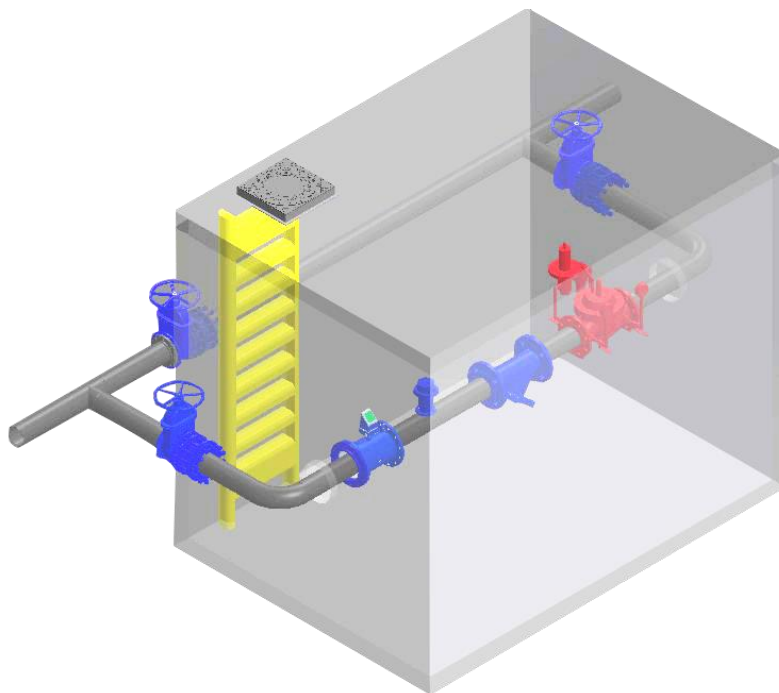
DMA yönetiminin parçasını oluşturan gece debisinin sürekli izlenmesi, bildirilmeyen kesilmelerin hızlı belirlenmesini kolaylaştırır ve sızıntı tespiti ile sızıntı kaynaklarının saptanmasında en uygun maliyeti ve etkin kullanımı için gerekli verileri sağlar.

DMA Odası İşlevleri

- Vana odası gibi kullanılarak su kesme de faydalı olur.
- Sürekli debi ölçümü ile SCADA verileri sağlar.
- Basınç ölçümleri ile SCADA verileri sağlar.
- Basınç düşürücünün dinamik olarak çalışmasına imkan verir.
- Bypass hattı ile oluşturularak malzemelerin kolay bakım-onarımına olanak sağlar.

Bir DMA Odası Hangi Ekipmanlardan Oluşur?

- Elastomer yataklı izolasyon vanası
- Y tipi pislik tutucu filtre
- Elektromanyetik debimetre
- Basınç düzenleyici kontrol vanası (diyaframlı veya pistonlu)
- Datalogger
- Elektronik basınç kırıcı vana (BKV) kontrolörü ve iletişim modülü
- Vantuz
- Boru ve fittingsler (falanşlite, adaptör, redüksiyon, dirsek, boru desteği, kauçuk/çelik contalar vs.)



Şekil 9. DMA Odası

DMA bölgesi için seçim kriterleri:

- Büyüklüğü ve komşu tedarik alanlarıyla oluşturduğu potansiyel izolasyon; DMA bölgesi şebeke uzunluğu, abone sayısı gibi etkenler göz önüne alınarak maksimum fayda sağlanabilecek büyüklükte seçilmelidir. DMA bölgesinin gereğinden fazla büyük seçilmesi basınç optimizasyonu ve kayıp-kaçakların tespiti konusunda sıkıntı oluşturacağı gibi gereğinden küçük seçilmesi ise işletme maliyetleri ve ilk yatırım maliyetlerini tetikleyecektir. DMA bölgesi mümkün olan en az izolasyon vanası seçimi ile izole edilebilmelidir. Bazı bölgelerin ulaşım ve coğrafya durumlarından yararlanılarak doğal izole bölge olmaları göz önüne alınmalıdır. DMA bölgeleri genel olarak bina bağlantı sayısı 1000 adeti, dağıtım şebekesi uzunluğu ise 10 km'yi geçmeyecek şekilde tasarlanmaktadır.
- DMA oluşturulacak bölgeye ait düşük su basıncı problemleri hakkında yeteri kadar bilgi sahibi olunmalıdır. Seçilecek bölge genelinde piyezometrede genel bir düşüşe yatkın statik basınç ve topoğrafya alanları seçilmeli ve kurulacak olan DMA odasının en verimli şekilde işlevini görmesi sağlanmalıdır.
- Basınç kontrolüne uygun merkezler oluşturabilecek PRV'ler (Basınç Regülasyon Vanası) için uygun pozisyonların bulunuşu; basınç düzenlemesi, DMA bölgelerinin temel çalışma mantığıdır. Dolayısı ile PRV odası oluşturulabilmesi için DMA bölgelerinde uygun yerlerin bulunması gerekmektedir. Eski yerleşim birimleri ve yoğun nüfusa sahip bölgelerde, DMA odası oluşturulmasında sıkıntılar yaşanabilir.
- İdare tarafından (veya yüklenici ile müşterek) hesaplanmış "sızıntının ekonomik seviyesi" DMA odası tasarımında büyük önem arz etmektedir. Sızıntı miktarının yüksek olduğu ve buna bağlı işletme giderlerinin yüksek seyrettiği bölgeler öncelikli DMA seçim bölgeleridir.
- Bina büyüklükleri (müstakil ev, yüksek tüketimli abone, çok katlı bina vs.); tüketici profilleri ve konumları kullanılan su miktarını ve planlanacak şebeke boyutlandırmasını (boru, çap, uzunluk vs.) belirlemektedir. Yüksek katlı binaların su basıncı ihtiyacı fazla olacak, yüksek tüketimli abonelerin kullanımları ise debi dalgalanmalarında belirleyici unsur olacaktır.
- Topografya; kayıp-kaçak çalışmalarının yapılacağı bölgelerde kat ayrımı adı verilen ortak basınç zonlarının oluşturulmuş olması önem arz etmektedir. Aynı piyezometrik ihtiyaçlara sahip çalışma bölgelerinde çok daha sağlıklı basınç yönetimi kolaylıkla yapılabilecektir.
- Su kalitesi gereksinimleri (pH, klor, bulanıklık); DMA bölgeleri oluşturulurken izolasyon vanalarının konumları ve kapalı kalma süreleri su kalitesini yakından ilgilendirmektedir. Mümkün olduğunca az ölü bölge oluşturulması gerekli yerlerin yangın hidrantı ile desteklenmesi hususları göz önüne alınmalıdır.
- İtfaiye ihtiyacı için hidrant kapasiteleri; DMA bölgelerinin debi ve basınç planlamalarında en önemli unsurlardan biri de yangın debisinin ve yangın hidrantlarının konum ve kapasitelerinin bilinmesidir. BKV'ler maksimum ve minimum yangın senaryolarına uygun olarak çalışacak şekilde planlanmalıdır.
- Hedeflenen nihai sızıntı seviyesi; işletmenin su kayıp-kaçak hedefleri DMA bölgelerinin yoğunluğunu ve ekipmanların içeriğini ve teknolojik sınıflarını belirlemede etkin rol oynamaktadır.
- Kapatılması gereken vana sayısı; DMA bölgeleri tasarlanırken en az sayıda izolasyon vanası mantığı ile tasarlanırlar. Bu durum su kalitesinin korunması, vana ilk yatırım ve bakım maliyetleri ile bazı durumlarda vana odası maliyetlerini azaltan bir faktördür.

- Az tüketimli aboneleri ölçen sayaç sayısı; kayıp-kaçak çalışmalarının temeli doğru ölçüm üzerine kuruludur. Sahadaki mevcut tüketim profillerinin mümkün olan en yüksek oranda doğru ölçümlerle takip edilmesi DMA odalarının sağlıklı işletilebilmesi için önem arz eder.
- Yüksek tüketimli aboneleri ölçen sayaç sayısı; yüksek tüketimli abone sayaçları DMA bölgesinde basınç ve debi regülasyonlarının hangi zaman aralıklarında uygulanacağı konusunda belirleyici rol oynarlar.
- Altyapı durumu; şebekenin yaşı, teknolojik durumu, DMA odası kurulabilecek alanların mevcudiyeti gibi hususlar DMA seçim kriteridir.



Şekil 10. Örnek DMA bölgeleri

Potansiyel bölge seçilip kontrol noktaları kağıt üzerinde ya da bilgisayar modelinde tanımlandıktan sonra araziye çıkıp valf düzeneklerinin kurulacağı kesin noktaları tespit etmek gerekir. Kazı işine başlamadan önce diğer yer altı tesisatlarını keşfetmek gerekir.



Şekil 11. DMA odası oluşturulması

Bir yer seçmeden önce tüm yeraltı yapıları belirlemek gerekmektedir. Kazı sonucunda çevreye en az etki edecek ve trafiği en az engelleyecek yer seçilmelidir. Yer seçimi yapıldıktan sonra enstrümanların ana boru hattı üzerine mi yoksa bypass hattına mı monte edileceğine karar verilmelidir. Debimetre ve

basınç kırıcılar boyutlandırılırken acil durum taleplerinin oluşturacağı hidrolik yükler göz önüne alınarak çap seçimi ve redüksiyon uygulamaları hesaplanmalıdır.

DMA bölgelerini içeren hidrolik modellerin kalibrasyonu ve su darbesi ölçümlerinin yangın hidrantlarından alınması doğru sonuçlar elde edilmesi açısından önemlidir. Yangın yönetmelikleri göz önüne alınarak DMA bölgelerinde ek hidrant konulacak yerlerin tespit edilmesi ve modellemenin bu doğrultuda yapılması gerekmektedir.

Odaların su baskını durumunda debimetrenin zarar görmeden çalışabilmesini sağlamak üzere, sensör ve kompakt konvertör koruma sınıfı IP68 olarak seçilmelidir. DMA odalarında çok kanallı dataloggerler kullanılmalı tüketimin ve basınç profilinin izlenmesi ve sızıntı seviyelerinin tespit edilmesi sağlanmalıdır.

DMA odalarında kullanılan BKV'ler, debimetreler ve diğer malzemelere ilişkin teknik bilgiler ile seçim kriterleri kitabın malzemeler bölümünde detaylı açıklanmıştır.



Şekil 12. Kemerburgaz Bölgesi'nde oluşturulmuş örnek DMA odası

4. BÖLÜM

SAHA UYGULAMALARI

4.1. Şebeke İmalatları

Su yönetiminde kayıp-kaçak önlenmesine yönelik çalışmaların başarılı olabilmesi için temel şart altyapı uygulamalarının projelendirmesinden itibaren başarılı şekilde sahada uygulanmasıdır.

Sağlıklı işletilecek bir şebeke hattı için;

- Doğru yapılmış şebeke planlaması ve hidrolik modelleme,
- Kaliteli ve çalışma şartlarına uygun seçilmiş malzeme,
- İşinde kalifiye sertifikalı imalat personeli ve bu personel tarafından gerçekleştirilecek kaliteli imalatlar,
- Tesisat mühendisliği konusunda yeterli bilgi birikime sahip kontrol elemanları,
- Sistemin düzenli izlenilmesini sağlayacak uygun SCADA sistemi,
- Tüm bu süreçleri kesintisiz takip edecek tecrübeli yönetim personeli gereklidir.

4.1.2. Borulama

Borulama imalatlarında doğru boru malzemesi ile planlamanın yapılması, seçilen boru malzemesine ve basınç sınıfına, su darbeleri de göz önüne alınarak, bağlantı tipinin seçilmesi gerekir.

Flanşlı bağlantılar civata ve somunun kesme gerilmelerine mukavim olmasından dolayı şebeke dağıtım hatlarında su darbeleri ve dış yüklere karşı tercih edilmektedir. Kaynaklı bağlantılar da kaliteli imalat koşulları ile mukavemet açısından güvenilir bağlantılardır.

İsale hatları genellikle kaynaklı çelik hatlardan imal edilmekte olup kaynak filmleri ve ultrasonik kaynak muayeneleri yapılarak korozyon dayanımı ve katodik korumaları düzgün yapıldığı müddetçe ortalama 50 yıl ömre sahiptirler.

HDPE borularda belirli çaplara kadar isale hatlarında kullanılmakta olup, büyük çaplarda maliyet ve üretilebilirlik problemleri nedeniyle kullanılmamaktadırlar.

HDPE boru kaynaklarında yüzey temizliği, yüzey kuruluğu ve boruların merkezlenmesi önem arz etmektedir.

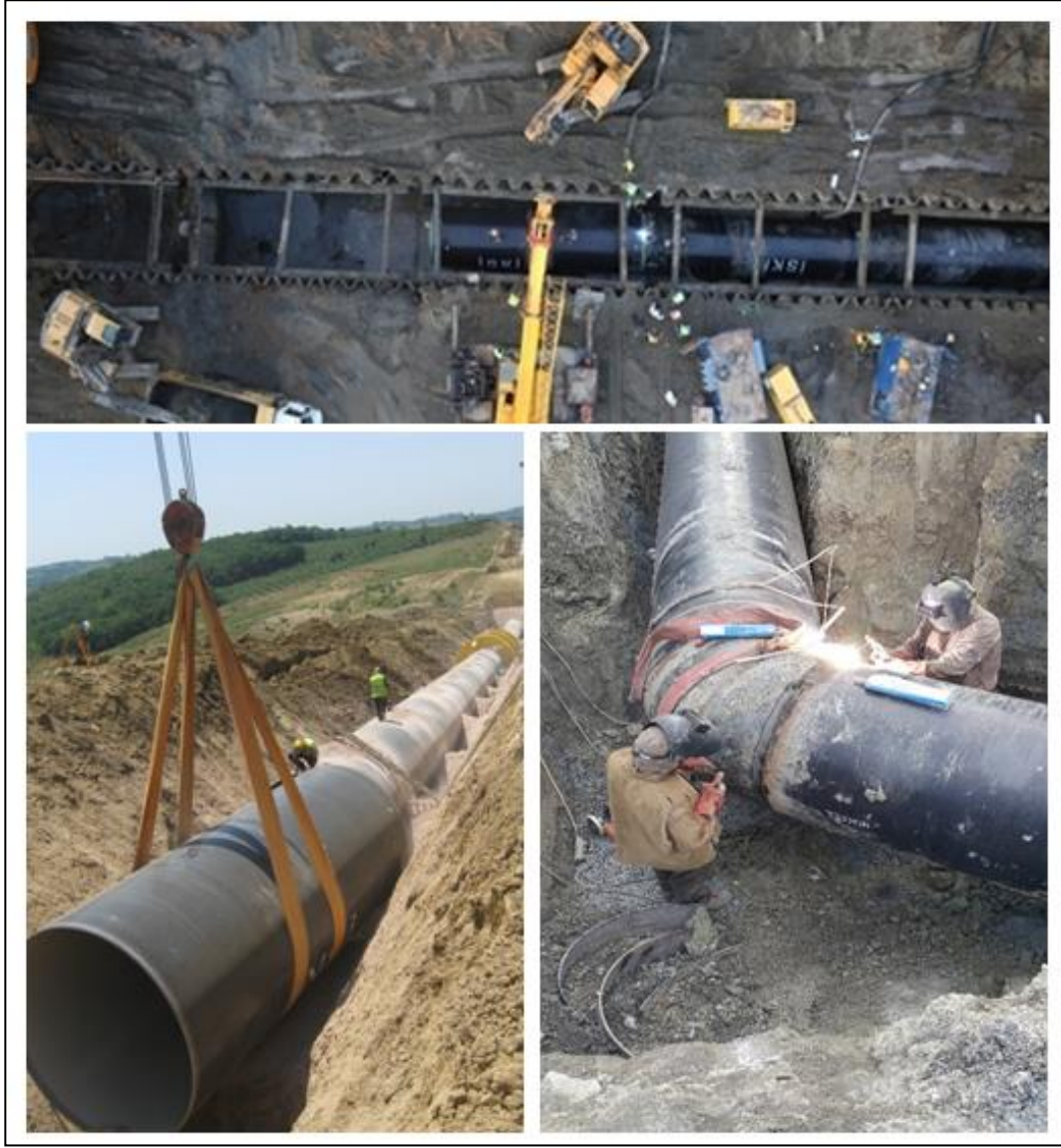
Özellikle Ø150'lik çaplar ve üzerindeki anma boyutlarına sahip vana, debimetre, basınç kırıcı vb. malzemelerde borudaki gerilimi almak amacıyla demontaj parçası kullanılması gerekmektedir.

Yine boru mesnetlerinin boruda titreşim oluşmayacak şekilde dizayn edilmesi, kavitasyonun engellenmesi açısından önem arz etmektedir.

Borularla ilgili detaylı bilgi ilgili bölümde verilmiştir.

Boruların imalat öncesi sağlıklı depolanması, boya ve kaplamalarının zarar görmemesi şarttır. Çelik borularda PE kaplamalar darbe ile zarar görmemeli, düktil borularda boru içindeki beton kaplamanın yapısının zarar görmemesine dikkat edilmelidir. PE borularda ise çizilmelere ve güneş ışığının UV etkilerine karşı sağlıklı depolama yapılmasına özen gösterilmelidir.

Tranşeler, şartnamelerde belirtilen teknik şartlara göre imal edilmeli, dolgu malzemeleri boru hatlarını dış yüklere ve çökmelere karşı koruyacak şekilde seçilmelidir.



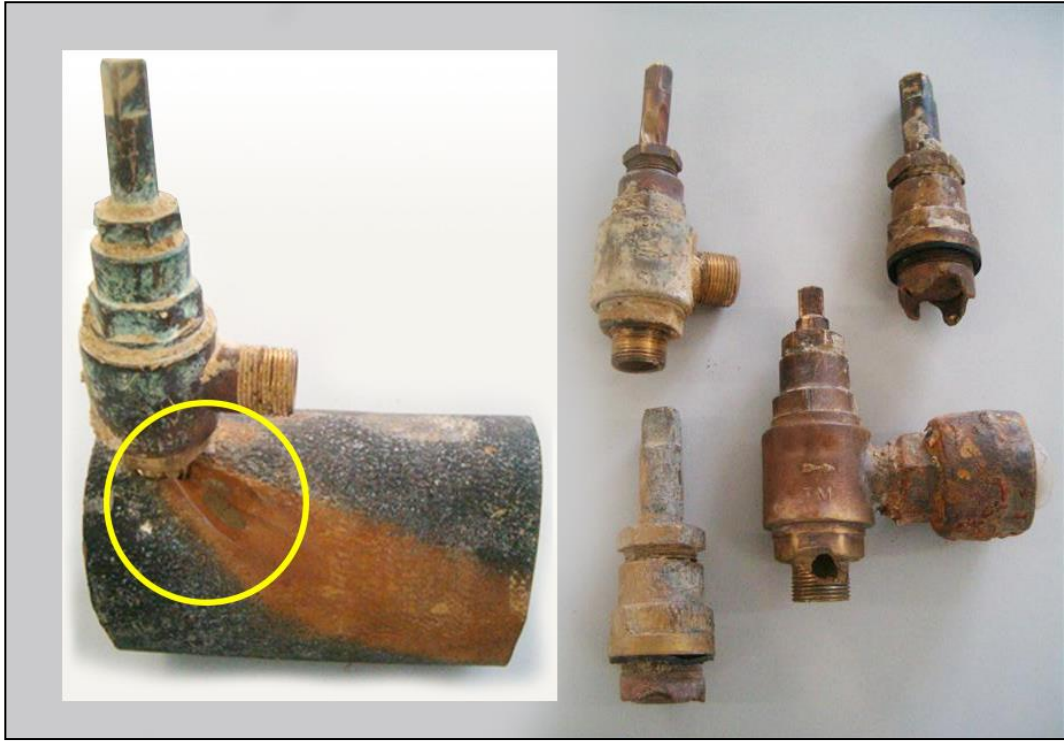
Şekil 13. Çelik boru saha uygulamaları

4.1.3. Abone Bağlantıları

Abone bağlantılarındaki kayıp-kaçaklar toplam kayıp-kaçağın büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Abone bağlantılarında;

- i. PE boruların PE kaynak ile birleştirilmesi,
- ii. PE boruların pirinç bağlantı elemanları ile dişli bağlantılarıyla montajı en sık rastlanan 2 yöntemdir.

Abone bağlantılarında ana musluğun (priz) direkt olarak düktil boruya monte edilmesi sonucu bazı sorunlar yaşanmaktadır. Genelde abone bağlantılarında branşman alınan Ø100'lük düktil borunun dış açılan et kalınlığının ana musluğun dişli bağlantısı için yeterli kalınlıkta olmaması ana musluk malzemesinde deformasyona neden olmaktadır.



Şekil 14. Arızalı ana musluklar

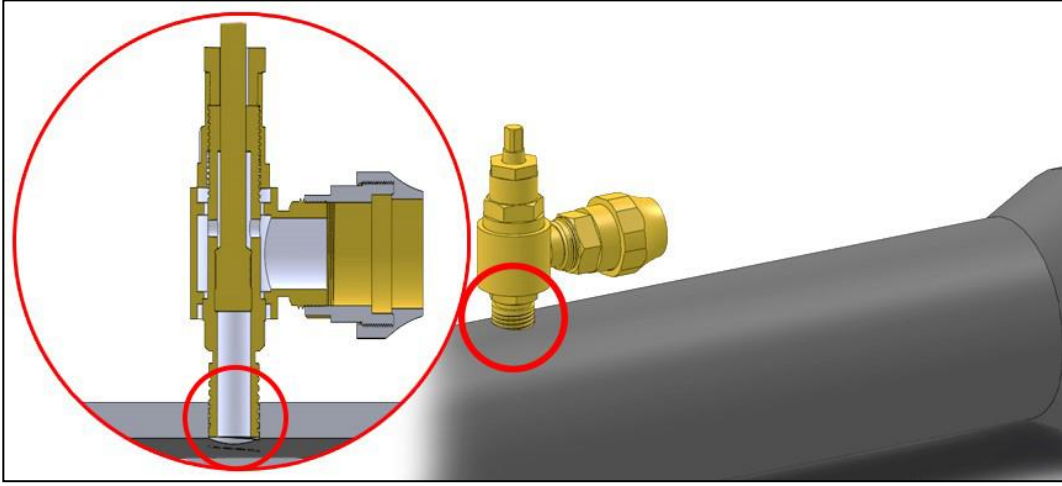
Şekil 14’te sağdaki hasarlı ana musluk (priz) malzemeler, soldaki montaj hasarını meydana getirmektedir.

Bu sorunun çözümü için priz kolyeli (saddle) bağlantıların kullanılması, abone bağlantısının ömrünü uzatmak açısından faydalı olacaktır. Ayrıca pirinç malzemelere alternatif olarak POM malzemelerde Avrupa ülkelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 15. Çeşitli abone bağlantıları (AVK, 2016)

Şekil 15’te boru hattında su kesme işlemi yapılmadan vana hattı ve branşman alınması gösterilmiştir.

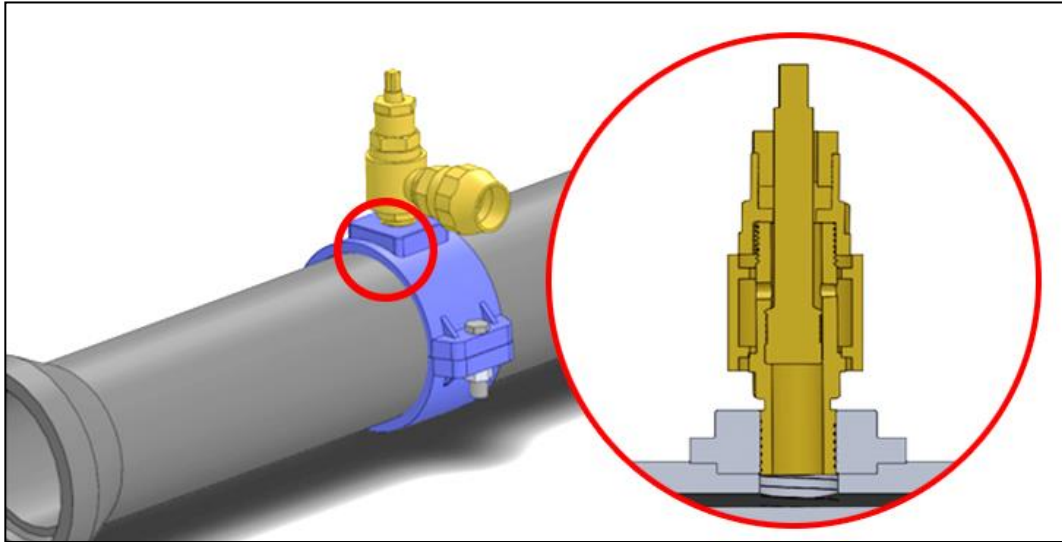


Şekil 16. Priz kolye kullanılmadan yapılan ana musluk düktül boru bağlantıları

Şekil 16'da priz kolye kullanılmadan yapılan ana musluk bağlantısının kesit detayı verilmiştir. Bu bağlantıda kesme ve basma gerilmelerinin tamamı boru cidarına gelmektedir. Ayrıca bağlantıda zayıf diş handikabı da bulunmaktadır.

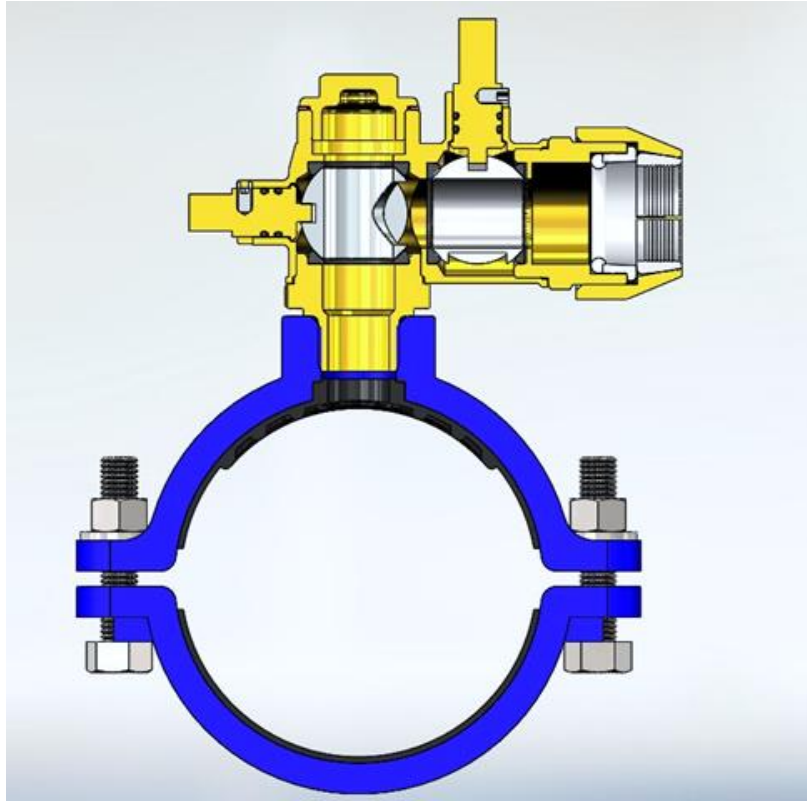
Düktül borulara diş açarak kolyesiz doğrudan ana musluğun model edilmesi, et kalınlığı ince olan düktül boruda mukavemet açısından zayıf bir bölge oluşturmakta, ana musluğun sadece bir kaç dişinin düktül boruyla monte edilmesi yüksek basınçlarda ana musluğun montaj yerinden atmasına sebep olmaktadır.

Dişlerdeki en ufak çözülme, düktül boruda oluşabilecek küçük bir hasar gibi etkenler su jeti etkisiyle ana muslukta ve düktül boruda aşınmalara sebep olmaktadır.



Şekil 17. Priz kolye kullanılarak yapılan ana musluk düktül boru bağlantıları-1

Şekil 17'de priz kolyeli bir abone bağlantısı örneği gösterilmektedir. Boru ile montajı yapılan kolye malzemesi sfero dökme demirdir (EN GJS 400-15). Kesme ve basma gerilmeleri boru ile montajı yapılan priz kolye tarafından absorbe edilmektedir. Şekil 16'daki zayıf diş bağlantısı handikabı bulunmamaktadır.



Şekil 18. Priz kolye kullanılarak yapılan ana musluk düktil boru bağlantıları-2

Şekil 18’de İSKİ tarafından da kullanılmakta olan farklı bir priz kolyeli ana musluk bağlantı örneği gösterilmiştir. Bu bağlantı çift küresel vana tasarımına sahiptir.

Ana musluk priz kolye bağlantılarında ise ana musluğa ait dişlerin tamamı monte edilmekte, düktil boruya dış açılmadan sadece su çıkış ağzı delinmektedir. Bu bağlantı tarzı, su jeti etkileri ile yatay ve dikey yük gerilmelerine göre son derece sağlamdır. Ayrıca yüksek basınçlarda demonte olmamaktadır.

Priz kolye – ana musluk bağlantı metodu ile yapılacak imalatlarda dikkat edilecek husus priz kolyeye monte edilecek ana musluğun dişli kısmının tamamının pirinç malzeme ile temasının sağlanarak priz kolyede su-metal temasının olmamasına dikkat edilmesidir. Su geçişi sırasında sadece priz kolyenin contasıyla temas etmelidir. Bu bağlantılarda tasarım hataları ve su-metal teması gibi insan sağlığı için tehlike arz edecek durumlar oluşabilir. Diğer taraftan ana musluğun priz kolye ile uyumlu monte edilmemesi su jeti etkisine yol açabilmektedir.

Piyasada pirinç-sfero döküm priz kolye uygulamalarına ek olarak POM malzemedan ana musluk-sfero kolye ve sfero kolye-sfero ana musluk uygulamaları da bulunmaktadır.

Kolyeli bağlantılarda dikkat edilmesi gereken hususlar kolye ile düktil boru arasındaki civatalı bağlantının sağlam yapılması, düktil boruya dış açılması işleminin doğru yapılarak düktil boru içindeki beton tabakanın korunması ve priz kolyenin dökme demir olması durumunda priz kolyenin iç dizaynı ve boyasının su ile metal kısmın temasını engelleyecek şekilde olmasıdır.

Yine PE imalatlarında boru boğmalar ve bükmeler kesinlikle elle yapılmamalı, uygun aparatlar kullanılmalıdır.

PE borular ile bağlantı parçalarının (kurt ağzı) montajı sırasında kesinlikle polietilen boruya zarar verilmemeli, sivri cisimlerle göz yordamıyla dış çapı daraltılmamalı, bu malzemelerin sıkı geçme toleranslarına uygun üretilmesi sağlanmalıdır.

5. BÖLÜM

ŞEBEKE KALİBRASYONU

Hidrolik modelleme yazılımına girilen değerler ışığında model oluşturulur. Hidrolik modelin oluşturulabilmesi için ihtiyaç debilerinin en doğru şekilde modele işlenmesi (saha tahakkuk bilgileri, kabuller, ölçümler) ve şebekenin saha varlıklarına ilişkin (boru, vana, pompa, depo, düğüm noktaları, sınır vanaları vb.) çap, kot, tüketim debisi değerlerinin modelleme programına en doğru şekilde girilmesi gerekmektedir. Ayrıca sızma kayıplarının da ölçüm farklarından modele girilmesi gereklidir.

Hidrolik model programı veriler ışığında çalıştırıldıktan sonra çıkan sonuçların saha verileri ile karşılaştırması yapılır. Sahada depo ve kritik noktalardan ölçümler yapılarak modelle karşılaştırma yapılır.

Oluşturulan model ile SCADA'dan gelen saha verileri arasında uyumsuzluklar olabilir. Bu durumda modelin tekrar kalibre edilmesi gerekmektedir.

Borulara ilişkin yük kaybı hesaplamalarda kullanılan Hazen-Williams C pürüzlülük katsayısı, borunun yaşına göre tespit edilmektedir. C katsayısının sahadaki borunun güncel haliyle uyuşmaması hidrolik model çıktısı ile SCADA değeri arasında fark oluşturabilir. C katsayısının borularda farklı bir değer aldığı tespit edilirse debi, boru çapı ve diğer bilgiler bilindiğinden dolayı eldeki değerlerden yola çıkarak düzeltilmiş C katsayı değeri bulunur ve model bu şekilde tekrar çalıştırılır. Aşağıdaki tabloda farklı pürüzlülük katsayıları arasındaki ilişki verilmiştir.

Tablo1. Hidrolik pürüzlülük katsayısı

Boru Tipi	Colebrook White Pürüzlülüğü K (mm)			Hazen Williams C değeri	Mannings n değeri
	K yeni	K orta yaş	K eski boru		
Çelik Boru	0,1	0,3	0,6	135	0,011
				125	0,012
				120	0,013
Tünel Çelik Kaplama	0,1	0,3	0,6	135	0,011
				125	0,012
				112	0,013
Tünel Beton Kaplama	0,5	1	1,5	125	0,012
				115	0,014
				95	0,016

Yine DMA bölgesini besleyen veya DMA bölgesinden beslenen fakat hidrolik modele girilmemiş boru hatlarının varlığı, model sonucu ile SCADA verisi arasında fark oluşturabilir. Böyle bir durumda bu hatların tespit edilerek son duruma göre izolasyon vanası değerlendirmesi yapılması ve modelin kalibre edilmesi gerekmektedir.

Kalibrasyon sonucunda hidrolik model yazılımı çıktıları ile alt bölge girişleri, ana besleme boruları, depo çıkışları, isale hatları gibi kritik noktalardan alınan basınç, debi ve SCADA ölçüm verileri ile uyumlu hale gelmelidir.

Sıfır Basınç Testi

Modelde kapalı konumda kalması gereken tüm sınır vanaları sahada tespit edildikten sonra, komşu bölgelerle irtibatı olan ve üzerinde vana bulunmayan hatlara vana monte edilerek izolasyon vanaları ve oda/istasyondaki ana besleme vanası, basınç ve debi kaydedildikten sonra kapatılır.

DMA sınırı boyunca DMA içinde kalan yapıların su almaması, sınır dışındaki yapıların ise su alması gerekir. Su kesintisinden birkaç saat sonra sahada belirlenen tüketim noktalarından basınç ve debi değerleri kontrol edilir. Tüketim noktaları belirlenirken sınır içindeki yapılardan su alanların hangi hattan beslendiği belirlenerek, basınç kaydı oluşturulacak servis bağlantısı bölge içindeki hatlardan belirlenen noktalarda oluşturulur ve data-logger konularak basınç ölçülür. Bu test tam izolasyon sağlanana kadar sürdürülür.

Sıfır basınç testi istenilen sonucu vermediğinde, izolasyon vanalarında sızdırma veya tespit edilemeyen başka bir bölge beslemesinin varlığı araştırılır.

Vanaların dinlenilmesi ve adım testleri ile sızdıran izolasyon vanaları tespit edilir. Adım testi şebekeyi oluşturan boru kısımlarının bölge debi ölçülerinden sırasıyla ayrılmasını içerir. Adım testi için genellikle kullanım debisinin minimuma indiği gece saatleri beklenir ve sırasıyla sızdırma ihtimali olan vanalar kapatılarak debideki düşüş izlenir.

DMA izolasyon vanaları kapalı iken tam sızdırmazlık sağlandıktan sonra model doğrulaması yapılır.

Belirli aralıklarla kalibrasyonlar yapılarak DMA bölgeleri sürekli izlenir ve bölgedeki kayıp-kaçak oranları kontrol altında tutulur.

6. BÖLÜM

MALZEME

6.1. Malzeme Seçimi

Malzeme seçimi, şebeke imalatında tesisat mühendisi tarafından verilmesi gereken en önemli karardır. Parçanın boyutlandırılmasından önce malzemenin hammadde seçimi yapılır. İstenilen geometri oluşturacak imalat tarzı ve malzeme seçildikten sonra boyutlandırma yapılır.

Genel olarak malzeme seçiminde aşağıdaki unsurlara dikkat edilir:

- Mukavemet özellikleri
- Esneklik durumu
- Aşınma
- Korozyon
- Emniyet ve güvenilirlik
- Üretilme
- Maliyet
- Ağırlık
- Ömür
- Ses
- Boyut ve şekil

Seçilecek malzemenin işletme yönü ve ekonomikliği düşünüldüğünde;

- Yağlama
- Bakım
- Hacim
- Geri dönüşüm dikkate alınır.

Su şebeke hatlarının insan sağlığını direkt ilgilendirdiği düşünüldüğünde yukarıdaki kriterlere ek olarak;

- i. Ağır metal kontrolü; kullanılan tesisat malzemelerinin ağır metal açısından insan sağlığına zarar vermeyecek düzeyde olmasına dikkat edilir.
- ii. Boya kalitesi; malzemelerin su ile temas eden boyalı yüzeylerinin ve boyaların içme-kullanma suyuna uygun olması gerekir.
- iii. Su ile metal yüzeylerin direkt temas etmesinin engellenmesi ve hijyen standartlarını haiz malzemelerin temini (W270 Germany, Austria, Switzerland, Acs-France, Belgaqua-Belgium, KIWA-Netherlands, WRAS -Great Britain)
- vi. Pirinç malzemeler; kullanım yerlerine göre DIN 50930-6 içmesuyu standardına uygun üretilmelidir. ROHS (Zararlı kimyasal maddelerin kullanımının yasaklanması) (2002/95/EC) direktifinde belirtilen kimyasal içeriğe uygun olmalıdır.

(A) Test Method Summary

Testing Item	Result				RoHS Limit (ppm)
	Sample 1				
	Part 1	Part 2	Part 3	Part 4	
Cadmium (Cd) Content	ND	ND	ND	ND	0.01 % (100 ppm)
Chromium VI (Cr+6) Content (ppm) (for non - metal)	NA	NA	NA	NA	0.1 % (1000 ppm)
Chromium VI (Cr+6) Content (µg/cm²) (for metal)	ND	ND	ND	ND	
Chromium VI (Cr+6) Result (By spot test on metal)	NEGATIVE	NEGATIVE	NEGATIVE	NEGATIVE	NEGATIVE
Lead (Pb) Content	23790 ppm*	23530 ppm*	22440 ppm*	22170 ppm*	0.1 % (1000 ppm)
Mercury (Hg) Content	ND	ND	ND	ND	0.1 % (1000 ppm)
Flame Retardants					0.1 % (1000 ppm)
Polybrominated Biphenyls (PBB)					
Monobromobiphenyl (MonoBB)	NA	NA	NA	NA	
Dibromobiphenyl (DiBB)	NA	NA	NA	NA	
Tri bromobiphenyl (TriBB)	NA	NA	NA	NA	
Tetrabromobiphenyl (TetraBB)	NA	NA	NA	NA	
Pentabromobiphenyl (PentaBB)	NA	NA	NA	NA	
Hexabromobiphenyl (HexaBB)	NA	NA	NA	NA	
Heptabromobiphenyl (HeptaBB)	NA	NA	NA	NA	
Octabromobiphenyl (OctaBB)	NA	NA	NA	NA	
Nonabromobiphenyl (NonaBB)	NA	NA	NA	NA	
Decabromobiphenyl (DecaBB)	NA	NA	NA	NA	
Polybrominated Diphenyl Ethers (PBDE)	NA	NA	NA	NA	
Monobromodiphenyl Ether (MonoBDE)	NA	NA	NA	NA	
Dibromodiphenyl Ether (DiBDE)	NA	NA	NA	NA	
Tri bromodiphenyl Ether (TriBDE)	NA	NA	NA	NA	
Tetrabromodiphenyl Ether (TetraBDE)	NA	NA	NA	NA	
Pentabromodiphenyl Ether (PentaBDE)	NA	NA	NA	NA	
Hexabromodiphenyl Ether (HexaBDE)	NA	NA	NA	NA	
Heptabromodiphenyl Ether (HeptaBDE)	NA	NA	NA	NA	
Octabromodiphenyl Ether (OctaBDE)	NA	NA	NA	NA	
Nonabromodiphenyl Ether (NonaBDE)	NA	NA	NA	NA	
Decabromodiphenyl Ether (DecaBDE)	NA	NA	NA	NA	

Remarks : ppm=Parts per million based on dry weight of sample
 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ =Microgram per square centimetre
 mg/kg with 50 cm^2 =Milligram per kilogram with 50 square centimetre
 <=Less than
 ND =Not detected NA =Not applicable NR =Not requested
 * Lead RoHS limit for brass item is 40000 ppm.

(B) Test Method :

Testing Item	Testing Method	Reporting Limit
Cadmium (Cd)Content	With reference to IEC 62321:2008,by acid digestion and determined by ICP-OES	2 ppm
Lead (Pb)Content	With reference to IEC 62321:2008,by acid digestion and determined by ICP-OES	2 ppm
Mercury (Hg)Content	With reference to IEC 62321:2008,by acid digestion and determined by ICP-OES	2 ppm
Chromium VI (Cr6+)(For non-metal)	With reference to IEC 62321:2008,by alkaline digestion and determined by UV-VIS spectrophotometer	1 ppm
Chromium VI (Cr6+)(For metal)	With reference to IEC 62321:2008,by SPOT TEST	1 ppm (IN TESTING SOLUTION)
Chromium VI (Cr6+)(For metal)	With reference to IEC 62321:2008 ,by boiling water extraction and determined by UV-VIS spectrophotometer	0.02 mg/kg with 50 cm^2 (IN TESTING SOLUTION)
PBBs/PBDEs	With reference to IEC 62321:2008,by solvent extraction and determined by GC/MS and HPLC	5 ppm

NOTE : The above limits were quoted from 2002/95/EC and amendment 2005/618/EC for homogeneous material.

Şekil 19. Tesisat elemanına ait ROHS testi ve ağır metal inceleme sonuçları (EC, 2002)

Su dağıtım hatlarında kullanılan ekipmanlara ait genel olarak bilinmesi gereken ortak parametreler;

- Anma boyutu
- Basınç sınıfı
- Kv değeri
- Kontrol mekanizması
- Montaj şekli
- Malzeme-hammadde (idare isteğine bağlı) olarak belirtilebilir.

6.2. Malzeme Yönetimi

Su kayıp-kaçaklarının minimize edilmesi ve su hizmetlerinin sürekliliğinin sağlanması şebeke hatlarının sahadaki enstrümanlarına ve imalat kalitelerine bağlıdır. Malzemelerin uluslararası standartlara ve şartnamelere uygun temin edilmesinin dışında, hizmet ömrü boyunca takip edilerek idarelerin hizmet standartlarına göre yönetilmesi gerekmektedir.

6.2.1. Malzeme Ömrü Takibi

Şebeke elemanları ve sayaçlar kodlanarak CBS veri tabanına işlenir. İş emirlerine malzeme barkotları aracılığı ile temin tarihleri ve malzeme bilgileri girilir. Tüm bu malzemelerin geçirdiği bakım onarım ve değişimler ile arıza sayısı gibi faktörler kayıt altına alınarak ekonomik çalışma ömrü tanımlanır.

Malzemelerin değişken şebeke şartları altında bölgelere göre incelemesi yapılarak kurumsal hafıza oluşturulur. Garanti süreçlerinin takibi için veri sağlanır.

6.2.2. Malzeme Verimliliği

Malzemenin kullanım süresince ömür, bakım ve enerji ihtiyaçları, kullanım kolaylığı, temin edilebilirliği, servis imkanı incelenerek şebeke sistemine uygunluğu tayin edilir.

Malzeme verimliliği ekonomik faydayı ifade ettiği gibi işletme kolaylığı ve performansı da ifade eder.

6.2.3. Maliyet Analizi

Şebekelerde kullanılan malzemeler genel olarak idarelerce KİK hükümlerince alınmakta ve bu malzemelerde fiyat ana unsur olarak algılanmaktadır. Oysaki KİK hükümleri fiyat dışı kalite unsurlarının iyi tanımlanması koşuluyla daha kaliteli ve ilk yatırım maliyeti daha yüksek malzemelerin alımına imkan vermektedir.

Genel olarak şebeke malzemelerinin hurda fiyatları ilk yatırım maliyetlerine nispeten oldukça düşüktür. Dolayısı ile şebeke malzemelerinde ilk aranacak husus uzun ömürlü olup, çalışma ömrü boyunca en az bakım onarıma ihtiyaç duyacak şekilde temin edilmeleridir. Örneğin ucuza alınan bir basınç kırıcının faydalı ömrü boyunca daha pahalı bir ürüne nispeten 10-15 kat daha fazla arızalanması ve servis ücreti oluşturmaları, idare tarafından kabul edilebilir bir husus değildir. Alınan malzemelerin pek çoğunun toprak altı monte edilen elemanlar olması ve kazı ve asfalt giderleri gibi unsurların düşünülmesi ile kalitesiz malzemelerin maliyetleri anormal derecede artmaktadır. Sadece su kaybindan kaynaklanan kamu zararları alınan malzeme bedellerinin onlarca katıdır. Ayrıca hizmet kalitesinin aksamaması nedeniyle imaj zararı maddi hususlarla ölçülemeyecek kadar önemlidir.

Dolayısı ile malzemelere ait envanterlerin tutularak şebeke ömrü boyunca malzemelerin ne sıklıkla değiştiği ve ne kadarlık bir maliyet oluşturduğu detaylı olarak irdelenmelidir.

6.2.4. Ürün Geliştirme Faaliyetleri

İdareler tarafından şebekelerde kullanılan malzeme ve ekipmanlar gelişen teknolojik imkanlar dahilinde sürekli olarak yenilenmelidir. Ölçme aletlerinde ölçüm toleranslarının iyileştirilmesi, enerji verimliliği yüksek cihazların kurumlara kazandırılması, malzemelerin basınç dayanımlarının artması, alarım teknolojilerindeki gelişmeler, korozyon iyileştirmeleri, SCADA ekipmanlarının güncellenmesi, yazılımsal inovasyonlar gibi gelişmelerin kurumların AR-GE birimleri tarafında takip edilmesi ve idarelere kazandırılması su yönetiminde kayıp-kaçak miktarlarının azaltılmasında yarar sağlayacaktır.

6.2.5. Önleyici Bakım Onarım

Malzemelerde çalışma şartları sebebiyle sıkça yıpranan ve şebeke sistemindeki akışı durdurma ihtimali olan parçaların belirli zaman aralıklarında ön bakımdan geçirilmesini kapsar.

Basınç kırıcılar, diyafram ve pilot mekanizmalarının, filtrelerde süzgeç kısımlarının, vanalarda elastomer sitlerin, yangın hidrantlarında kapama ağızlarının, debimetrelerde ana hafıza yazılımının güncellenmesi, borularda çok eski kısımların değiştirilmesi gibi malzeme bakım onarımları şebekelerin ömrünü artırır, sürdürülebilir hizmete katkı sağlar.

6.2.6. Doğru Malzeme Seçimi

Su dağıtım şebekelerinde bir problem, birden fazla çözüm yolu içerebilir. Örneğin küçük çaplı bir boru hattında elastomer yataklı sürgülü vana ve kelebek vana ile hat izolasyonu sağlanabilir veya boru hattı düktil, çelik ya da HDPE borularla imal edilebilir.

Bu noktada seçim kriterleri idarenin ihtiyaçları, şebekenin durumu, işçilik ihtiyaçları, yatırım maliyetleri, kapasite verim ve enerji tüketimleri ile bakım onarım gereksinimleri göz önüne alınarak belirlenir.

En doğru seçimden maksat maliyet ve fayda arasında optimum çözümü sunabilmektir. Kaliteli imalatların yapıldığı bir ülkede, CTP boru yaygın olarak kullanılırken işçilik ve imalat sıkıntısı yaşanan bölgelerde çelik boru imalatları ön plana çıkmaktadır.

Su yönetiminde en doğru karar kurumsal hafızanın (şebeke ve malzemelere ilişkin deneyimlerin) teknolojik gelişmeler ışığında kalite kavramı dahilinde değerlendirilmesiyle verilecektir.

6.2.7. Stok Kontrolü

Her malzeme, kullanım yeri ve özellikleri göz önüne alınarak gruplandırılır. Malzemelerin stok giriş ve çıkışları takip edilerek malzemenin tüketim karakteristiği belirlenir ve acil durumlarda sürekli bulunabilirliği sağlanır. Ayrıca ihale süreçleri göz önüne alınarak olumsuz durumlara karşı stok oranı belirlenir.



Şekil 20. Açık alanda hatalı depolama sonucu paslanmış malzemeler

Stoktaki malzemelerin depolama şartları malzemelerin ömrü en uzun olacak şekilde düzenlenir. PE boruların güneş ışığına maruz kalmayacak şekilde depolanması, epoksi boya ve bitüm kaplı vana ve fittingslerin atmosfere açık ortamda muhafaza edilmemesi, boruların uçlarından kör tapalı şekilde

muhafazası, malzemelerin ezilme olmayacak şekilde istiflenmesi ve taşınması stok kontrolü kapsamındadır.



Şekil 21. UV ışınlarına maruz kalan hatalı depolanmış PE borular

6.2.8. Garanti Süreci Takibi

İdarelerin temin ettikleri malzemelerin yasal garanti sınırları ortalama 2 yıldır. Montajlı parçalarda 10 yıl parça temin garantisi istenmektedir. Bu noktada İhale Kanunu ile garanti süresi arasında uyumsuzluk bulunmaktadır. 15 yıl garanti istenen yapım ihalelerinde 2 yıl garantili malzemeler kullanılmaktadır.

İdareler genellikle arıtma tesisleri ile terfi merkezleri gibi pahalı tesislerde kaliteli ve pahalı ürünlere ait şartnameler yazarak temin yoluna giderken, şebeke malzemelerinde bu hassasiyet gösterilmemektedir. Oysaki ülkemizde kayıp-kaçak su zararı 15-17 milyar lira dolaylarında seyretmektedir. Ayrıca kalitesiz malzemedan kaynaklanan müteahhitlik giderleri henüz tespit edilememiştir.

Garanti sürelerinin Başbakanlık Genelgeleri ile tespit edildiği göz önüne alındığında, idarelerin uzun ömürlü şebeke imalatları yapabilmesi için detaylı teknik şartnameler yazmaları şarttır. Teknik yeterliliklerin artırılması yurtiçi piyasada teknolojik seviyenin artmasını ve kaliteli imalatları tetikleyeceği gibi ülkemiz açısından sağlam altyapıya sahip olma şansı sağlayacaktır.

6.3. Malzemelerde Korozyon ve Boya Teknolojisi

Boya, malzemelerin korozyona ve özel durumlarda da kimyasallara karşı korumasıdır. Ayrıca kamusal alanda sıkça rastlanan yangın hidrantları gibi malzemelerin dış görünüşleri, idarelerin imaj ve vizyonlarını da yansıtmaktadır.

Boyama işlemi;

- Boyanacak malzemenin yüzey kalitesinin ve pürüzlülük değerinin boya için uygun hale getirilmesi,
- Maruz kalınacak çevre şartları (güneş ışını, deniz suyu, agresif toprak vb.), kimyasallar ve insan sağlığı göz önüne alınarak doğru içerikli boyanın seçilmesi,
- Boyama işleminin uygun sıcaklık, iklimlendirilmiş atölye ve birkaç pasoda istenilen kalitede uygulanması aşamalarından oluşur.

Boyanmış yüzeyler sağlıklı depolama ortamlarında korunmalıdır.

Su Dağıtım Şebekelerinde Kullanılan Malzemelerde Boya

Su dağıtım şebekelerinde kullanılan malzemelerde özellikle toprakla temas eden yüzeylerde ciddi korozyon sorunları oluşmaktadır. Özellikle oyulma korozyonu sıkça görülmektedir. Toprağın saldırganlık grubu oyulma korozyonu miktarını belirlemektedir. 4000 ohm cm'den büyük toprak dirençli topraklar saldırgan olmayan, 3000 ohm cm'den az dirençliler saldırgan, 1000 ohm cm'den daha düşük dirençliler ise aşırı saldırgan toprak grubuna girer (Cerit, 1994). Toprağın oksijence zayıf olması korozyonu tetikler. Killi topraklarda korozyon miktarı fazladır. Kumlu topraklar oksijen miktarınca zengin olduğundan, korozyon olarak killi toprağa göre daha dirençlidir. Gömülü boru hattı ve fittingslerde toprak cinsi iyi tespit edilmelidir. Gömülü boru hatlarında alınabilecek tedbirler;

- Korozyon dayanımı olan malzemelerin seçilmesi,
- Borunun organik veya inorganik materyalle kaplanarak katodik korumayla korunması. Ayrıca gömülü borular belirli aralıklarla katodik ölçüme tabi tutularak kaplamalarında hasar meydana gelip gelmediği önleyici bakım onarım kapsamında kontrol edilmelidir.
- Vana ve fittingslerin oda ile korumaya alınması (pahalı bir yöntemdir.)
- Vana ve fittingslerin yağlandıktan sonra koruyucu sargı marifetiyle sarıldıktan sonra gömülmesi uygulamaları yapılabilir.



Şekil 22. Korozyona uğramış sürgülü vanalar

Şekil 22'de iç ve dış boya tabakasının aşınması sonucu korozyona uğrayan vana örneği görülmektedir.

Boru hatları ve abone bağlantılarında birden fazla farklı metalden oluşan montaj bileşenleri ve imalatlar galvanik korozyon için potansiyel risk oluşturmaktadır. Kaçak veya sızıntı durumunda hattın oksijenle zenginleşmesi korozyonu tetikler.

Borularda korozyona sebep olan bir diğer husus boru hattının sabit mesnetlenmemesinden kaynaklanan titreşimlerdir. Bu titreşimler korozyon ve oyulma meydana getirir.

Deniz suyu arıtma tesislerinde ve deniz suyu terfi istasyonu ve boru tasarımlarında ise korozyon oluşmaması için 1,5 m/snlik boru içi akış hızının altına düşülmemesi gerekmektedir (Cerit, 1994).

Türkiye’de sular idareleri kendi bünyelerinde korozyon zararları ve boru hatlarındaki imalatlarının korozyon dayanımlarına ilişkin henüz ciddi bir çalışma yapmamışlardır. Avrupa’da milyarlarca euro, Amerika’da milyarlarca dolar zarar oluşturan korozyon ve etkilerinin mutlaka detaylı şekilde araştırılması ve gereken tedbirlerin su yönetimi idarelerince alınması gerekmektedir.

Sular idarelerince korozyona karşı aşağıdaki değerlendirmelerin yapılması uygun olacaktır;

- Boyama ve kaplamaların sağlıklı uygulanabilmesi için şebeke malzemelerinin tasarım şekillerinin sade olmasına dikkat edilmeli,
- Korozyona dayanımlı malzeme seçilmeli,
- Kaplama ve boya çözümlerinin detaylı olarak incelenerek en uygun çözümün saha uygulamalarına yansıtılması,
- Uygun boya seçimi yapılarak boyama imalatlarının kalitesinin kontrol edilmesi ve muayene ve kabullerin uygun testlerle sağlıklı yapılması,
- Tamir parçaları ve şebeke rehabilitasyonlarında doğru malzemeye dayalı çözüm üretilmesi,
- Önleyici bakım onarım yapılması,
- Özellikle vana odaları ve toprakaltı bölümlerde çalışma koşullarının düzenlenmesi (vana odaları, DMA odaları ve ekipman bulunan tahliye yapılarının su dolu ortamlarda çalışmasının önüne geçilmesi, çamurlu ortamların engellenmesi),
- Çinko kaplama, nikel kaplama, polietilen kaplama gibi imalat yöntemlerinin sahada uygulanabilirliğinin araştırılması ve alternatif çözümler geliştirilmesi.

Şebeke Malzemelerinin Boya İhtiyaçlarının İncelenmesi

Su dağıtım hatlarında genel olarak iç ve dış boyamaya başvurulur. Kitabın ilgili bölümlerinde geçtiği üzere hijyen standartlarını sağlayacak kalitede boya içeriği ile kaliteli imalat yapılması gerekmektedir.

Pirinç gibi doğal dirençli malzemelerde boya ihtiyacı yoktur. Ayrıca pirinç malzemeler bakteri oluşumunu engellediği için pirinç yüzeylerin boyanması uygun olmayacaktır. PE borular korozyona ve kimyasallara karşı dirençlidir. Çelik borular kaplama ile beraber katodik koruma şartı ile uzun ömürlüdür. CTP borular ve beton borular korozyona karşı mukavimdirler. EN GJS (GGG) ve EN GJL (GG) dökme demirden mamul vanalar ve fittingsler iç ve dış boyamaya ihtiyaç duyarlar. POM malzemeler korozyon dayanımı yüksek malzemelerdir. Galvaniz kaplı malzemeler galvanizleme kalitesine göre korozyon performansı gösterirler. Paslanmaz çeliklerde yüksek dayanım ve görünüm şıklığından dolayı boyamaya başvurulmaz. Hidrantlarda korozyon dayanımı ve UV dayanımını sağlayacak boyama gereklidir.

Boyama Kalitesi ve Testler

İyi hazırlanmış bir malzemeye kaliteli boyama işlemi yapılabilmesi için boya metodunun doğru seçilmesi gerekmektedir. Genel olarak püskürtme ve daldırma yöntemleriyle epoksi boya uygulamaları

kullanılmaktadır. Bunun dışında nanoteknolojik boyalar, metal kaplamalar gibi çeşitli uygulamalar pompa ve fittingslere uygulanmaktadır.

Daldırma ile boyama işlemi prosedürlerine uygun olarak uygulandığında püskürtme ile boyamaya (elektrostatik) nazaran daha homojen kalınlık ve daha iyi yapışma özelliklerine sahiptir. Önde gelen üreticilerin boyama proseslerinde daldırma ile boyama metodunu kullandıkları gözlemlenmektedir.

Boyama işleminin başarılı olması aynı zamanda döküm kalitesi ve talaşlı imalat kalitesiyle doğru orantılıdır. Yüzey pürüzlülük değerleri hassas seçilen parçalarda, iyi uygulanan boyamalar daha uzun ömürlü ve kaliteli olmaktadır.

Boyama işleminde bir diğer husus ise yüzey kalitesi için boyama öncesi fosfatlama veya yağ temizleme, yüzey boşluğu doldurma gibi işlemleri içeren malzeme banyolarına tabi tutmadır. Su idareleri karşılaştıkları sorunlara göre boyama proses adımlarını belirlemelidirler.

Dökme demirlerin boya uygulamalarında genel olarak birkaç pasta halinde boyanın atılması ve boyanacak gövdenin 220 derecelere kadar ısıtılarak boya havuzuna daldırılması gibi işlemler uygulanmaktadır. Malzeme sıcaklığı boyanın yapışması için belirleyici bir unsurdur. Boya yapılacak atölyenin sıcaklık değişimlerine karşı iklimlendirilmiş olması ve boya ekspertleri tarafından boyama proseslerinin takip edilerek raporlandırılması, boyama kalitesini artıracaktır.

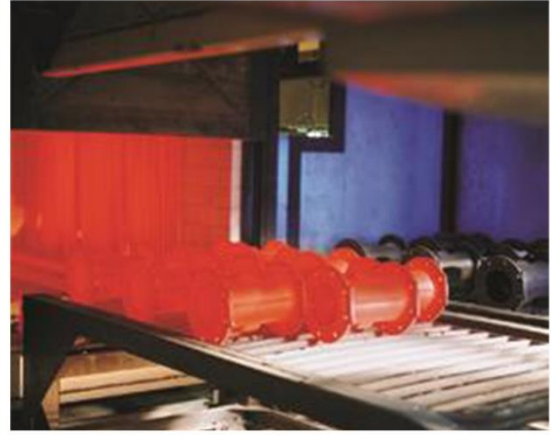
Su idarelerinde boya kaynaklı oluşan korozyonların temel nedeni, idarelerin boya kalınlığı üzerinden boya testlerini yürütmeleri temellidir. Detaylı yazılacak şartnamelerde boyalara ilişkin darbe testi, yüzey boşluğu testi, subsurface migration testi, kimyasallar karşısında çözünmeme testi, adezyon testi gibi detaylı testlerin belirtilmesi ve akredite kurumlarda kontrolü ile korozyon zararları minimuma indirgenebilecektir.

Mümkün olduğunca boyama öncesi malzemelerin talaşlı imalatlarının bitirilmiş olmasına özen gösterilmelidir. Ayrıca CNC ile açılmış dişli parçalar ile gövde montajları sonrası gövde boyasında oluşacak tahribatlar takip edilmeli, pil etkisini gidermek için kaliteli boya tamiratları yapılmalıdır.

Boyama ile ilgili olarak tüm anlatılan hususlar muayene tesellüm heyetlerinin imalata ve boyama teknolojisine vakıf olmasını gerektirmektedir. İdarelerin teknik eleman yetersizliklerinin bulunması halinde kontrol hizmetlerinin uzman akredite kontrol danışmanlık firmalarına yaptırımları uygun olacaktır. Korozyon yollu oluşan malzeme zararı ve kazılı imalat masrafları danışmanlık ve hizmet alımı yoluyla harcanacak maliyetlerde kıyas edilemeyecek boyutta fazladır.



- Dökümü görsel olarak temizlemek için gövdenin kumlanması işlemi



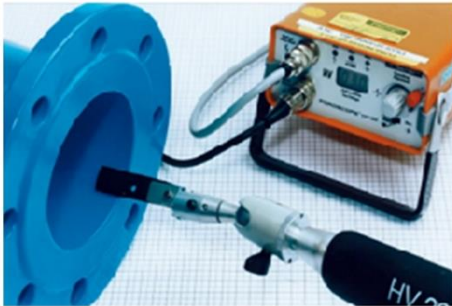
- Boyama öncesi ısıtıl işlem uygulanması



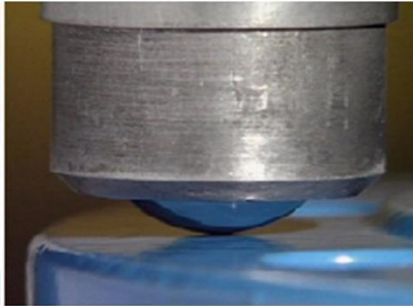
- Elektrostatik ya da daldırma yöntemi ile boyanın uygulanması



- Kaplama kalınlığının ölçümü



- Kaplama kalitesinin fırça elektrot ile elektriksel olarak tespit edilmesi



- Boya darbe dayanım testi



- Boya yoğuşma testi

Şekil 23. Sürgülü vanalara uygulanan epoksi boyalara ilişkin bazı uygulama metotları ve testler (AVK, 2016)



Şekil 24. Boyası tahrip olmuş, kullanılmamış altyapı malzemeleri

Şekil 24’te atmosfere açık koşullarda depo edilen malzemelerin uğradığı korozyon görülmektedir. Kapalı alanlarda muhafaza edilen boyalı malzemeler, güneş ışınlarından ve değişik hava koşullarından dolayı oluşacak yıpranma ve hasara karşı daha uzun ömürlüdür.



Şekil 25.Metal yataklı sürgülü vanada kullanıma dayalı oluşan tahribat

Şekil 25'te iç yüzeyi korozyona uğramış bir sürgülü vana görülmektedir. İç yüzey boyasının deforme olmasının akabinde vana zamanla bu hale gelmektedir.

6.4. Su Yönetimi Kapsamında Kullanılan Malzemelere Genel Bakış

Su dağıtım şebekelerinde kullanılan malzemeler pek çok alternatif içermekte olup genel olarak malzeme hammaddesinin farklı oluşu, sızdırmazlık elemanı detayları, ölçüm hassasiyetleri, mukavemet dayanımları, kullanım kolaylıkları, yerli üretilebilirlik, maliyet unsuru gibi sebeplerle idarelerce değerlendirilerek temin edilmektedirler.

Örneğin doğu bölgelerimizde düşük sıcaklıkta çalışma sebebi ile boru malzemelerinin esneklik faktörü ön plana çıkarken, batı bölgelerde altyapı çalışmalarının sık yapılması ve dış etkenler sebebi ile darbe dayanımı, mukavemet özellikleri, kimyasal faktörlere dayanım gibi özellikler ön plana çıkmaktadır.

Yine yetersiz işçilik sebebi ile kullanıcı faktörü göz önüne alınarak basit monte edilebilen, teknik beceri ve proses gerektirmeyen, sık bakım onarım istemeyen malzemeler seçilmektedir. Örneğin idarelerin baca kullanımı ortak olmasına rağmen yükseltilebilir baca kapağının montaj öncesi gereksinimleri, sahada kontrol edilme sıklığı ve montaj aparatı gereksinimleri nedeniyle her idare tarafından kullanılmamaktadır.

Su yönetimi yapan kurumlardaki en büyük eksiklik saha imalatı yapan personelin yeterli teknik donanımına sahip olmaması sebebi ile malzemelerin montaj, kurulum ve imalatlarında hata yapmaları ve malzeme yönetimine yeterli katkıyı sağlayamamalarıdır. Örneğin kolay tamir parçaları ile boru tamiratyapılırken su kesintisini müteakip civata bağlantıları yapılmakta ve tranşeler kapatılmaktadır. Oysaki yüksek basınçlı hatlarda ilk basınç etkisiyle civataların su verildikten sonra tekrar ön gerilmeye maruz bırakılarak son montajın bitirilmesi ve kontrolden sonra tranşenin kapatılması gerekmektedir.

Kaliteli malzemelerin işçilik hatası nedeniyle yanlış değerlendirilmesi ve kullanımının terk edilmesi de bir diğer sorunu teşkil etmektedir. Paslanmaz çelik civataların alaşımlı çelik civatalara karşı korozyon dayanımları daha yüksek olmasına rağmen flanşlı civata bağlantılarında, civata sıkma sırasına riayet edilmemesinden dolayı paslanmaz çelik civatalarda dış sıyrması olması ve bu nedenle alaşımlı çelik civata kullanımının tercih edilmesi bu konuya örnek teşkil etmektedir.

Dolayısı ile malzeme seçimi ve işçilik ayrılmaz bir bütün olarak dikkat çekmektedir. Malzeme temin etmek kadar uygulama personelinin malzemelere hakimiyetinin sağlanması da son derece önem arz etmektedir.

Su idarelerinin imalatlarında eğitim sertifikalı elemanlar çalıştırması ve kontrolörlerin yine konularına vakıf teknik elemanlardan oluşması malzeme yönetimin ilk aşamasıdır. Zira planlama ve işletmede talep ve sorunların teknik çözümleri irdelenmeden temin edilecek malzemelerde uygulama aşamasında sorunlar yaşanmaktadır.

Malzemelerin İdarece Temin Edilmesi

Malzemelerin idarece temin edilmesi aşamasında aşağıdaki sorunlarla karşılaşilmektedir:

- Malzeme temini için uzmanlaşmış bir bölüm bulunmamakta; birimlerdeki mühendislik fakültesi mezunu personel uzman olarak görevlendirilerek alım yapılmaktadır.
- Teknik elemanlar mezun oldukları branşlara göre görevlendirmeye tabi tutulmamaktadır.
- İdaredaki personel görevlendirmelerinden dolayı uzman personel uzun süre aynı görevi yapamamaktadır. Uzmanlaşma sağlanamamaktadır.
- Muayene tesellüm üyeleri, şartname hazırlayacak ve değerlendirecek teknik yeterliliğe sahip olmadığından dolayı tesellüm işlemleri verimli yapılamamaktadır.

Malzeme temini ve tesellümü konusunda idarelerde konuyla ilgili bir birimin kurulması ve uzman personelin elden geldiğince korunması bu duruma bir çözüm olarak görülmektedir.

6.4.1. Sertifikasyon

Su yönetimi yapan belediye ve idarelerin istihdam ettikleri personelin ulusal ve uluslararası standartlara sahip mesleki yeterliliğe sahip olmaları gerekmektedir. Ülkemizde kayıp-kaçak çalışmaları saha tecrübesi olan personel tarafından yürütülmekte olup, eğitim sertifikasyon çalışmalarına henüz başlanılmamıştır. Bu konu Türkiye’de su test ve araştırma merkezlerinin henüz kurulmaması ile yakından alakalıdır.

Su yönetimi konusunda gelecekte ülkemizde sertifikalı su yönetimi uzmanlarının kayıp-kaçak faaliyetlerini yönetmeleri ve sahada çalışan personelin akreditasyon yaptırmış kurumlar tarafından yeterlilik sertifikalarına sahip olarak çalıştırılmaları, ana hedeflerden olmalıdır.

Kayıp-kaçak çalışmaları konusunda su yönetimi uzmanlarının;

- Şebeke planlama ve hidrolik bilgisi
- Hidrolik model kullanımı ve saha kalibrasyonu
- DMA odası tasarımı
- Malzeme bilgisi ve yönetimi
- CBS yazılımı uzmanlığı
- Saha varlıklarının (su dağıtım şebekeleri, depolar, SCADA merkezleri, terfi istasyonları vb.) kurulumu ve yönetimi konusunda yeterli eğitimi almış olmaları gerekmektedir.

Sahada imalat yapan personelin şebekelerde kullanılan malzemelere ilişkin;

- Borulama ve fittingsler
- Metal malzeme kaynakları
- HDPE ve PE kaynakları
- Montaj usulleri
- Malzeme bilgisi ve yönetimi
- RTU ve SCADA ekipmanları kurulumu
- Bakım – Onarım
- DMA odalarının kurulumu ve kalibrasyonu
- Acil durum uygulamaları vb. konularda yeterlilik eğitimlerini alarak sertifika almaya hak kazanmış personelden istihdam edilmesi önem arz etmektedir.

Ayrıca su yönetimi ve test merkezlerinin her bölgede kurulması, TSE önderliğinde su yönetimi konusunda ulusal standartlarımızın ve imalat yönetmeliklerimizin oluşturulması, ulusal bazda su yönetim hafızası oluşturularak sürekli güncellenmesi, yeni teknolojilerin ulusal çıkarlarımız doğrultusunda su idarelerine kazandırılması, kısıtlı imkana sahip idarelerin fon oluşturularak desteklenmesi gibi faaliyetlerin önümüzdeki yıllarda kayıp-kaçak çalışmaları kapsamında değerlendirilmesi öngörülebilir.

6.4.2. Su Dağıtım Hatlarında Kullanılan Borular

Su isale hatları ve şebeke hatlarında genel olarak çelik boru, HDPE boru ve düktil borular kullanılmaktadır. Az da olsa eski imalatlardan kalan asbest boru ve ön gerilmeli beton borulara da isale hatlarında rastlanmaktadır.

6.4.2.1. Çelik Borular

Özellikle isale hatlarında kullanılmakta olan çelik borular, çap boyutlarına göre farklı kimyasal analiz değerlerine sahip çeliklerden üretilirler. Çelik borular kaplama ve katodik koruma marifetiyle 50 seneyi bulan ömürlerde sorunsuz çalışabilirler. Çelik boruların düz boy, ovallik, et kalınlığı, çap toleransları dahilinde üretilmelerine dikkat edilir.

Aşağıda İSKİ Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış çelik boru şartnamelerine göre çelik boru teknik özelliklerine dair çeşitli tablolar verilmiştir.

Çelik Kalitesi		Çekme Özellikleri					Vurma Özellikleri		
Çelik Adı		T(mm) için Üst Akma Dayanımı REH ^b en az MPa*		Çekme Dayanımı MPa* Rm	Uzama A en az % bc		Çeşitli sıcaklıklarda (°C) en düşük		
TS EN 10217-1'e göre	TS EN 10025-2'ye göre	T ≤ 16	16 < T ≤ 40		l	t	0	-10	0
P235TR1*	S235JR	235	225	360 – 510	25	23	–	–	–
	S275JR	275	265	410 – 560	23	21	–	–	–

Boru çapı(D) ≤ 2235 için S235JR malzeme kullanılır.
Boru çapı(D) > 2235 için S275JR malzeme kullanılır.

a) Et kalınlığı > 40 mm için mekanik özellikler anlaşmaya tabidir.
b) TS EN 10217-1 Madde 11.2'ye bakınız.
c) l=uzunlamasına ; t= enine
d) Opsiyon 5 ilave olarak uzunlamasına vurma dayanımı -10 °C'de doğrulanacaktır.
e) Bu malzeme kalitelerinde yapılan boruların başka kriter göz önüne alınmadıkça Direktif 97/23/EC'nin özelliklerini desteklemesi beklenmez.

* 1 MPa= 1 N/mm²

Kimyasal Bileşim Kütlece % Değeri (Döküm Analizi)						
ÇELİK KALİTESİ	C En Çok	Mn En Çok	P En Çok	S En Çok	N En Çok	Cu En Çok
ÇELİK ADI						
EN 10025-2'ye göre						
S235JR	0,17	1,40	0,035	0,035	0,012	0,55
S275JR	0,21	1,50	0,035	0,035	0,012	0,55

Boru çapı (D) ≤ 2235 için S235JR malzeme kullanılır.
Boru çapı (D) > 2235 için S275JR malzeme kullanılır.

İmalat işlemi		İmalat işlem akışı		Teslim şartları	Kalite sınıfı
İşlem	Sembol	Başlangıç	Şekillendirme işlemi		
Toz altı ark kaynaklı Spiral kaynaklı	SAWH	Sıcak haddelenmiş halde rulo	Soğuk şekillendirilmiş (+ kaynaklı)	Kaynak edildiği gibi	TR1

Şekil 26. Çelik boru şartnamelerine göre çelik boru teknik özelliklerine dair çeşitli tablolar (İSKİ, 2016)

Çelik boruların dayanımlarının artırılması amacıyla dış ve iç yüzeyleri kaplama işlemine tabi tutulur.

Çelik boruların dış yüzeyleri genellikle 3 kat olarak kaplanır. Dış yüzeyde yüzey hazırlığını müteakip ısıtma işlemi uygulandıktan sonra 1. kat epoksi, 2. kat yapıştırıcı, 3. kat PE kaplama olarak dış boru yüzeyi kaplanır. Bu kısımda dikkat edilmesi gereken husus PE kaplamanın standartlarda verilen tolerans aralığında et kalınlığına sahip olması gerektiğidir.



Şekil 27. Boru dış yüzeyinin kaplanması

Boruların iç yüzeyi de hijyenik uygunluk ve yüksek korozyon dayanımı göz önüne alınarak beton kaplama yapılır. Dikkat edilmesi gereken hususlar beton kaplama içeriği, kaplama kalınlığı ve işlem öncesi yüzey temizliğidir.



Şekil 28. Boru iç yüzeyinin kaplanması

Şekil 27 ve 28’de İSKİ tarafından temin edilen çelik borular, imalat süreci devam ederken gösterilmiştir.

Tablo2. Çelik boruların standartlardaki gösterimleri (TSE EN 10025-2, 2006)

TS EN 10025-2:2004'e göre gösteriliş		EN 10025:1990+A1:1993'e göre		EN 10025:1990 :1990'a göre	DIN 17100'e göre Almanya	NF A 35-501'e göre Fransa	Eş değer eski kısa gösterimler	UNE 36-080'e göre İspanya	UNI 7070'e göre İtalya	NBN A 21-101'e göre Belçika	SS 14 sonra çelik cinsine göre İsveç	NP 1729'a göre Portekiz	M3116'ya göre Avusturya	Çelik cinsi numarasına göre Norveç
S185	1.0035	S185	1.0035	Fe 310-0	St 33	A 33		A 310-0	Fe 320	A 320	13 00-00	Fe 310-0	St 320	
S235JR	1.0038	S235JR	1.0037	Fe 360 B	St 37-2	E 24-2		AE 235 B-FU	Fe 360 B	AE 235-B	13 11-00	Fe 360-B	Ust 360 B	NS 12 120
S235J0	1.0114	S235J0	1.0036	Fe 360 BFU	St 37-2			AE 235 B-FN					Rst 360 B	NS 12 122
a	a	S235J2G3	1.0038	Fe 360 BFN	Rst 37-2	E 24-3	40 B	AE 235 C	Fe 360 C	AE 235-C	13 12-00	Fe 360-C	St 360 C	NS 12 123
S275J2	1.0117	S235J2G4	1.0038	Fe 360 C	St 37-3 U		40 C						St 360 CE	NS 12 124
S275JR	1.0044	S235J2G3	1.0116	Fe 360 D1	St 37-3 N	E 24-4	40 D	AE 235 D	Fe 360 D	AE 235-D		Fe 360-D	St 360 D	NS 12 124
S275J0	1.0143	S235J2G4	1.0117	Fe 360 D2	--									
a	a	S275JR	1.0044	Fe 430 B	St 44-2	E 28-2	43 B	AE 275 B	Fe 430 B	AE 255-B	14 12-00	Fe 430 B	St 430 B	NS 12 142
S275J2	1.0145	S275J2G3	1.0143	Fe 430 C	St 44-3 U	E 28-3	43 C	AE 275 C	Fe 430 C	AE 255-C		Fe 430 C	St 430 C	NS 12 143
a	a	S275J2G4	1.0145	Fe 430 D1	St 44-3 N	E 28-4	43 D	AE 275 D	Fe 430 D	AE 255-D	14 14-00	Fe 430 D	St 430 CE	NS 12 143
S355JR	1.0045	S275J2G3	1.0145	Fe 430 D2	--						14 14-01		St 430 D	
S355J0	1.0553	S355JR	1.0045	Fe 510 B	--	E 36-2	50 B	AE 355 B	Fe 510 B	AE 355-B		Fe 510-B	St 510 C	NS 12 153
a	a	S355J0	1.0553	Fe 510 C	St 52-3 U	E 36-3	50 C	AE 355 C	Fe 510 C	AE 355-C		Fe 510-C	St 510 D	NS 12 153
S355J2	1.0577	S355J2G3	1.0570	Fe 510 D1	St 52-3 N		50 D	AE 355 D	Fe 510 D	AE 355-D		Fe 510-D		
a	a	S355J2G4	1.0577	Fe 510 D2	--									
S355K2	1.0596	S355K2G3	1.0595	Fe 510 DD1	--	E 36-4	50 DD			AE 355-DD		Fe 510-DD		
S450J0	1.0590	S355K2G4	1.0596	Fe 510 DD2	--									
E 295	1.0050	E 295	1.0050	Fe 490-2	St 50-2	A 50-2		A 490	Fe 490	A 490-2	15 50 00	Fe 490-2	St 490	
E 335	1.0060	E 335	1.0060	Fe 590-2	St 60-2	A 60-2		A 590	Fe 590	A 590-2	15 50-01	Fe 590-2	St 590	
E360	1.0070	E360	1.0070	Fe 690-2	St 70-2	A 70-2		A 690	Fe 690	A 690-2	16 55 00	Fe 690-2	St 690	
											16 55-01			

^a Mamul N durumunda teslim edildiğinde kısa gösterimlere +N ilâve edilmelidir (Bk. Madde 4.2.2).

Çelik Boru Hatlarının İmalatı

Çelik boruların imalatında aşağıdaki hususlara dikkat edilir;

- İmalatı yapılacak boruların iç ve dış yüzeylerinin hasar ve hijyen kontrollerinin yapılması,
- Hendeklerin standartlar dahilinde açılması,
- Standart ve şartnameler doğrultusunda kaynak işleminin yapılması,
- Kaynak sonrası ultrasonik metotlar ve gerekmesi halinde röntgen muayenesi yapılması,
- İmalat sırasında boru kaplamalarının korunması, hasar gören kısımların onarılması,
- Kaynak sonrası boru yataklamasının uygun yapılması,
- İmalat sonrası hidrolik testlerin uygulanması,



Şekil 29. Melen çelik boru imalatından bir görüntü

Ayrıca isale hatlarında hat içerisinde oluşabilecek hava ceplerinin tahliyesi için pik noktalarda vantuz kullanımı ve bazı durumlarda hattın boşaltılabilesi için tahliye odası gibi yapıların projelendirmede göz önüne alınması gerekmektedir.

6.4.2.2. Düktil Borular

Düktil borular Şebeke içi dağıtım boruları olarak kullanılmaktadır. İsale hatlarında kullanılan  elik borulara göre daha küçük çaplarda temin edilmektedirler (<Ø 350 mm).

Düktil boru ve fittingsler muflu lastik contalı montaj sağlayabilen yapıda imal edilmiş olmasđ sebebiyle altyapđ inŐaatlarında kullanıldığından,  elik pik ve diğer altyapđ malzemelerinden çok daha uzun ömürlü hizmet vermektedirler. İ  yüzeyleri beton kaplama, dđŐ yüzeyleri ise çinko kaplama yapılarak korozyon dayanımları artırılmaktadır. Kaynak işlemi gerektirmemesinden dolayı montaj kolaylıđđ sağlar.

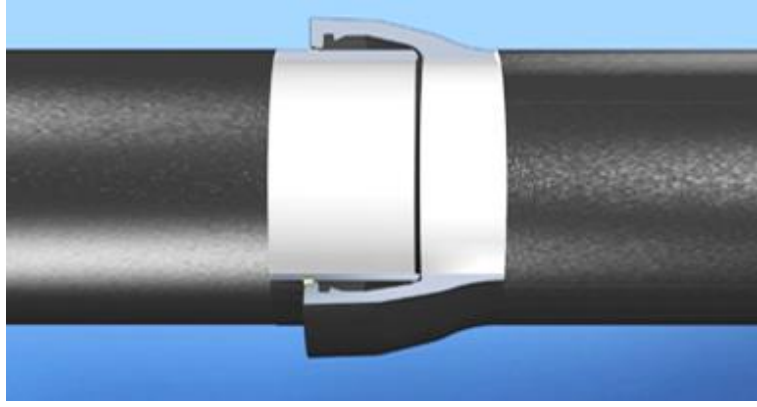


Şekil 30. Düktil Boru (İSKİ, 2011)

DUKÜTL FÖNT BÖRÜ VE FİTİNGS - ŞEBEKE TESİSAT MALZEMELERİ LİSTESİ
PARÇA BÖYLARİ(mm)

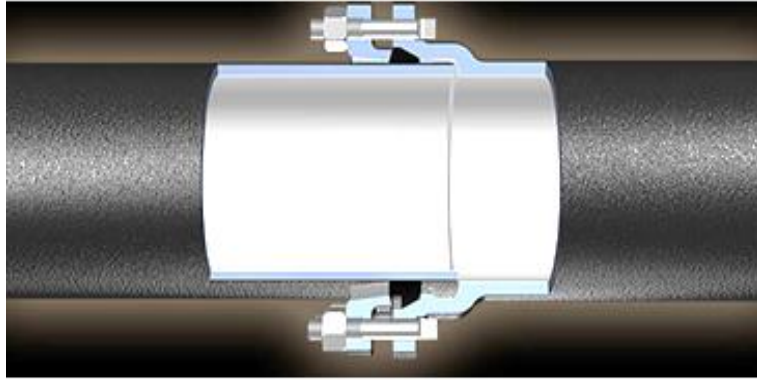
ÇAP	BÖRÜ	F	EU	U	N	YANA	MMK 80°	MMK 45°	MMK 22°	MMK 11°	MG 80°	MK 45°	MK 22°	MK 11°	Q 80°	FFK 45°	FFK 22°	FFK 11°	KÖK İLAKKA	SÖN KAPAKKA
Ø	Ø																			
100	0.011	360	130	160	282.6	300/190	240	130	80	70	456	338.4	295.9	275.9	360	280	280	280	17	91
150	0.016	380	135	165	345.4	350/210	340	170	110	80	593.5	417.6	304.3	323.3	440	320	320	320	17	97
200	0.023	400	140	170	408.2	400/230	440	220	130	90	717	482.8	396.8	366.7	520	360	360	360	17	101
250	0.039	420	145	175	549.5	450/250	540	260	150	100	880	560	455	400	700	700	700	420	17	108
300	0.059	440	150	180	628	500/270	640	300	170	110	980	651	521.7	462.6	800	800	510	540	17	109
350	0.083	460	155	185	708.5	550/270	740	350	190	120					900	600	596	596	17	110
400	0.112	480	160	190	785	600/270	840	390	220	130					1000	650	648	648	20	110
450	0.144	500	165	195	863.5	600/270	980	440	240	140					1100	700			20	110
500	0.181	520	170	200	942	700/270	1040	480	280	150					1200	750	750	750	20	120
CH.Bİ	Ø	100-100	150-100	150-150	200-100	200-150	200-200	250-100	250-150	250-200	250-250	300-100	300-150	300-200	300-250	300-300	350-100	350-150	350-200	350-250
MMA		190	195	255	200	255	315	200		315	375	205		260	320	435	325		325	
MMB		190	195	255	200	255	315	200		315	375	205	260	320	375	435	205			
T		360	440	440	520	520	520	700	700	700	700	800	800	800	800	800	850	850	850	850
MMR			150		250	150		350	250	150			350	250	150				360	260
FFR			200		300	300			300	300			300	300	300				300	300
CH.Sİ	Ø	350-300	350-350	400-100	400-150	400-200	400-250	400-300	400-350	400-400	450-100	450-150	450-200	450-250	450-300	450-350	450-400	450-450	500-100	500-150
MMA			495	270	270	325		445		560									330	
MMB				270	270	325	385	445		560									330	330
T		850	850	900	900	900	900	900	900	900	950	950	950	950	950	950	950	950	1000	1000
MMR		160				460	360	260	160							260	160			
FFR		300					300	300	300						300	300	300			

Şekil 31. Su dağıtım hatlarında sıklıkla kullanılan düktül font boru ve fittings-şebeke tesisat malzemeleri listesi



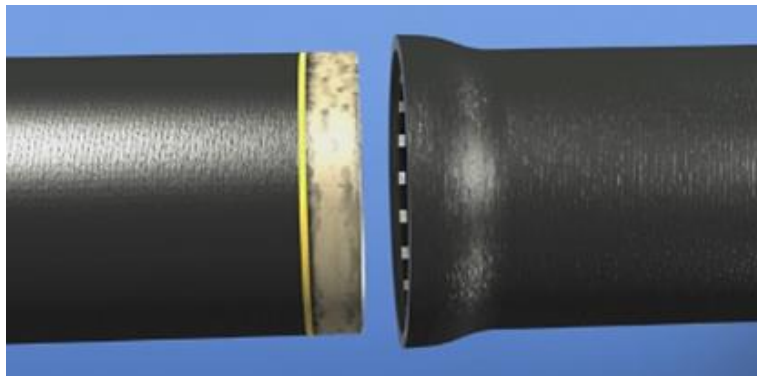
Şekil 32. Fastite joint pipe (ACIPCO, 2016)

Şekil 32’de conta ve muftan oluşan bağlantı tarzı görülmektedir.



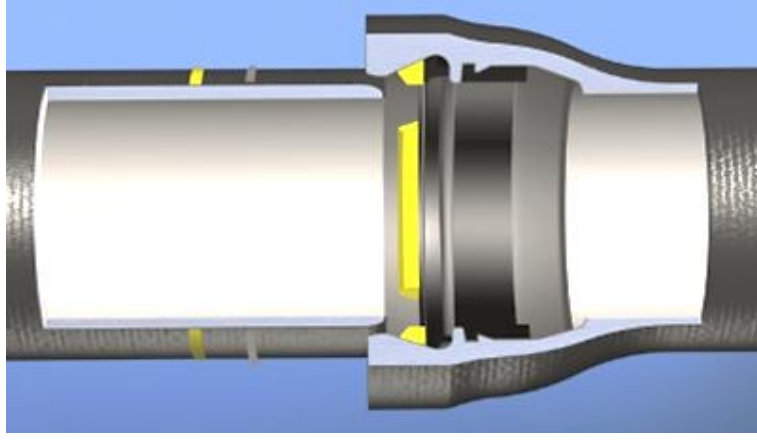
Şekil 33. Mechanical joint pipe (ACIPCO, 2016)

Şekil 33’te muf ve contaya ek olarak civatalı mekanik bağlantılı düktül boru gösterilmiştir. Afet durumları göz önünde bulundurularak kullanılabilir.



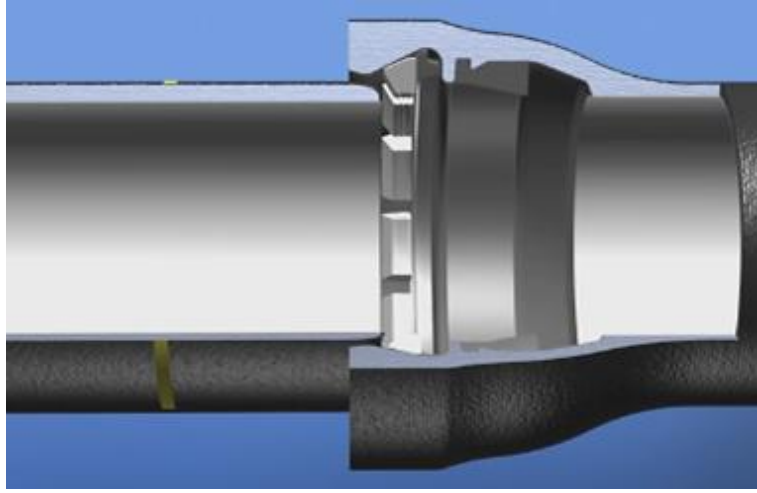
Şekil 34. Fastite joint pipe with fast - grip gasket (ACIPCO, 2016)

Şekil 34’te muflu düktül borunun montaj öncesi hazırlanması gösterilmektedir.

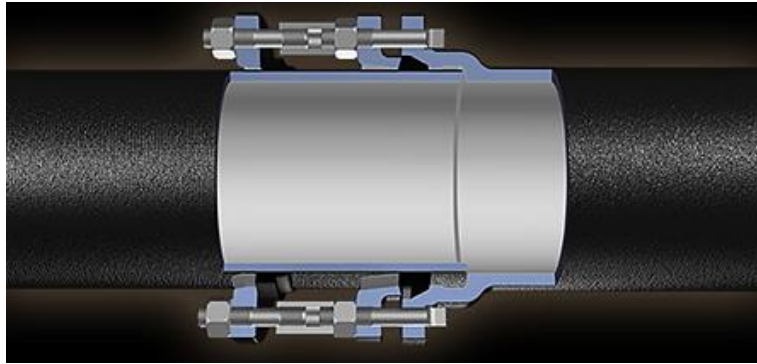


Şekil 35. Flex-Ring joint pipe (ACIPCO, 2016)

Şekil 35’te çok katmanlı conta korumalı muflu düktil boru gösterilmektedir.



Şekil 36. Field Flex-Ring joint pipe (ACIPCO, 2016)



Şekil 37. Mechanical joint coupled joint pipe (ACIPCO, 2016)

Şekil 37’de çift taraflı civata bağlantısına sahip kesme ve basma gerilmelerine karşı mukavim muflu ve mekanik bağlantılı düktil boru gösterilmektedir.



Şekil 38. Flex-Ring fittings (ACIPCO, 2016)

Muflu bağlantılı dirsek



Şekil 39. Wall pipe (ACIPCO, 2016)

Çift taraflı flanşlı bağlantı parçası



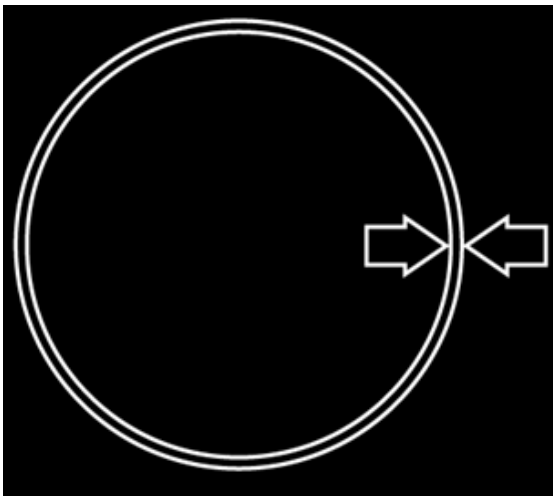
Şekil 40. Mechanical joint fittings (ACIPCO, 2016)

Ana boruya flanşlı, branşmana ise muflu bağlanabilen düktil boru fittingsleri



Şekil 41. Lok-Ring fittings (ACIPCO, 2016)

Muflu bağlantılı dirsek



Size (in.)	Outside Diameter (in.)	Pressure Class				
		150	200	250	300	350
		Nominal Thickness in Inches				
4	4.8	-	-	-	-	0.25
6	6.9	-	-	-	-	0.25
8	9.05	-	-	-	-	0.25
10	11.1	-	-	-	-	0.26
12	13.2	-	-	-	-	0.28
14	15.3	-	-	0.28	0.3	0.31
16	17.4	-	-	0.3	0.32	0.34
18	19.5	-	-	0.31	0.34	0.36
20	21.6	-	-	0.33	0.36	0.38
24	25.8	-	0.33	0.37	0.4	0.43
30	32	0.34	0.38	0.42	0.45	0.49
36	38.3	0.38	0.42	0.47	0.51	0.56
42	44.5	0.41	0.47	0.52	0.57	0.63
48	50.8	0.46	0.52	0.58	0.64	0.7
54	57.56	0.51	0.58	0.65	0.72	0.79
60	61.61	0.54	0.61	0.68	0.76	0.83
64	65.67	0.56	0.64	0.72	0.8	0.87

Şekil 42. ANSI standartlarına göre düktil boruya ait boyut ölçüleri, et kalınlığı ve basınç sınıfları
ANSI AWWA C150/A21.50, C150/A21.51 (ACIPCO, 2016)

Düktıl font boruların kullanımında dikkat edilmesi gereken hususlar;

- Düktıl borularda abone bağlantıları açılırken matkabın kılavuz ve dış açma şeklinde düktıl üzerinde en az 2 sefer talaş kaldırmasına dikkat edilmelidir. Düktıl font boru iç yüzeyindeki beton kısmın tahrip olması sıvı metal temasına neden olur. Hijyen şartları ortadan kalkar ve boru içinde metal kaynaması oluşarak zamanla boru iç çapı daralır.
- Düktıl boruların depolanması sırasında boru iç yüzeyinin hasar görmemesine ve darbe almamasına dikkat edilmelidir.
- 400'lük çaplardan sonra sahada boru eksenlemesi yapılması zor olduğundan dolayı büyük çapların projelendirmesinde çelik borular tercih edilmelidir.
- Düktıl boru montajlarında conta yüzeyinin ve muflu bağlantı yüzeylerin temiz olmasına ve eş merkezli olarak monte edilmesine dikkat edilmelidir.



Şekil 43. İç kaplaması zamanla ortadan kalkan düktıl borulardan su metal temasına dayalı tartar ve tüberkül oluşumu

Şebeke Hatları İçin Çelik Boru–Düktıl Kıyaslaması

- Küçük çaplarda kaynak ağzının et kalınlığının küçük olması sebebiyle sadece dıştan kaynaklanması sebebiyle Düktıl borular çelik borulara nazaran daha mukavimdirler.
- Düktıl borularda katodik koruma ihtiyacı özel haller dışında bulunmamaktadır.
- Düktıl boruların şebeke hattı imalatlarında deprem performansı daha iyidir.
- Düktıl borular kaynak jeneratörü gibi ilave ekipmanlara ihtiyaç duymadan kolayca monte edilebilme özelliğine sahiptir.
- İsale hatları ve Büyük çaplarda Çelik borular daha mukavim ve sızdırmazlık açısından daha avantajlıdır.

6.4.2.3. Polietilen Borular

Şube yolları ve abone bağlantılarında Ø32 mm ve Ø 40 mm olarak polietilen borular kullanılmaktadır. HDPE borular ise genellikle Ø 40 mm'den büyük çaplarda tercihen kullanılmaktadır.

Tablo3. Malzeme özellikleri (Fırat Plastik, 2016)

Polimer Verileri	Birim	Test Metodu	PE 32	PE 63	PE 80	PE 80	PE 100
Renk			siyah/mavi	siyah/mavi	sarı	siyah	siyah/mavi
Yoğunluk(23°C de)	g / cm ³	ISO 1183	0,910-0,925	>0,940	>0,930	>0,950	>0,950
MFR (190°C / 5kg)	g / 10 dk	ISO 1183		0,3-0,55	0,8-1,3	0,4-0,7	0,3-0,7
Mekanik Özellikler							
Kopma Uzaması	%	ISO 527	min %350	min %350	min %350	min %350	min %350
Elastisite Modülü	MPa	ISO 527	>500	>600	>700	>700	>1000
Diğer Özellikler							
Oksidasyon Başlangıç Zamanı	dk	EN 728	>20	>20	>20	>20	>20
Karbon Siyah Miktarı	%	ISO 6964	2-2.5	2-2.5		2-2.5	2-2.5
Karbon Siyah Dağılımı	Nominal	ISO 11420	max 3	max 3	-	max 3	max 3

HDPE Boruların Malzeme Sınıfı (MRS) için 20°C'deki PN, S SDR Değer Tablosu

Standart Çap Oranı SDR	Boru Serisi S	PN (Bar) Malzeme Sınıfı		
		PE 40	PE 80	PE 100
41	20		3,2	4
33	16		4	5
27,6	13,3			6
26	12,5	2,5	5	6,4
22	10,5		6	
21	10	3,2	6,3	8
17,6	8,3			
17	8	4	8	10
13,6	6,3	5	10	12,5
11	5		12,5	16
9	4	8	16	20
7,4	3,2	10	20	25
6	2,5		25	32

S= Boru Serisi = (SDR-1)/2 SDR= Dışçap / Et Kalınlığı PN: Nominal Basınç

Polietilen borularda kullanılan hammaddelerin dayanımları MRS (minimum gerekli dayanıklılık- minimum required strength) ifadesi ile tanımlanmaktadır. PE 40 hammadde 20 derecede 50 yıl kullanım için MRS 4.0MPa iç basınç değerine sahip iken bu değer PE 100 hammadde de 10 MPa'dır.

Polietilen ve HDPE boruları tanımlarken SDR (standart çap oranı) özelliği sıkça kullanılır. SDR, boru dış çapının et kalınlığına oranıdır. Boru seçiminde SDR oranının tayini maliyet açısından önem arz etmektedir.

Genel olarak PE 40 hammaddeden PE 100 hammaddeye doğru gidildikçe;

- Boru et kalınlığının azalması,
- Et kalınlığının azalmasına bağlı olarak hidrolik taşıma kapasitesinin artması,
- Yavaş çatlak ilerlemesine karşı borunun dayanımı artması,
- Boru esnekliğinin azalması durumu söz konusudur.

Tablo4. Polietilen hammadelerine göre boruların tasarım ölçüleri ve basınç sınıfları
(Fırat Plastik, 2016)

Hammadde	İç Çap	Dış Çap	Et kalınlığı	Flexible
PE 32	21,2	32	5,4	iyi
PE 40	23,2	32	4,4	kötü
PE 80	27,2	32	2,4	orta

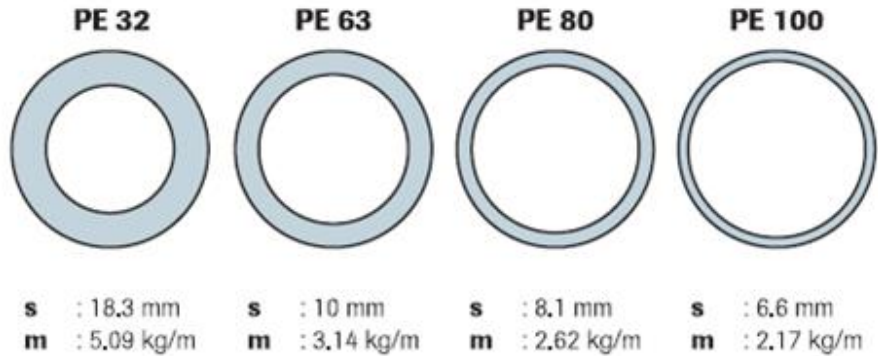
	SDR 6	SDR 7.4	SDR 9	SDR 11	SDR 13.6	SDR 17
	S 2.5	S 3.2	S 4	S 5	S 6.3	S 8
PE 40		PN 10		PN 6		PN 4
PE 80	PN 25	PN20	PN 16	PN 12.5	PN 10	PN 8
PE 100		PN 25	PN 20	PN 16	PN 12.5	PN 10

MRS Sınıflandırılması

Hammadde sınıfı	MRS (MPa) değeri
PE 40	4,0
PE 63	6,3
PE 80	8,0
PE 100	10

C Katsayısı Sınıflandırılması

Malzeme cinsi	C _{min}
PB	1,25
PE	1,25
PP	1,6
PVC	2,0





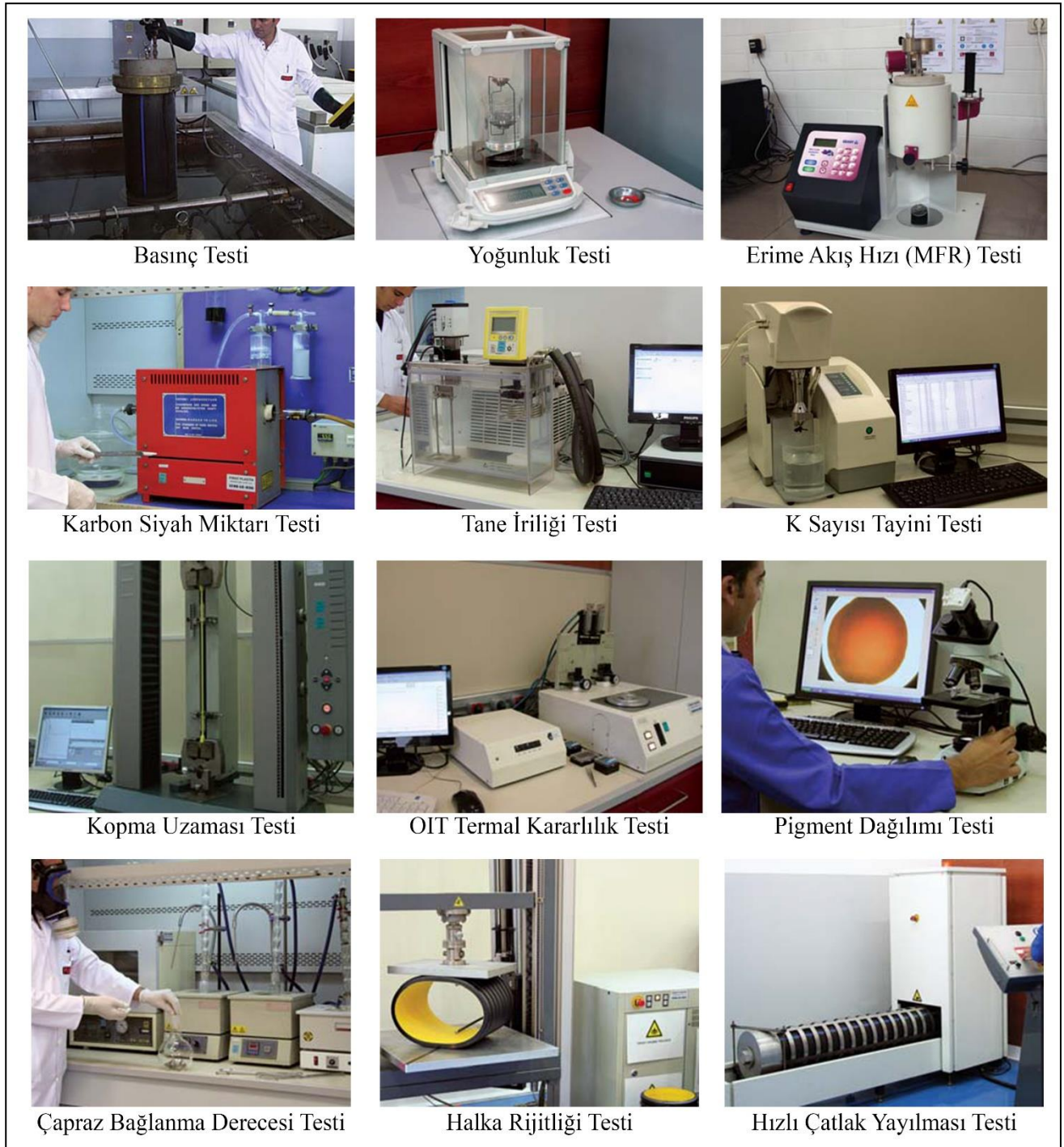
Şekil 44. Polietilen borularda oluşan hasarlar

Polietilen boruların kullanım ömrüne etki eden parametreler şunlardır;

- İmalat hataları (çentik ve çizikler),
- Hammaddenin homojen olmaması,
- Sağlıksız depolama koşulları altında UV ışınlarına maruz kalma,
- Suda bulunan klor vb. dezenfektanlar,
- Borunun basınç dayanımı,
- Altyapı çalışmaları sırasında oluşan dış darbeler.

Kaliteli PE boru imalatları için PE üretim aşamasında parti testleri ve kullanılan hammaddeye ait testlerin akredite kurumlarda yapılarak kontrol edilmesi gerekmektedir. PE boru standartlarında belirtilen basınç testlerinin belirtilen sıcaklık ve sürelerde uygulanmasına dikkat edilmelidir.

Hammadde, görünüm, boyut toleransları, hidrostatik testler, % uzama, MFR test sonuçları standartlar dahilinde olan Polietilen borularla yapılan imalatların, 50 seneye kadar dayanabileceği öngörülmektedir.



Şekil 45. TURK-AK akreditasyonlu PE test laboratuvarı (Fırat Plastik, 2016)

6.4.2.4. HDPE Borular

HDPE borular su dağıtım hatlarında sıkça kullanılan bir boru türüdür. Mükemmel uzama kabiliyeti ve esnekliği HDPE boruların soğuk iklim şartlarında kullanımını yaygınlaştırmıştır. Ayrıca erozyon ve heyelan bölgelerinde de sıkça kullanılmaktadır. HDPE borular, korozyon dayanımı olarak da yüksek dayanım özelliklerine sahiptir.

HDPE borular sıklıkla PE 100 hammadden imal edilirler. PE 100 rakamı ürünün çevresel gerilme (σ) değeri olan 10.0 MPa'a işaret etmektedir.

Bu değer 32'lerden başlamış olup, 125 üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Bu değerin yükselmesi dayanımının arttığını gösterdiğinden aynı basınç sınıfı için et kalınlığının incelmesi anlamına gelmektedir. Bu ise hammadde tasarrufu ile borunun hidrolik kapasite değerinin artması anlamına gelmektedir.

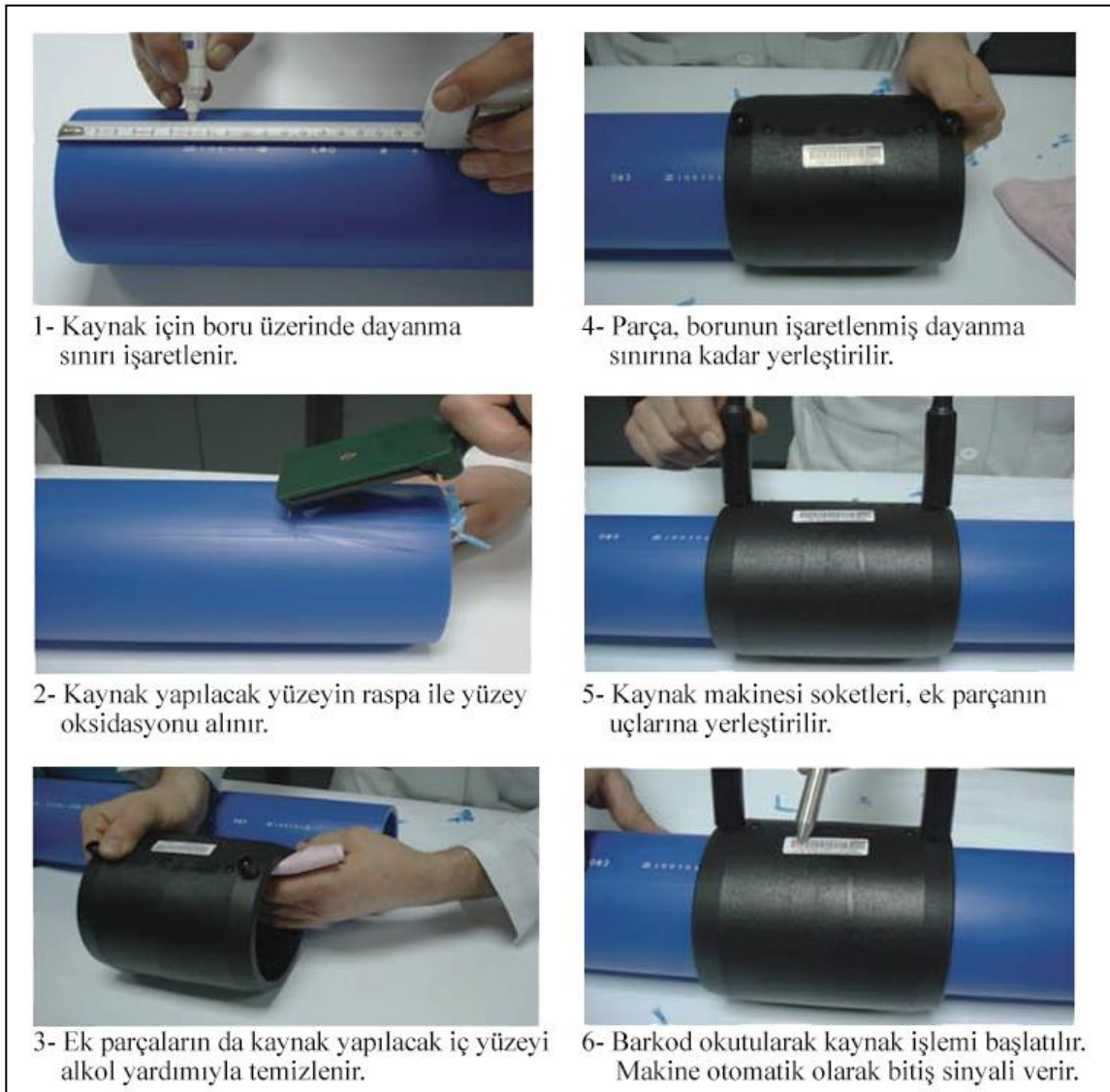
HDPE boruların ile nehir, gl ve deniz geçişlerinde kolaylık ile maliyet avantajları vardır.

Boru dönüşlerde kendi çapının 20-35 katı radyüs ile kıvrılabil-diğinden az miktarda dirsek kullanımı ile imalat yapılabilir.

Dezavantajları; aşınma ve darbelere karşı düşük mukavemetlidir. Sıcaklık etkisi altında basınç dayanımı düşmektedir. Ayrıca montaj şartları kaliteli işçilik gerektirmektedir.

Alın kaynak metodu ve elektro füzyon sistemi ile HDPE boruların kaynakları yapılabilir.

Elektro füzyon manşon kaynağında kaynak yapılacak boru ağızları kaynak ağızı ve boru yüzeyleri düzgün olacak şekilde hazırlanır. Borular manşon boyuna göre işaretlenir. Manşon alkollü su ile temizlenerek borulardaki işaretili yere kadar monte edilir. Borular ve manşon eksenleri eş eksenli hale getirildikten sonra kaynak işlemi yapılır.



şekil 46. Elektrofüzyon manşon kaynağı ve uygulanışı (Firat Plastik, 2016)

Alın kaynağı genellikle Ø125 mm den büyük HDPE borular için kullanılır. Kaynak ağzları oksitlenmeye karşı temizlendikten sonra kaynak makinesi ile ısıtılarak birleştirme işlemi yapılır.



Şekil 47. Alın kaynağı ve uygulaması (Fırat Plastik, 2016)

6.4.3. Pirinç Malzemeler

Pirinç malzemeler mükemmel korozyon dayanımları, kolay şekillendirilebilmeleri ve zararlı bakterilerin çoğalmalarını engelleme özellikleriyle şebeke malzemesi olarak yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Pirinç malzemeler ağırlıklı olarak Cu ve Zn içerirler. Pirinç malzemelere kurşun eklenerek talaşlı imal edilebilme kabiliyetleri artırılır.

Pirinç alaşımlarının en yaygın kullanım alanlarından birisi, içmesuyu ve atıksu iletim hatları ile doğal gaz dağıtım hatlarıdır. Bu kapsamda pompa, vana, bağlantı parçası ve musluklarda yoğun bir şekilde pirinç alaşımları kullanılmaktadır.

Korozyon direnci, bazı pirinç alaşımlarında oldukça yüksektir. %1 kalay (Sn) ilave edilmiş pirinçler deniz suundaki korozyona karşı dirençlidir.

Agresif sular ile temas halindeki yüksek Zn (çinko) içerikli pirinçler düşük dezinsifikasyon (çinkonun zaman içinde yapıdan ayrışmasıyla oluşan korozyon) direncine sahiptirler. Dezinsifikasyon diye tanımlanan korozyonun içme suyu ile kullanılan pirinç malzemenin etkileşimine bağlı olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. Dezinsifikasyon korozyonuna uğrayan pirinçlerin korozyon yüzeylerinde beyaz, mavi ve yeşil kalıntı oluşumları dikkat çekmektedir. Pürüzlü yüzeylere sahip malzemeler ve %15'ten yüksek oranda Zn içeren pirinçler, dezinsifikasyon korozyonuna uğraması muhtemel malzemelerdir.

Dezinsifikasyon, tuzlu su, asidik ortam ve klor tarafından tetiklenen bir korozyon türüdür.

Pirinç alaşımına antimuan (Sb), arsenik (As) veya kalay (Sn) ilavesi ile pirinçlerin dezinsifikasyona karşı dayanımı arttırılmaktadır.

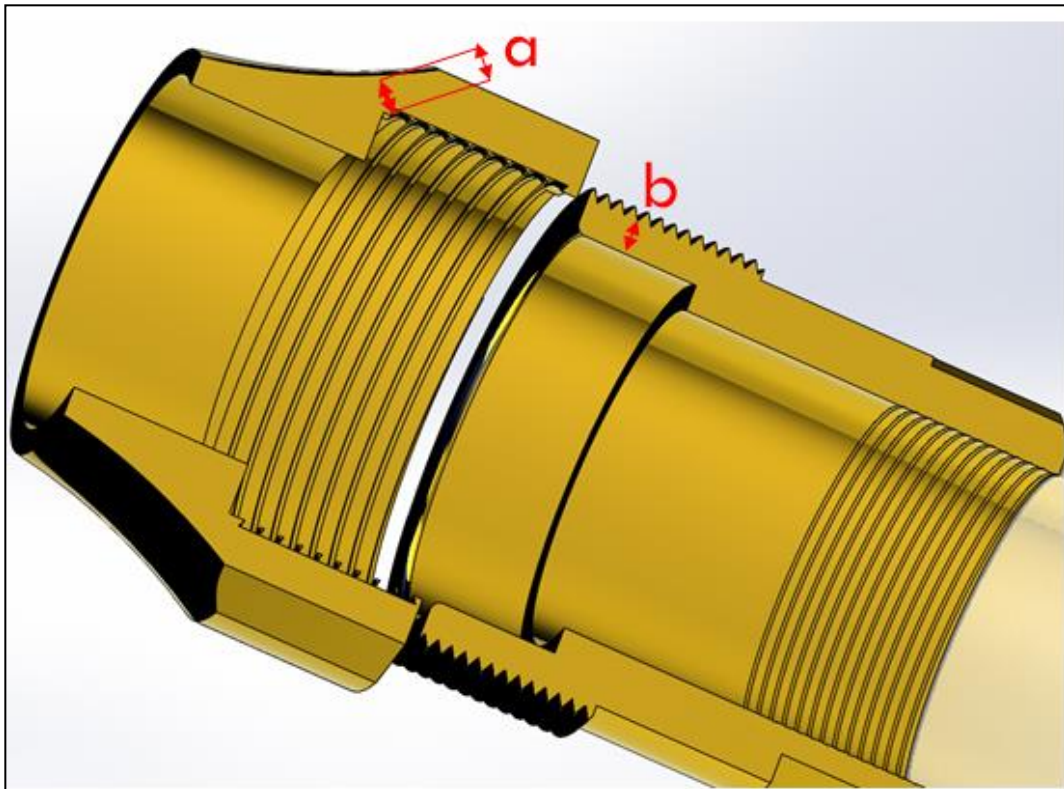


şekil 48. Dezinsifikasyon sebebiyle bazı bölgelerinin yeşil renk aldığı pirinç malzemeler

Söz konusu korozyona dayanımlı CW 602 N ve CW617 N pirinç alaşımları şebeke malzemelerinde kullanım için en uygun pirinç alaşımlarıdır.

Pirinç malzeme montajlarında bağlantı parçası ve priz ana musluklar toprakaltında çalıştıkları için oluşabilecek hasarlarda yüksek miktarda su kaybı meydana gelir.

Dolayısı ile bu malzemelerin kaliteli imalatlar yapılarak temin edilmesi önem arz etmektedir. Pirinç malzemelerde, malzemenin et kalınlığının her noktada homojen olmasına dikkat edilmelidir. Özellikle diş açılan kesimlerde zayıf noktaların oluşmasına izin verilmeyecek şekilde tasarım yapılmalıdır.



şekil 49. Bağlantı parçasında tasarımda et kalınlığına dikkat edilmesi gereken kısımlar

Şekil 49'da bağlantı parçalarının tasarımında su jeti etkisine dayalı hasarı minimuma indirmek için gerekli bazı tasarım detayları verilmiştir. a ve b ölçülerinin şartname değerlerinin altında olması malzemenin aşınmasına ve ömrünün kısılmasına sebep olmaktadır.

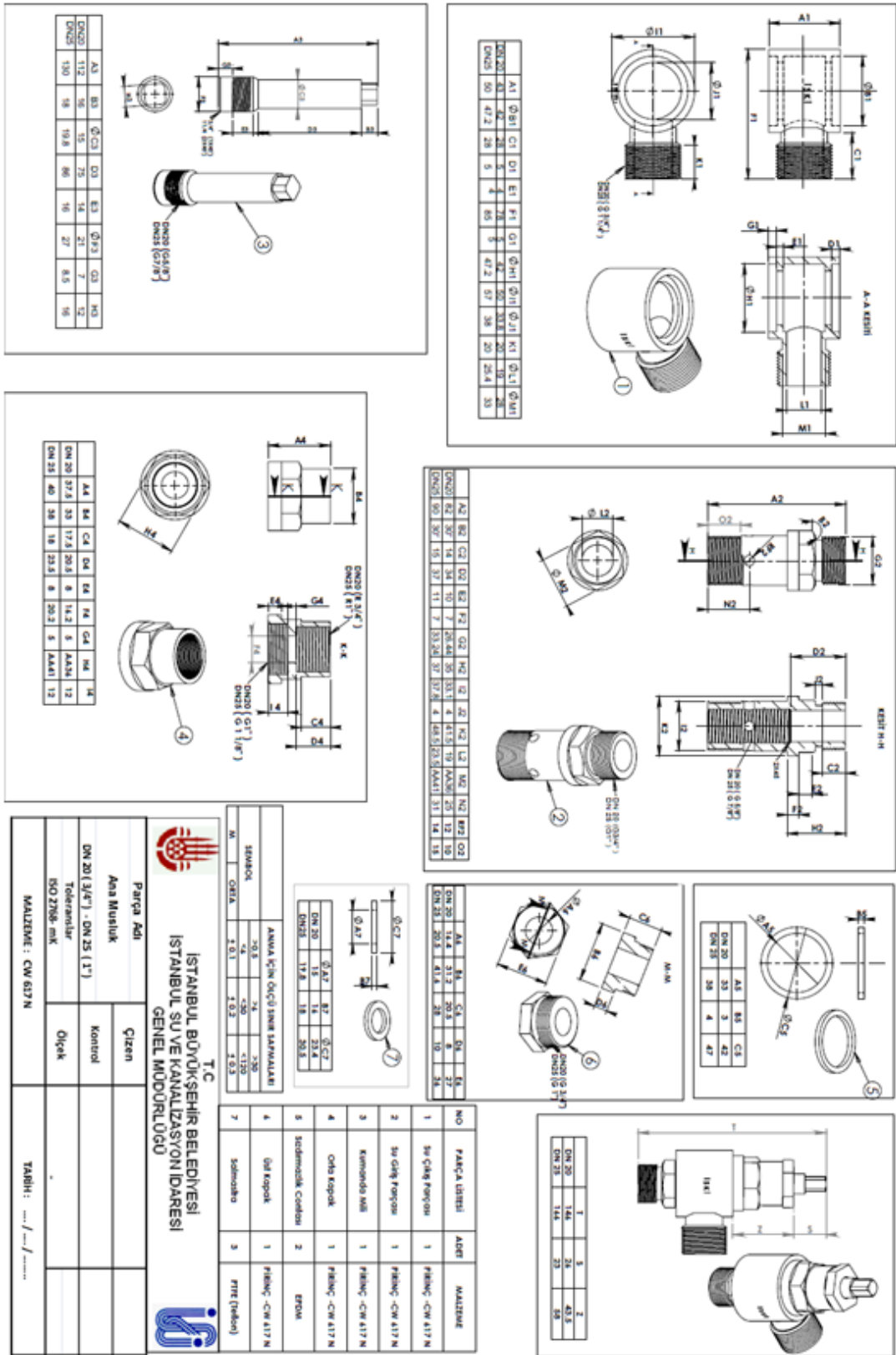
Ayrıca polietilen montajı yapılacak bağlantı parçalarında polietilen borunun su jeti etkisi yapmayacak şekilde O-ringli montajının yapılması ve polietilen borunun herhangi bir talaş kaldırma işlemi yapılmadan sıkı geçme toleranslarıyla bağlantı parçasına monte edilmesi bu malzemelerdeki görülen hasarların azaltılmasına vesile olacaktır.

Özellikle toprakaltı montajlarda monte edilecek fittings sayısının azaltılması ve bu bağlamda tabloda verilen abone bağlantı vanalarının montaj kurallarına uygun şekilde imal edilmesi, kayıp miktarlarına olumlu etki yapacaktır.

Pirinç malzemelerin muayene tesellümlerinde ağır metal ve kurşun miktarlarının tespiti, conta malzemesinin kanserojen malzemeler açısından incelenmesi, malzemedeki dişlerin hassas ve toleranslar dahilinde açılmasına dikkat edilmesi ve malzemenin et kalınlığı ile boyut toleranslarının teknik resme uygunluğunun tespiti önem arz etmektedir.

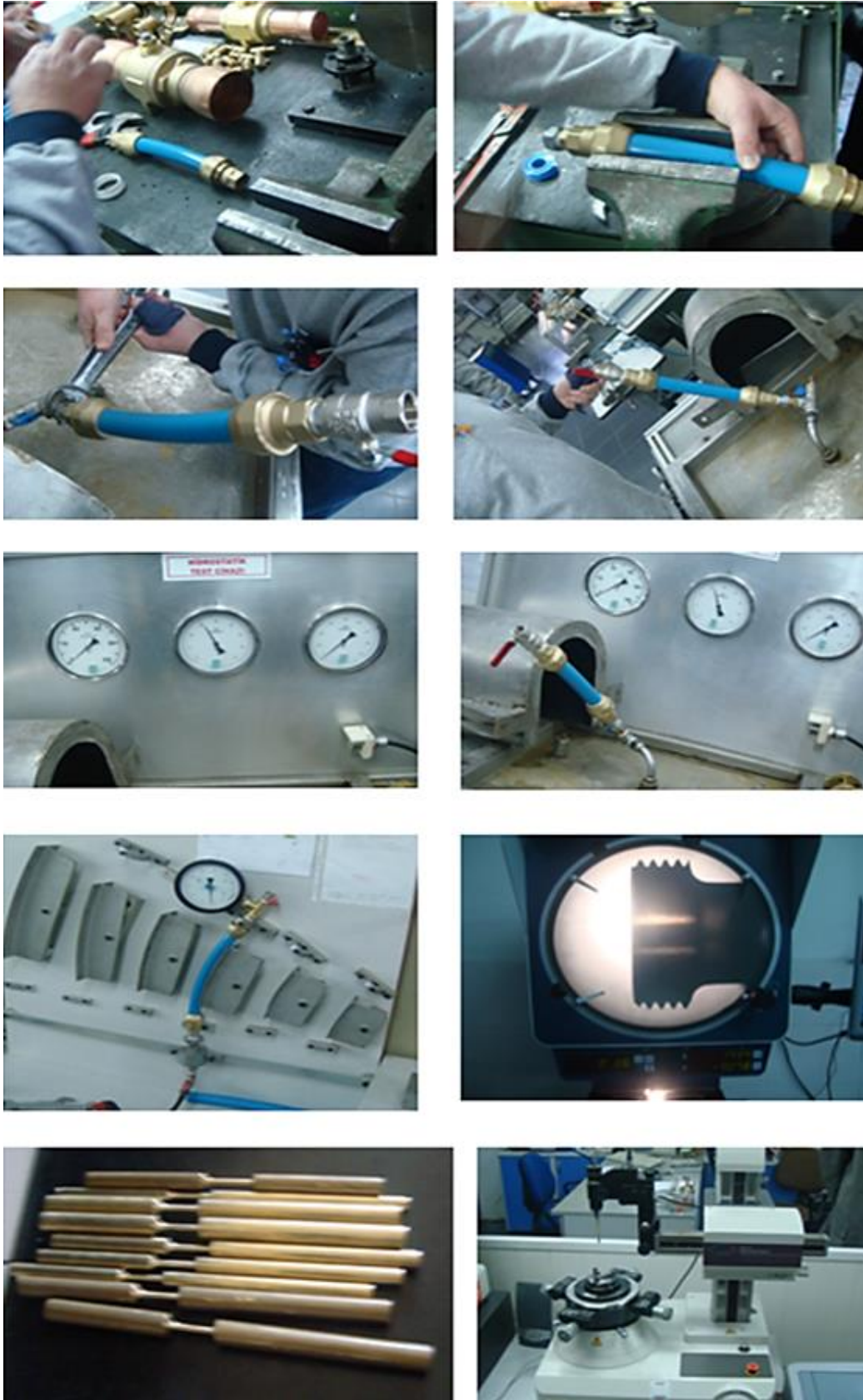
Tablo 5. İSKİ Şartnamelerinde pirinç dişli bağlantılarına ilişkin bazı ölçü ve standartlar (İSKİ, 2016)

İSKİ Ürün Tanımı	Ölçü	Diş Bağlantısı
Ana Musluk (3/4")	Giriş : G 3/4" Çıkış : G 3/4"	ISO 228'e uygun paralel dış diş
Ana Musluk (1")	Giriş : G 1" Çıkış : G 1-1/4"	ISO 228'e uygun paralel dış diş
İSKİ Stop Valf O-ringli (1")	Giriş : G 1" Çıkış : G 1"	ISO 228'e uygun paralel iç diş
İSKİ Stop Valf (3/4")	Giriş : G 3/4" Çıkış : G 3/4"	ISO 228'e uygun paralel iç diş
İSKİ Stop Valf (1-1/4")	Giriş : G 1-1/4" Çıkış : G 1-1/4"	ISO 228'e uygun paralel iç diş
PE Boru Bağlantı Parçası (3/4")	Giriş : G 3/4" Çıkış : Ø32	ISO 228'e uygun paralel iç diş
PE Boru Bağlantı Parçası (1-1/4")	Giriş : G 1-1/4" Çıkış : Ø40	ISO 228'e uygun paralel iç diş
PE Boru Bağlantı Parçası (1")	Giriş : G 1" Çıkış : Ø40	ISO 228'e uygun paralel iç diş
İSKİ Redüksiyon	İç Vida : G 1" Dış Vida : G 1-1/4"	ISO 228'e uygun paralel iç ve dış diş
İSKİ Redüksiyon	İç Vida : G 3/4" Dış Vida : G 1-1/4"	ISO 228'e uygun paralel iç ve dış diş
İSKİ Redüksiyon	İç Vida : G 3/4" Dış Vida : G 1"	ISO 228'e uygun paralel iç ve dış diş
İSKİ Redüksiyon	İç Vida : G 1/2" Dış Vida : G 3/4"	ISO 228'e uygun paralel iç ve dış diş
İSKİ Redüksiyon	İç Vida : G 3/4" Dış Vida : G 1-1/2"	ISO 228'e uygun paralel iç ve dış diş
İSKİ Nipel	R 1/2" (x2)	ISO 7-1'e uygun konik dış diş
İSKİ Nipel	R 3/4" (x2)	ISO 7-1'e uygun konik dış diş
İSKİ Nipel	R 1" (x2)	ISO 7-1'e uygun konik dış diş
İSKİ Nipel	R 1-1/4" (x2)	ISO 7-1'e uygun konik dış diş
İSKİ Nipel	R 1-1/2" (x2)	ISO 7-1'e uygun konik dış diş
İSKİ Kör Tapa	R 1/2"	ISO 7-1'e uygun konik dış diş
İSKİ Kör Tapa	R 3/4"	ISO 7-1'e uygun konik dış diş
İSKİ Kör Tapa	R 1"	ISO 7-1'e uygun konik dış diş
İSKİ Kör Tapa	R 1-1/4"	ISO 7-1'e uygun konik dış diş
Su Sayacı Rakor Grubu (3/4")	Somun : G 1" (iç) Nipel : G 3/4" (dış)	ISO 228'e uygun paralel iç ve dış diş
Su Sayacı Rakor Grubu (1")	Somun : G 1-1/4" (iç) Nipel : G 1" (dış)	ISO 228'e uygun paralel iç ve dış diş
Su Sayacı Rakor Grubu (1-1/2")	Somun : G 2" (iç) Nipel : G 1-1/2" (dış)	ISO 228'e uygun paralel iç ve dış diş



Şekil 50. Pirinç ana musluğa ilişkin teknik şartname resmi (İSKİ, 2016)

Şekil 50’de şebekede kullanılan ana musluk parçasının şartname eki olan teknik resimleri görünmektedir. Demonte edilen her detayı verilen malzeme, tüm parçalarının ölçüm kontrolüne tabi tutulmaktadır.



Şekil 51. Pirinç malzemelere ilişkin test ve deneyler

Şekil 51’de bağlantı parçalarının hidrolik testi için deney aparatının hazırlanması, basınç testinin yapılması, dişlerin açılarının optik kontrolü, pirinç malzemelerin çekme testi numuneleri ve sertlik testi uygulaması gösterilmiştir.

Tablo 6. CW617 N Pirinç alaşımların özellikleri (İSKİ, 2017)

Element	Bileşim (%)
Cu	min %57,0-maks. %59,0
Pb	min. %1,6-maks. %2,2
Al	maks. %0,05
Fe	maks. %0,3
Ni	maks. %0,2
Mn	maks. %0,1
Sn	maks. %0,3
Zn	Kalan
Cd	maks. % 0.01
Hg	maks. %0.1
Cr	maks. %0.1
Diğerleri + Cd (toplam)	maks. %0.2
Diğerleri (her bin)	<u>maks. %0.02</u>

Kısa gösteriliş			Sertlik		Çekme D. R _m N/mm ² yaklaşık	%0,2 Akma D. R _{p0,2} N/mm ² yaklaşık	Uzama A% yaklaşık
Malzemenin	Malzeme durumu		HB En az	HV En az			
Sembol (Numara)		İmal edildiğinde					
M							
CuZn40Pb2	CW617N	H080	80	85	350	140	15

Tablo7. CW602 N Pirinç alaşımların özellikleri (İSKİ, 2017)

Element	Bileşim (%)
Cu	min %61,0- maks. %63,0
Pb	min. %1,7-maks. %2,2
Al	maks. %0,05
Fe	maks. %0,1
Ni	maks. %0,2
Mn	maks. %0,1
Sn	maks. %0,1
As	min %0,02-maks. %0,10
Zn	Kalan
Cd	maks. % 0.01
Hg	maks. %0.01
Cr	maks. %0.1
Diğerleri + Cd (toplam)	maks. %0.2
Diğerleri (her bin)	<u>maks. %0.02</u>

Kısa Gösteriliş		Sertlik		Çekme D. R _m N/mm ² Yaklaşık	%0,2 Akma D. R _{p0,2} N/mm ² Yaklaşık	Uzama A% Yaklaşık	
Malzemenin	Malzeme durumu	HB En az	HV En az				
Sembol (Numara)		İmal edildiğinde					
M							
CuZn36Pb2As	CW 602N	H070	70	75	280	120	20



Abone bağlantı vanası
(üstten)



Abone bağlantı vanası
(yandan)



Abone bağlantı vanası
(yandan)



Bağlantı manşonu



Boru bağlantı
adaptörlü vana



Priz ana musluk



Nipel



Kör tapa



Sayaç rekoru



Salmastra



Stop vana



Şiber vana

Şekil 52. Şebekelerde kullanılan çeşitli pirinç malzemeler-1 (GPD Döküm, 2017)



Şekil 53. Şebekelerde kullanılan çeşitli pirinç malzemeler-2 (Valf Sanayi, 2017)

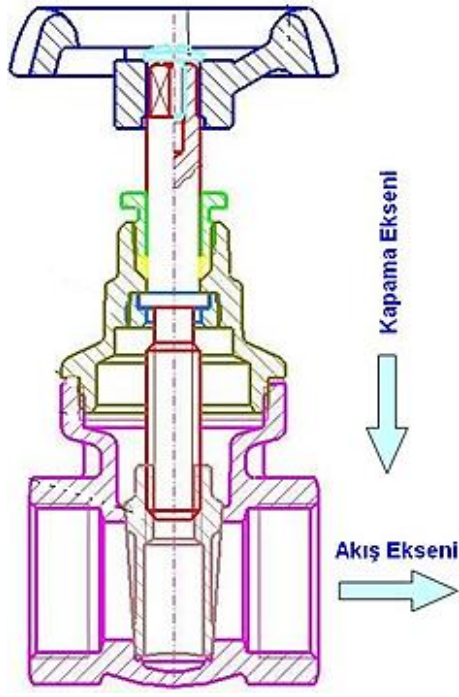
Stop Valf ve Şiber Valf Kıyaslaması

Şiber Valf

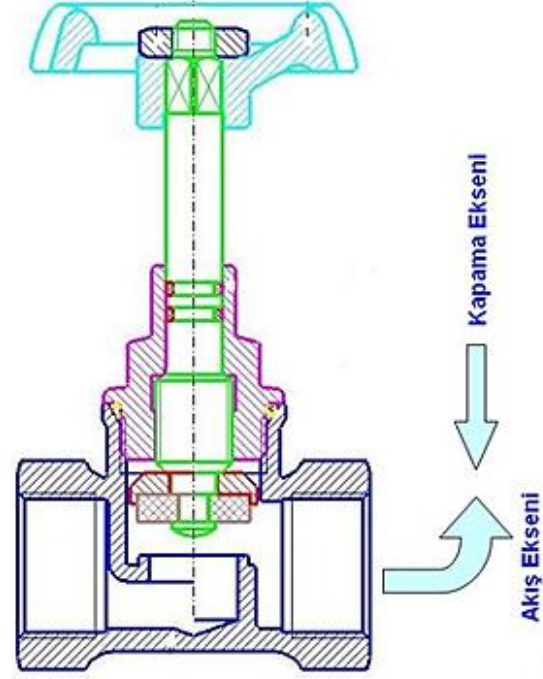
- Şiber valflerde metal metale sızdırmazlık söz konusudur.
- Şiber valfler tam açık veya tam kapalı konumda kullanılırlar. Akışkana ya yol verir ya da geçişini tamamen engeller.
- Tasarımları dolayısıyla, ara konumda kısma vanası olarak kullanılmaları istenmez. Aksi durumda ürün ömrüne ve sızdırmazlığına olumsuz etki edebilir, klape yüzeyi zamanla bozulabilir.
- Şiber valflerde akış eksenini ile kapama eksenini birbirine dik doğrultudur.
- Şiber valflerde 25 bar ve 16 bar anma basıncı seçenekleri vardır (TS 3147).

Stop Valf

- Stop valflerde klape sızdırmazlığı conta ile sağlanır.
- Stop valfler tam açık, tam kapalı veya yarı açık konumlarda kullanılabilir. İstenilen debi miktarına göre ara konumlarda kısma vanası olarak kullanmak mümkündür.
- Tasarımları nedeniyle stop valflerdeki basınç kaybı, şiber valflere göre daha yüksektir. Akışkanın valf içinde yön değiştirmesi ve sürtünme kuvvetleri nedeniyle şiber valfe oranla basınç kaybı fazladır.
- Stop valflerde akış eksenini ile kapama eksenini aynı doğrultudur.
- Stop valflerde standart gereği 10 bar anma basıncı olarak tek seri mevcuttur (TS 15).
- Kullanılan malzeme anlamında, her iki valf için ana hammadde pirinçtir.
- Sayaç önü gibi kısma vanası olarak ara debi değeri istenen yerlerde stop valf tercih edilmelidir. Bir binanın ana su girişi gibi çok fazla açma-kapama gerekmeyen yerlerde şiber valf tercih edilebilir.



Şekil 54. Şiber valf çalışma prensibi
(Valf Sanayi, 2017)



Şekil 55. Stop valf çalışma prensibi
(Valf Sanayi, 2017)

Şekil 54'te şiber valfin çalışma görüntüsünü gösteren kesit görüntü verilmiştir. Salmastraya bağlı açma kapama milinin dikey hareketi ile vana açılıp kapanmaktadır. Şiber valf metal yataklı sürgülü vana ile aynı çalışma prensibine sahiptir.

Şekil 55'te stop valfin çalışma prensibi verilmiştir. Şiber valften farklı olarak su akışında basıncın kırılarak iletilmesi söz konusudur. Kapatma siti şiber valfte piriç malzeme iken stop valfte elastomer malzemedir.

Piriç Malzemelerde Karşılaşılan Hasarlar

En çok kullanılan bağlantı elemanları olan piriç malzemelerde (ana musluk, nipel, bağlantı parçası, redüksiyon, kör tapa, sayaç rekoru, stop vana, şiber vana) en çok karşılaşılan sorunlar;

- Şartnamelerde teknik resimlerde belirtilen tolerans ve et kalınlıklarında imalat yapılmamasından kaynaklanan malzeme ezilmeleri,
- Dezinsifikasyon korozyonu hasarları,
- Kalitesiz imalatlardan kaynaklanan dış bağlantısı hasarları,
- Polietilen bağlantı parçalarının polietilen boru ile yanlış montajı sonucu su jeti etkisiyle aşınmaları,
- Ana musluk düktil boru bağlantılarının kolyesiz yapılması sonucu ana musluk dişlilerinde meydana gelen aşınmalar.
- Şiber vanaların sayaç öncesi kullanılmaması gerekirken sıklıkla kullanılması sonucu vana sitinin bozulması, kapanmama sorunu yaşanması,
- Şiber vanalarda klape ve kapama milinin sabitlenmemesi sebebiyle türbülanslı akım oluşması ve vana gövdesinin aşınması sayaç rekorlarının şartnameye uygun yapılmaması sebebi ile (et kalınlığının azaltılması) sayaç rekorlarının montaj sırasında kırılması,

- Sıcak dövme işleminde imalat sıcaklıklarının yanlış seçilmesi sebebi ile basınç altında malzemelerde çatlamlar,
- Sayaçlarda sızdırmalar olarak sayılabilir.



Şekil 56. Hasar görmüş pirinç malzemeler

Şekil 56'da hasar görmüş pirinç malzemeler gösterilmiştir. Hasarlar su jeti, malzeme aşınması, bağlantı hasarlarından kaynaklanan malzeme kaybı olarak dikkat çekmektedir.

Abone sayaç bağlantılarında stop vana kullanılmalıdır. Sayaç öncesi küresel vanalar hız esaslı türbinli evsel sayaçlarda aşınma ve arızalara sebebiyet verebilmektedir.

Yine sayaç gövdesi imalatlarında seri üretim pres dökümler kalıp dökümlerden daha iyi yüzey ve mukavemet özellikleri sağlamaktadır.

6.4.4. Elastomer Yataklı Sürgülü Vanalar-İzolasyon Vanaları

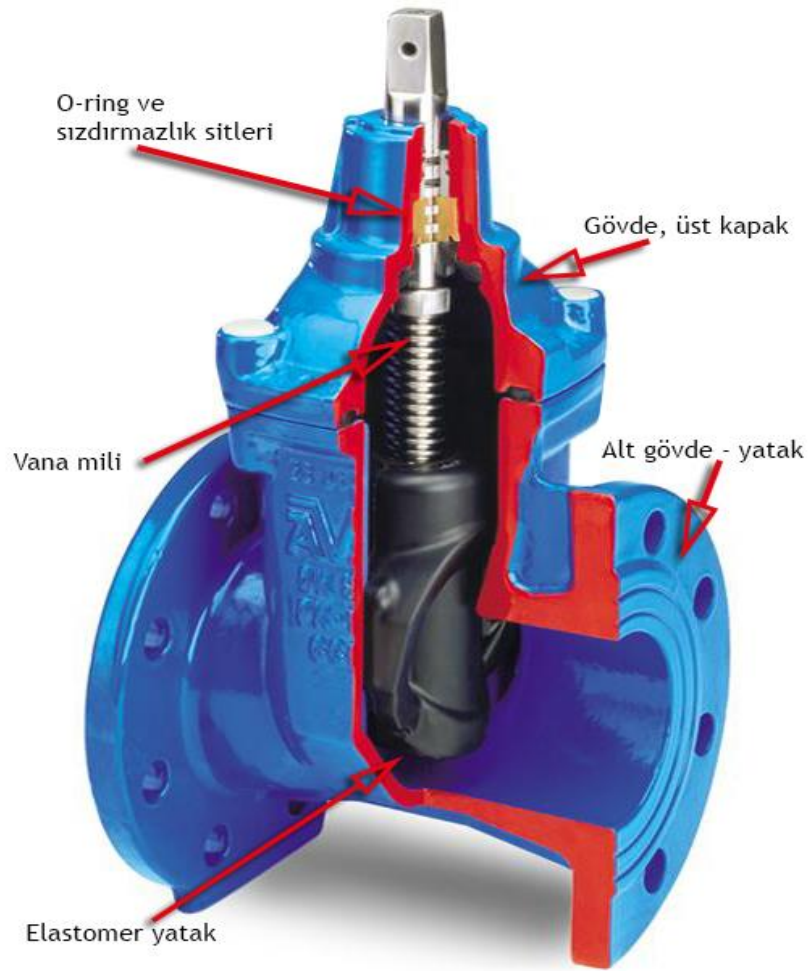
Sürgülü vanalar şebekelerde açma-kapama ve DMA bölgelerinde bölgenin izole edilmesi amacıyla sık kullanılan şebeke elemanlarıdır.

Vana kullanıcıları tarafından bilinmesi zaruri bazı literatür bilgileri mevcuttur. Buna göre;

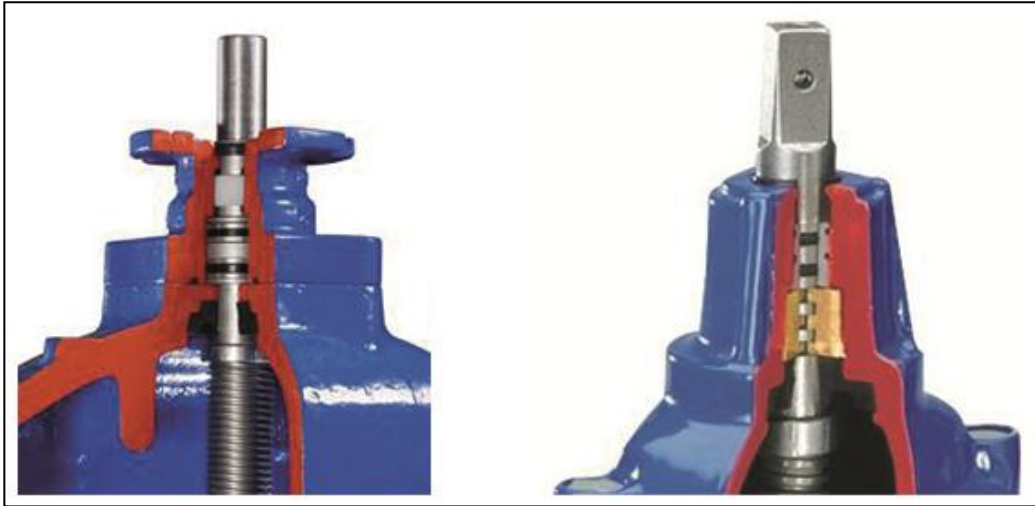
PN; vananın basınç sınıfını,

DN; vananın anma çapını,

O-ring ve salmastralar (sızdırmazlık sitleri); sızdırmazlık sağlayan elemanları,



Şekil 57. Elastomer yataklı sürgülü vana (AVK, 2016)



Şekil 58. Vana sızdırmazlık elemanları (AVK, 2016)

Vana mili-Tij; vana kapama elemanını (elastomer yatağı) tahrik ünitesi gücüne dayalı hareket ettiren paslanmaz çelik malzemeyi,

Vana Gövdesi; sfero dökme demir vana gövdesini,

Kv değeri; vana tam açık pozisyonda iken 1 bar basınç düşmesi için vanadan m^3/h cinsinden geçen debiyi ifade eder.

Sürgülü vanalarda özellikle vana iç yüzeyine uygulanan boyama kalitesinin uygun olmaması durumunda düktil borulardaki gibi olmaması gereken su-metal temasından kaynaklanan metal kaynaması ve iç çap daralmaları meydana gelmektedir.



Şekil 59. Korozyona uğramış metal yataklı vanalar

Şekil 59'da vana iç yüzeyindeki boya tabakasının ortadan kalkması ile vana iç yüzeyinde oluşan tartarlaşma görülmektedir. Vana imalat kalitesine göre mevcut sorun giderilebilir.

Sürgülü vanalarla ilgili çok yapılan bir hatada globe vana ile karıştırılmalarıdır. Globe vanaların akış tasarımı ile elastomer yataklı vanaların iç yüzeylerinin gövde tasarımı aynı değildir. Globe vanalarda yük kaybı daha fazladır.

Sürgülü Vana Kullanımlarında Karşılaşılan Sorunlar

- Sürgülü vanaların metal yataklı seçilmesi halinde metal yataklar uzun süre kapalı kaldıklarında su içindeki kimyasal maddeler ve katı partiküllerin etkisi altında kapama sitinin metal yatağa kaynaması sonucu genelde pirinç yatağın yerinden sökülmesine sebep olur. Buda sızdırmazlığın ortadan kalkmasına sebep olur.
- Sürgülü vanaların metal yataklı seçilmesi halinde, klape ve oturma yüzeylerinin kireç ve diğer şebeke cürufalarıyla kaplanması sonucu kapamanın yapılamaması
- Sürgülü vanaların metal yataklı seçilmesi halinde metal yatağın birkaç açma kapama sonrası deforme olarak sızdırmazlığı sağlayamaması,
- Kapalı konumda vananın salmastradan sızdırma yapması,

- Sürgülü vanaların elastomer yataklı seçilmesi ve elastomer standartlarının şartnamelerde düzgün belirtilmemesi ve buna bağlı olarak yeterli kalitede alınmaması sonucu yarı açık vana kullanımında kapama sitinde kapamayı sağlayan elastomer sudaki kimyasallar ve katı maddelerin etkisi ile aşınmakta ve sızdırmazlık zamanla kaybolmaktadır.
- Akışkandaki kimyasal maddeler zamanla sürgülü vanaların kapama sitelerini tahrip etmektedir.
- Sürgülü vanalar genellikle vana odası olmaksızın toprakaltında kullanıldıklarından dolayı vana gövdelerinde ciddi derecede korozyon tahribatı meydana gelmektedir. Bazen kısık olarak kullanılan sürgülü vanalarda, jetleme etkisi ile vana klape malzemesinin ve yatağının aşınarak ömrünü çabuk tamamlaması.
- Sürgülü vanaların kapama mili seti ve kapama elemanı vanaların tam açık pozisyonda kullanılmamasından dolayı zamanla titreşim ve su darbesinin etkisiyle orijinal yataklanmasını kaybetmekte, o-ring ve diğer yataklama malzemeleri tahrip olarak vana patlamaktadır.



Şekil 60. Elastomer sitli ve metal sitli vana mukayesesi (AVK, 2016)

Şekil 60 (b) de metal yataklı sürgülü vanada su içinde çökelebilen maddelerin oluşturduğu çalışma hasarı görülmektedir. Bu maddeler vana kapama sitinin oturduğu yüzeyi doldurarak zamanla kaynayıp vananın tam kapanmamasına sebep olmakta iken (a) şeklinde ise iç yüzeyde boşluk bulunmamakta ve malzeme birikmesi sorunu görülmemektedir. Ayrıca (b) şeklinde kapama siti olan metal başlığın metal yatağa zamanla kaynaması, vana dilinin düşmesine yol açmaktadır.

Çözüm Önerileri

Su dağıtım hatlarında metal yataklı vana kullanımının yapılmaması gerekmektedir. Elastomer yataklı vana kullanımı yapılmalıdır. Vana sektöründeki gelişmeler ışığında elastomer yataklı vanalar en yüksek basınç sınıfları dahilinde imal edilebilmektedir.

Vanaların montaj ve değiştirilmeleri ile ilgili bakım onarım kayıtları tutularak vana ömürleri belirlenmeli ve bu kapsamda şartnameler ihtiyaca göre düzenlenmelidir.

Şartnamelerde imalat esaslarına ilişkin daha detaylı bilgiler verilerek vananın kalitesinin imalat aşamasından itibaren sürdürülebilir olması sağlanmalıdır. Şartnamede üretimdeki tüm kalite standartları uygulamaları ile beraber tanımlanmalı, içmesuyuna uygunluk sertifikalarından idarelerin uygun gördükleri belirtilmeli, boya uygulamaları yürürlükteki korozyon koruma standartlarına uygun

şekilde tanımlanmalıdır. Elastomer sitlere ilişkin hammadde özellikleri ve vulkanizasyon işlemine ait detaylar, şartnamede eksiksiz belirtilmelidir. Şartnamenin hazırlanması kadar önemli bir diğer husus da şartnamede istenilen yeterliliklerin kalite kontrolünün yapılmasıdır. Gerekli tüm test ve deneyler kredite kurumlarca belgelendirilmelidir. Korozyon için DIN 30677-2 ve RAL GZ 662, yeterlilikler ve testler için TS EN 1171, TS EN 1074, TS EN 558 ve TS EN 12266 standartlarının gereklilikleri sağlanmalıdır. Test ve deneylerle ilgili önemli bir detayda; vanaların TS EN 1074'deki yeterliliklerin tümünü karşılamasına dikkat edilmesidir. Şartnameler ürün tanımlamasını ve imalat yeterliliklerini net yaptığı ölçüde kalite yönetimine katkıda bulunabilirler.

Tüm fittingslerde boya standartları yeniden belirlenmeli, boyaların hammaddelerinden uygulama biçimlerine ve depolama kurallarına kadar tüm aşamalar, şartnamelerde detaylı olarak belirtilmeli toprak üstü ve toprakaltı kullanımlar dahilinde şartnameler ile ihale yapılmalıdır.

Toprakaltında çalışan vanalarda, civata sorunlarının sıkça yaşandığı yerlerde civatalar alaşımlı kaplama seçilmeli veya montaj sonrası topraktan izole edilmelidir. Gerektiğinde yağlama yapılmalıdır.

Elastomer kapama sitli vanalarda kapama sitinin imalatında vulkanizasyon sıcaklığı, işlem kalitesi ve kapama elemanında kullanılan polimer madde özel seçilmeli gerekli test ve kontrollerden geçirilerek kabul edilmelidir. Şartnamelerde elastomer malzeme ve vulkanizasyon işlemleri detaylı olarak tanımlanmalıdır.

Şebekelerde kullanılan sürgülü vanalar, yarı açık pozisyonda basınç kırma maksatlı olarak kullanılmamalıdır. Bu durum açma kapama kiti ve kapama haznesine zarar vermektedir. Bunun yerine basınç kırıcı kullanımı veya şebeke basıncı ayarlaması yapılmalıdır. Elastomer yataklı sürgülü vanalar kesinlikle debi veya basınç ayarı maksadıyla yarı açık-yarı kapalı olarak kullanılmamalıdır.

Toprakaltında kullanılan tüm fittingslere izolasyon malzemesi ile korunmalıdır. Bu konuda doğalgaz uygulamalarında gaz dağıtım şirketlerinin uygulamaları incelenmelidir.

Saha Uygulaması Pratikleri

Sürgülü vanalar su dağıtım hatlarında aç-kapa prensibine göre çalışmalıdır. Kesinlikle debi ve basınç ayarlama maksadı ile yarı açık pozisyonda çalıştırılmamalıdır. Böyle çalıştırılmaları durumunda vana milinin merkezlenmesinde sıkıntılar oluşmakta ve vana kapama sitlerinde titreşime bağlı korozyon ve aşınmaya bağlı yenme meydana gelmektedir. Ayrıca çok sayıda vananın amacı maksadında kullanılması, hidrolik yük kaybını istenmeyen seviyelere çıkaracaktır.

Sürgülü vanaların açma-kapama işlemleri, torkmetre marifetiyle yapılmalıdır. Kabul testleri sırasında her anma çapındaki vana, anma çapının tork değeriyle aç-kapa yapılarak sızdırmazlığı kontrol edilecektir. Saha uygulamalarında da orantısız güç kullanarak, vana kapatarak, montaj elemanlarına gerilim yüklemek yerine standartlara uygun imalatlara yönelmek gerekmektedir.

Toprak altına gömülecek vanalar için mümkün olması halinde vana odası yapılmalı, vana odası yapılamaması durumunda vanalar izolasyon yapılarak gömülmelidir. Civata gibi bağlantı malzemeleri koruyucu yağlama yapılarak izolasyon altına alınmalıdır.

Ø 350'ye kadar ki uygulamalarda elastomer yataklı sürgülü vana kullanımı pratik iken, bu çaptan büyük vana uygulamalarında ağırlık ve maliyet göz önüne alınarak kelebek vana kullanılması uygundur.

Pek çok şebekede F5 basınç sınıfı sürgülü vana kullanımı yapılmış olduğundan bakım ve onarım çalışmaları için sürgülü vana temini yapılırken yeni boru imalatları ve kaynak işçiliği oluşmaması açısından durum değerlendirilmesi yapılmalıdır. Gelişen teknoloji ile artık F4 basınç sınıfı vanalarında 16 bar basınç ihtiyacını karşılayabildiği göz önüne alınarak yeni imalatlar için değerlendirilmelidir. Şekil 61’de F4 ve F5 sınıfı vanaların boyutlarının birbirinden farklı olduğuna dikkat edilmelidir.



Şekil 61. F4 sınıfı (PN16) sürgülü vana ve F5 sınıfı (PN16) sürgülü vana (Duyar Vana, 2016)

İdarelerin sürgü vana arızalarında basit civata ve kapama siti değiştirme işlemleri ile vanalardaki arızaları ortadan kaldıracak göz önüne alınarak çok eski olmayan vanalarda önleyici bakım onarım yapımları faydalı olacaktır.

6.4.5. Debimetreler

Debimetreler, boru hatlarından geçen akış debisini ölçmeye yarayan hassas ölçüm cihazlarıdır. Genellikle DMA bölgeleri girişlerine, depo giriş ve çıkışlarına, isale hatlarına, arıtma tesislerinin giriş ve çıkışlarına monte edilirler.

Birçok metotla ölçüm yapabilen debimetrelerin en yaygın kullanılan çeşitleri elektromanyetik ve ultrasonik tiplerdir. Elektromanyetik debimetreler, debimetrenin boru hattı içinde ürettiği elektrik sinyallerinin sensörler tarafından algılanarak sinyal değerlerine göre debi miktarı olarak tanımlanması esasına göre çalışırken, ultrasonik debimetreler ise boru hattı içinde sonik sinyaller üreterek aynı işlemi yapmaktadır.

Ayrıca su yönetiminde sıkça kullanılmakta olan seyyar debimetreler;

- DMA debi analizlerinde,
- Sızıntı hacmi takibinde,
- Kalibrasyon ve test istasyonlarında,
- Boruların C katsayısının belirlenmesinde,
- Tüketici profili analizlerinde,
- Hidrolik model verisi toplanmasında,
- Sınır vanalarının adım testlerinde,
- Pompalara ait karakteristik akış testlerinde kullanılmaktadırlar.

Debimetrelerin hassas ölçüm yapması gereken cihazlar olduğu göz önüne alındığında, debimetrelerde aranması gereken en temel özellik uluslararası yeterliliğe sahip akredite kurum tarafından verilmiş kalibrasyon sertifikasıdır.

Sertifikada;

- Min. ve max. akış oranları,
- Testte kullanılan ve debimetrenin kullanılacağı akışkanın karakteristikleri,
- Debimetre Q3 - hata eğrisi,
- $R = Q3/Q1$ oranları yer almalıdır.

Piyasada elektromanyetik, ultrasonik, radar, clamp-on, doppler debimetre gibi pek çok debimetre çeşidinin uygulaması yapılmaktadır. Kayıp-kaçak çalışmalarında kullanılan debimetreler ölçüm hassasiyetleri, süreklilik ve ortam şartlarından minimum etkilenme gibi özellikleri dolayısı ile elektromanyetik debimetrelerdir.

Debimetreler montaj esnasında genel olarak boru tipi, akışkan cinsi, et kalınlığı ve boru çapı gibi parametreler tanımlanarak debimetrenin saha kalibrasyonu yapılmaktadır.

Tablo8. Örnek debimetre özellik tablosu

X MARKA ELEKTROMANYETİK DEBİMETRE AKIŞ ÖZELLİKLERİ					
DEBİMETRE ÇAPI	Q ₃ OIML Max Akış Oranı	Q ₂ OIML Nominal Akış Oranı	Q ₁ ISO Nominal Akış Oranı	Q ₂ OIML Geçiş Oranı	Q ₁ OIML Başlangıç Debisi
(mm)	(m ³ /hr)	(m ³ /hr)	(m ³ /hr)	(m ³ /hr)	(m ³ /hr)
100					
150					
200					
250					
300					



Şekil 62. DMA odasına monte edilmiş debimetre

Debimetre Kullanımlarında Dikkat Edilecek Hususlar

İçerisinde farklı akışkan tipleri barındıran akışlarda elektromanyetik debimetre sağlıklı çalışmayabilir.

Elektromanyetik debimetreler kuvvetli manyetik alanlardan etkilenmektedir.

Ultrasonik debimetreler ağır tonajlı araba yollarında toprak üstü kullanımlarda gürültü ve titreşimden etkilenmektedirler.

Tam dolu olmayan hatlarda elektromanyetik debimetre düzgün çalışmayabileceğinden dolayı montaj öncesi deve boynu kullanımı uygun olacaktır.

Oransal vana ve kısma vanalarda, vana yarı açık ise üretici firmalardan debimetrede doğru çalışması için gerekli minimum montaj mesafeleri temin edilmelidir.

Debimetrelerin monte edileceği hatlarda Reynold sayısı değeri 2100 değerinden büyük olursa türbülanslı akım oluşacağından dolayı debimetrelerin ölçüm doğruluğu olumsuz etkilenebilir.

Beton ve plastik borulara debimetre montajı yapılması durumunda bağlantı yerinde topraklama flanşı kullanılmalıdır.

Debimetrelerde PC yoluyla fabrika ayarlarına göre doğrulama yapılması debimetrelerin bir ölçüde kalibre edilmesini sağlamaktadır. Ayar yapılamayan debimetrelerde hasar olduğu kanaati oluşur.

Elektromanyetik debimetrelerin montajında flanşların düzgün bir şekilde oturmasına dikkat edilmeli ve eksenel sapmadan kaçınılmalıdır. Böyle bir durumda debimetrenin elastomer ünitesi zarar görecektir ve çalışma hassasiyeti kaybolacaktır.

Elektrik hattıyla beslenen tip debimetrelerde, elektrik voltajlarındaki büyük sapmalarda debimetrede hasar oluşabilmektedir.

Kelepçeli ultrasonik debimetreler kullanılacaksa; boru içindeki her türlü yosun vb. bozulmalardan etkilendiği, dış etkilere açık olduğu, büyük çaplarda ekonomik olmadığı ve monte edilirken sensörlerin aynı hizada olması (düzgün sinyal akışı için) gerektiği göz önüne alınmalıdır.



Şekil 63. Ultrasonik debimetre
(HWM, 2016)



Şekil 64. Kelepçeli ultrasonik debimetreler - Clamp on Tip

Clamp on debimetreler (portatif tip) ortalama 3 gün pil dayanımına sahiptir.

Küçük çaplı debimetrelerde elektromanyetik debimetreler fiyat olarak avantajlıdır. Clamp on tip debimetreler 600-700'lük çaplardan sonra avantajlı olmaktadır.

Ayrıca flanşlı tip elektromanyetik debimetre ile clamp on ultrasonik debimetre arasında ciddi bir hassasiyet farkı bulunmaktadır. Elektromanyetik debimetre çok daha hassas ölçüm yapmaktadır.

Elektromanyetik debimetrelerin ölçüm yapacağı borular tam dolu olmalıdır.



Şekil 65. Elektromanyetik Debimetre (ISOIL, 2016)

Debimetre Seçimi

1. Debimetrelere ait bazı karakteristikler bilinmelidir;

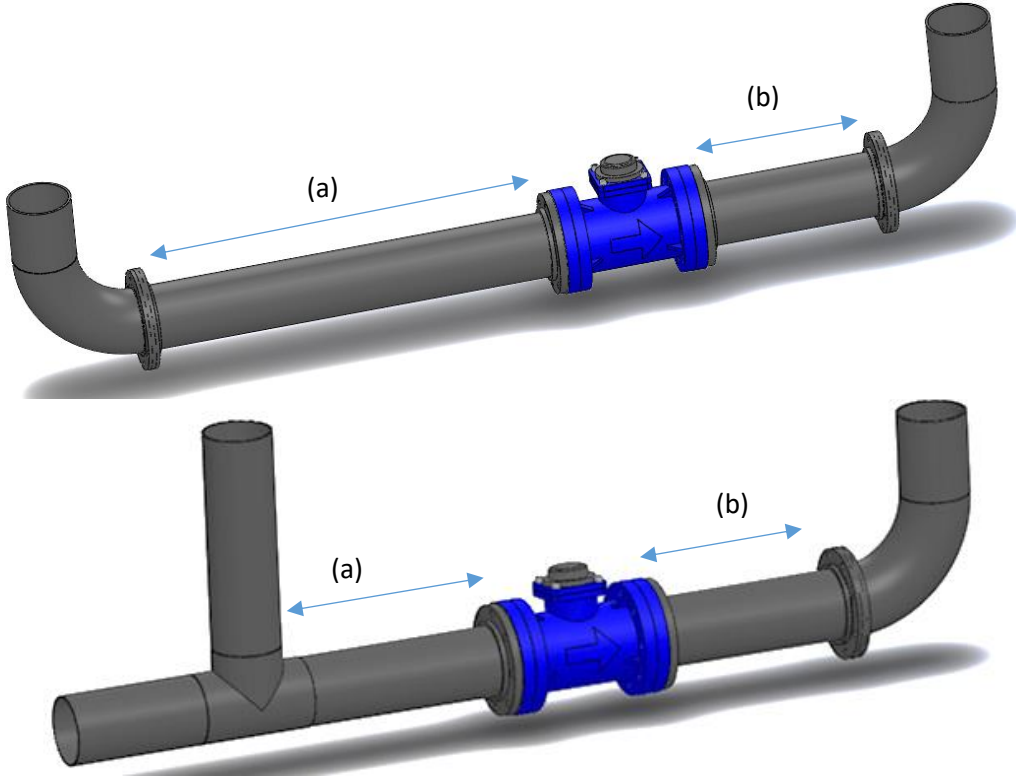
Q_1 (En Küçük Debi): Müsaade edilebilir en büyük hata sınırlarını aşmadan çalışması gereken en küçük debi.

Q_2 (Geçiş Debisi): Sürekli debi Q_3 ile en küçük debi Q_1 arasında debi aralığını alt ve üst olarak 2 bölgeye ayıran debi değeridir. Her bir debi aralığı kendisi için müsaade edilebilir en büyük hata ile tanımlanmıştır.

Q_3 (Sürekli Debi): Tanımlı çalışma koşulları aralığında sayacın tatminkar olarak ve müsaade edilebilir en büyük hata sınırlarını aşmadan çalışması gereken en büyük debidir.

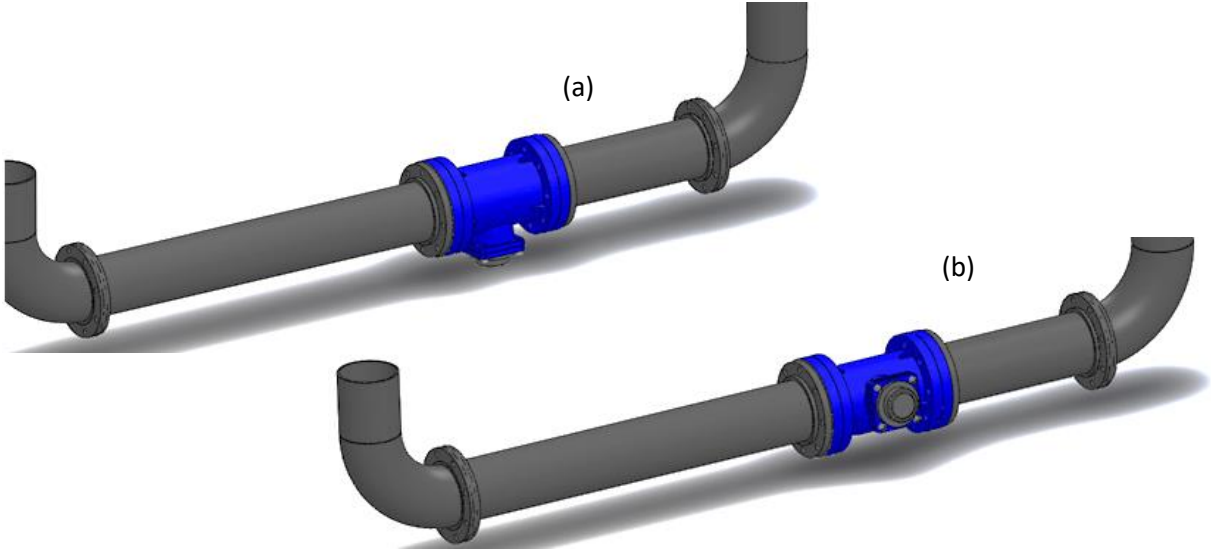
$Q=Q_4 \times 0,8$ (Q_4 = Belirli bir müddet en büyük hata sınırlarını aşmadan çalışması gereken en büyük debi değeridir.)

2. Alımı yapılacak debimetreye ait Range oranı belirlenmelidir. ($R= Q_3/Q_1$) Bu değer ölçüm yapılacak bölgenin temel tüketim karakteristiklerinin incelenmesi sonucu Q_1 ve Q_3 değerlerinin tespit edilerek idare tarafından en optimum okuma sınıfının belirlenmesiyle şartnameye yazılmalıdır. Q_3/Q_1 oranı ne kadar yüksek ise debimetre maliyetide o kadar yüksek olacaktır. Bu yüzden optimum seçimin yapılması önem arz etmektedir.
3. Seçilecek elektromanyetik sayaçların bazı üretici firmalar tarafından Q_4 değerinin %20 fazlasını okuyabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.
4. Yukarıda açıklanan dikkat edilecek hususlar göz önüne alınmalıdır.
5. DMA odaları için elektromanyetik debimetre, sahada farklı ölçümleri için ise Clamp on seyyar debimetrelerin tercih edilmesi uygun olacaktır.



Şekil 69. Doğru debimetre montajları

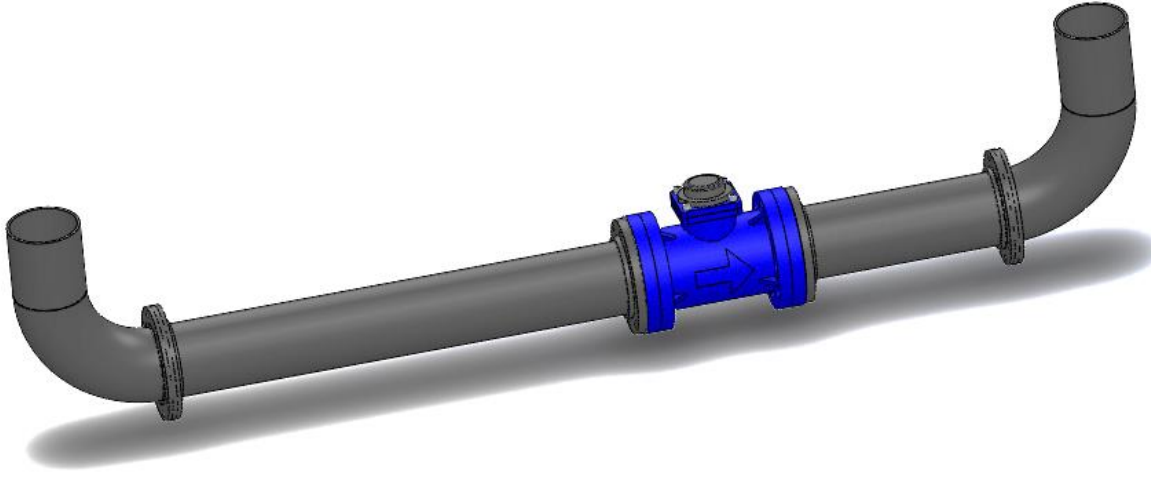
Şekil 69’da dirsek ve T parçasına göre debimetrelerin doğru uygulama için konumları gösterilmiştir. (a) ve (b) mesafeleri üreticilere göre farklılık arz etmektedir.



Şekil 70. Yanlış debimetre montajları

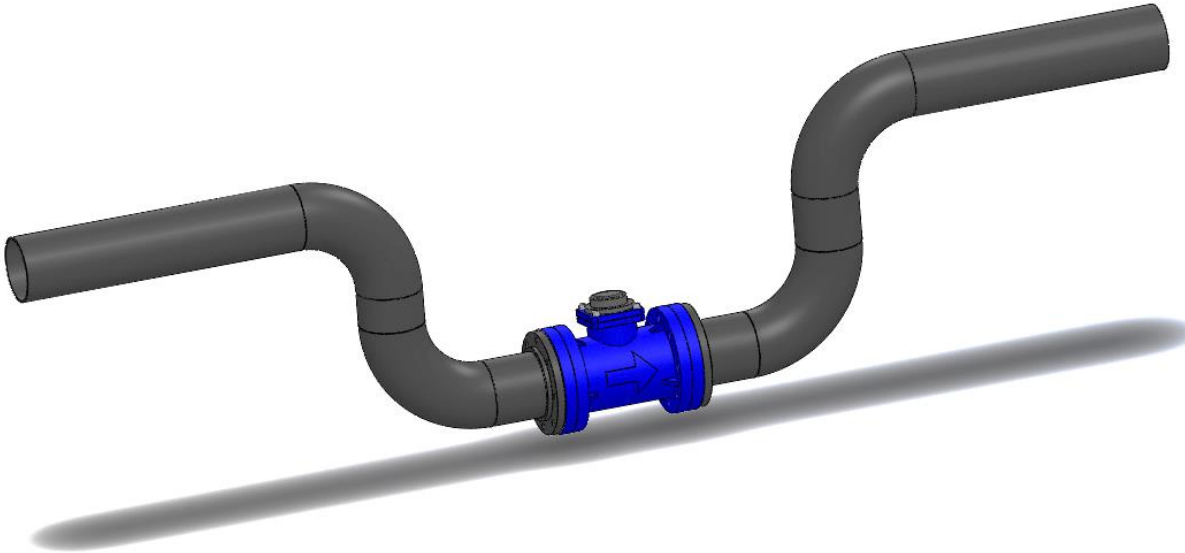
Debimetre dirsek mesafeleri seçilecek ürüne göre üretici firmadan öğrenilmelidir.

Şekil 70’te debimetre odasının konstrüksiyonuna göre okumada zorluk çıkaracak debimetre montajları görülmektedir. Şekil (a) da vana odası zemini ile boru arası mesafe yeterli olmadığından; şekil (b) de ise vana odası duvarına bakıldığında yeterli bir boşluk olmadığından, bakım onarım ve okumalar açısından çeşitli güçlükler yaşanacaktır.



Şekil 71. Debimetrede dirsek mesafesi kontrolü-1

Küçük çaplı debimetrelerde sayaç öncesi ve sonrası dirsek mesafesi aranmayabilir.



Şekil 72. Debimetrede dirsek mesafesi kontrolü-2

6.4.6. Basınç Kırıcı Vanalar (BKV)

Basınç kırıcılar su dağıtım şebekelerinde besleme bölgelerinde meydana gelen istenmeyen yüksek basınçları regüle etmek amacıyla kullanılmaktadırlar.

Su uygulamalarında kullanılan basınç kırıcılar pilot tesirli tip olup vana çıkışlarına bağlı pilot mekanizmasının diyafram/piston mekanizmasının, bağlı olduğu hareket iletim mekanizmasına etki etmesi ve basıncı ayarlanan değerde tutması esasına dayanır.

Yaygın olarak şebekelerde diyaframlı vanalar kullanılmakta olup, son yıllarda pistonlu tip basınç kırıcıların kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Basınç kırıcıların seçiminde sistem performansları, bakım onarım ihtiyaç durumları ve kesintisiz hizmet verebilme faktörleri göz önüne alınmalıdır.

Diyaframlı Tip Basınç Kırıcılar

Diyaframlı tip basınç kırıcılar Y tipi sfero dökme demir gövde ve paslanmaz çelik iç hazne yapısına sahiptir. Pilot mekanizması ve boru sistemi genelde bronz ve bakır alaşımlarından yapılmaktadır. Yüksek basıncı sabit basınca düşürme özelliği ile çalışır. Giriş basıncına göre vananın diyaframının açılarak çıkış basıncı marifetiyle dengelenmesi prensibine göre çalışırlar.



Akış faktörü

Ölçü	Cv	Kv
2"	76	65
2 1/2"	110	130
3"	164	140
4"	245	210
5"	409	350
6"	596	510
8"	993	850
10"	1519	1300
12"	2313	1980

$$Cv \text{ veya } Kv = \sqrt{\frac{Q}{\Delta P}}$$

$$Kv = 0,856Cv$$

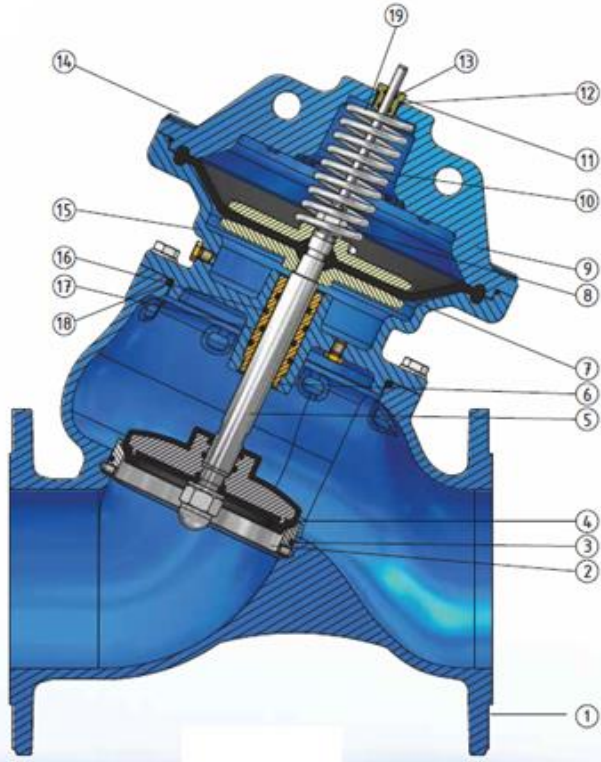
Cv = Akış Faktörü: gpm, 1 psi Basınç kaybında

Kv ""Akış Faktörü: m³fh, 1 kg/cm² Basınç kaybında

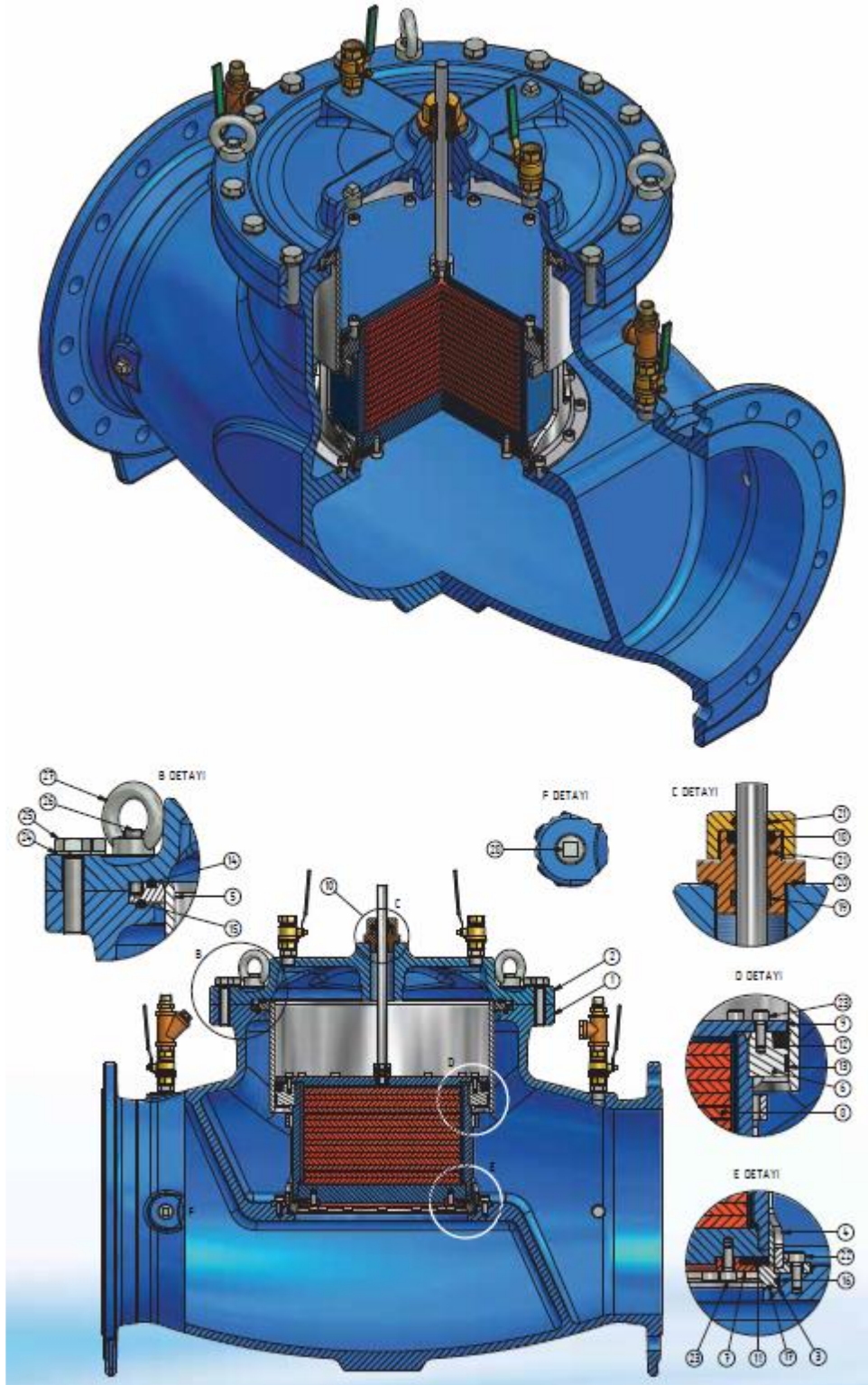
Q = Debi: gpm- m³/h

AP = Basınç kaybı: psi- kg/cm²

1	Gövde	GGG 40 Sfero Döküm
2	Yataklar Burcu	Paslanmaz Çelik
3	"O" Ring	Nitril Kauçuk
4	Klapa	Dökme Demir+Doğal Kauçuk
5	Mil	Paslanmaz Çelik
6	Mil Yatağı	Bronz
7	Diyafram	Naylon Takviyeli Doğal Kauçuk
8	Somun	Paslanmaz Çelik
9	Üst Kapak	GGG 40 Sfero Döküm
10	İndikatör Mili	Paslanmaz Çelik
11	Yataklar Tapa	Pirinç
12	"O" Ring	Nitril Kauçuk
13	"O" Ring	Nitril Kauçuk
14	Cıvata	Paslanmaz Çelik
15	Alt Kapak	GGG 40 Sfero Döküm
16	"O" Ring	Nitril Kauçuk
17	"O" Ring	Nitril Kauçuk
18	"O" Ring	Nitril Kauçuk
19	Yay	Paslanmaz Çelik

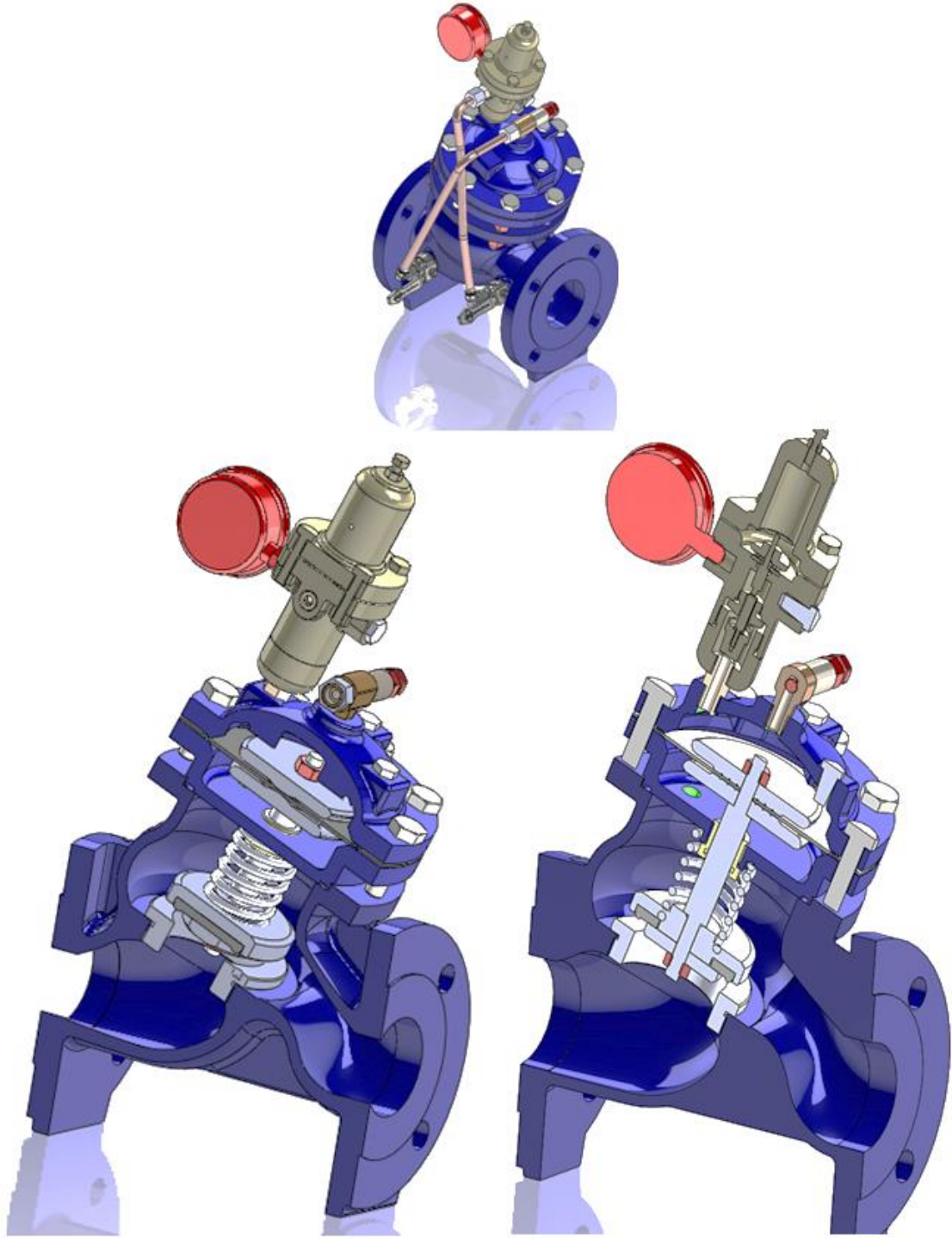


Şekil 73. Diyafram aktuatörlü klapa kapamalı basınç kontrol vanası (DKY Valves&Controls, 2016)



Şekil 74. Piston aktuatörlü klapeli basınç kontrol vanaları (DKY Valves&Controls, 2016)

Şekil 74'te piston dikey yönlü çalışmaktadır. Diyaframlı tip örneğinde ise Y tipi akış mevcuttur. İmalat hataları ve yanlış basınç kırıcı seçimlerinde basınç kırıcı kapama yüzeylerinde kavitasyon oluşmaktadır.



Şekil 75. Aktüatör diyaframlı basınç regülasyon vanası kesiti ve çalışma prensibi (GMS Vana, 2017)

Aktüatör diyaframlı vanalar basıncın istenilen değerden yüksek olduğu yerlerde kullanılır. Pilot vana sayesinde basıncı istenilen oranda düşürerek sabit tutar. Tavsiye edilen değer $1/3$ giriş basıncıdır.

Piston diyaframlı basınç regülasyon vanaları genel olarak ağır çalışma şartları, yüksek basınç ve büyük çaplı uygulamalarda tercih edilir. Kavitasyon direnci yüksek vana tipidir. DN50-DN900 nominal çap aralığı ve PN 16-PN 64 basınç sınıfı aralığında üretilmektedir. Genel olarak ağır çalışma şartları, yüksek basınç ve büyük çaplı uygulamalarda tercih edilir.

Türbin Tip Basınç Kırıcılar

Kat ayrımları arasında yüksek kot farklarının bulunduğu veya yüksek basıncın çalışma basıncına düşürülmesinin istendiği durumlarda suyun hidrolik kapasitesinin elektrik enerjisine çevrilerek fayda sağlanması amacıyla türbinli tip basınç kırıcılar kullanılmaktadır. Suyun türbin kanatçıklarına yüksek basınç ile çarparak türbini döndürmesi ve istenen düşük basıncın elde edilmesi prensibine göre çalışmaktadır.

Son yıllarda ülkemizde artan enerji maliyetleri göz önüne alınarak kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Ekonomiklik yönünden yatırım maliyeti en yüksek ürün türbünlülük tip basınç kırıcıdır. Bununla beraber çalışma esnasında elde edilecek elektrik enerjisi ilk yatırım maliyetinin amorti edilmesini sağlayacaktır. Bu tip basınç kırıcıların kullanılmasından evvel dikkate alınması gereken bir diğer husus, DMA odalarının basınç kırıcı ve enerji hattı için uygun büyüklük ve konuma sahip olmasıdır. Şehir içi dar şebeke alanları ve yollardan enerji nakil hattının taşınması ciddi bir zorluktur. Önceki senelerde yapılmış olan mevcut vana odaları bu sistemin kurulumu için yeteri büyüklükte değildir.

Pistonlu Tip Basınç Kırıcılar

Son yıllarda kullanımı hızla artan pistonlu tip basınç kırıcıda kapama ağız girişe sabit monteli açık ağızlı çıkışı ise doğrusal hareket ederek kapatacak şekilde dizayn edilmiş hareketli bir pistonun pilot mekanizması yardımıyla su basıncını ayarlaması esasına dayalı olarak çalışmaktadır. Çalışma prensibi olarak iğneli vanaların çalışma tarzına benzerlik göstermektedir. Gövde malzemeleri kompozit olup pilot mekanizmaları bronz veya pirinç alaşımından imal edilmektedir.



Şekil 76. Pistonlu tip basınç kırıcılar (Saisanket, 2016)

Basınç Kontrolörleri

BKV'nin çıkışındaki basıncın sürekli olarak izlenmesi ve kritik noktadaki su abonesinin belirlenen minimum basınçta su almasını temin etmek için, kritik nokta abonesine bağlı veri kaydediciden gelen değerlerde dikkate alınarak, hedef basınç değeri ile okunan değer arasında 1 mSS'ndan daha fazla fark varsa, kontrolör çıkış basıncını istenen değere ayarlamak için kontrolörler kullanılır. Çıkış basıncının ayarlanması, kontrolörün BKV'nin pilotuna bağlanan hidrolik aktüatördeki basıncı değiştirmesi ve BKV'nin basıncını kontrol etmesi esasına bağlı olarak çalışır. Debiye göre veya zamana bağlı (belirli zamanda basıncın istenilen P değerine koşullandırılması-debinin Q değeri için basıncın P değerine koşullandırılması) olarak çalışabilirler.

Kontrolörler gelişen teknolojiyle beraber elektronik kumanda esasına dayalı olarak elektronik basınç kontrolörleri olarak işlev görmekte debi ve giriş-çıkış basınçlarını kaydetme, GSM sinyallerine bağlı olarak basınç kırıcıyı dinamik olarak ayarlayabilme gibi uygulamaları gerçekleştirebilmektedir.

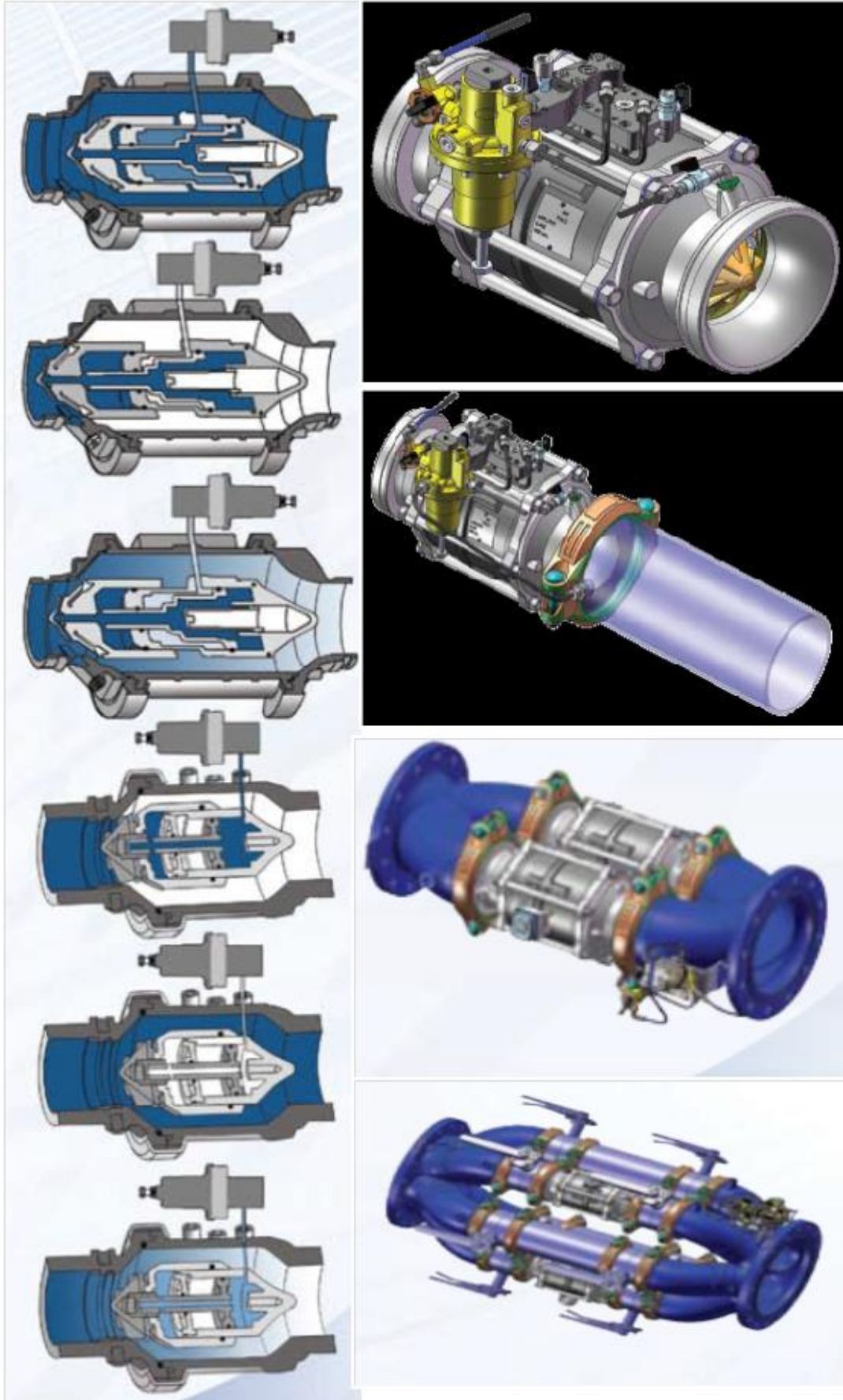
Cihazların basınç koşullandırmasında, gece debisinin az olması durumunda, zamana duyarlı koşullandırma gece debisi yüksekse, basınca duyarlı koşullandırma uygulanmaktadır.

Elektronik BKV kontrolör sisteminin bir diğer önemli parçasıda aktüatör kontrolörden gelen sinyal selonoid ünitesinde değerlendirilerek, aktüatör aracılığıyla basınç kırıcıya kuvvet olarak iletilmekte ve basıncı ayarlamaktadır.

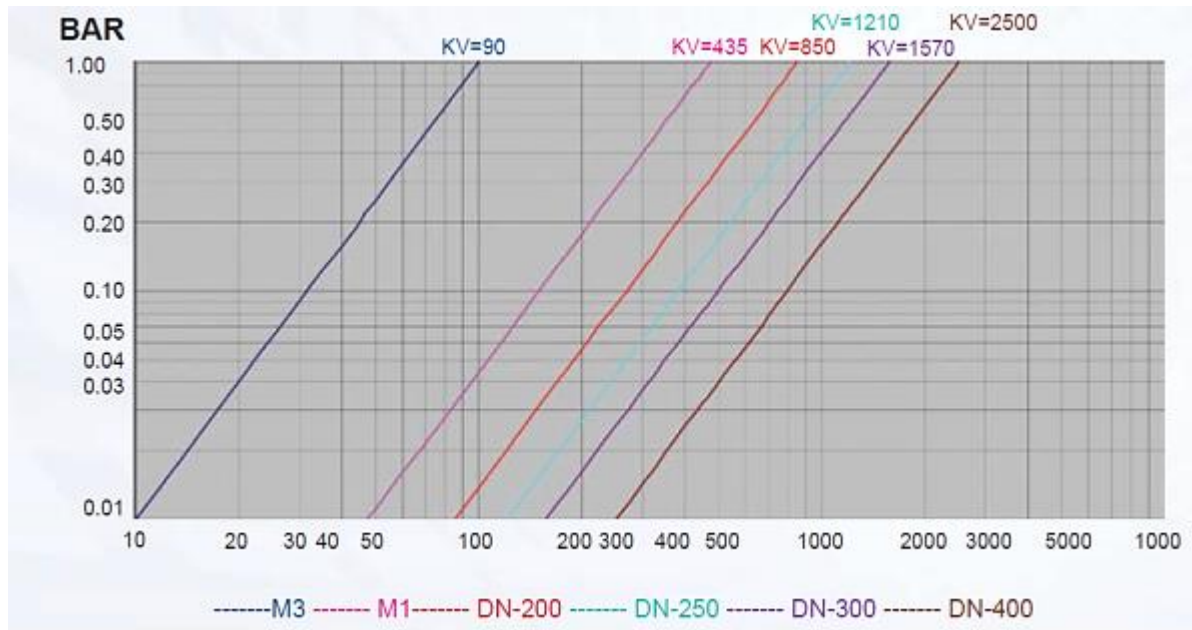
Aktüatörün kullanılacağı basınç kırıcının tipi ve tepki süresi, kontrolörün pil durumuna etkimektedir. Tepki süresi uzun olan basınç kırıcılarla kullanılan kontrolörlerin pil ömrü kısalmaktadır.



Şekil 77. Basınç Kontrolörü (HWM, 2016)



Şekil 78. Pistonlu tip basınç ve çalışma prensibi (Saisanket, 2016)



Şekil 79. Pistonlu basınç kırıcılara ait teknik değerler ve basınç eğrileri (Saisanket, 2016)

Karşılaşılan Sorunlar

- Giriş basıncı ve istenilen çıkış basıncı arasında çok yüksek basınç farkı altında basınç kırıcıların çalışmaya zorlanması,
- Diyaframlı tip basınç kırıcılarda giriş/çıkış basınç farklarının fazla olması sebebiyle kavitasyon problemi yaşanması,
- Pistonlu ve diyaframlı basınç kırıcılarda tıkanma problemi,
- Bronz pilot mekanizması ve borularında depolama hataları ve kullanım hatlarına bağlı ezilme ve eğilme hasarları,
- Çalışan basınç kırıcılarında ayar kayması yaşanması,
- Basınç kırıcıların hangi esaslara göre belirlendiğinin net olarak personel tarafından bilinmemesi,
- Sahada montaj aşamasında yaşanan sıkıntılar,
- Kat ayrımlarının düzgün olarak yapılandırılmaması gibi sorunlarla karşılaşılmaktadır.

Basınç Kırıcı Seçimi

Su idarelerinin basınç kırıcı seçimi için aşağıdaki hususları göz önüne almaları gerekmektedir;

Basınç kırıcı monte edilecek hat üzerinde giriş ve çıkış basınçları tespit edilerek giriş ve çıkış basınçları farkı olan ΔP değeri belirlenmelidir. Bu basınç değerinde basınç kırıcının sorunsuz çalışması gerekmektedir. Ayrıca belirli toleranslar dahilinde ΔP değerinin altında ve üstünde salınım yapabilecek şekilde basınç kırıcı seçimi yapılmalıdır.

İdare basınç kırıcı kullanılacak bölgenin maksimum ve minimum su tüketimi durumlarını tespit etmelidir. Q_{max} ve Q_{min} değerleri için basınç kırıcının verimli çalışma aralığı doğrulanmalıdır (Kv).

Kavitasyon eğrileri incelenerek seçilecek basınç kırıcının, kavitasyonsuz çalışma aralığında işletileceği doğrulanmalıdır.

Basınç kırıcıdaki tavsiye edilen çalışma debisi için basınç kırıcının üretici tarafından tavsiye edilen maksimum hız sınırının aşılmasına dikkat edilmelidir.

Basınç kırıcının dinamik basınç değişimleri karşısında tepkime hızı göz önüne alınmalıdır.

Yangın durumunda ihtiyaç duyulacak maksimum debi ve çalışma basıncı, basınç kırıcı planlaması yapılırken göz önüne alınmalıdır.

Basınç kırıcıların seçiminde bir diğer önemli husus bakım onarım gereksinimlerinin belirlenmesidir. Diyaframli tip basınç kırıcılar kullanım yerinde bakım onarım yapılabilirken, pistonlu tip basınç kırıcılar yerinden sökülme suretiyle bakım onarım yapılmaktadır. Bu durumda yedekli çalışma ihtiyacı gözönüne alınmalıdır.

Ayrıca basınç kırıcıların kullanım ömürleri boyunca ne kadar bakım onarım geçirdikleri, bakım onarım maliyetleri, personelin işletme sırasında harcadığı zaman ve müşteri memnuniyeti gibi hususlar, idareler tarafından göz önüne alınmalıdır.

Basınç kırıcıların ekonomikliği değerlendirilirken; ilk yatırım maliyeti, faydalı ömür boyunca bakım onarım masrafları ve arıza sıklığı gibi hususlar göz önüne alınarak karar verilmelidir.

Tablo9. Pistonlu basınç kırıcıya ait minimum açma ve kapama debileri, işletme basınç aralığı
(Saisanket, 2016)

M1 Açma kapama basınç parametreleri (metre)

M1 Açık/Kapalı Minimum Basınç Değerleri

Model	Kapalı metre	Açık metre	Full açık metre
Normal açık	6	2	3
Normal açık-yaylı	5	2	6
Normal kapalı	14	2	7
Normal kapalı-Yaylı	3	3	20

M1 Çalışma basıncı aralıkları		
PN	Model	Max. basınçbars
PN 16	Kelepçeli plastik model	16
PN 20	Saplama civatalı plastik model	20
PN 25	Metal kasalı plastik model	25
PN 30	Metal kasa ve saplama civatalı plastik model	30

İdare Tarafından Tespit Edilecek Hususlar

Debi (Q_{max}) l/sn (yangın durumunda gerekecek debi), Debi (Q_{min}) l/sn, Giriş basıncı (P_{max})(m), Giriş basıncı (P_{min})(m), Çıkış basıncı (P) (m) değerlerinin idare tarafından tespit edilmesi gerekmektedir.

Ayrıca diyaframli ve pistonlu basınç kırıcıların hangisinin çalışma şartlarına daha uygun olduğu hususunda su idarelerinin kafa karışıklığının giderilmesi ve firma beyanlarına dayalı karar verilmesinin önüne geçilebilmesi için akredite test kurumlarının gözetiminde basınç kırıcıların tepkime süreleri, Kv değerleri, yüksek basınç altındaki çalışma dayanımlarının karşılaştırılması, firmaların beyan ettikleri Q_{max} ve Q_{min} değerlerinin doğrulanarak pistonlu veya diyaframli basınç kırıcılarla ilgili resmi belgelere dayanan karşılaştırma raporlarının hazırlanması gerekmektedir. Bu testler için alınacak numunelerin bu basınç kırıcı türlerine ait en iyi imalatlara ait olması gerekmektedir. Bu sayede basınç kırıcıların standartlara uygun üretilmeleri halinde, hangisinin daha uygun değerlere sahip olduğu hakkında kanaat oluşturulabilecektir.

6.4.7. Sayaçlar

TS EN 14154-1’de sayaç; “Tanımlı çalışma koşulları aralığında, içinden geçen suyun hacmini sürekli olarak ölçmek, hafızaya almak ve göstermek üzere tasarlanmış cihazdır.” olarak tanımlanmıştır. İçinden geçen suyun miktarını, üzerinde bulunan bir ekranda, hacim (m³) cinsinden gösterir.

Sayaçlar hassasiyet sınıfına göre;

- A sınıfı (R50)
- B sınıfı (R80)
- C sınıfı (R160)
- D sınıfı (R400) olarak sınıflandırılmaktadırlar.

Su idarelerinde kullanılan sayaçlar, debileri göz önüne alındığında, evsel tip (hız esaslı ve hacim esaslı) ve sanayi tipi sayaçlar ile son zamanlarda hassas ölçmesi ve sorunsuz çalışması nedeniyle elektromanyetik sayaçlardır. Ülkemizde en çok kullanılan sayaçlar kuru tip ve genel olarak hız esaslı, mekanizma esaslı ve B sınıfı soğuk su sayaç hassasiyetine sahiptirler.

Sayaç teknolojilerindeki gelişmeler ışığında volumetrik sayaçların en büyük sorunu olan tıkanma sorunu, büyük ölçüde giderilmiş olup C klas sayaçlar, bazı idarelerimiz tarafından başarıyla kullanılmaya başlanmıştır.

Su Sayaçları İle İlgili Standartlar

Avrupa Birliği sayaçlar için EN 14154, Türk Standartları Enstitüsü sayaçlar için TS EN 14154-1+A1 Şubat standardını belirlemiştir.

Su sayaçlarının ölçme kurallarını belirleyen uluslararası standartlar Avrupa Birliği bünyesinde MID 2004//22/EC directive olarak belirlenmiştir.

Metrolojik Karakteristikler

Sayaçların metrolojik karakteristikleri MID 2004/22/AT Ölçü Aletleri Yönetmeliği Mİ-001 su sayaçları ekinde ve EN 14154-1 part1/part2/part3 standardında belirtilen değerlere uygun olacaktır.

Minimum debi (Q₁) : Su sayacının, maksimum izin verilebilir hatalar (MİH’ler) dahilinde çalışması için gerekli olan en düşük debidir.

Geçiş debisi (Q₂) : Geçiş debisi, debi aralığının "üst bölge" ve "alt bölge" olarak iki bölgeye ayrıldığı daimi ve minimum debiler arasında oluşan debidir.

Her bölge bir karakteristik MİH değerine sahiptir.

Daimi debi (Q₃) : Daimi debi, normal kullanım şartları altında (örneğin daimi ya da fasıllı akış şartlarında) su sayacının uygun ve istenilen şartlarda çalıştığı en yüksek debidir.

Aşırı debi (Q₄) : Aşırı debi, su sayacının bozulmadan kısa bir süre için uygun ve istenilen şartlarda çalıştığı en yüksek debidir.

Sayaçlar aşağıda belirtilen metrolojik karakteristiklere sahip olacaktır:

- Sürekli Debi, Q₃ =2,5 m³/h ve Q₃ =6,3 m³/h
- Debi Ölçme Aralığı,(R); R: Q₃/Q₁=80
- Q₂/Q₁= 1,6
- Q₄/Q₃=1,25

- $Q_4/Q_3 = 1,25$
- $Q_n = Q_4/2$
- $Q_1 = Q_n \times 0,02$
- $Q_2 = Q_n \times 0,08$

A. Volumetrik Su Sayaçları

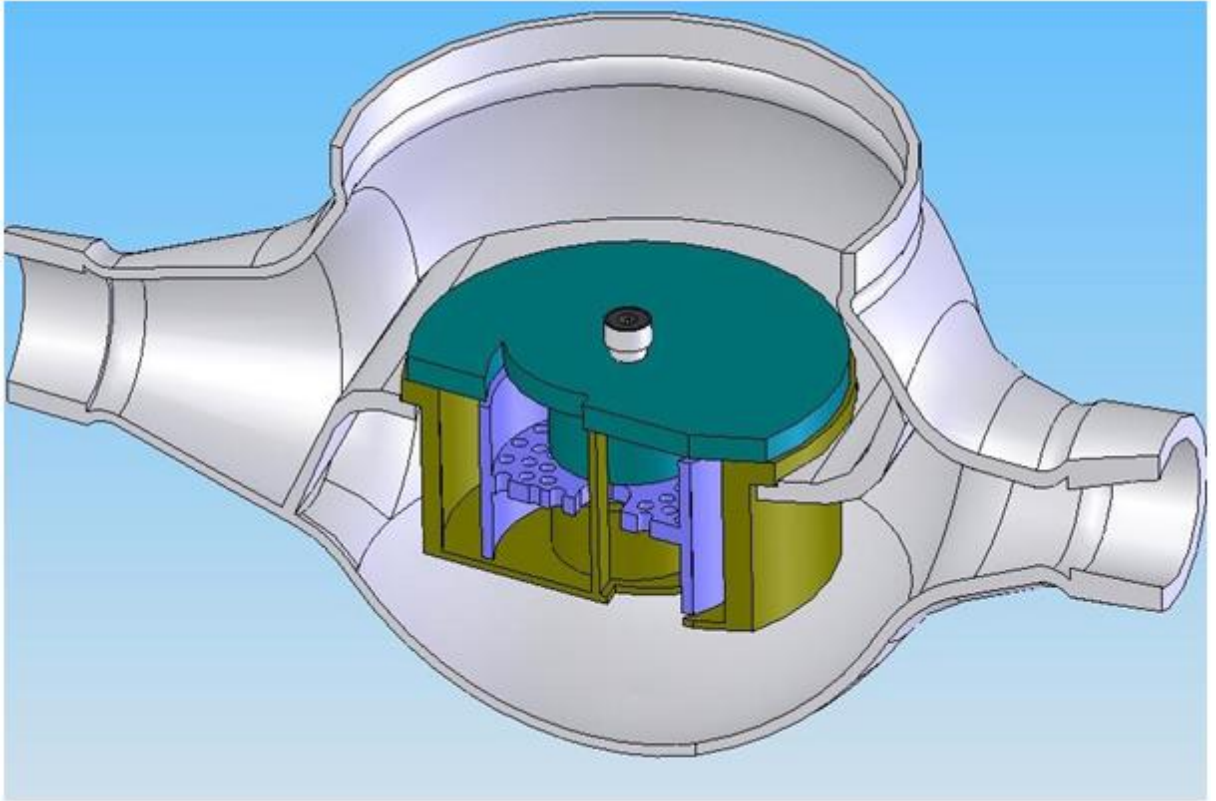
1.5 m³/h-20 m³/h debi aralığında çalışabilen evsel sayaç tipidir. Çalışma prensibi, suyun ölçümü yapılmış bir hazneye girerek su basıncı ile hazneyi döndürmesi esasına dayanır. Pistonun her dönüşü suyun tam hacmini ölçer, bu değer sayaç göstergesine kaydedilir.

Avantajları;

- Küçük debileri ölçebilecek hassasiyet
- Sayacın her konumda montaj edilebilmesi (düşey, yatay)
- Çok küçük başlangıç debisi
- Koç darbelerinden etkilenmeme
- Düzensiz akıştan etkilenmeme
- Sayaç önünde çek valf kullanabilme
- Çift filtre kullanabilme imkanı

Dezavantajları;

- Sudaki partiküllere karşı hassastır. Tıkanma yaşanabilir.
- Kirli suya dayanıksızdır. Bu gibi durumlarda sayaç bozulur.
- Yüksek debilerde gürültülü çalışma sorunu vardır.



Şekil 80.Volumetrik sayacın çalışma prensibi

B. Hız Esaslı Su Sayaçları

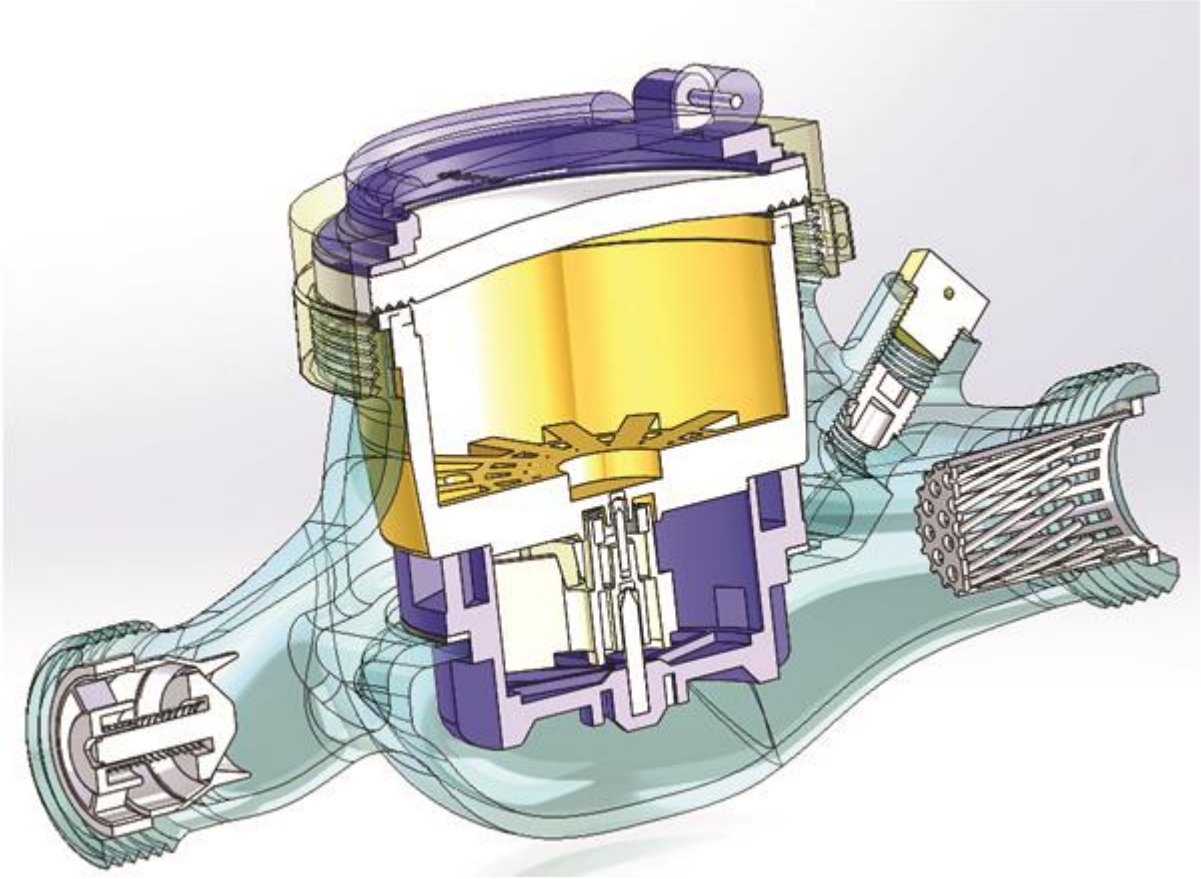
Genellikle 1.5 m³/h-20 m³/h debi aralığında çalışabilen evsel sayaç tipidir. Çalışma prensibi, suyun sayaç haznesine, tek hüzmeli tek girişten, çok hüzmeli ise birkaç giriş boşluğundan girerek sayaç içinde bulunan türbin kanatlarına çarpması ve döndürmesi esasına dayanır. Türbinin her dönüşü okuma haznesine yazılır.

Avantajları;

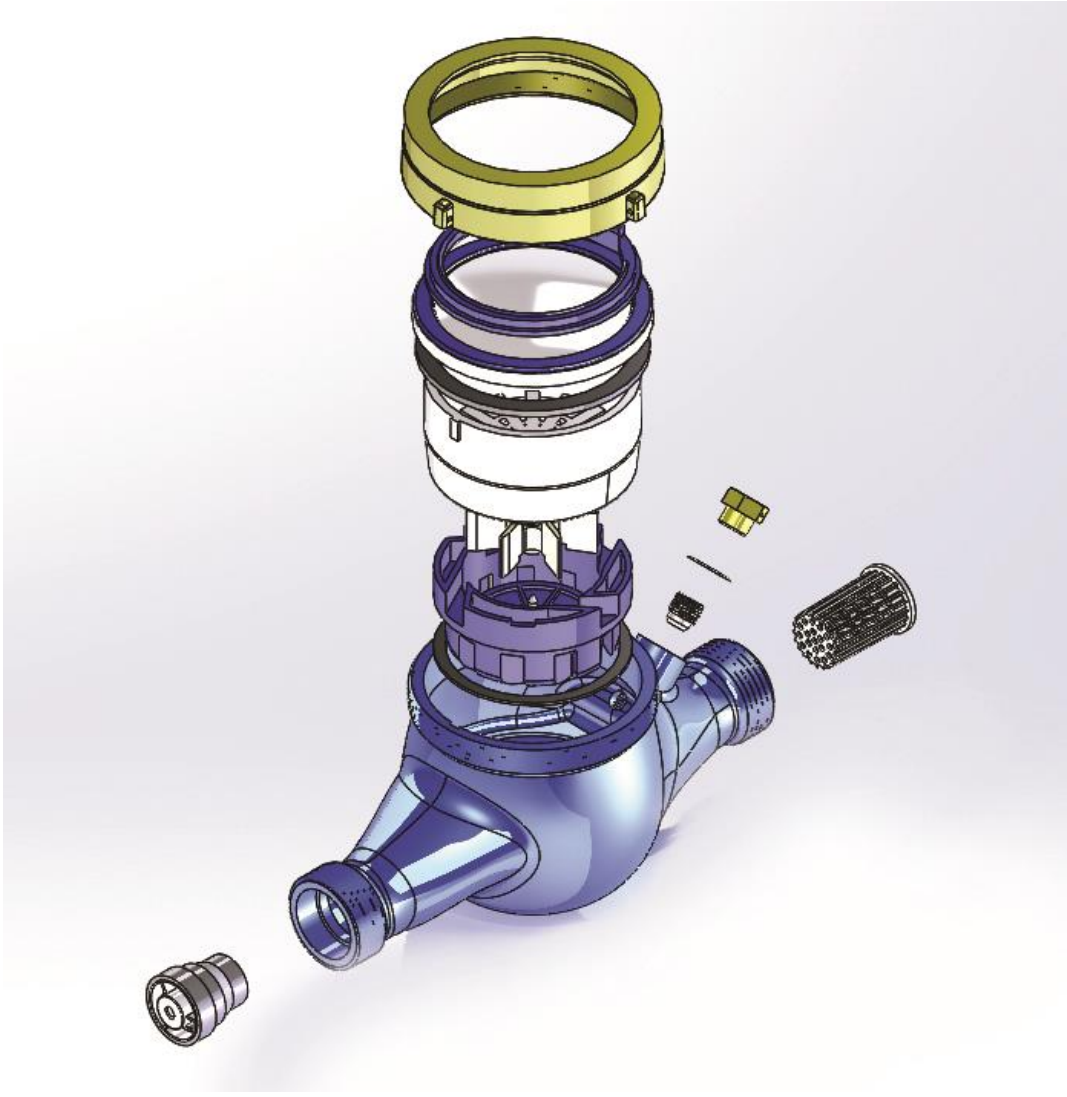
- Partiküllü ve tortulu sularda volumetrik sayaca göre daha uzun ömürlü çalışmaktadır.
- Uygun maliyet ve teknik personel tarafından kolay bakım yapabilmektedir.

Dezavantajları;

- Düşük debilerde hassas ölçüm yapamaz.
- Yalnızca yatay pozisyonda çalışır.
- Sayaç önünde bulunan filtrelerde tıkanma meydana gelebilir.
- 5 seneden fazla kullanılan sayaçlarda kullanım zamanına bağlı ölçüm hassasiyetinde bozulmalar meydana gelmektedir.



Şekil 81. Hız esaslı çok hüzmeli sayaç kesit görünüş

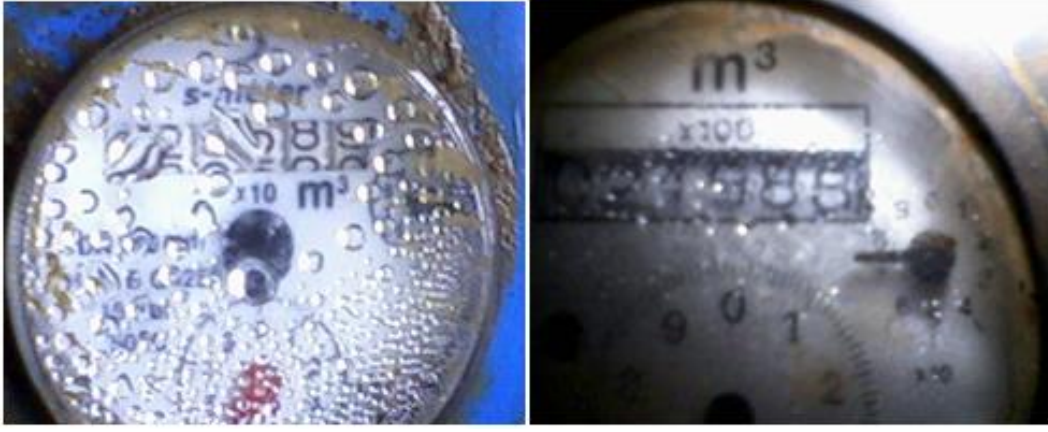


Şekil 82. Hız esaslı sayaç demontaj



Şekil 83. Sayaç filtresinde oluşan tıkanmalar

Kalitesiz imal edilmiş sayaçlarda (vakumlanmamış) sayaç okuma göstergesi zamanla nemlenebilir. (Volumetrik sayaçlarda da yaşanabilir.)



Şekil 84. Sayaç göstergesinde oluşan nem problemi

C. Sanayi Tipi Sayaçlar

Ticari ve yüksek tüketimli abonelerde su ölçümleri için genellikle Woltman tipi sayaçlar kullanılır. Bu sayaçlarda su haznesinde helezon oluşturan çok kanatlı türbin bulunur. Türbin yatay veya dikey olabilir. Suyun sayaç haznesine dolmasıyla türbin kanatçıklarına çarpması ve sayaç göstergesinin kaydetmesi esasına göre çalışır. Sayaçların göstergeleri manyetik aktarmalıdır ve darbelere dayanıklı şeffaf bir materyalden imal edilmiştir. Sayaçlar flanş bağlantılıdır.

D. Elektromanyetik ve Ultrasonik Sayaçlar

Detayları debimetreler bölümünde işlendiği üzere hassas ölçüm cihazları elektromanyetik debimetreler, son zamanlarda su idarelerinde sanayi tip abonelerde yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. %0,5 hassasiyet ile çok hassas ölçüm yapabilen debimetreler, su içi mikro partiküllerden etkilenmemesi, gösterge ünitelerinde nemlenme ve arıza oluşmaması sebebi ile sanayi aboneleri için uygun tercih olarak ön plana çıkmaktadır.

Ayrıca kaliteli imal edilmiş ultrasonik debimetreler, küçük çaplı sayaçlarda uygun fiyat avantajı ile küçük tüketimli sanayi aboneleri için alternatif kullanım imkanı sunmaktadır.

SAYAÇ SORUNLARI

Şebekelerde kullanılan sayaçlarda, uzun yıllar bazında yaşanan sorunlar aşağıda özetlenmektedir;

- Kullanılan tüm tip sayaçlarda hassasiyet sıkıntısı yaşanmaktadır. Bu sıkıntı sayaç yaşının büyümesi ile dahada artmaktadır.
- Sayaçlarda kullanım zamanına bağlı olarak filtrelerde tıkanıklık yaşanmaktadır.
- Bazı sayaç markalarında sayaç ekranında buğulunma ve kirlenme görülmektedir.
- Sanayi tipi sayaçlarda mekanik tasarımdan kaynaklanan büyük ölçüm kayıpları söz konusudur.
- Sayaçlara dıştan mıknatıs tarzı cisimlerle müdahale edilerek okuma hassasiyetleri bozulmaktadır.

Sayaçların Test ve Kalibrizasyon

Sayaçların MID direktiflerine ve EN 14154 standartlarına uygunluğunun kontrolü 4 aşamada yapılır;

1. Sayaç malzemelerinin kimyasal ve fiziksel olarak kontrolü,
2. Sayacın ölçüm hassasiyetinin metrolojik olarak kontrolü,

3. Sayaç ve içeriğinin insan sağlığına uygun içerik barındırması,

4. Sayacın Uluslararası standartlara göre damgalama ve sertifikasyonunun kontrolü.

A. Sayaç Malzemelerinin Kontrolü

Sayacı oluşturan montaj malzemeleri aşağıda belirtilen kontrollerden geçirilir;

- Sayaç gövdesini oluşturan pirinç malzemenin kimyasal analize tabi tutularak CW617 kaliteye sahip olup olmadığının tespiti (EN 12165)
- Sayaç gövdesinin boya kalınlığının ölçülmesi ve insan sağlığına uygunluğunun tespiti,
- Sayaç gösterge ünitesini oluşturan elemanların kontrolü,
- Sayaçtaki filtre ve çek valfin kontrolü,
- Sayacın IP68 sınıfını olup olmadığının kontrolü.

B. Sayacın Metrolojik Kontrolü

- Sayacın Q_n değerinin kontrolü (Q_n =Sayacın anma debisi)
- Sayacın Q_1 , Q_2 , Q_3 , Q_4 değerlerinin kontrolü
- Sayacın Q_3/Q_1 , Q_2/Q_1 , Q_4/Q_3 değerlerini sağlayıp sağlamadığının kontrolü

$$Q_3/Q_1 = 80$$

$$Q_2/Q_1 = 1,6$$

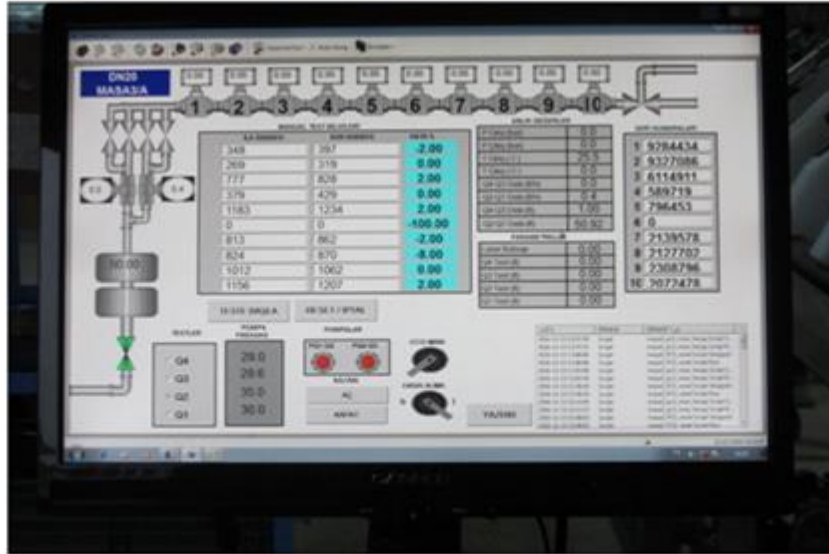
$$Q_4/Q_3 = 1,25$$

$$Q_n = Q_4 / 2$$

$$Q_1 = Q_n \times 0,02$$

$$Q_2 = Q_n \times 0,08$$

- Sayacın çalışma basıncında sızdırmazlık ve dayanımının kontrolü
- Sayacın basınç kaybının kontrolü



Şekil 85. Sayaç ölçüm istasyonu

Sayaç ve İçeriğinin İnsan Sağlığına Uygun İçerik Barındırması

- Sayaçta kullanılan pirinç malzemelerin ROHS direktiflerine uygunluğunun tespiti,
- Sayaçta boya kullanması durumunda insan sağlığına uygunluğunun tespiti,
- Sayaçta kullanılan plastik malzemelerin insan sağlığına uygunluğunun tespiti

Uzaktan Okumalı Sayaç Teknolojileri

Su kayıp-kaçaklarının önlenmesi çalışmaları kapsamında su idarelerine fayda sağlayan uygulamalardan biri de uzaktan okumalı sayaçlardır. Uzaktan okumalı sayaçlar, abonelerin tüketim profilinin ve kayıp-kaçak su miktarlarının noktasal bazda değerlendirilebilmesi için veri sağlamaktadır.

Anormal tüketimler, anormal şebeke kullanımları ve konut içi sızıntılar anında müdahale edebilmeleri için müşteri servislerine ve şebeke yönetim birimlerine veri sağlanabilmektedir. Yanlış okumanın önlenmesi, sahadaki arızalı sayaçların tespiti, personel hatalarının önlenmesi gibi pek çok sorunun minimuma indirgenmesini sağlamaktadır.

Sayaçların ters bağlanma alarmlarından, saatlik tüketim görüntülemeye kadar pek çok yararlı veri uzaktan okuma sayaç teknolojileri ile idarelerin hizmetine sunulabilmektedir.

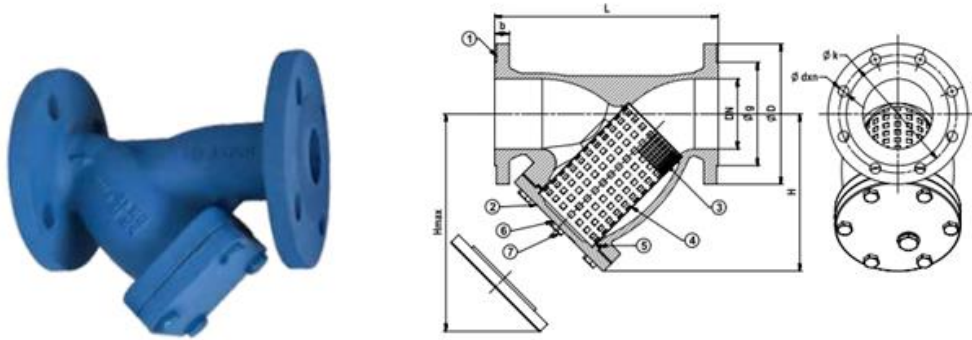
Bazı akıllı sayaç terimleri;

SMART METER; Haberleşme modülleri ile tüketimleri saatlik ya da daha kısa aralıklarla kaydederek faturalama veya denetleme yapması için ileten sayaçlardır.

AMR SİSTEMİ; Akıllı sayaçlarla otomatik olarak iletişim kurarak tüketim ve sayaç durumu bilgilerini toplayan ve merkezi veri tabanına faturalama ve analiz için transfer eden teknolojidir.

AMI; Akıllı sayaçlar toplanmış verileri programlama mantığına göre değerlendirebilen sayaçlardır. Uzaktan kamu hizmet yönetimi yapabilecek şekilde tasarlanmış ağ yönetimidir.

6.4.8. Pislik Tutucular



Şekil 86. Y-Tipi pislik tutucu (Duyar Vana, 2016)

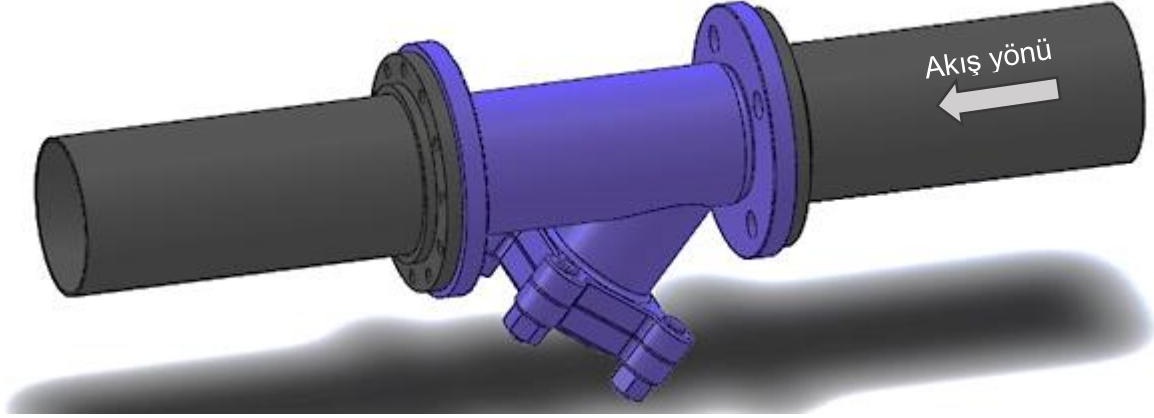
Pislik tutucular, su dağıtım şebekelerinde partikül ve kalıntılardan zarar görmesi istenmeyen kritik malzemelerin (vanalar, basınç kırıcılar, debimetre ve sayaçlar vs.) korunması amacıyla kullanılmaktadırlar.

Pislik tutucular gövde ve filtre kısımlarından oluşurlar. Pislik tutucularda hassasiyeti etkileyen unsurlar gövdenin şekli ve filtrenin yani süzgecin hassasiyetidir. Genellikle Y tipi pislik tutucular kullanılır. Filtredeki deliklerin boyutu ve filtre malzemesinin mukavemeti pislik tutucunun verimini ve kalitesini belirler. Minimum teknik özellikleri aşağıda özetlenmiştir;

- Sfero dökme demirden mamul (EN GJS 400-15)
- Filtre AISI 304 paslanmaz çelik
- Filtreleme çapı
- Epoxy boya ile kaplı
- Flanş bağlantılı
- Y tipi

Karşılaşılan Problemler

Pislik tutucuların temizleme ünitesi aşağı bakar şekilde monte edilmelidir. Böylece hat üzerindeki istenmeyen kirler ve partiküller tabana çökecek ve rahatlıkla temizlenebilecektir. Ayrıca, pislik tutucuların tıkanmaması için belirli aralıklarla temizlenmesi gerekmektedir. Pislik tutucuların şebekede tıkanıklığa ve basınç kaybına neden olmadan temizlenebilmesi için, pislik tutuculara basınç sensörü konularak SCADA'yı uyarma uygulaması yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.



Şekil 87. Örnek Y-Tipi pislik tutucu montajı

6.4.9. Vantuz

Vantuzlar, boru hatlarında çalışması sırasında biriken hava paketlerinin tahliyesini sağlarken, boru hatlarının boşaltılması sırasında oluşan vakum etkisine karşı boru hatlarını koruma görevini de ifa ederler. İdarelerde sadece hava tahliyesi görevi yapan dinamik vantuzlar da kullanılmaktadır.

İsale hatlarında kullanılan vantuzlar ise genellikle çift küreli olup emiş ve tahliye hazneleri farklı hacimlerde imal edilebilmektedir. Tasarım mühendisi tarafından hesaplama yoluyla bulunacak emiş ve tahliye hava kapasitelerine göre vantuz performans grafikleri ve kapasite değerleri incelenerek gerekli vantuz seçimi yapılmalıdır.



Şekil 88. Örnek vantuz montajı



Şekil 89. Şebekede kullanılan vantuz çeşitleri (AVK, 2016)

Yüksek Frekansta Basınç Kayıt Cihazları

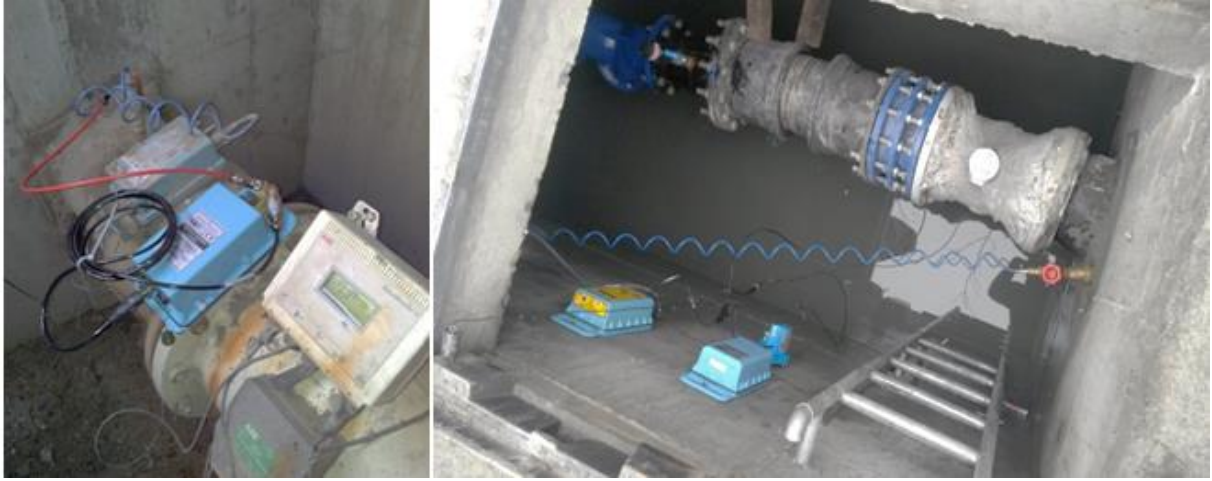
Bu cihazlar su dağıtım hatlarında oluşan su darbelerinin ölçülerek kayıt altına alınması için kullanılmaktadır. Batarya ile çalışmaktadır. Saniyede, 5-10 ölçüm yaparak kayıt altına almakta ve su koçu darbe karakteristiklerinin net olarak izlenebilmesini ve karakteristiğinin çıkarılmasını sağlamaktadır.

Bu cihazların olumsuz yönü, ölçme frekans aralığına göre 1-2 sene içinde bataryasının tükenmesidir. Ayrıca cihaz belirli aralıklarla basınç kalibrizasyonuna tabi tutulmalıdır. Bu cihazlarla ilgili henüz TÜRKAK akrediteli basınç cihaz kalibre merkezi bulunmamaktadır.

6.4.10. Telemetry (GPRS'li) Veri Kaydediciler

Telemetry veri kaydedici cihazlar debi, giriş basıncı, çıkış basıncı değerlerini programlanan zaman aralığında hafızasına kaydeden, GPRS/SMS aracılığıyla merkezi bilgisayara gönderen ve yerinde kayıt yapan, toplanan verilerin mevcut yazılım aracılığı ile işlenmesinin, raporlanmasının ve değerlendirilmesini yapabilen cihazlardır.

Bu cihazlar hafızalarının dolması durumunda en eski veriden başlayarak üzerine yazma esası ile çalışmalarına devam ederler. Veri iletişimlerini GSM veya direk PC bağlantısı ile sağlayabilecek özelliğe sahiptirler.



Şekil 90. Telemetry veri kaydediciler

6.4.11. Datalogger

Cihazlar IP sınıfının korunabilmesi açısından pilli dizayn edilmiştir (elektrik enerjisi alternatif olarak devredışı kalmıştır). Enerji hattı çekilmediğinden dolayı düşük maliyet sağlanmıştır. Dataloggerlar ayda 200 KB civarında data gönderdiğinden iletişim maliyeti düşüktür.

Dezavantajlarının başında, basınç transdüserlerinin her sene kalibre edilmesi zorunluluğu gelmektedir. Bu durum ekstra maliyet getirmektedir. Cihazların kapaklarının açılması durumunda silika jellerin değiştirilmesi gerekmektedir.

Dataloggerlar piyasada hafıza tiplerine göre piyasada 2 tür olarak bulunmaktadır;

1. Döngüsel Hafıza; Hafıza dolunca ilk kaydettiği verilerden başlayarak üzerine yazan hafıza türüdür.
2. Bloke Hafıza; Hafızası dolunca kaydetmeyen türdür.

Ayrıca dataloggerın debimetre transdüserinin belirli aralıklarla kontrol edilerek kalibrasyona ihtiyaç duyup duymadığı kontrol edilmelidir. Kritik noktalarda kullanılan dataloggerdan servera sinyal, GPRS veya SMS yoluyla iletilmektedir.

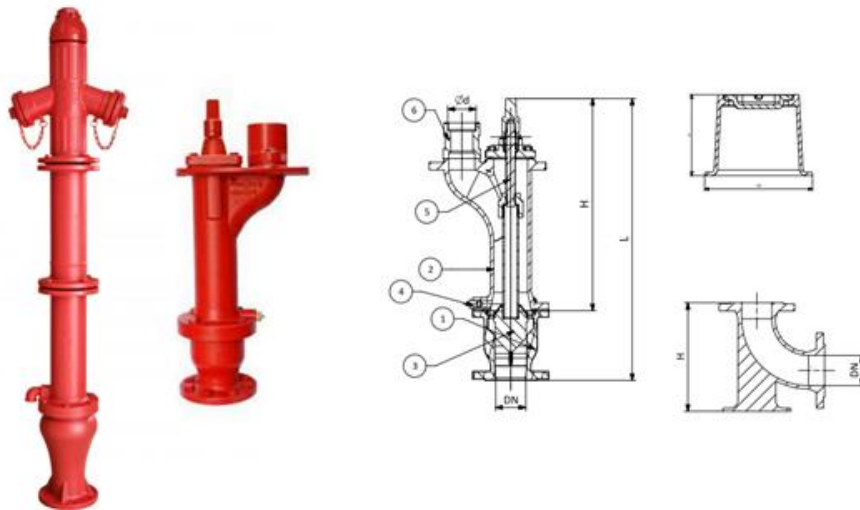


Şekil 91.Sahada yapılan basınç ölçümleri

6.4.12. Yangın Hidrantları

Yangın hidrantları, itfaiyenin ihtiyaç duyduğu temiz suyun şebeke hatlarından karşılanması amacıyla kullanılan vanalardır. Yangın hidrantları genellikle N parçası ile beraber kullanılırlar. N parçası hidrantın toprak altı yüzeyine rijit şekilde oturması amacıyla kullanılır.

Hidrantlar genel olarak PN16 sınıfında dizayn edilirler. Pik döküm veya paslanmaz çelik gövdeye sahip olarak imal edilen hidrantların milleri paslanmaz çelik diğer metal kısımları da pirinç veya bronz alaşımlarından oluşmaktadır.



Şekil 92. Yerüstü ve yeraltı hidrantları (Duyar Vana, 2016)

Gövde kırılmalarına karşı su kesme tertibatları sayesinde ani darbelerle hidrantın yer üstündeki gövdesi kırılma bile hidrant su kesme sistemi tam bir sızdırmazlıkla su akışını önleyecek şekilde imal edilmektedirler.

Tablo 10. Hidrant tip gösterimi (TS EN 14384, 2007)

TİPLER	Akış kesme sistemsiz	Akış kesme sistemli
Tahliyeli (kuru)	A	C
Tahliyesiz (yaş)	B	D

Tablo 11. Hidrantlar için boy tipleri (TS EN 14384, 2007)

Kısa Boy	Bu tip imal edilen hidrantların uzunluğu (H2) 1435 mm olacaktır.
Orta Boy	Bu tip imal edilen hidrantların uzunluğu (H2) 1750 mm olacaktır.
Uzun Boy	Bu tip imal edilen hidrantların uzunluğu (H2) 2150 mm olacaktır.

Su şebeke hatlarında genel olarak orta boy yangın hidrantları kullanılmakta olup, ekseriyetle 1 m'lik kısım toprakaltında, diğer kısım ise toprak üstünde kullanım için bırakılmaktadır.

Dikkat Edilecek Hususlar

Yangın hidrantlarının boya kaliteleri, insan sağlığına uygunluk belgesine sahip olmalıdır. Afet durumlarında içmesuyu temininde kullanılacakları unutulmamalıdır.

Yangın yönetmeliğinde yangın hidrantlarının yangın faaliyetleri haricinde kullanılmaması öngörülmektedir. Oluşabilecek hukuki sorunlar göz önüne alınarak idarelerin basınç çalışmaları için yeraltı hidrantları veya yeraltı basınç ölçüm odaları yapmaları gerekmektedir.

Yangın hidrantlarının açılıp kapatılması için kullanılmakta olan tij muhafazası priz buşaklelerin pik dökme demir temin edilmemesi gerekmektedir. Pik dökümler zamanla ve kullanım hataları dolayısı ile gevrek malzeme olduklarından dolayı kırılmakta ve hidranta müdahaleyi zorlaştırmaktadırlar.

Yangın hidrantlarından izinsiz kullanımların önüne geçilebilmesi için itfaiye ve su idarelerinin ortak kontrolünde GSM aracılığıyla kontrol edilebilen vanalar kullanılması kaçak su kullanımlarının önüne geçecektir.

Hidrantların kabul testlerinde, hidrant açma-kapama tork değerlerinin standartlara uygun olarak imal edilmesine dikkat edilmelidir.

Tablo 12. Döndürme moment değerleri (TS EN 14384, 2007)

	En Büyük Çalıştırma Döndürme Momenti (Nm)			En Küçük Dayanım Döndürme Momenti (Nm)		
Hidrant DN	80	100	150	80	100	150
*Döndürme Momenti Aralık 1	80	80	80	250	250	250
Döndürme Momenti Aralık 2	125	125	125	250	250	250
Döndürme Momenti Aralık 3	105	130	195	210	260	380
*Aralık 1 Kol uzunluğu ≤ 500 mm'dir						

7. BÖLÜM

AKTİF SIZINTI KONTROLÜ VE FİZİKİ KAYIP-KAÇAKLAR

Uluslararası Su Örgütü (The International Water Association (IWA)) tarafından tanımlanmış su kayıpları;

Gerçek kayıplar (fiziksel kayıplar bu kategoridedir)

Görünür kayıplar (Ölçüm hataları veya tahakkuk hataları) olarak 2 grupta sınıflandırmıştır.

Kitabımız teknik özellikte olduğundan, tahakkuk hataları kısmından bahsedilmeyecektir. Zira belediyelerimizin tahakkuk miktarları konusunda ciddi çalışmaları mevcuttur. Sayaçlarla alakalı olarak ilgili bölümlerde bahsedilmiştir. Bu bölümde gerçek kayıplar hakkında detaylı bilgiler verilecektir.

Gerçek fiziki kayıpların minimuma indirgenebilmesi için detaylı şekilde irdelenmesi gerekmektedir. Hidrolik model hataları, yanlış malzeme seçimi, işçilik hataları, yüksek basınç altında şebekenin çalıştırılması, önleyici bakım onarımın zamanında yapılmaması, boru hatlarının yanlış tranşe uygulaması ve yanlış dolgu uygulamaları, fiziki kayıp-kaçak oluşumuna sebebiyet vermektedir.

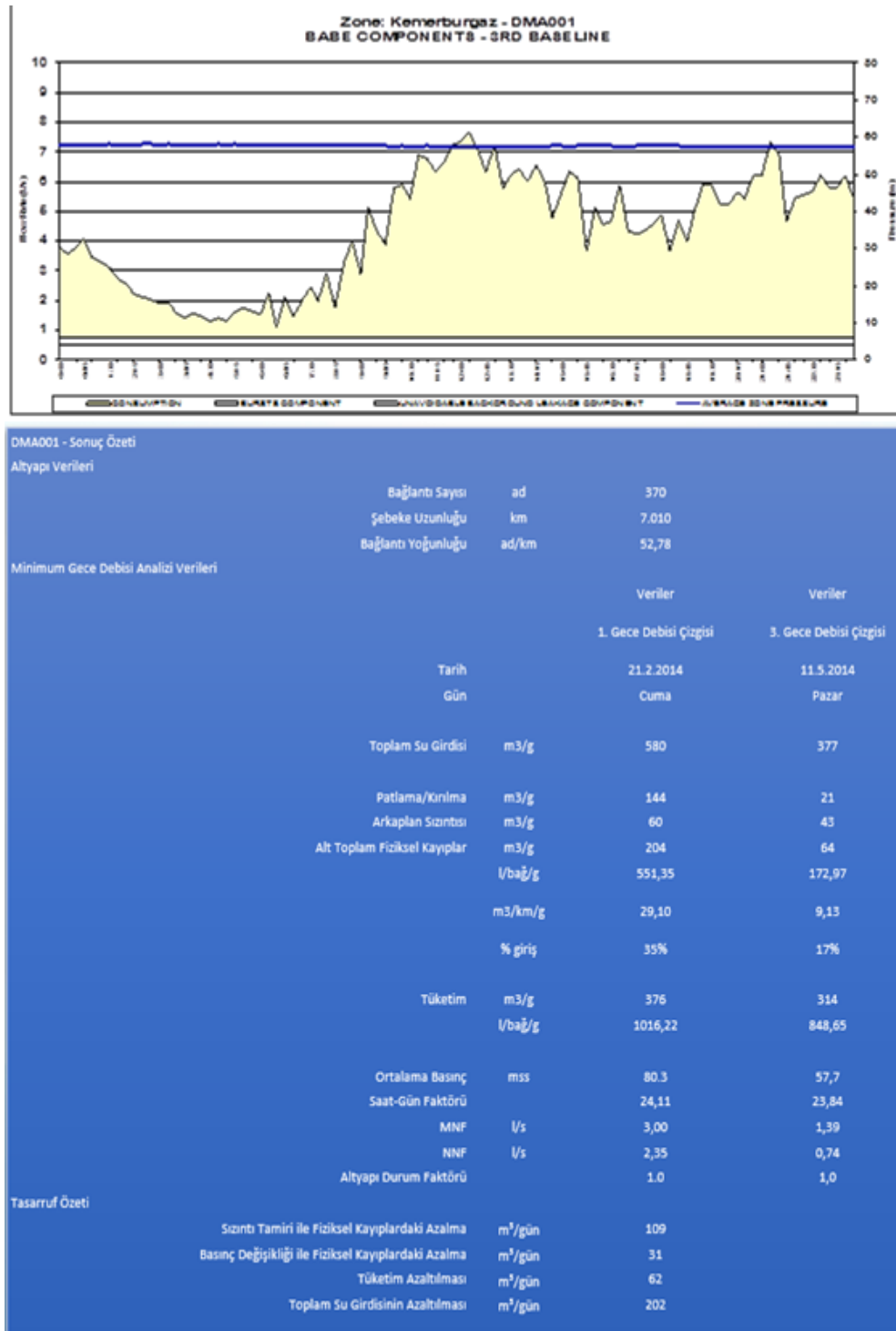
Fiziki kayıpların önlenmesine yönelik olarak;

- Sızıntı tespiti ve aktif sızıntı kontrolü,
- Zamanında müdahale,
- DMA bölgeleri ile çalışma,
- Basınç yönetimi,
- Debi analizi,
- Depolardaki taşmaları azaltmak için seviye kontrolü,
- Önleyici bakım onarım,
- İsale ve şebeke boruların yenilenmesi,
- Eskimiş sayaç yenileme ve CBS sistemi ile tahakkuk verilerinin detaylı takibinin yapılması,
- İsale ve şebeke borularının güçlendirilmesi, rehabilitasyonu (kazısız imalatlar, nokta tamirleri) yapma gibi faaliyetler yapılmaktadır.

Boru değişimi ve vana değişimi, uygun olmayan malzeme kullanımının tespit edilmesinin dışında en son çare olarak değerlendirilmelidir. Zira 8-10 senelik periyotlarla boru değişimi yapmak ciddi maliyetler getirdiği gibi su yönetiminde icrada meydana gelen eksik ve hataların araştırılmasının da önüne geçmektedir. Yenilenmiş şebeke hatlarındaki kayıp-kaçak miktarları, gerçek kayıp-kaçak miktarını sürekli yansıtmaz. Şebeke eskidikçe kayıp-kaçak miktarları yine yüksek seviyelerde seyreder.

Sızıntı kontrolünün temeli şebeke debisinin ve tüketici kullanımlarının en doğru şekilde ölçülmesidir. Fiziki kayıp-kaçak miktarı tüketim ve arz debilerinin ölçüm değerleri baz alınarak hesaplanmaktadır. Dolayısı ile doğru ölçülmeyen arz debisi ve tüketim değerleri gerçek kayıp-kaçak miktarını gizler.

Bir bölgede sızıntı oranının yüksek olup olmadığını anlamanın basit yolu, gece akışının ortalama gündüz akışına oranını belirlemektir. Oran ne kadar yüksekse, muhtemel sızıntı sayısı da o kadar yüksektir.

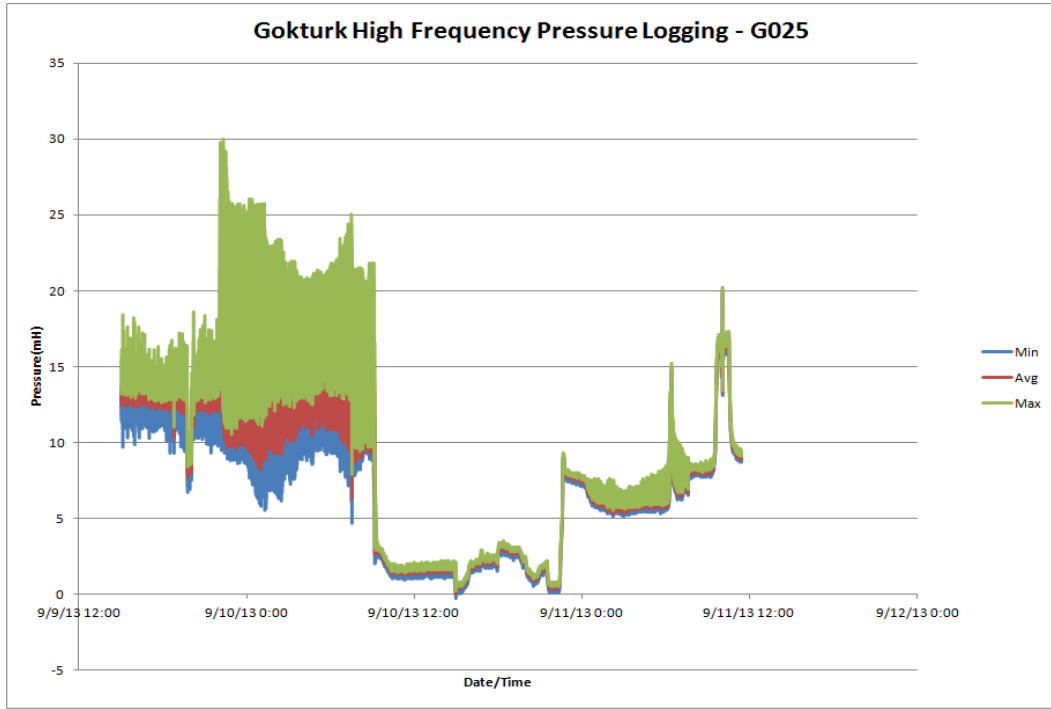


Şekil 93. Gece debisi analizi verileri

Fiziki kayıp-kaçak tespitinde bir diğer önemli nokta, saha varlıklarına olan hakimiyettir. Boru, pompa, sayaç, vana, basınç kırıcı, depo gibi saha enstrümanlarının kot, güzergah ve teknik verilerinin bilinmesi ve hidrolik modelin doğru veriler eşliğinde oluşturulmasının sağlanmasıdır.

Ölçülen değerler doğrultusunda DMA bölgeleri aracılığı ile şebeke alt bölgelere ayrılarak detaylı şekilde sızıntı ve kayıp-kaçak tespitine başlanır. Bu aşamada şebekeye en uygun sızıntı tespit yöntemleri belirlenir. Örneğin metal olan ve olmayan boruların takibi ve sızıntı tespitinde aynı yöntemler kullanılmaz.

Sızıntı tespitleri yapılırken depo-giriş çıkışları, depo seviyeleri, vanaların çalışma durumu, boru hatları, sayaçların ölçüm hassasiyetleri ve abone bağlantıları kontrol edilir.



Şekil 94.Yüksek frekans basınç çalışması örneği

Hot-Tab Uygulamaları

Fiziki kayıpların azaltılmasına yönelik olarak yaygınlaştırılması gereken çalışmalardan biriside hot-tab uygulamalarıdır. Hot-tab uygulamaları arıza anında veya branşman alınması durumlarında hattın suyunu kesmeden, hat içindeki su boşaltılmadan işlem yapılmasını sağlayan uygulamalar bütünüdür. Özellikle uzun hat arızalarında hattın boşaltılması veya işlem sonrası temizlenmesi faaliyetleri için kullanılan sudan kaynaklanan aşırı derecede su kaybını önlemek için uygun bir Hot-tab uygulamasının su idaresi tarafından uygulanabilmesi, fiziki kayıpların önlenmesinde ciddi rol oynayacaktır.

Basıncılı su hatlarında tamir ve branşman alma işlemleri sırasında dikkat edilmesi gereken en önemli hususlar, yüksek basınçtan dolayı oluşabilecek sıkıntılar ve çalışan hatta malzeme talaşlarının kaçmaması hususudur. İyi bir hot tap uygulaması bahsedilen konularda su idarelerinin ihtiyaçlarına cevap verebilmelidir.



1) Ana gövde montajı



2) Su basıncı testi



3) Döner sürücü cihaz montajı



4) Delme makinesi montajı

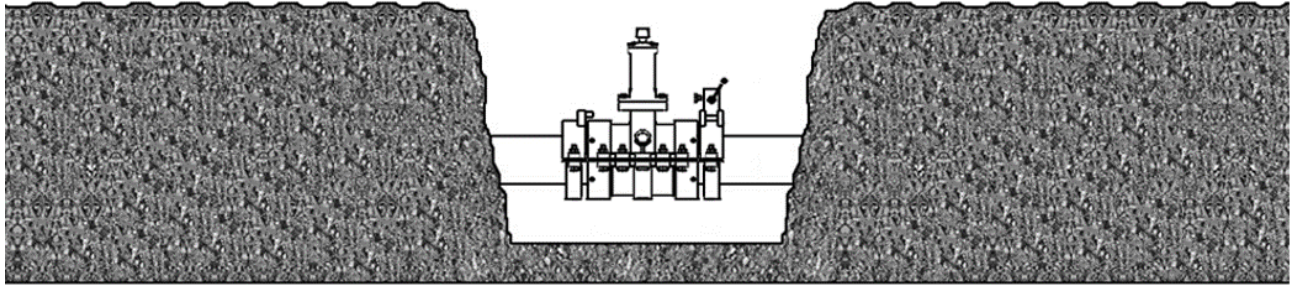


5) Delme işlemi

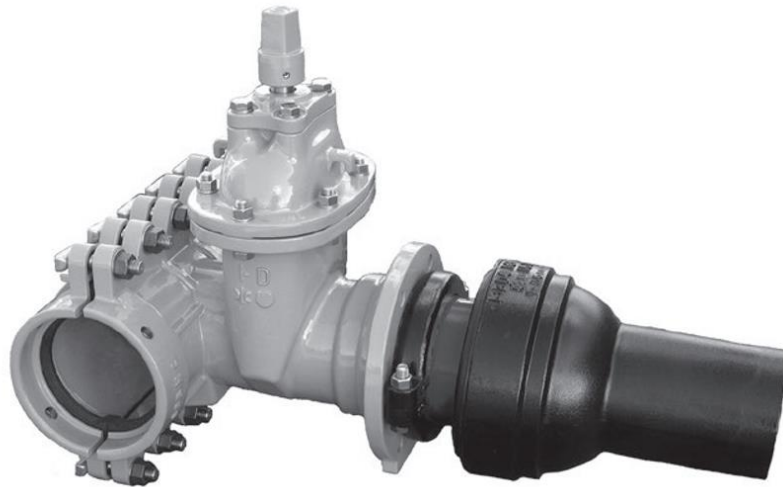
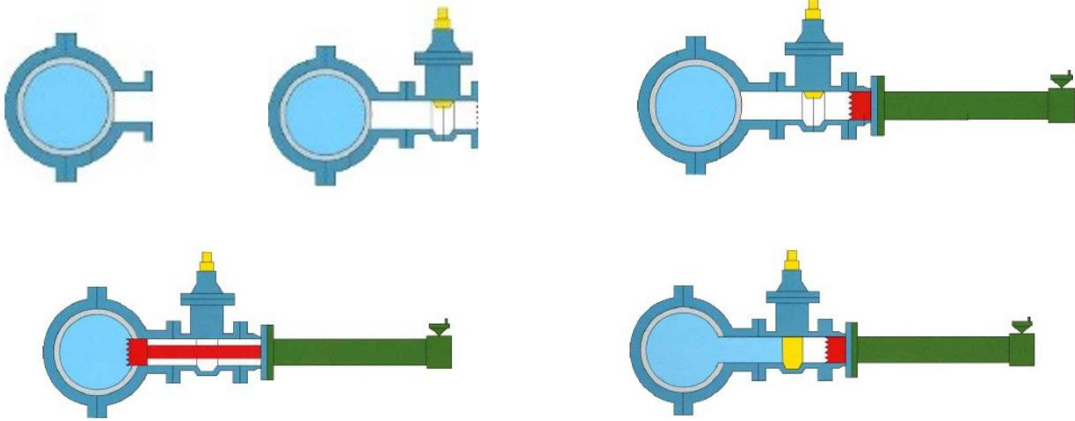
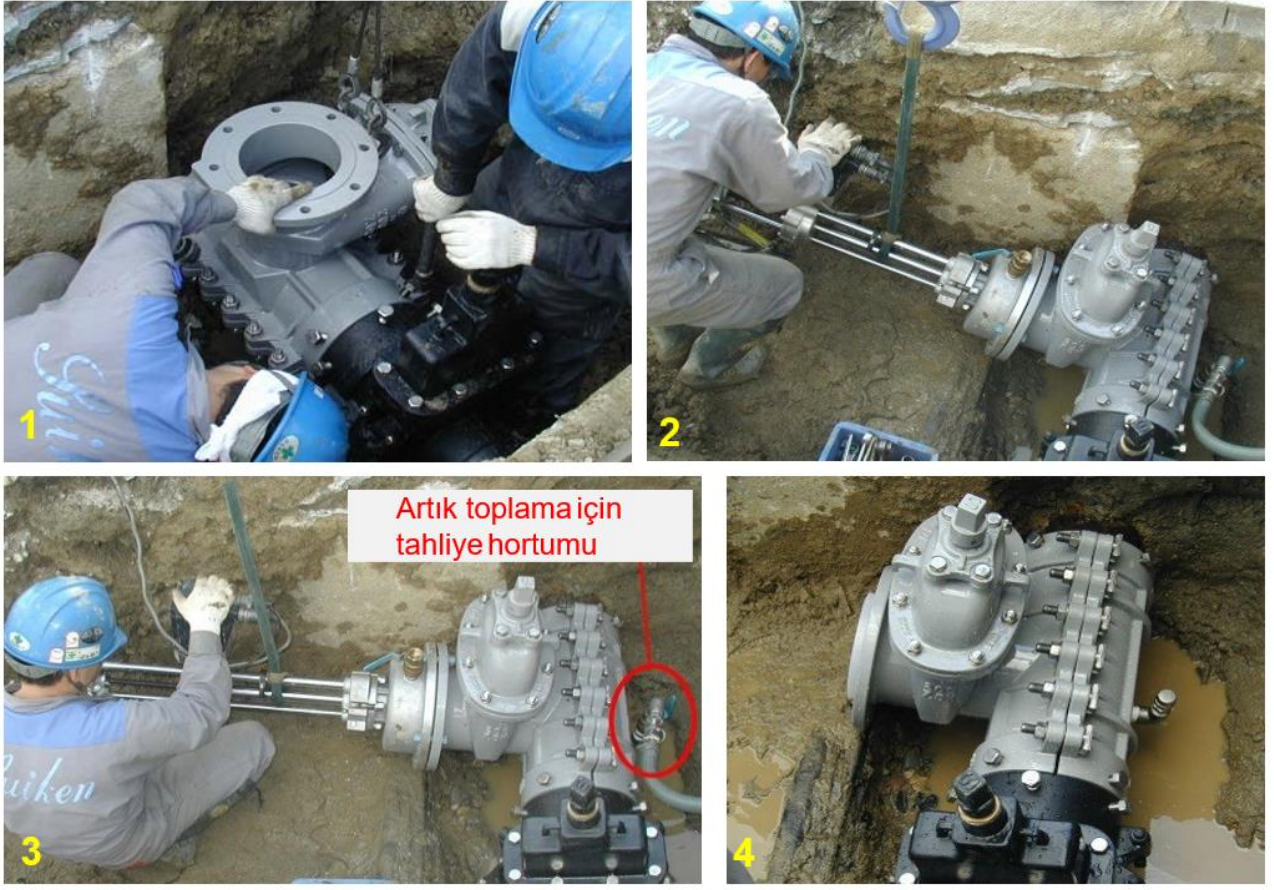
Artık Toplama Sistemi



6) Vana kapağı donatılır



Şekil 95. Hot-tap uygulaması ile basınçlı hatta S-GATE vana montajı (SUIKEN, 2016)



Şekil 96. Basınçlı hattın branşman alınması (Hot-tap) ve S Bunki Vanası (SUIKEN, 2016)

IWA Sızıntı Literatürü

IWA (The International Water Association) sızıntı literatürü özellikle arazılar konusunda su kayıp-kaçaklarının nasıl azaltılabileceğine ilişkin idarelerin sahip olması gereken temel bakış açısını sunar.

Buna göre idarelerin kayıp ve arızalardan kaynaklanan su kaybı, sızıntı başlangıcından itibaren idarenin kayıp ve sızıntıların farkına varması, sızıntı yerinin tespiti ve müdahale edilmesine kadar geçen sürelerin toplamının bir fonksiyonudur.

Toplam su kaybı sızıntıdan itibaren yukarıda bahsedilen toplam sürenin birim zamanda sızan kayıp debi miktarı ile çarpılmasının sonucu olarak bulunacaktır.

Bu toplam ne kadar artarsa idarenin kayıp su miktarı o kadar artacak ve aynı zamanda arızadan kaynaklanan sorunlar büyüyecektir.

ILI (Infrastructure Leakage Index) Altyapı Sızıntı İndeksi

IWA tarafından belirlenen ILI endeksi su idarelerinin altyapı ve kayıp-kaçak durumları hakkında fikir sahibi olacakları temel bir kıyas metodudur.

Buna göre idarenin mevcut yıllık gerçek kayıplarının kaçınılamayan yıllık gerçek kayıplara oranı ILI endeksini vermektedir.

Kaçınılamayan yıllık gerçek kayıplara ilişkin hacim değerleri IWA metodolojisi tarafından Su kaybı kılavuzlarında sunulmuştur.

Tablo 13. IWA metodolojisi (IWA, 2000)

Hedef ILI Aralığı	Su Kaynakları Değerlendirmesi	İşletme Değerlendirmesi	Finansal Değerlendirme
1.0 – 3.0	Mevcut kaynaklar çok sınırlı ve gelişmesi çevresel açıdan mümkün görünmeyen yerler.	Bu seviyenin üzerinde işletilmesi mevcut altyapının geliştirilmesini ve ek su kaynaklarıyla talebin sağlanmasını gerektirir.	Su kaynakları giderleri yüksek olduğundan, su miktarından gelirleri arttırmak zordur. Bunun nedeni de kademeli ödeme sistemidir.
3.0 – 5.0	Uzun dönem ihtiyaçlarını karşılayacak şekildedir. Fakat talep yönetimi uzun vadede önemlidir.(sızıntı yönetimi, su koruma gibi)	Mantıklı sızıntı yönetim ön plana alınırsa, mevcut altyapı uzun vadede talepleri karşılayacaktır.	Su kaynakları makul seviyelere çekilebilir. Periyodik su fiyatlarındaki artış aboneler tarafından tolere edilebilmektedir.
5.0 – 8.0	Su kaynakları bol, güvenilir ve kolaylıkla elde edilebilecek şekildedir.	Güvenilir, kapasite ve su temininin bütünlük içermesi nedeniyle kesintilere cevap verilebilir.	Suyu elde etmek ya da arıtmak için gereken maliyet yüksektir. Bu nedenle su fiyatları aboneye yansır.
8.0'den büyük	İşletme ve finansal değerlendirmeler uzun dönemde 8'in üzerine izin veriyor gözükse de bu değer bir su kaynağının efektif kullanılmadığını gösterir.		

Fiziki kayıp-kaçak tespit çalışmalarında aşağıdaki metotlar kullanılmaktadır;

- Su yüzüne çıkan arızalar ve sızıntılar için gözle kontrol,
- Akustik cihazlarla kontrol (Yer mikrofoni, korelatör, permanant sistem, füyut vb.)
- Radar cihazlarıyla kontrol (Toprak altı radarlar)
- Frekans değerlerine göre sızıntı tespiti

7.1. Zemin Mikrofoni



Şekil 97. Yer mikrofoni arazi uygulamaları

Gömülü basınçlı boru hatlarından sızan suların çıkardığı sesi tanımaya yönelik çalışmaktadır.

Kaçak çalışmasında kullanılan sabit ses kaydedicili sistem; mikrofoni, el probu ve kulaklıklardan müteşekkildir. Mikrofon hava koşullarından en az etkilenmesi amacı ile kauçuk kılıf ile korunmuştur.

Mikrofonun el probu vasıtası ile zemine temas ettirilmesi ile çalışmaktadır. Kaçak olduğu düşünülen bölgede farklı noktalara mikrofoni konularak dinleme yapılır, dijital göstergedeki değerlerde kontrol edilmek sureti ile kaçağın yeri tespit edilmeye çalışılır.

Cihaz kazı yapılmaksızın toprak altındaki kaçakların tespit edilebilmesi açısından kaçak çalışmalarında mutlaka bulunması gereken bir ekipmandır. Kaçak sesini büyütürken kulaklığa vermesi ve dijital göstergenin hassas oluşu avantaj olarak öze çarpmaktadır. Cihazı kullanacak kişinin mutlaka deneyim sahibi olması ve etraftaki titreşim ve sert hava koşullarından cihazın etkilenmesi ise olumsuz yanlarıdır. Bu sebeple mümkün mertebe akşam veya gece dinlemesi yapılması sağlıklı sonuç açısından önem arz etmektedir.

7.2. Korelatör



Şekil 98. Kemerburgaz-Göktürk çalışmasında kullanılan kollektör cihazı

Korelasyon, bilgisayar destekli bir yöntemdir. Sızıntı yerlerini daha doğru şekilde tespit etmek amacı ile kullanılır. Her sızıntı yerinden bir ses sinyali gelir, bu da boruya monte edilmiş hidrantlara, armatürlere veya sürgülere aktarılır. Bu sinyallerin süre farkından malzeme, boru çapı ve ölçüm uzunluğunu dikkate alarak tam sızıntı konumunu tespit eder.

Dinleme yoluyla kaçak tespit eden diğer cihazlardan farkı, hava şartları, boru döşeme derinliği veya yüksek bir arka plan gürültüsü gibi rahatsız edici faktörler durumunda, kaçak bulma olayını daha performanslı olarak yapabilmesidir. Korelatör; taşıma çantası ve bu çantaya monte edilmiş cihaz ile kızılötesi iletişim yapabilen sensör problemlardan oluşmaktadır.

Her bir korelatör sensörüne numara verilir. Sensörler IP68 koruma sınıfındadır.



Şekil 99. Korelatör cihazının kullanımı-1

Korelatörlerin algılama sensörleri ip gibi bir malzeme ile bağlanarak buşakle kapaklarından sarkıtılarak vanalara sensörlerin içinde mevcut mıknatıslar yardımıyla mıknatıslama ile tutturulur. Numaralandırılan sensörlerin konumları kayıt altına alınır.

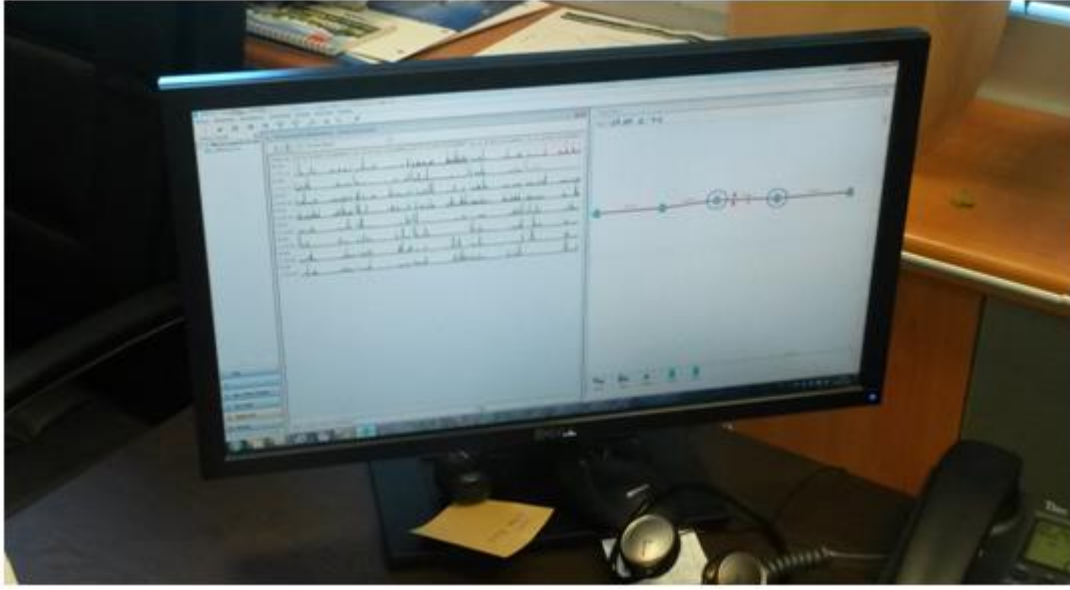
Sensörlerin ses kaydı yapması sağlanır.



Şekil 100. Korelatör cihazının kullanımı-2

Daha sonra numaralandırılan sensörler toplanarak korelatör cihazının kutusuna konur. Cihaz ile sensörler kızılcılotesi veri paylaşımı yaparlar.

Daha sonra korelatör cihazı, USB-wifi-kızılcılotesi gibi metodlarla bilgisayara bağlanarak veriler alınır ve bilgisayardaki korelasyon yazılımı girdileri işleyerek tahmini kaçak yerini belirler.



Şekil 101. Korelatör cihazına ait bilgisayar yazılımı

Çok hassas ses algılama ve kaydetme özelliğine sahiptir. Kullanıcının sesi de dahil olmak üzere ortamdaki tüm sesleri kaydetmektedir.

Ortamdaki tüm seslerin kaydedilmesi nedeni ile gürültülü ve trafik akışlı mahallerde yüksek ses oramı sebebi ile kaçak bulmak zor hale gelmektedir.

Verimli çalışabilmek için sessiz ortam gerekmektedir. Gürültülü ortamlarda yalnızca gece çalışması ile tespit yapılabilmektedir. Bazı bölgelerde gece çalışmalarında tek seferde sonuç alınamamakta, birkaç deneme sonrası karar verilebilmektedir.

7.3. Sabit Ses Kaydedici (Permanent Sistem)

Sabit ses kaydedici sistem, geniş bir alan üzerinde vanalar üzerine konan çok sayıda sensörün ses kaydı değerlerinin yakın yerlere monte edilmiş aynı sayıda booster algılayıcılara gönderilmesi, booster adı verilen algılayıcılarda biriken bilgilerin ise konsantratör adı verilen tüm bilgileri hafızasına alarak GPRS yoluyla merkeze ileten bir cihaza iletilmesi esasına dayanmaktadır. Korelatör sistemine göre çok daha geniş alanları akustik olarak taramaktadır.

Sistem Bileşenleri;

1- Ses Kaydedici Sensörler (Permolog)

Vanaların üzerine konarak sızıntı seslerinin kaydedilmesini sağlarlar. Bu cihazlar içinde bulunan sensörlerin belirli saatlerde uyanarak çalışması esasına dayalı olarak kayıt yapmaktadırlar. Yaptıkları kayıtlar boosteraradyo frekansı şeklinde gönderilir.



Şekil 102.Permalog ses kaydedici sistem

2- Booster

Sahada vanalar üzerine monte edilen permologlardaki verilerin toplanması görevini booster adı verilen cihazlar yapmaktadır. Permologlardan veri okunması 2 yolla yapılmaktadır;

- Permologlara yakın yüksek yerlere monte edilen booster algılayıcıları ile
- El tipi booster ile permologların monte edildikleri bölgelerde bulunarak RF sinyalleri ile bilginin toplanması şeklinde



Şekil 103.Permalog sistem saha uygulaması-1



Şekil 104. Permalog sistem saha uygulaması-2 (El Terminali)



Şekil 105. Permalog sistem saha uygulaması-3 (bayrak direğine montajlanmış konstatör)

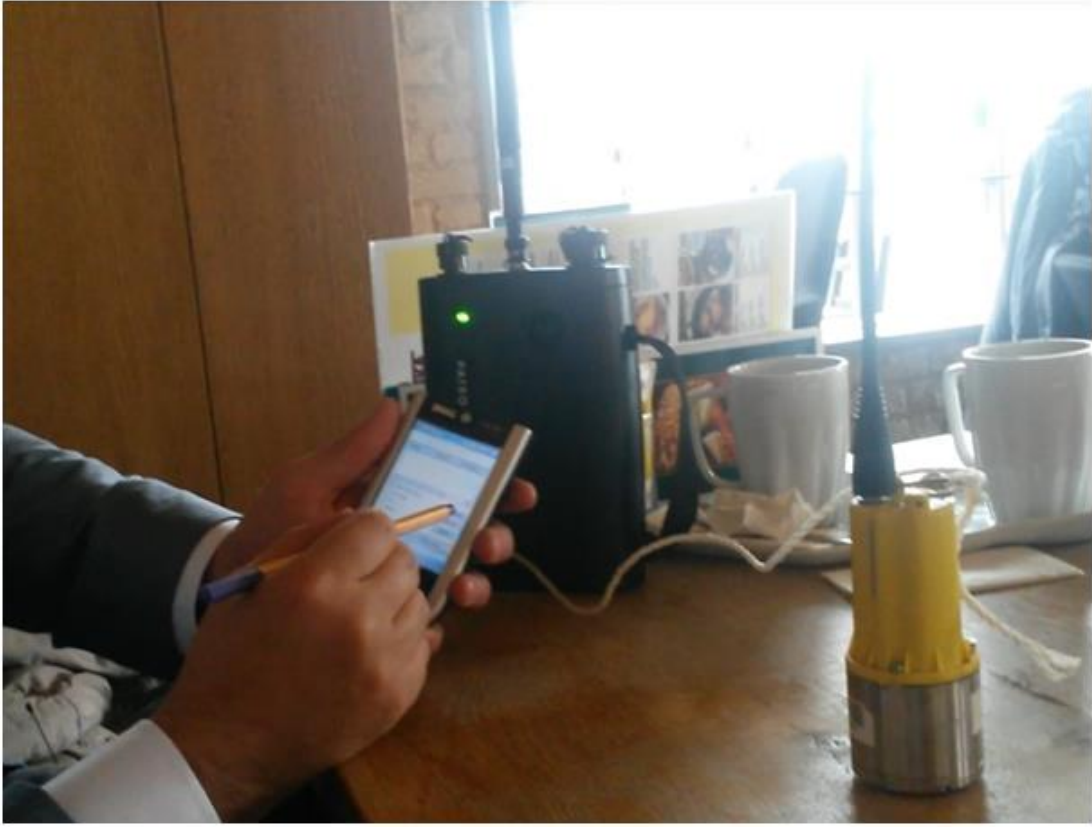
3-Konsantratör

Permologlardaki bilgilerin ofis ortamında sürekli olarak takip edilmesi durumunda bu cihazlar kullanılmaktadır. Sistem, permologlardaki bilgileri okuyan boosterlardan konsantratörün bilgiyi okuması, GPRS ile izleme merkezine aktarması esasına dayanır.

Permolog cihazların programlanması;

Vanalar üzerine yerleştirilen permolog cihazların programlanması için el terminali ve elde taşınabilen booster gerekmektedir. El terminali permanent sistemi tedarik eden firma tarafından idareye teslim edilecektir.

- Permolog cihazı manyetik bir alan vasıtası ile uyandırılır.
- Booster “on” konumuna getirilir.
- El terminalindeki ilgili program çalıştırılarak seri numarası belli olan permologun hangi saatler arası okuma yapacağı programlanır.
- Yine el terminalinden bluetooth aracılığıyla kaydedilen değerler okunur.



Şekil 106. Sensörlerden el terminaline aktarım yapılması

Permologlar geniş bir alanda çalışabilmektedirler. Hassas çalışma özelliğine sahiptirler.

Bununla beraber cihazların programlanabilmesi için permologun monte edildiği vana üzerinden alınarak uyandırılması gerekmektedir. Yerde programlama mümkün değildir.

Konsantratörün monte edildiği mahale göre sinyal seviyesi farklılık arz etmektedir.

7.4. Vana Buşakle Bulma- Metal Dedektörü



Şekil 107. Metal dedektörü saha uygulaması

Vana buşakle bulma dedektörü şehir içinde sıklıkla yapılan asfalt çalışmaları nedeni ile asfalt altında kalan priz ve vana buşaklelerin yerini tespit amacı ile kullanılmaktadır. Bazı bölgelerde metal boru hatlarının güzergahını tespit etmede de kullanılmaktadır.

Dedektör şarj edilebilir pille çalışmaktadır. Üzerindeki dijital gösterge vana veya priz buşaklenin tespit edilmesi durumunda maksimum sinyal değeri vererek sesli sinyal üretmektedir.

Dedektör cadde veya sokakta herhangi belirli bir buşakle bulunmaması durumunda buşaklenin olabileceği zemine doğru tutularak sinyal araması yapılması esasına dayalı olarak çalışmaktadır. Belirli bir buşaklenin yerinin tespit edilmiş olması durumunda ise o buşaklenin hizasında dedektör ile arama yapılarak kayıp buşakle tespiti yapılır.

Yüzeye belirli bir yakınlıkta kazı yapılmadan metal olan cisimleri tespit ederek sinyal vermesi ve gösterge ile hassas sinyal kontrol imkanı bu cihazın pozitif özellikleridir. Değişik metal nesneler içinde sinyal üretmesi (gazoz kapağı vs.) ise olumsuz özelliğidir.

7.5. Frekans Değerlerine Göre Sızıntı Tespiti

Su kaçaklarının boru boyunca ilerleme eğilimleri sürtünmeleri yüksek frekans, fışkırtma tarzı kaçaklar, alçak frekans, kayıp suyun etrafa çarpma sesi de düşük frekans ses çıkarır. Elektronik frekans yöntemi, gösterge cihazları kullanan personel tarafından, cihaz ekranında gösterilen frekansların değerlendirilmesi esasına göre kayıp-kaçak su tespitine dayalı olarak çalışılır.

Metal borular frekansları iyi iletirken, HDPE ve polietilen borular ise frekansları iyi iletmezler. HDPE borularda sızıntılar çok zor tespit edilmektedir. Ayrıca borularda sızıntı frekansı çalışmalarında 200-250 metrelik aralıklardan sağlıklı kayıp frekansı alınacağı düşünüldükçe çalışma yapılmalıdır.

7.6. Toprakaltı Radar Cihazları

Gömülü hatlara yüksek enerji sinyalleri göndererek farklı elektriksel katmanlardan yansıyan sinyallerin değerlendirilmesi esasına dayalı olarak çalışır. Gösterge, elektriksel sinyalleri kullanıcının algılayacağı şekilde görsel verilere dönüştürür. Birçok belediyemizde kayıp-kaçak çalışmalarında kullanılmaktadır.

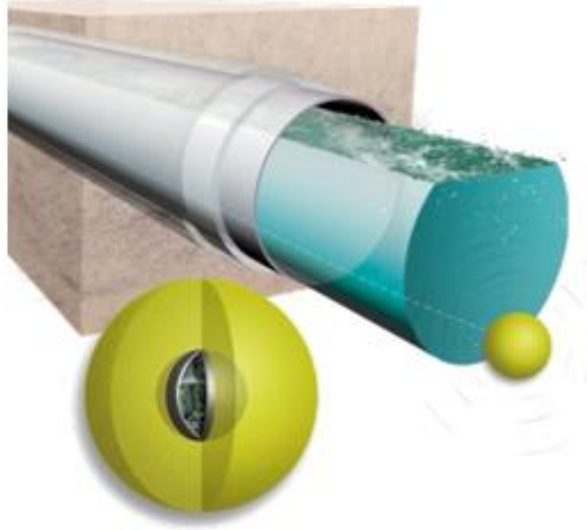
7.7. İsale Hatlarında Sızıntı Tespit Uygulamaları

İsale dağıtım hatları, şebeke dağıtım hatlarına nispeten oldukça büyük çaplı su boru hatlarıdır. İsale hatlarında meydana gelen kayıplar yüksek basınç ve boru çapının büyüklüğünün de göz önüne alınması halinde ciddi oranlara ulaşabilir.

Bazı isale hatlarında çelik boru hariç ön gerilmeli beton boruların ve azda olsa asbest boruların hala kullanıldığı göz önüne alındığında, isale hatlarındaki kayıpların engellenebilmesi için kontrol ve tespit sistemlerinin kullanılması gerekmektedir. Bu konuda çok çeşitli kontrol sistemleri dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır.

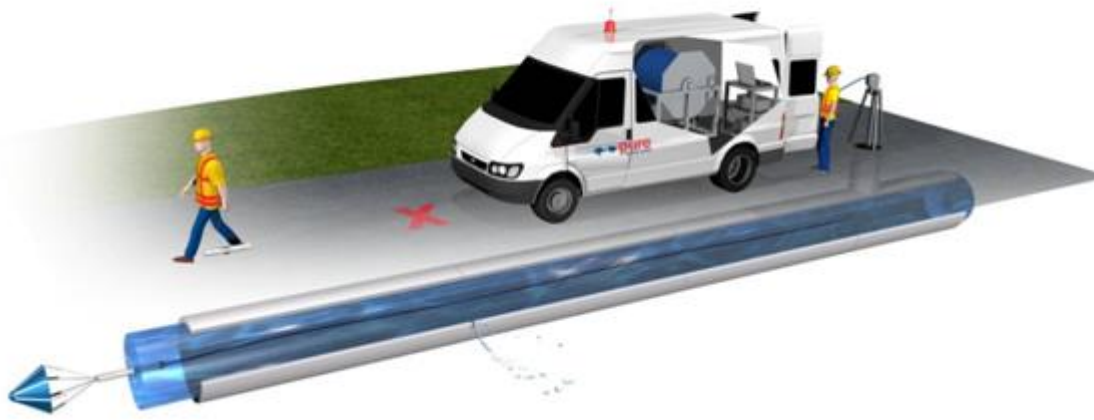
Akıllı Top Uygulaması

Akustik bir yöntem olup isale hattına bırakılan akustik top şeklinde sensör cihazın yaydığı sinyallerin sabit noktalar tarafından değerlendirilmesi esasına dayanarak çalışan sızıntı tespit yöntemidir.



Şekil 108. Akıllı top uygulaması (PURE, 2016)

Ayrıca gergi ipine bağlanmış akustik sensörlerde isale hatlarında sızıntı çalışmalarında kullanılmaktadır. Basınçlı boru hattına su kesmeden bir tıkaç içerisinde bırakılan gergi ipine bağlı akustik sensörün verdiği sinyallerin seyyar merkez tarafından yerinde değerlendirilmesi esasına bağlı olarak çalışmaktadır.



Şekil 109. İsale hatlarında kaçak bulma uygulaması (PURE, 2016)

Elektromanyetik Tespit Araçları

Bu cihazların bazıları hat dolu iken, bazıları da hat boş iken hat içerisinde hareket ederek elektromanyetik sinyaller aracılığı ile isale hatlarını taramaktadırlar.

18'' ve üzeri çaplarda isale hatlarının kontrolü için hareketli bir robot sistemi üzerine entegre edilmiş elektromanyetik sensörler, basınçsız isale hattı borusu içerisinde hareket ettirilerek tespit yaptırılır.



18" ve üzeri çaplarda

Uygulama Tarzı:

Susuzlaştırılmış ve Basınçsız

İnsanlı ve araçlı olarak mevcuttur



18" ve üzeri çaplarda

Uygulama Tarzı

Basınçsız

Multi-sensor araştırma aracı-EM, CCTV, Sonar, GIS mapping



24" ve üzeri çaplarda

Uygulama Tarzı

Serviste iken

Uzun mesafeli araştırmalar için uygundur

Şekil 110. İsale hatlarında kayıp tespit cihazları (PURE, 2016)

Sonuç olarak şebekelerde doğru malzeme kullanımı ve önleyici bakım onarım faaliyetlerinin belirli periyotlarla düzgün olarak yapılması ile fiziki kayıp-kaçak oluşumunu engellemek, kayıp-kaçak oluşumundan sonra kaçakların bulunması ve müdahale edilmesinden çok daha kolay ve karşılaştırma yapılamayacak kadar ekonomiktir.

8. BÖLÜM

ENTEGRE SU YÖNETİMİ

Entegre Su Yönetimi kavramı bu kitapta anlatılan tüm teknik konuların topluca uygulanmasına ilişkin mühendislik disiplindir.

Hidrolik model, SCADA, CBS, malzeme, işçilik, basınç çalışmaları, debi ve tahakkuk kontrolleri, şebekenin işletilmesi gibi unsurlardan herhangi birinde oluşacak bir sorun, entegre su yönetiminin uygulama verimini düşürür.

Yönetmelikte entegre su yönetimi, hidrolik modelleme göz önüne alınarak oluşturulmuş şebeke hattının işletilmesini tarif etmektedir. Dolayısı ile şebekenin alt bölgelere ayrılarak hidrolik modellemesi yapılmamış ise tanımlanan entegre su yönetimi çalışmalarının başarıya ulaşma ihtimali zayıf olacaktır. Zira basınç yönetimi kayıp-kaçak azaltma uygulamalarının temelini oluşturmaktadır. Hidrolik model, basınç yönetiminin kontrol noktasıdır.

Hidrolik modellemesi ve kalibrasyonu yapılarak işletilen bir şebekenin entegre su yönetimi adımları;

1. DMA bölgelerindeki DMA odalarında bulunan debimetreler, bölgeye verilen debiyi okuyarak SCADA'ya on-line olarak iletirken, basınç kontrolörlü basınç regülasyon vanaları, gece ve gündüz tüketim değerlerine göre şebeke basıncını ayarlayacaktır. (Bkz. BKV kontrolörleri)

Cihazların basınç koşullandırmasında gece debisinin az olması durumunda zamana duyarlı koşullandırma, gece debisi yüksekse basınca duyarlı koşullandırma uygulanmaktadır.

BKV'nın çıkışındaki basıncın sürekli olarak izlenmesi ve kritik noktadaki su abonesinin belirlenen minimum basınçta su almasını temin etmek için, kritik nokta abonesine bağlı veri kaydediciden gelen değerler de dikkate alınarak çıkış basıncını istenen değere ayarlamak için kontrolörler kullanılır. Şebeke sisteminin dinamik işletilmesi debiye göre veya zamana bağlı (belirli zamanda basıncın istenilen P değerine koşullandırılması- debinin Q değeri için basıncın P değerine koşullanması) olarak çalışabilirler.

Basınç yönetimi, DMA odasındaki debimetre ve basınç regülasyon vanası marifetiyle arz talep durumu sürekli kontrol edilerek kritik nokta abonesi de göz önüne alınarak yapılır.

Arz talep durumunun şebeke için sürekli takibi ve şebekenin tüketim karakteristiğinin işletme tarafından çok iyi anlaşılması gece-gündüz debileri için çalışma aralıklarının belirlenmesi açısından önemli bir noktadır.

2. Kayıp ve kaçakların tespit edilmesi için 2 ana sistem uygulanır.

i. Günlük SCADA verilerinden basınç ve debi değerleri sürekli takip edilir. Şebeke karakteristiği dışındaki değişimler, işletmeci tarafından değerlendirilerek tespit çalışması yapılır.

ii. Okuma dönemlerinde tahakkuk verileri, arz verileri, basınç ve debi çizgileri ile CBS verilerinin ortak incelenmesi ile tespit edilen kayıp ve kaçakların engellenmesi için tespit çalışması yapılır.

3. Buraya kadar ki Entegre Su Yönetimi işlemleri kayıp-kaçak ve arızaların tespitine yönelik tespit aşamalarıydı. Bu aşamadan sonra ise tespit edilen arıza ve kayıpların idare tarafından hızlı bir şekilde onarılması için iş emri aşamaları tanımlanır;

i. 2. Maddede belirtildiği şekilde arızanın varlığının tespiti yapılır.

ii. Şebekeler DMA bölgelerine ayrılarak işletildiği için, DMA bölgesi işletmenine iş emri verilerek arızanın noktasal tespit edilmesi sağlanır. Bu aşamada korelasyon cihazları ile arıza olması muhtemel bölgelerde alan daraltması yapılır. Daha sonra noktasal tespit için yer dinlenme mikrofonları ve fiyut cihazları kullanılır.

iii. Noktasal arıza tespiti yapıldıktan sonra arızaya müdahale senaryoları oluşturulur. Bunun için, saha personeline, CBS sistemine entegre edilmiş tabletler bulunur. Saha personeli arızaya müdahale etmek için hangi yöntemi kullanacağını belirler. Hangi vanaları kapatacağını veya hot tap sistemiyle su kesmeden müdahale yapıp yapılamayacağını belirler. Eğer vana kapatılacaksa, sistemde hangi vanaları kapatacağını belirler. Sistemde kapatılacak vanalar sebebi ile su kesintisinden etkilenecek aboneler belirlenir ve GSM mesajlarıyla susuz kalma sebepleri ve tahmini arıza giderim süreleri için bilgilendirme yapılır. Bu işlem için CBS yazılımının saha personeli tarafından mobil ve PC üzerinden etkin kullanılabilmesi, vana ve abone bilgilerinin CBS sisteminde eksiksiz yer alması ve CBS sistemi ile iletişim modüllerinin entegre çalışması şarttır. Bu sistemin kuruluş amacı kitabın daha önceki bölümlerinde işlenildiği üzere etkin ve hızlı şekilde arızalara müdahale edilerek kayıp miktarının azaltılması ve tüketicilerin kaliteli ve sürekli hizmet almasının sağlanmasıdır.

4.Entegre Su Yönetiminde temel amaç, idarenin kaynaktan itibaren dağıtım şebekesi ve tüketiciye kadar tüm aşamalarda suya hakim olması ve sürdürülebilir hizmet kalitesi oluşturmaktır.

Entegre Su Yönetiminin arz-talep dengesi göz önüne alınarak sağlıklı işletilmesi, ekonomik analizler yapıp incelenerek kontrol edilir. İşletme maliyetleri, su idaresinin Entegre Su Yönetimini ne kadar başarılı uyguladığının bir ölçütü olabilir. Bazı durumlarda su kaynaklarının kıt olması sonucu kaynaktan tüketim mahallerine su taşınması için ilk yatırımlardan kaynaklanan maliyetler (depolar, terfi istasyonları, kontrol vanaları, denge bacaları, boru hatlarının inşaatı) ile isale hatlarındaki iletim maliyetleri (terfi enerji giderleri) anormal yük oluşturabilir. Bu durumların oluşmaması için su kaynakları açısından kendi kendine yetebilen yerleşim yerlerinde su havzalarının ve tatlı su kaynaklarının korunması, şehirleşmenin su altyapısına zarar vermeden gerçekleştirilmesi gerekir.

Kayıp-kaçak çalışmalarında işletme maliyetlerindeki ana kalemler boru hattı imalatları, terfi merkezleri bakım onarımları ve işletilmesi, boru kırığı onarımları, eskimiş ve korozyona uğramış ekipmanların değiştirilmesi, depo bakım-onarımları, DMA bölgelerinin işletilmesinden kaynaklanan masraflar (kayıp-kaçak arama maliyetleri, ekipman alımları), tarihi su yapılarına ait bakım onarımlar, SCADA giderleri ve enerji tüketimleridir.

Maliyetlere ilişkin aşağıdaki kalemlerin sık tekrarlanması entegre su yönetiminde sıkıntılar yaşandığına işaret eder;

- HDPE boruda 50 yıl ve üzeri, çelik borularda 40-50 yıl, düktil borularda ise 100 yıl ve üzeri şebeke ömrü olması gereken boru hatlarının 10-15 senede bir yenilenmeye ihtiyaç duyulması,
- İmalat kalitelerine göre 25-50 sene arası ömrü olan fittingslerin (vanalar, pompalar, ölçüm ekipmanları vb.) 8-10 sene dayanabilmesi, kısa ömürlü olması,
- Abone Bağlantı ekipmanlarının her sene yüksek ihale bedelleriyle çok yüksek sayılarda tedarik edilmesi (bağlantı parçaları, nipeller, stop vanalar vb.)
- Arıza iş emirlerinin işletme personel sayısına göre çok fazla olması, kontrollere yetişilememesi, kontrollerin yapılamaması,

- Okuma hassasiyeti $\pm\%2$ 'den yüksek sayaçlar alınması, idarelerin işin başından itibaren hata paylarını yüksek tutması tüketici tahsilatlarını azaltır. Örneğin $\pm\%5$ hassasiyette B class sayaç temin eden bir idare $\pm\%2$ hassasiyette C class sayaç temin eden bir idareye göre $\%3$ 'lük bir okuma kaybını kayıp-kaçak hanesine yazdırmış olacaktır.
- Her sene büyük miktarlarda temin edilen polietilen boru alımı da abone bağlantılarında sıkıntı yaşandığına işaret eder. Bu durum iş emirlerinde polietilen imalatlarının ne kadarlık bir kısmının yeni su imalatlarına ne kadarlık bir kısmında arıza onarımlarına harcandığının tespit edilerek analiz edilmesi ile netleştirilmelidir.

Ekonomik analizler, birimler tarafından belirli aralıklarla yapılmalı hizmet kalitesi su üretim ve tüketim verileri, kayıp-kaçak miktarları ve ekonomiklik verileri değerlendirilmelidir. Değerlendirmeler yapılırken uluslararası literatürlerdeki yeterlilik kriterleri ile karşılaştırmalar yapılarak Entegre Su Yönetiminin başarısı sorgulanmalıdır.

5. Entegre Su Yönetiminde nihai hedeflerden biride saha argümanlarının SCADA ve CBS tarafından aktif şekilde takibi ve idarenin ihtiyacı olan tüm veri, bilgi, rapor ve tabloların otomatik olarak entegre yönetimin üst yazılımı ile hazırlanabilmesidir.

8.1. İnsan Sağlığı Faktörü

Kitabın ilgili bölümlerinde su yönetiminde kullanılan malzemelerin, boya ve kaplamaların insan sağlığına uygunluk ve hijyen belgelendirmelerine sahip olması gerektiğinden bahsedilmiştir.

Bunun dışında; imalat yöntemleri, şebeke hatları uzun ömürlü olarak hizmet verecek şekilde seçilmelidir. Kayıp-kaçakların sebep olduğu arızalarda, temiz su hatlarına topraktan atıksu ve toprak içinde bulunan pestisitlerde sızmaktadır. Bu durum göz önüne alınarak şebekelerdeki yaşlı ve kritik boruların kazısız yöntemlerde güçlendirilmesi imalat stratejisi olarak değerlendirilebilir.

Yine Su Yönetiminde kullanılan malzemelerin sadece idareler tarafından temini, yurtdışından tesisat malzemesi ve şebeke malzemelerinin getirilmesi durumunda, idareler ve T.C. Sağlık Bakanlığı'nca oluşturulmuş heyetler tarafından kontrol edilerek onaylanmış olması, nalbur ve yapı merkezlerinde insan sağlığı ve kalite onayı olmayan onaysız malzemelerin satışının yasaklanması gibi tedbirlerin alınması zorunludur.

TSE tarafından firmalar belgelendirilirken insan sağlığına uygunluk kriterleri de göz önüne alınmalıdır. Sadece imalat yöntemleri, performans testleri ve boyut analizleri ile su hatlarında kullanılan malzemelerin üretimi için yeterlilik verilmemesi gerekmektedir.

Önceki bölümlerde belirtildiği üzere, ulusal standartların; üniversiteler, TSE, TÜRK-AK, T.C. Sağlık Bakanlığı, T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Su Yönetiminde görevli tüm kurumların temsilcilerinden oluşan heyetlerle ve Su Yönetimi ile ilgili tüm farklı unsurların katılımlarıyla tartışılarak oluşturulması ve sonuçların insan sağlığı, sürdürülebilir Su Yönetimi, ekonomiklik ve milli çıkarlar dahilinde ülkemizde uygulanabilir hale getirilmesi önem arz etmektedir.

8.2. Varlık Yönetimi

Varlık Yönetimi EPA'da tanımlandığı üzere, optimum maliyetlerle istenilen kalite standartlarında sürdürülebilir hizmet verebilmektir. Varlık yönetimi sadece su dağıtım hizmeti sağlanmasını esas almaz. Önemli olan en ekonomik şartlarda hizmetin sağlanmasıdır. Bu tanım Su Yönetiminde

mühendislik bilgilerinin ekonomik, teknolojik ve idari anlamda en iyi şekilde kullanılmasını gerektirir. Varlık yönetiminde iki temel nokta vardır;

- 1.Sahip olunan tüm saha varlıkları, konumları, durumları ve risk yönetimine bağlı öncelikleri,
- 2.Ömür, bakım, geliştirilme ihtiyacı ve maliyeti ile işletme giderleri de dahil olmak üzere varlıkların tüm ekonomik unsurları.

Türkiye’de su arzında genel olarak maliyet analizi ve idarenin su arz hizmetini hangi performans kriterleri ışığında yaptığından ziyade, tüketicinin suya ulaşp ulaşmadığı konusu ön plana çıkmaktadır.

Oysaki İdarelerin;

- Kullanmakta oldukları saha enstümanlarına ait bakım-onarım kayıtlarının olmamasından kaynaklanan ömür analizlerinin bulunmaması,
- Varlığın, ömrü boyunca ne kadar maliyet ve faydasının olduğu,
- Hurda değerlendirmesinin yapılması,
- Personelin varlığa harcadığı zamanın ve saha varlığını tanıma ve ona hakim olma durumunun irdelenmesi,
- Enerji maliyetlerinin optimum işleme göre ne kadar fazla olduğu,
- Mevcut varlıklarla tüketiciye ne derece hizmet kalitesi sağlanabileceğini,
- Kayıp-kaçak çalışmalarında anlık su kaybı maliyeti üzerinden değil, orta ve uzun vadeli kayıp-kaçak oranı tutturmak için harcanan maliyetleri (ne sıklıkla şebeke yenilediği vb.)
- Hizmette performans kriterinin ne olacağı (sadece o sene ölçülen kayıp-kaçak miktarını yoksa işletme giderlerine dayalı olarak değerlendirmemi yapılacağı)
- Saha ekipmanı, personel ve mali durumu göz önüne alınarak idarenin yetenek ve imkanlarının ne durumda olduğu,
- Mevcut varlıklarla afet durumlarında neler yapılabileceği, yaşanabilecek risklerin nasıl yönetilebileceği,
- İdarenin su dağıtım hizmeti sırasında sahip olduğu varlıklarından kaynaklanabilecek başarısız olma ihtimali bulunan sahaların ve sonuçlarının öngörülmesi,
- Sahip olunan varlıklar üzerinde ne gibi iyileştirmeler yapılabilir; bunların ekonomik etkileri ne olur; mevcut durumla ilgili yeni stratejiler uygulanabilirliği nedir; gibi soruların cevaplarını en uygun mühendislik ve ekonomi kriterleri ile verebilmesi gerekmektedir. Tüm bu cevaplar ışığında idarelerin master planlarını hazırlamaları gerekmektedir.

9.BÖLÜM

SU YÖNETİMİ KAPSAMINDA AFET PLANLAMASI

Altyapı sektöründe sürdürülebilir ve kaliteli hizmet verilebilmesi açısından afetlerin, su ve kanalizasyon şebekelerinde yol açabileceği etkileri tahmin etmek, gerekli önlemleri almak, afet sonrası su tesisleri ve dağıtım hatlarındaki hasarın tespiti ve onarımı büyük önem arz etmektedir.



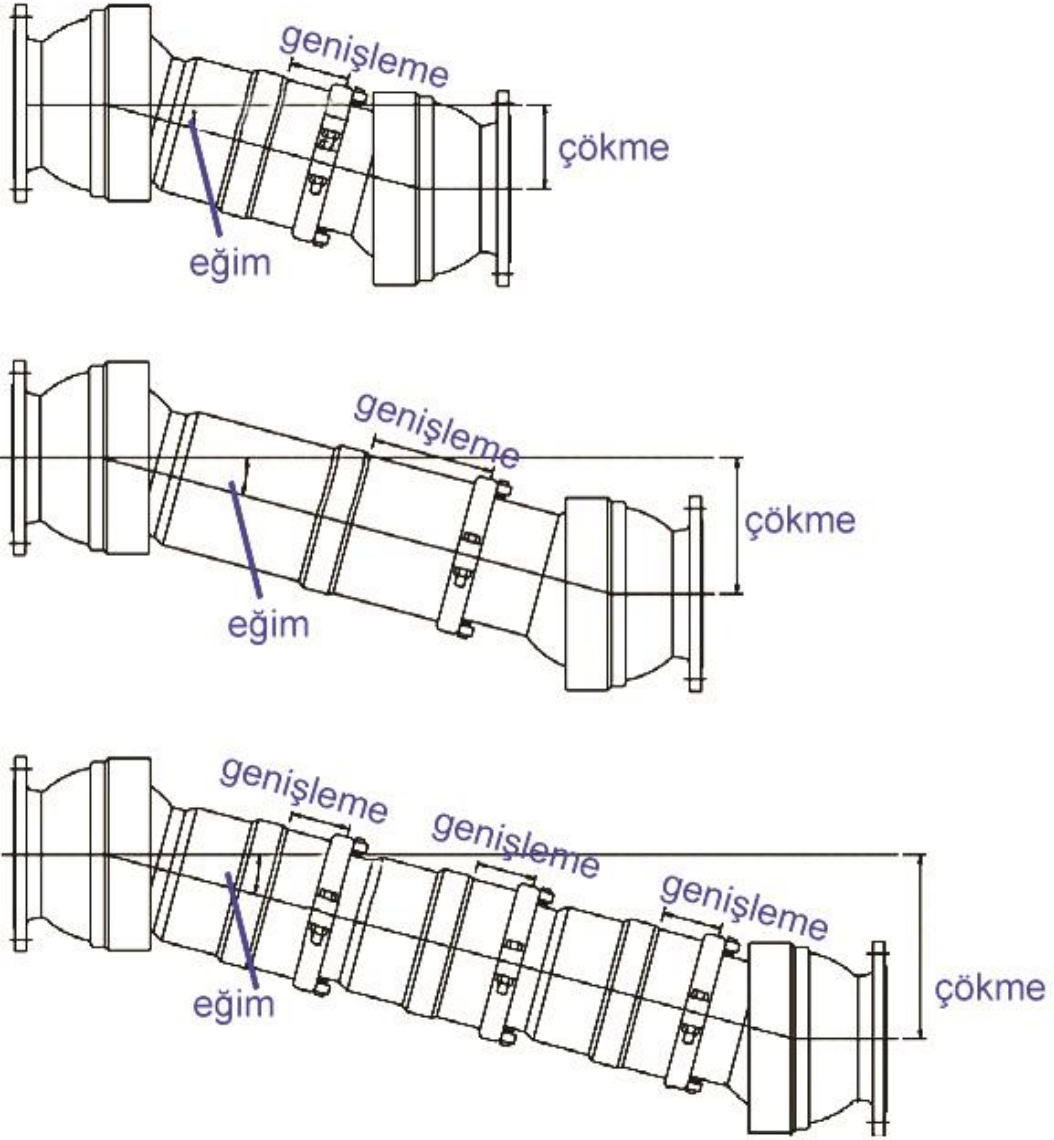
Şekil 111. Afet durumunda yıkılmış binalar

Ülkemiz doğal afetler ve öngörülemeyen olağandışı haller konusunda merkez bir konumda bulunmaktadır.

Genel olarak afet çalışmaları kapsamında su idarelerinin aşağıdaki hususları dikkate alarak planlama yapması gerekmektedir;

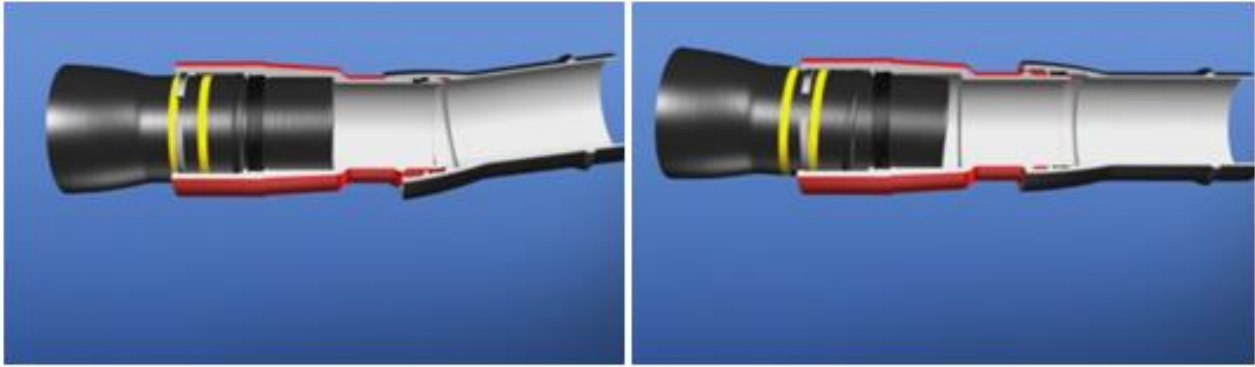
1. SCADA sisteminde afet durumlarında merkezi yerleri seyredebilecek sistemlerin kurulması, SCADA'nın afet durumundaki arızaların konumlarını en net şekilde tespit edebileceği sistemlerin AR-GE kapsamında geliştirilmesi, su ve kanalizasyon ağındaki problemleri ve hasarı anında ileten bilgi sistemlerinin kurulumu.
2. Acil müdahale ekiplerinin ve resmi kurumların ihtiyaç duyacakları su miktarını tespit etmek, gerekli önlemleri almak, geçici alternatif kaynaklar sağlamak.
3. Altyapı şebekelerindeki aksaklıkları eşzamanlı gösteren sistemlerinin kurulması. Şebekedeki problemi giderecek, teknik bakım, onarım takımlarının kurulması, eğitimi ve planlanması.
4. Şehir içinde su-kanalizasyon şebekesinin hizmet veremez hale gelmesi durumunda afetzedelerin, yardım ekiplerinin, hastanelerin vb. kuruluşların su ve atıksu ihtiyacını karşılayacak durum planlarının oluşturulması.
5. Şehir içi su depolarının tasarlanması ve uygulamaya geçirilmesi, su dağıtımı yapan özel şirketler ile gerekli protokollerin yapılması.
6. İdarelerin yetki alanlarındaki kaçak yapılaşmalara ilişkin yönetmeliklere aykırı yapılaşmaların belirlenmesi, risk ve durum analizlerinin belediyelere sunulması.
7. İdarelerin sorumluluk alanlarındaki sanayi envanterinin çıkarılması.
8. Altyapı gelişimi ve depreme dayanıklı sistemler için gerekli bilimsel ve teknik araştırmaların yapılması.
9. Çalışmalar için gerekli maddi kaynakların tespit edilmesi.
10. Altyapı şebeke yapılarının risk analizlerinin (güzergah ve imalat) yapılması.
11. Şebeke hizmet alanları ve olası hizmet kayıplarının analizleri.
12. Hizmet birimlerinde gerekli güçlendirme, yedekleme gibi çalışmaların tespiti ve ifası.

13. Riskli tesis ve isale hattı güzergahlarının alternatiflerinin tespiti.
14. Deprem sonrası kritik sanayi kuruluşlarına su sağlanması.
15. Barajların yapısal nitelikleri ve konumlarına göre sismik duyarlılıklarının belirlenmesi,yapısal olarak incelenmesi ve onarım gerektiren yapıların acilen onarılması, güçlendirilmesi gereken noktaların tespiti(DSİ ile birlikte).
16. Deprem anında oluşabilecek yangınlara acil müdahale kapsamında tüm hidrantların çalışır vaziyette tutulması.
17. Acil durumlarda şehiriçi içmesuyu ihtiyaçlarını karşılayacak depoların yerlerinin ve kapasitelerinin planlanması
18. İnsan kaynağının planlanması.
19. Malzeme/ekipman planlaması.
20. Deprem öncesi şebeke incelemesi ve güçlendirilecek noktaların tespiti.
21. İçmesuyu depolayan ve dağıtan kamu ve özel sektör kurumlarının tespiti ve firmalarla gerekli protokollerin imzalanması.
22. Deprem sonrası içmesuyu ve kanalizasyon hatlarında oluşabilecek hasarların onarımı.
23. Deprem sonrası geçici iskanlar ve çadırkentlere temizsu sağlanması ve atıksuların uzaklaştırılması.
24. İçmesuyu ve kanalizasyon konusunda çevre illerden gelecek yardımlarınvalilik koordinesi ile beraber yürütülmesi için gerekli yönerge ve faaliyetlerin hazırlanması.



Şekil 112. Deprem ve heyelan afetlerine dayanıklı altyapı malzemesi – superflex (SUIKEN, 2016)

Şekil 112’de kullanılan boru ve fittingsler deprem, yer kaymaları, göçük gibi durumlarda dikey ve yatay hareketleri uzayarak tolere edebilmektedir.



Şekil 113. Deprem bağlantı sistemi (ACIPCO, 2016)

Şekil 113'te düktil boru deprem dayanımlı olarak tasarlanmıştır. Bağlantı noktaları olan muflar, depremden kaynaklı yer hareketlerine bağlantı çözülmeden karşı koyabilmektedir.

İnsan Kaynakları Açısından Afet Planlaması

Afet öncesi ve sonrası afet yönetiminin en önemli ayağını personel yönetimi oluşturmaktadır. Bu konuda öne çıkan ana başlıklar şunlardır;

- Afet anında personel yönetiminin sağlıklı bir şekilde idare edilebilmesi için insan kaynakları bünyesinde bir birimin oluşturulması,
- İlgili personelin görev yerlerinin ve personel yedeklerinin tespiti,
- Görevli personelin afet yönetimi eğitiminden geçirilmesi,
- Personelin her türlü ulaşım zorluğu göz önüne alınmak suretiyle (köprülerin kapatılması, viyadüklerin yıkılması, yol hasarları vb.) toplanma yerlerinin tespit edilmesi,
- Deprem sonrası bina hasar tespitlerinde inşaat mühendisi ve inşaat teknikerlerinin büyükşehir belediyeleri tarafından yapı kontrolde görevlendirilebileceği göz önüne alınarak personel görevlendirilmesi yapılması,
- Afet sonrası bakım-onarım çalışmalarında müteahhit firmaların yetersiz kalacağı göz önüne alınarak kurum personelinin her türlü teknik eğitime tabi tutulması, alternatif hizmet alım yollarının tespiti.

Afet Planlamasında Malzeme Yönetimi

Deprem, afet, terör vb. öngörülemeyen durumlarda hizmet sürekliliğinin sağlanması için malzeme yönetimi ve stoklu çalışma şarttır.

Afet sonrası su dağıtım şebekelerinde meydana gelebilecek hasarların bakım-onarımında belirlenmiş barınma merkezlerine su taşınması ve atıkların alınmasında malzeme yönetimi önem arz edecektir. Buna göre;

Olası bir afet durumunda su yönetimi kapsamında malzemeler nasıl etkilenir?

Oluşabilecek Hasarlar;

- İçmesuyu ve atıksu arıtma tesisi binalarında ve ekipmanlarında oluşacak hasarlar (blower, pompa, ozon jenaratörü, kimyasal dozaj hatları, boru hatları)
- Ana isale hatlarında oluşacak boru kırıkları (çelik boru ve fittingsler)

- Su darbesi koruma ekipmanlarında oluşabilecek hasarlar (hava kazanı, denge bacası vb.)
- Depolar ve terfi istasyonlarında oluşacak hasarlar (pompa, boru ve krepın hasarları)
- Abone işleri dağıtım şebekesi hasarları (düktilboru kırıkları, fittings hasarları, bağlantı parçaları ve PE boru hasarları)
- Atıksu hatlarında oluşacak hasarlar (beton boru kırıkları)

Yaşanabilecek olası sıkıntılar?

- Acil malzeme ihtiyacı (stoklu çalışma, uzun zamanda temin edilebilme durumu, temin yerlerinin tespiti)
- Lojistik sıkıntısı (yollar, köprüler ve taşımada ulaşım sıkıntısı)
- Aydınlatma ihtiyacı
- Atıksu hatlarının temiz su kaynaklarını kirletme riski
- Hastane ve kamu binalarının acil ihtiyaçlarının karşılanamaması (yeterli depo, tanker vs. hatlar) riski
- Personelin toplanması ve sevkı
- Kritik sanayi tesislerinin su ihtiyacının karşılanamaması riski
- Yangın debisinin sağlanamaması riski (konutlar ve organize sanayi için ayrı ayrı risk analizleri yapılacaktır.)
- Afet senaryoları ve acil durum senaryoları göz önünde bulundurularak yapılacak çalışmalar dahilinde gerekli olabilecek malzemelerin stok yönetimi kapsamında;
- Malzeme ihtiyacının tespiti; Acil durumlarda şebekelerdeki hasarların SCADA ve yerinde gözlem faaliyetleriyle hızlı bir şekilde tespiti, entegre su yönetimi üst programına birimler tarafından girilmesi, ihtiyacın yazılımsal olarak raporlanması.
- Malzeme tedariki için tedarik planı belirlenmesi; Su dağıtım hatlarında kullanılan malzemeleri kaliteli ve seri şekilde temin edebilecek üreticilerin tespiti, acil durum zamanlarında temin vakitlerinin ve şartlarının belirlenmesi, özellikle büyük çaplı şebeke elemanlarının aylar süren imalat süreçleri ile hazırlandığı ve tedarik edildiği göz önüne alınarak temin planlaması oluşturulması gerekmektedir. Üreticilerin imalat kapasitelerinin belirlenmesi de önem arz etmektedir.
- İdarelerin kendi hatlarında kullandıkları malzemelerin teknolojik gelişmeler ışığında gözden geçirilerek yeninesil altyapı teknolojilerinin idarelere kazandırılması faaliyetleri gerçekleştirilebilir.

Boru Hatları Rehabilitasyonu

- Rehabilitasyon ve yeniden yapım eylemlerinin kolaylaştırılması; Kısa, orta ve uzun vadeli rehabilitasyon ve güçlendirme eylem planlarının oluşturulması ile önleyici bakım (proaktif) yaklaşımının kurum uygulamalarında ana yönetim strateji olarak benimsenmesinin sağlanması.

- Riskli bölgeler ile yapım yılı eski olan şebeke hatlarının mümkün olan yerlerde yeniden yapılması, kazılı imalat imkanı olmayan yerlerde ise kazısız teknolojiler ile rehabilite edilmesi,
- Mevcut içmesuyu ve atıksu şebeke hatlarının deprem kabiliyetlerinin tespit edilebilmesi açısından bilgisayar destekli analiz programları ile modelleme ve simülasyon yapılması,
- Rehabilitasyon ve yeniden yapım eylemlerinin kolaylaştırılması,
- Altgeçit, tünel, hendek ve bina altlarına mümkün olduğunca boru planlaması yapılmamalıdır. Söz konusu durumdaki borular tespit edilip rehabilite edilebilmesi gerekmektedir.

Hasarlı Bölgelerde İçmesuyu Temini

Deprem sonrası halkın temiz su ihtiyacının karşılanabilmesine yönelik olarak su dağıtım alanları belirlenmelidir.

Afetler nedeni ile hasar görebilecek bölgelerdeki tüketicilere, hatların bakım ve onarımı tamamlanıncaya kadar, afet anında kurulabilecek çadırkentlere ise sürekli olarak su kaynaklarından temiz su temini sağlanabilmesi için, idareler önlem almak zorundadırlar. Bu konuda gerektiğinde belirlenen dağıtım bölgelerine tankerlerle su taşınması ve dağıtım organizasyonun yapılması sağlanmalıdır.

Ağır hasar görebilecek hatlar üzerinde uygun olan yerlerin bypass yöntemi ile hizmet sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla gerekli malzeme ve insan kaynağı altyapısının oluşturulması planlanmalıdır.

Afet Erken Uyarı Sistemi

TÜBİTAK-İGDAŞ ve Boğaziçi Üniversitesi işbirliği ile İGDAŞ'a konumlandırılmış erken uyarı ve gaz kesme sistemi örneği göz önüne alınarak;

Deprem afeti için benzer bir sistemin kurulup kurulamayacağının fizibilite çalışması yapılması,

Deprem sonrası su kesme faaliyetinden dolayı pompa istasyonlarında oluşabilecek su (koç) darbesi etkilerinin modelleme yazılımları maarifetiyle irdelenmesi,

Pompa istasyonlarının durum değerlendirmelerinin yapılması,

Şebeke hatlarındaki vanalardan su kesilmesi durumunda darbe etkileşimi ve bölgelerin etkilenme durumlarının araştırılması, kritik vana noktalarının belirlenmesi, arıza durumunda acil müdahale programının hazırlanması,

Kritik şebeke hatlarının uzaktan kumanda yöntemi ile programlanabilme kabiliyetinin artırılabilirliğinin araştırılması faaliyetleri incelenmelidir.

Deprem Sonrası Yangınlar

Deprem sonrası beklenen senaryolardan biride tehlikeli maddelerle çalışan bölgelerde ve doğalgaz hatlarında çıkabilecek yangınlardır.

Yangın riski fazla olan sanayi kuruluşlarına su deposu zorunluluğu getirebilir. Su depoları, yangın anında olası su kesintilerinde önem arz edecektir. İtfaiye ile beraber çalışılarak organize sanayi bölgesi gibi kritik tesislerin risk analizleri yapılmalıdır.

Mevcut yangın hidrantlarının arızalı ve çalışmaz durumda olanları tespit edilerek acilen değiştirilmesi gerekmektedir.

Ulaşım

Olası afetlerde zarar görecektir ulaşım hatlarının risk analizleri yapılarak; tanker ve lojistik taşımacılık güzergahlarının tespiti ve alternatif güzergahlar belirlenmesi,

Hasarlı yol ve güzergahların afet yönetimi merkezi ile koordineli olarak görülebilmesi ve faaliyetlerin sağlıklı yönlendirilebilmesinin sağlanması,

Personel toplanma yerlerinin ve alternatiflerinin tespit edilmesi,

Toplanma yerleri ile merkez arasında iletişimin sağlanabilmesi için gerekli alt yapının oluşturulması sağlanmalıdır.

Hizmet Binalarının Durumu

Deprem öncesi ve sonrası hizmet binalarının ve özel tesislerin yapısal dayanım denetimlerinin yapılması,

Hizmet binaları ve arıtma tesislerinde alternatif enerji kaynaklarının kurulabilirliğinin araştırılması,

Depo ve tankların depreme hazırlık durumlarının tespiti,

Arıtma tesislerinin depreme hazırlık durum tespitleri,

Hizmet binalarında deprem sonrası ısklandırma problemine ilişkin çözüm yolları üretilebilmesi durumları incelenmelidir.

Temiz Su Kaynaklarının Korunması

Birinci derecede su kaynaklarını kirletebilecek potansiyel tehlikelerin belirlenmesi,

Alternatif temiz artezyen kuyuları ve havuzlar tespit edilmesi,

Atıksularla ilgili riskli bölgelerin tespit edilmesi ve önlem alınması faaliyetleri yürütülebilir.

10. BÖLÜM

AR-GE FAALİYETLERİ

Türkiye’de su idarelerinin genel çoğunluğunda yapılan çalışmaların; literatür taramaları ve güncel fuar, organizasyonların takip edilmesi sonucu, kullanılan pek çok malzemenin ve imalat yönteminin su yönetiminde ileri düzeyde olan kurumlar ve uygulamaları göz önüne alınarak güncellenmesi gerektiği sonucu açığa çıkmaktadır.

Su idarelerinde, malzeme konusunda AR-GE faaliyetleri genel olarak aşağıdaki parametreler doğrultusunda gerçekleşmektedir;

- i. Su hatlarında oluşan zarara dayalı olarak uzun ömürlü şebeke malzemesi arayışları
- ii. Maliyetlerin düşürülmesine dönük çözüm arayışları
- iii. Üretici firmaların başvuruları sonucu yeni ürün kullanımları

Türkiye’de su idareleri, gelişmiş ülkelere nispeten malzeme kalitesi, montaj teknikleri, hidrolik yazılım kullanımları ve SCADA izleme faaliyetleri konusunda oldukça geridedir.

Su Yönetiminde AR-GE faaliyetleri konusunda yaşanan temel sıkıntılardan bazıları şunlardır;

1. Yüklenici (müteahhit) ağırlıklı çalışma sebebi ile su idarelerinde çalışan personelin yeteri kadar pratik bilgisinin olmaması
2. Kurumsal hafıza kavramının kurumlarda yeteri kadar gelişmemesi sebebi ile AR-GE faaliyetlerine kaynaklık edecek temel bilgilerin yetersiz oluşu
3. Kurumlardaki personel rejiminin sürekli çalışan uzmanlaşmış personel yetiştirmekten uzak oluşu
4. Su idarelerinin gelişmiş mühendislik yazılım ve hesaplama programlarından uzak oluşu
5. Basınç yönetimi kavramının yazılımsal olarak henüz başlangıç aşamasında olması sebebi ile AR-GE faaliyeti yapılacak malzemelerin çalışma koşullarının sağlıklı olarak belirlenememesi
6. Su Yönetimi konusunda AR-GE faaliyetlerinde ortaklaşa çalışılması gereken üniversitelerden yeteri kadar yararlanılamaması
7. AR-GE faaliyetlerinin olmazsa olması test merkezlerinin yetersiz oluşu
8. Su hatları konusunda yapılacak çalışmalara AR-GE destekleme fonu bulunmaması
9. Su idarelerinin birbirinden kopuk çalışması sonucu tecrübe paylaşımının oluşmaması

Su kayıp-kaçaklarının ülkelere göre kıyaslandırımları yapıldığında ülkelerin teknolojik altyapılarının su yönetimlerine yansıdığı görülmektedir. Ölçme teknolojileri ve mekanik saha ekipmanlarının kalitesi ve üretilebilirliği su kayıp-kaçak çalışmalarında belirleyici rol oynamaktadır.

Su idarelerinde konuya ilişkin karşılaşılan bir takım sorunlar şunlardır;

- Eski teknoloji ürünlerin kullanılması malzeme ömrünü azaltmaktadır.
- Enerji maliyetleri yüksek seyretmektedir.
- Şebekeler bazında uzaktan izleme sistemleri ve varlık yönetimi yeteri kadar gelişmediği için veri toplama ve veri analizinde sıkıntılar yaşanmaktadır.
- Son teknoloji ürünler bakım-onarım üstünlüğü sunarken, Türkiye’deki su idarelerinde kullanılan kahir ekseriyetli malzemelerde kullan-atmantiği yürütülmektedir.

- Yerli üretim olmayan ürünlerin temini, bakım ve onarımında yurtdışına ciddi miktarda döviz çıkışı olmaktadır.
- Kritik malzemelerin yerli üretim olmaması sebebi ie Su Yönetiminde kullanılan malzemeler ve yeni teknolojiler yurtdışından ithal edilerek yurtdışına bağımlılık oluşmaktadır.

Çözüm Önerileri;

- Su Yönetimi yapılan kurumlarda mutlaka malzeme konusunda uzmanlaşmış birimler bulunmalıdır.
- Malzeme birimleri AR-GE ve ÜR-GE (Ürün Geliştirme) faaliyetlerini düzenli olarak yapmalıdırlar.
- Şebekelerde basınç yönetimi konusunda datalogger tipi kayıt ve ölçüm cihazlarının kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.
- SCADA ile takip edilebilir malzemelerin kullanımına önem verilmelidir.
- Kullanılan malzemeler kolay bakım-onarım yapılabilen ve önleyici bakım onarım ile uzun süre kullanılabilecek şekilde seçilmelidirler.
- Türkiye’deki tüm bölgelere hitap edecek şekilde her bölgede AR-GE, sertifikasyon ve test-ölçme konularında hizmet verecek *Su Merkezleri* kurulmalıdır.
- Üniversiteler ve Su İdareleri arasında, çevre mühendisliği bölümlerinde uygulanmakta olan içmesuyu ve atıksu arıtma tesisleri fizibilite ve proses tasarımı uygulamalarının makine mühendisliği ve elektronik mühendisliği sahalarında da uygulanarak kurumların zayıf oldukları sayısal modelleme, termodinamik, konstrüksyon, SCADA cihazları ve ölçüm teknolojilerine ait otomasyon sistemleri konularında işbirliği geliştirilmelidir.
- Datalogger, debimetre, SCADA ekipmanları gibi kritik ekipmanların TÜBİTAK, belediyeler ve özel sektör işbirliği ile yerli ve kaliteli üretimine çalışılmalıdır.
- Yurtiçinde üretilen ve uluslararası standartları karşılamadığı halde TSE belgesi alarak kalitesiz imalat yapan firmaların ürünlerine karşı su yönetim standartları geliştirilerek tedbir alınmalıdır.
- Her idarede, kullandıkları malzemelerin etüdünün ve eğitimin yapılabilceğı, üzerinde şebekede kullanılan boru, fittings, debimetre, hidrant, basınç regölasyon vanası ve şebeke ekipmanlarının olduğı küçük tesisat istasyonları kurularak personel eğitimlerinin sürekli olarak sağlanması ve yeni tesisat ekipmanlarına adaptasyon sağlanması faaliyetleri yürütölmelidir.

Su Yönetimi Kapsamında Kullanılması Gereken Bazı Örnek Malzemeler

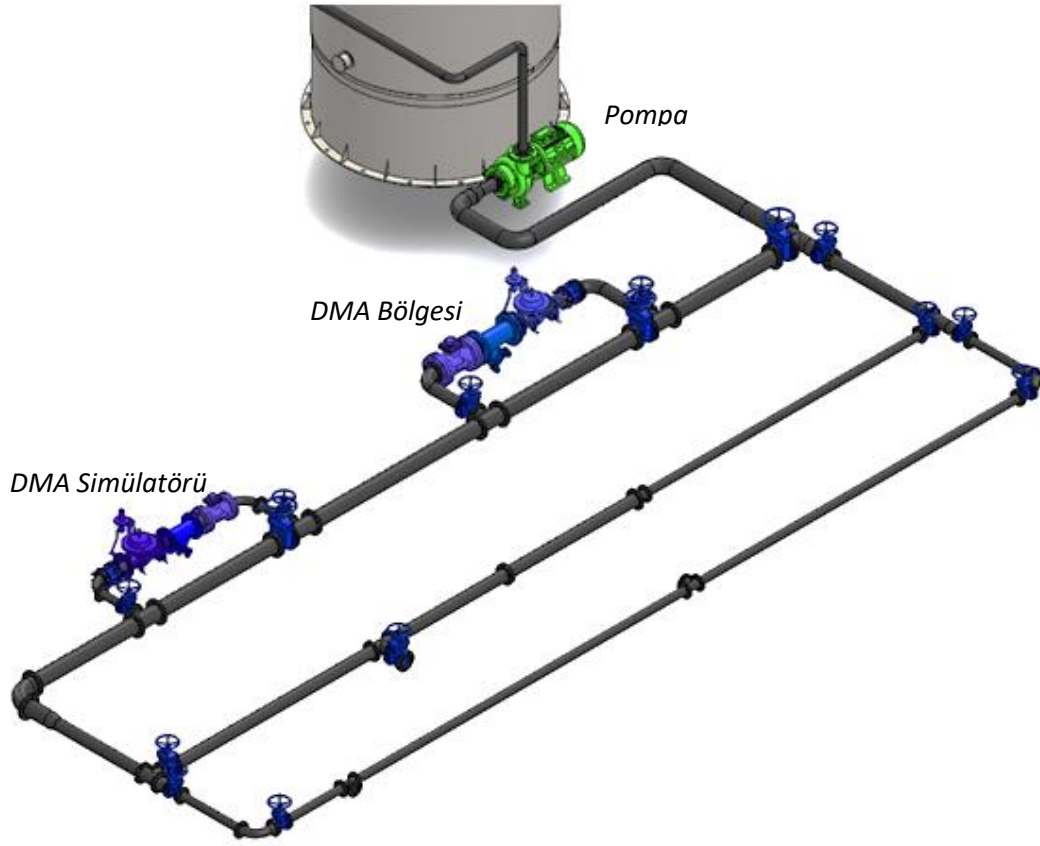
Boru bükme aparatı; Şebekelerde, şube yolu imalatı sırasında PE boruların düzensiz gerilmesini ve hatalı uygulanmasının önüne geçilmesi için kullanılmalıdır.

Düktıl boru kesme aparatı; Düktılboruların parçalı imal edileceğı yerlerde boruların düzgün kesilmesi önem az etmektedir. Kaliteli ve standartlara uygun imalat yapılabilmesi açısından imalatlarda geometrik düzgünlük şartı aranmalıdır.

Yeni nesil düktılborular; İSKİ Genel Müdürlüğü’nde kullanılmakta olan mevcut düktıl boruların dış yüzeyi çinko (Zn) kaplı, ana gövdesi sfero dökme, demir iç yüzeyi ise beton kaplamadır.

Bu durum şebeke bağlantısı yapılırken ana musluk montajı için borunun delinmesi esnasında iç yüzeyde bulunan beton plakanın hasar görmesine ve ilerleyen zamanda akışın etkisiyle bu plakanın büyük ölçüde tahrip olmasına neden olmaktadır.

Bu durumun engellenebilmesi ve uzun ömürlü boru hattı imalatlarının yapılabilmesi açısından dünyadaki düktil boru gelişmelerinin takip edilmesi ve teknolojik gelişmelere ayak uydurulması zorunludur.



Şekil 114. Vana ve fittingslerin yerleşimi ve testi için örnek bir test ve eğitim platformu

Tij muhafazaları; Şebekelerde vana ve priz buşaklelerden, ana musluk ve vanaların açıp kapamalarının yapılabilmesi açısından tij muhafazalarının sağlam vaziyette olması önem arz etmektedir. Tij muhafazalarının hasar görmesi vana yuvalarının toprakla dolmasına sebep olmakta; yangın hidrantı ve vanalar gibi kritik malzemelerin açılıp kapanmasını engellemektedir. Bu durumun engellenebilmesi için Avrupa ve Amerika’da uzun yıllardır kullanılmakta olan tij muhafazalarının kullanımına geçilmelidir.



Şekil 115. Teleskobik vana tiji (AVK, 2016) Buşakle takımı (Duyar Vana, 2016)

Manşon bağlantıları; Boru bağlantıları ve sızdırmazlık uygulamaları için kullanılan kolay tamir parçaları ve manşonlar konusunda, kurumlarda kullanılan malzemeler, batıda uygulanan tekniklerin bir hayli gerisindedir. Bu konuda istisnai uygulamalar yapılsada ülke genelinde genel malzeme kalitesi, ihtiyacı karşılamamaktadır.

Boru bağlantı ve montaj elemanı teknolojileri; Ülkemizin deprem kuşağında yer alması ve karmaşık altyapı sistemlerine sahip olması göz önüne alındığında, pratik ve çok işlevli fittingslerin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır. Aşağıda örneği görünen boru bağlama-fittings örneği, açılı bağlama özelliği sayesinde esnek kullanım ve montaj avantajları sağlamaktadır.

Abone bağlantıları; Kurumumuzdaki mevcut abone bağlantıları düktil borunun üzerine doğrudan ana musluk bağlanması esasına dayalıdır. Bu bağlantı tarzı, boru et kalınlığı ve ana musluğun bağlantıda kullanılacak dış için açılmış montaj boyu dikkate alındığında sağlıklı olmamaktadır. Bağlantı yerleri ve ana musluk diplerinde hasarlar meydana gelmektedir. Bu durum ciddi su kaçaklarına yol açmakta ve ekonomik kayıp oluşturmaktadır.



Şekil 116. Hasar görmüş ana musluklar ve kelepçesiz ana musluk bağlantısı

Bu durumun çözülebilmesi için abone bağlantılarında kolyeli imalata geçilmesi zorunludur. Kolyeli musluk montajları gerilimlere daha mukavimdir ve daha uzun ömürlüdür.

Boru bağlantılarının yapılması, abone bağlantılarının açılması için kullanılan dış-montaj araç gereçlerinin, kuruma uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Dış açma malzemelerinin; dış açma hızlarının, matkap özelliklerinin, kılavuz ve dış uçlarının seçimine kadar mühendislik altyapısına sahip yönergeler dahilinde imal edilmesi gerekmektedir.



Şekil 117. Basınçlı hatta abone bağlantısı yapılması (AVK, 2016)

10.1. Test Merkezleri

Su Yönetiminde kullanılmakta olan malzemelere ilişkin genel kalite kontrol uygulamaları olarak standartlar dahilinde kimyasal analiz, mikroyapı, boya, basınç, boyut analizi ve performans testleri uygulamaları yapılmaktadır.

Bu testler için, belgelendirmede, TÜRK-AK akreditasyonu olması ve ölçüm cihazları içinde kalibre edilmiş olma şartları aranmaktadır. KOSGEB, üniversiteler, TSE, UGETAM, Loydlar gibi kurumlarda her yıl milyonlarca liralık testler yapılmakta ve kalite sürekliliği sağlanmasına çalışılmaktadır.

Su idarelerinde test ve deneyler aşamasında en çok eksikliği hissedilen konu, büyük çaplı malzemelerin performans testlerinin, yalnızca imalatı yapılan fabrikalarda test edilebilmesidir. Debimetreler gibi kritik ölçüm cihazlarının Ø400 ve üzeri anma çaplarında test imkanı her kurum tarafından yapılamamaktadır.

Ayrıca test ve incelemeler malzemenin ilk temini sırasında yapılmakta, kullanım ve arıza durumlarında malzemelerin laboratuvar ortamında incelenmesi yapılmamaktadır. Direk olarak hurdaya ayrılan malzemelerdeki sorunlar ve bu sorunların temelini oluşturan teknik detaylar kurum hafızalarında tutulmamakta, bu durum ürün geliştirme ve kurumların teknik mukayese özelliklerini olumsuz etkilemektedir. Hukuki sıkıntılar oluşması haricinde kullanımda olan yıllanmış malzemelere ilişkin performans testleri yapılamamaktadır.

Türkiye’de bu konudaki eksikliklerin giderilebilmesi için üniversiteler, OSİB Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, ilgili kurumlar ve su idarelerinin ortak girişimleri ve destekleri ile her bölgemiz için o bölgelerin su idarelerine; AR-GE, teknik destek, eğitim ve sertifikalandırma konularında hizmet verecek su merkezlerinin kurulması gerekmektedir.

Bu merkezler aynı zamanda yurtdışından temin edilen kritik malzemelerin milli üretiminin yapılabilme kabiliyetlerinin araştırılmasını, üniversitelerin su yönetiminde ve teknik konularda imalat ve işletme ayaklarında sahada olmalarını, su idarelerinin ise eksik oldukları konularda kendilerini geliştirebilme imkanlarını artırmalarını ve daha profesyonel su yönetimi sağlanmasının önünü açacaktır. Ayrıca çeşitli su idarelerinin farklı uygulamalarının milli bir hafıza dahilinde saklanması, değerlendirilmesi ve daha önceden olumsuz deneyimlere maruz kalmış uygulamaların başka idareler tarafından uygulanmasının ve kamu zararı oluşturulmasının önüne geçecektir.

Test merkezlerinin su idarelerinden bağımsız işletilmesi ve Su Yönetimindeki tüm unsurların maddi finansmanı ile desteklenmesi durumları göz önüne alınarak oluşturulması, görevlerini daha iyi yapabilmelerini sağlayacaktır.

10.2. Milli İmalat Stratejisi

Ülkemizde içmesuyu ve atıksu arıtma tesisleri ile isale ve şebeke dağıtım hatlarına ait kritik malzeme ve teknolojiler yurtdışından temin edilmektedir. Bunlar 3 ana grupta toplanabilir;

- Ozon jeneratörü, kimyasal dozaj hatları, emisyon ölçüm cihazları, yakma ve kurutma üniteleri, pestisit ölçüm cihazları, laboratuvar makinaları gibi yüksek teknoloji ürünleri
- Blower, büyük hacimli kompresörler, karıştırıcılar, digester aksamaları, büyük ölçekli pompalar, elektromanyetik ve ultrasonik hassas debi ölçerler, UV cihazlar, gibi mekanik ekipmanlar
- Modelleme, simülasyon ve otomasyon yazılımları ve gereçleri

Ülkemizde, bahsedilen teknolojik ürünlerin kaliteli bir şekilde üretilmesi ve yerli sanayinin konunun içine çekilerek, konularında uzman akademik personel ve TÜBİTAK desteğiyle bahsi geçen imalat kalemlerinin yerli imkanlarla üretilmesi mümkündür.

Bahsedilen ürünlerin ithal edilmeleri ülkemizde proses sistemlerinin AR-GE faaliyetlerinin cılız kalmasını, enerji tüketimlerini, kamu kaynaklarının katma değeri yüksek ithal ürünler sebebiyle muhafaza edilememesini, konularında uzman teknik personelin yetiştirilememesini ve ambargo gibi durumlarda milli sanayi ve altyapının etkilenmesi gibi riskleri barındırmaktadır.

Bu konunun test merkezleri ile beraber ekonomik ve stratejik planlamasının yapılması ve en kısa zamanda hayata geçirilmesi ülkemiz menfaatleri açısından önem arz etmektedir.

10.3. Eğitim Planlaması

Su Yönetimi kapsamında kayıp-kaçakların önlenmesine yönelik çalışmaların tamamı personelin teknik yeterliliğine ve saha tecrübesine endekslidir. Su yönetimi koordinasyonu, mühendislik bilgi ve becerilerini içerirken, imalatlar ve saha kontrolleri teknik eğitime haiz personel tarafından rahatlıkla gerçekleştirilebilir.

Su yönetiminde görevli personel;

- Hidrolik modelleme ve planlama,
- Saha ekipmanlarının temini, kalite kontrolleri ve imalat süreçlerinin takibi,
- Şebeke ve DMA odası imalatları,
- SCADA verileri ve saha kontrollerinin takibi,
- Verileri yorumlayarak kayıp-kaçak ve arızalara müdahale ile dinamik olarak entegre su yönetimini gerçekleştirirler.

Belirtilen faaliyetlerin yapılabilmesi için akışkanlar mekaniği, imalat bilgisi, saha uygulamaları bilgisi, ekipman bilgisi, hidrolik model kullanım kabiliyeti, veri analizi yapabilme ve mühendislik ekonomisi gibi donanımlara sahip teknik elemanlarla çalışılması şarttır.

Su Yönetimi kapsamında ülkemizin arzu edilen kayıp-kaçak oranlarına ulaşabilmesi açısından idare ve yüklenici teknik personelinin belirtilen eğitimleri alarak yeterlilik serifikasına sahip olarak çalıştırılması gerekmektedir.

Dinamik olarak değişen saha koşullarının veri analizlerini yapabilecek, su yönetimi alanında teknolojik gelişmeleri idarelere yansıtabilecek, sorunları tanımlayıp çözme yeteneğine sahip olacak personelin sertifika eğitim faaliyetlerinden geçirilmesi kayıp-kaçak çalışmalarında verimliliği artıracaktır.

Eğitim faaliyetleri, üniversitelerin ilgili uzman akademisyenleri, akredite test kurumlarının temsilcileri ve tecrübeli idare personelinin oluşacak eğitim heyeti tarafından verilerek yeterlilik testlerine geçen personelin sahada çalışma izni sertifikasına sahip olması esasına dayalı olarak yürütülmelidir.

10.4. Teknik Dokümantasyon

Kayıp-kaçak çalışmalarında toplam kalite yönetiminin sağlanabilmesi için entegre su yönetimi tüm aşamaları ile standartlara uygun olarak sahada uygulanmalıdır. Malzeme temini, hidrolik modelleme, DMA odalarının imalatı ve işletilmesi, raporlama, kayıp-kaçak takibi gibi tüm unsurlar standart prosedürlere kavuşturulmalıdır.

Arazide kullanılan malzemeler TSE tarafından belirlenen standartları karşılayacak şekilde şartnamelerde belirtilmelidir.

Şartnameler tüm teknik detayları barındıracak şekilde tanımlanmalı, teknik resim ve ekleri imalatın tamamını tanımlar nitelikte olmalıdır. Şartnamelerde standartlara atıf yapmak yerine, ilgili standardın ilgili bölümü başka bir dokümanı incelemeye gerek bırakmayacak şekilde şartnamede yer almalıdır. Şartnamelerin test ve deneyler kısmı saha personelini gereksiz detaylara ve mali israfa yönlendirmeden test merkezlerince yapılabilecek içerikte olmalıdır.

Su Yönetiminin uygulanması konusunda uluslararası DWG, ATV, EPA yönetmelik ve standartları baz alınarak ülkemiz için ulusal su yönetimi standartlarının oluşturulması ve bu kapsamda üreticilerin TSE belgesi yeterliliklerinin gözden geçirilmesi kayıp-kaçak yönetiminde malzemedan kaynaklı sorunların azalmasına vesile olacaktır.

Önümüzdeki yıllarda bu konuda personel ve maddi imkansızlıklar, nedeniyle gerekli imkanlara sahip olmayan belediyelerin detaylı teknik şartnamelere ulaşabilmesi ve kayıp-kaçak çalışmalarında kullanılan yöntemlere ve ekipmanlara ilişkin olarak ulusal bir bilgi hafızası oluşturulması ülkemizin her noktasındaki vatandaşlarımızın aynı seviyede hizmet kalitesine ulaşmasını ve milli kaynakların korunmasını sağlayacaktır. Böylece su idareleri arasında bilgi ve tecrübe paylaşımı gerçekleştirilecektir.

11. BÖLÜM

SU KAYIP-KAÇAKLARININ EKONOMİK YÖNÜ

Varlık yönetiminde bahsedildiği üzere suyun tüketiciye ulaştırılması tek performans kriteri değildir. En az kayıp-kaçakla şebekenin işletilmesi, personel ve mali varlıkların optimum şekilde kullanılarak standart bir hizmet kalitesi oluşturulması nihai hedef olmalıdır. Bu bölüm, esasında, idarenin, su kayıp-kaçak yönetiminde varlık yönetiminin ekonomik ayağına ne kadar hakim olduğunun bir göstergesi olacaktır.

Su kayıp-kaçaklarının oranının ülkemizdeki mevcut durumu, yapılan araştırmalar ve su idarelerinden sağlanan veriler doğrultusunda yaklaşık olarak %50'nin üzerinde tahmin edilmektedir. Bu oran hiçbir gelişmiş devletin kabul edebileceği bir oran değildir.

Kalkınma ajanslarının yaptığı çalışmalar gelişmiş devletlerde %3-5 aralığında bulunan kayıp-kaçak oranının gelişmekte olan devletlerde %25 -35 arası olduğunu ortaya koymaktadır.

Kayıp-kaçak oranının yüksek olduğu bir su idaresi için aşağıdaki değerlendirmeleri yapmak mümkündür;

- Gelişmiş ülkelerde, ortalama kayıp-kaçak oranının epey düşük seviyelerde olduğu göz önüne alınarak üst seviyelerde seyreden su kayıp-kaçaklarıyla etkin şekilde mücadele edilmesi gerektiği sonucu ortaya çıkmaktadır.
- Su kayıp-kaçaklarının yüksek oranlarda seyretmesi bu işle uğraşan personel sayısının artmasına ve zaman kaybına sebep olmaktadır. Altyapısı sağlam imal edilmiş, varlık yönetim sistemine sahip ülkelerde personel sayısı ve müdahale etme oranı optimum seviyelerdedir.
- Her bir su kaçağına müdahale edilirken abone işleri veya isalenin yapım ihaleleri kapsamında imalat pozuna göre planlanandan daha fazla ödeme yapılmaktadır.
- İmalatlar ve kayıp-kaçaklara müdahaleler sırasında asfalt maliyetleri oluşmaktadır.
- Çok sık yapılan boru hattı değişimleri sırasında maddi zarar oluşturan kazalar olmaktadır.
- Sık kazılan yollar sebebi ile müşteri memnuniyeti olumsuz yönde seyretmekte, hizmet standartları istenilen seviyeye ulaşamamaktadır.
- Kayıp-kaçaklara müdahaleler sırasında yoğun nüfus yerleşimine sahip yerleşimler ile eski yerleşim yerlerinde diğer altyapı hatlarına kazılar sırasında zarar verilmektedir ve ekstra maliyet oluşmaktadır.
- Bazı bölgelerde yolların tek şerit olması sebebi ile arızaya müdahale etmede zorluk yaşanmakta, müdahalenin gecikmesi sebebi ile kayıp oranları artmaktadır.
- Yüksek kayıp-kaçak oranlarının olduğu ülkelerde malzeme alımı gelişmiş ülkelere nispeten yaklaşık 2-3 kat daha düşük seyretmekte, bu durum 50 yıllık şebeke ömrü bazında kıyaslandığında 3 kat daha fazla malzeme alınmasına, 3 kat daha fazla yapım işi-imalat masrafına ve malzemedeki hasar belirlenene kadar kayıp su masrafına sebep olmaktadır.
- Gelişmiş varlık yönetimine sahip olunmaması sebebi ile malzeme verimliliğinin analizi tam olarak yapılamamakta, işletim sırasında malzemenin ve şebekenin performansından kaynaklanan zararlar bilinmemektedir.
- Maliyet analizleride aynı kapsamda tam olarak bilinmemektedir. 50 yıl ömre sahip gelişmiş bir altyapı şebekesine nazaran yapılan fazladan imalatlar, malzeme değişimleri, arızaya müdahale masrafları, altyapı zararları, işçilik ve imalat giderleri gibi unsurların tamamının

zamanın bir fonksiyonu olarak izlenememesi, sadece su dağıtımının performans kriteri olarak kalmasına sebep olmaktadır.

- Ürün geliştirme faaliyetleri; yeni nesil teknolojik malzemelerin temini ve sahada denenmesi, ilk yatırım maliyeti, imalat maliyeti, performans izleme giderleri, memnun kalınmayan ürünlerin değişimi gibi ekstra maliyetler oluşturmaktadır.
- Önleyici bakım onarım; Pompa istasyonlarında ciddiyle yapılmakta olan önleyici bakım onarım çalışmaları, sürgülü vanalar, pislik tutucular, basınç kırıcılar ve diğer saha ekipmanları için uygulanmamakta ve bu durum daha kısa sürelerde yeni malzeme alımına sebebiyet vermektedir. Ayrıca bakım onarım maliyetlerinin sürekli takibibazı ürünlerin kullanımının fizibil olmadığına işaret edebilir. Örneğin 2 ayda bir arızalanan bir basınç kırıcının, şebekenin sürekli hizmet kalitesi ve bakım maliyetlerinden dolayı uygun bir ürün olmadığı açıktır.

Enerji Tüketimleri

Şebeke malzemelerinin Kv değerleri, şartnamelerde ve muayene tesellüm aşamasında sağlıklı şekilde değerlendirilememektedir. Bunun sonucu olarak şebekelerde kullanılan malzemelerin su taşınımı sırasında nekadarlık bir basınç kaybına sebebiyet verdikleri konusu önemle irdelenmemekte ve hidrolik yük kaybından doğan enerji maliyetleri yükselmektedir. Bu durumun çözülebilmesi için idarenin ihtiyaçlarını doğru tespit etmesi, teknik şartnamelerin geniş kapsamlı olarak değerlendirilmesi ve muayene tesellümlerde bağımsız akredite laboratuvarlar tarafından Kv değerlerinin ölçülerek belgelendirmesi ve istenen değerleri sağlamayan malzemelerin kesinlikle şebekelerde kullanılmaması gerekmektedir.

Şebeke malzemelerinde enerji kayıplarının azaltılmasında bir diğer önemli faktör, boru ve fittingslerin pürüzlülük durumunun bir fonksiyonu olan K katsayısıdır (K =birim iletimde enerji kayıp katsayısı). Alınan tüm malzemelerde uluslararası piyasalarda kullanılan en kaliteli malzemelerin K katsayıları esas alınarak düşük K katsayılı malzemeler şebekelerde kullanılmalıdır.

Enerji kayıpları minimize edildiğinde terfi istasyonlarının enerji maliyetleri düşecek ve basınç kırıcıların daha verimli çalışması sağlanacaktır.

Yine şebekelerde çok yüksek basınçlarda çalışan hatlarda türbünlü basınç kırıcıların kullanılması ve enerji kazanımı sağlanması gerekmektedir.

Terfi istasyonlarının çalışma koşulları ile yıllar önce temin edilmiş pompaların çalışma eğrilerinin ve verimlerinin tekrar gözden geçirilerek uzun dönem enerji verimliliği planlamasının yapılması gerekmektedir.

Terfi istasyonlarındaki kollektör bağlantıları, şebeke borulamasındaki önemli düğüm noktalarının sayısal modelleme ile akış ve konstrüksiyon durumları incelenerek enerji kaybına neden olan imalatlar düzeltilmelidir.

Su Üretim Tesisleri

Su Yönetiminde, işletme, arz-talep dengesini, en az kayıp-kaçak, optimum maliyet ve standart hizmet kalitesi ile korumak zorundadır.

Su tüketim taleplerinin en doğru şekilde ölçülmesi ve belirlenmesi ile arz edilen suyun tüketilen su miktarına eşitlenmesi sağlanmalıdır. Kayıp-kaçaklar aradaki farkı idare aleyhine arttıracaktır.

İdareler, hizmet sürekliliği açısından talep edilen su miktarı ile beraber kayıp-kaçak miktarını da şebeke hatlarına vermektedir. Özellikle nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu yerlerde kayıp-kaçak miktarı büyük barajların depolama kapasitesi kadar suyun kaybedilmesine sebep olmaktadır.

Nüfusun sürekli artması ile arz miktarını sürekli olarak artırmak zorunda kalan idareler yeni tesislerin (baraj, içme suyu arıtma tesisi, terfi istasyonu, depo vb.) yapımına yönelmektedir. Oysaki büyük bir şehirde kayıp-kaçak oranının %35 den %25'e düşürülmesi bahsedilen arz-talep ihtiyacını dengeleyerek birçok tesisin yeni yapım maliyetini ve işletme yükünü önleyecek nitelikte olacaktır. Ayrıca bazı durumlarda, temiz su kaynaklarının korunamaması sebebi ile arz edilecek suyun temininde sıkıntı yaşanması sebebi ile deniz suyu arıtma tesisi gibi maliyeti çok yüksek uygulamalara başvurulmaktadır.

Tüm tesisler, ciddi arazi tahsislerini ve kamulaştırma sıkıntılarını, ilk yatırım maliyetleri, işletme maliyetleri ve SCADA maliyet yükleri getirmektedir. İlave olarak, her baraj korunması gereken su toplama havzası manasına geleceğinden ek atıksu arıtma tesisi maliyeti anlamına da gelecektir.

Ayrıca barajlar ve arıtma tesislerindeki ekipmanlardan kritik öneme haiz malzemelerin yurtdışından temin edildiği göz önüne alındığında, konunun milli menfaatler noktasında stratejik önemi de açığa çıkmaktadır.

12. BÖLÜM

SU YÖNETİMİ KAPSAMINDA ÖRNEK BİR KAYIP-KAÇAK ÇALIŞMASI

Bu bölümde kitabın önceki bölümlerinde anlatılan teknik konular ve su yönetimi çözüm metodolojisi ışığında örnek bir DMA odası ve entegre su yönetimi çalışması sunulacaktır. Konuyla ilgili bilinmesi gereken husus, bir çok çözüm metoduyla basınç yönetimi uygulanabileceği ve çeşitli fiziki kayıp-kaçak bulma metodlarıyla çalışma yapılabileceğidir. Kayıp-kaçak çalışmalarını yürütecek mühendislerin uygulaması gereken adımlar, kendi idarelerinin sorumluluk sahasındaki şebeke sisteminin özelliklerini ve çalışma şartlarını göz önüne alarak;

Şebekede uzun ömürlü ve hassas malzeme kullanımı ile kaliteli imalatlar yapmak,

Sahadaki tüm varlıklara vakıf olmak,

Saha varlıklarının gelişmiş bir CBS yazılımına entegre edilmesi,

CBS yazılımı alttabanıyla çalışabilecek hidrolik modelleme programı ile en küçük DMA bölgesinden itibaren şebeke hidrolik çözümlemesini yapmak,

Modelin en doğru verilerle kalibrasyonun yapılması,

Sahada kaliteli imal edilmiş, hassas ekipmanlara sahip DMA kurulumu yapılması,

DMA bölgeleri ile SCADA'nın dinamik çalışacak şekilde entegrasyonu ve takibi,

En uygun basınç yönetimi metodunu seçmek,

Kayıp-kaçaklara en hızlı şekilde müdahale edebilecek idari altyapının oluşturulması,

Şebekenin optimum koşullarla işletilmesi,

Yapılan tüm çalışmaların ekonomik analizlerinin sürekli takibi,

Belirli periyotlar halinde kayıp-kaçak çalışmalarının entegre su yönetimi kapsamında raporlanması,

Su hizmetinden yararlanan tüketicilerin, sürecin tüm aşamalarında en mükemmel şekilde hizmet almasının sağlanması görevlerini içerir.

Göktürk-Kemberburgaz Kayıp-Kaçak Çalışması

İSKİ Genel Müdürlüğü tarafından İstanbul Kalkınma Ajansı desteği ile gerçekleştirilen *Göktürk-Kemberburgaz Kayıp-Kaçakların Düşürülmesi Projesi*, kitabımızda anlatılacak olan örnek çalışmadır.

Proje öncesi, İSKİ Genel Müdürlüğü'nce görevlendirilen personel tarafından, dünya kayıp-kaçak literatürü taranmış, İspanya, İngiltere, Amerika ve Kanada başta olmak üzere su yönetiminde belirli bir başarıyı yakalamış ülkelerin altyapıları ve işletme metodolojileri incelenmiş, ülkemizdeki koşullar ile mukayese edilmiştir.

Projede kullanılacak ekipmanlar, yazılımlar, teknik eğitim ihtiyacı, hidrolik modelleme konusunda en iyi yerli-yabancı firmaların tespiti ve diğer proje unsurlarının belirlenmesine müteakip ihale kanunları gereğince teknik şartname hazırlanarak ihaleye çıkmıştır.

Göktürk-Kemberburgaz bölgesi, bir bölümü karayolları ile çevrilmiş doğal izole bir bölge oluşu, nüfus-yerleşim ve altyapı durumu, kat ayrımları, en az izolasyon vanası kullanımı ile DMA oluşturulması, CBS sisteminde tüm saha ekipmanlarına ve tüketim verilerine hakim olma durumları göz önüne alınarak pilot çalışma bölgesi seçilmiştir.

Çalışma boyunca;

- Şebeke verilerinin güncellenmesi
- Bina-sözleşme eşleştirme çalışmaları
- SCADA ve terfi merkezi verilerinin alınması
- Sahada hidrolik ölçüm işinin yapılması
- DMA'ların sahada oluşturulması
- Hidrolik modellemenin yapılması
- Arızaların tespiti ve onarımı
- Basınç yönetimi
- Sistemin işletilmesi
- Sonuç, değerlendirme ve raporlandırma gibi çalışmalar yapılmıştır.

Tablo 14. Göktürk Bölgesine ilişkin saha bilgileri (İSKİ, 2014)

Mahalle	Abone Binalar	Köp ve Kuyu Abone	Abone Olmayan	Diğer	Resmi	Ortak Sayaç	Toplam	Sözleşme
Göktürk	1.555	49	22	653	3	1.724	4.006	9.810
Mimarsinan	559	23	36	422	297	60	1.397	1.341
Mithatpaşa	762	123	40	745	55	207	1.932	1.593
TOPLAM	2.876	195	98	1.820	355	1.991	7.335	12.744

Mahalle	100	150	200	250	300	TOPLAM
Göktürk	18.895	7.684	900	1.182	507	29.168
Mimarsinan	7.765	776	487	2.650		11.678
Mithatpaşa	12.384	998	1.897	100	1.008	16.387
TOPLAM	39.044	9.458	3.284	3.932	1.515	57.233

Tablo 14'te Göktürk Bölgesine ait abonelik bilgileri, tüketici ve sayaç değerleri ile sahada mevcut boru varlıkları gösterilmektedir.

Oluşturulan DMA'lar



şekil 118. Çalışma kapsamında oluşturulan DMA bölgeleri (İSKİ, 2014)

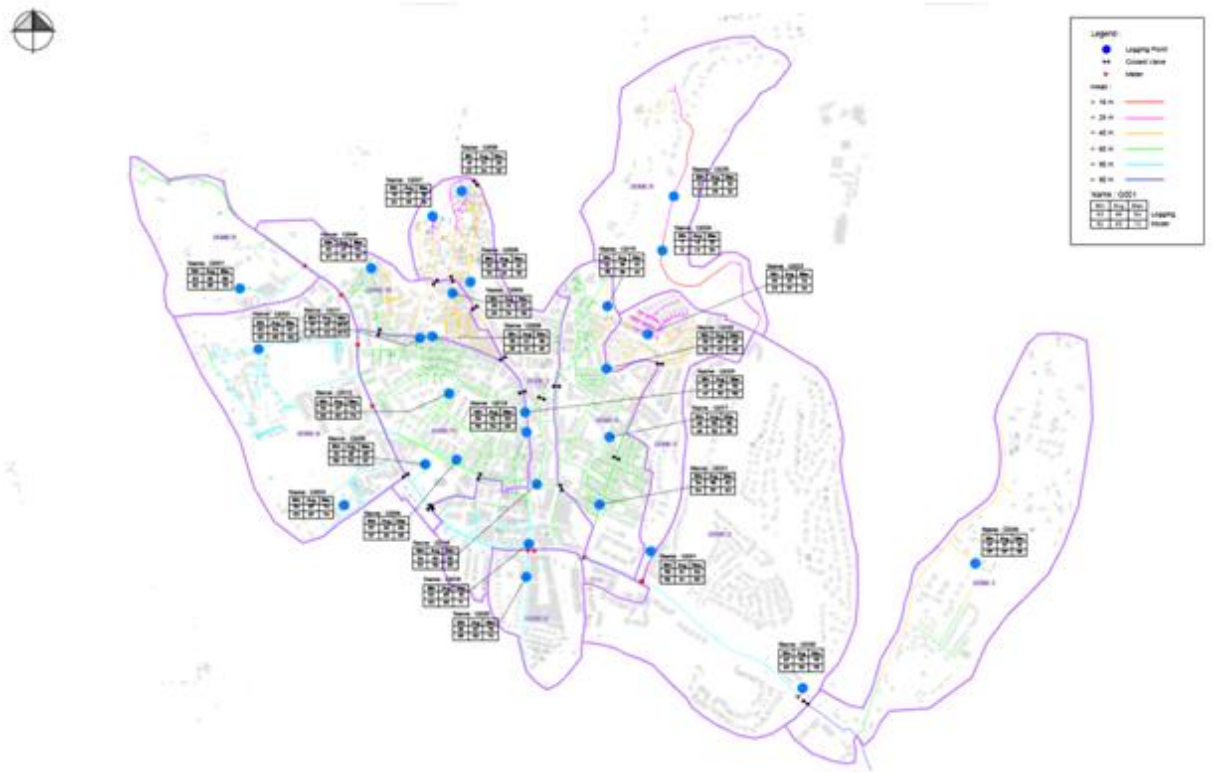
Saha Tüketici Verileri

Kayıp-kaçak çalışmalarının temeli, arz-talep dengesinin uygun basınç yönetimi altında minimum kayıpla tüketici hizmet kalitesi göz önüne alınarak ekonomik olarak yönetilmesidir.

Bu konuda ilk adım, su kaynaklarından arz edilen su ve tüketici tarafından kullanılan suyun en doğru şekilde tespit edilmesidir. Tahakkuk bilgilerinin CBS tabanlı olarak en doğru şekilde okunması kayıp-kaçakların en aza indirilebilmesi için maliyet ve zaman kullanımı açısından pozitif katkı sağlar.

En doğru ölçüm verilerini sağlayacak sayaç ve debimetrelerin kullanımı ve bunların SCADA'ya entegre olarak sürekli takibi çalışmanın ilk veri ayağıdır. Gelen arz ve tahakkuk verileri ışığında, kayıp-kaçığın mevcut durumu irdelenir. Uzaktan okumalı akıllı sayaçların kullanımı ve bireysel tüketicilerin kullanım profillerinin günlük olarak incelenmesi entegre su yönetimi açısından önem arz etmektedir.

Bu kapsamda, çalışmamızda, tahakkuk verileri SCADA'ya entegre edilmiş CBS programında incelenerek analiz edilmiştir.



Şekil 119. Oluşturulan DMA bölgeleri ve saha bilgilerinin yazılım da gösterimi (İSKİ, 2014)

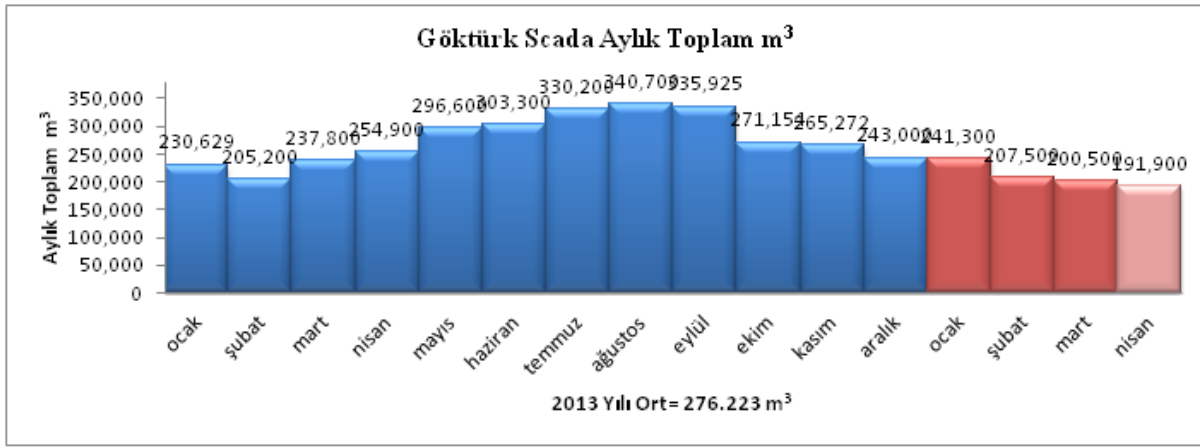
DMA Seçim Kriterleri

Kitabın ilgili bölümlerinde bahsedilen seçim kriterlerine ek olarak;

Yeni sınır vanaları yerleştirmek yerine mevcut vanaları kullanmak,

Kritik basınç noktasında gereken minimum basıncı sağlayan DMA tasarlamak,

Mevcut boru-şebeke yapılandırmasını kullanan ve mevcut su akış yollarını izleyen DMA tasarlamak, böylece akışın geri dönüşünden kaynaklı su kalite bozulmasını önlemek gibi kriterler çalışmada ön plana çıkarılmıştır.

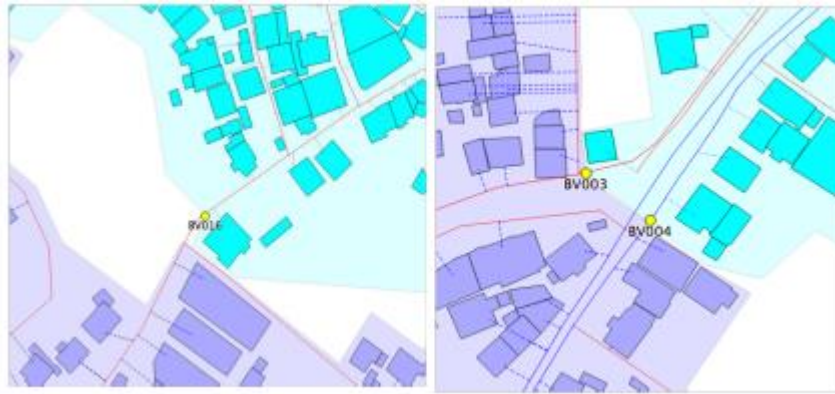


Şekil 120. Göktürk bölgesine ait aylık tüketim verileri (İSKİ, 2014)

Sınır Vanalarının Tayini

DMA bölgeleri belirlendikten sonra bu bölgelerin komşu DMA bölgelerinden ve besleme hatlarından izolasyonu için vana konumları tayin edilir.

Saha bilgileri ile eşleştirilmiş CBS yazılımı üzerinden işaretleme yapılır.



Şekil 121. CBS yazılımı üzerinde sınır vanaları (İSKİ, 2014)

Su Kalitesi

Proje kapsamında, basınç yönetimi yapılması ve yeni DMA oluşumlarının şebekedeki su kalitesine etkileri de göz önüne alınmıştır.

DMA'ların oluşturulması sırasında kalıcı olarak kapatılan sınır vanaları kullanıldığı için, tamamen açık bir ağ-şebekeye kıyasla daha fazla ölü nokta oluşturulmaktadır. Yeni DMA odaları oluşturulması ve izolasyon vanaları kullanılarak bölgenin izole edilmesi sırasında, şebekenin bazı kısımlarında, zamanla su kalitesi ile ilgili şikâyetler ile karşılaşılması durumu dikkate alınmıştır. Kayıp-kaçak oranı düşük ülkelerde bu tür su kalitesi sorunlarının yaşanabildiği gözlenmiştir.

Şebeke yönetimi yapılırken mümkün olduğunca az sınır-izolasyon vanası belirlenerek sahada uygulanması şebekede su kalitesi ile ilgili oluşabilecek müşteri şikâyetlerini minimuma indirecektir.

Su kalitesi konusunda yaşanabilecek sıkıntılarla ilgili olarak, işletme programı oluşturulması (izolasyon vanalarının, şebekede durumu göz önüne alınarak kısa aralıklarla açılması) ve sahada su kalitesinde problem olması durumunda, mümkün yerlerin tespit edilerek mevcut hidrantlarla veya yeni lokasyonlara konacak hidrantlarla müdahale yapılması çözümleri uygulanabilir.

Çalışmada yangın hidrantları ayrıca önem arz etmektedir. Genel basınç çalışması ve yüksek frekanslı basınç kaydedicilerin kullanılarak su darbesi datalarının izlenmesi amacıyla, ana hat üzerinden yapılan bağlantılar, özellikle mevcut hidrantların değerlendirilmesi ile gerçekleştirilmiştir.

Göktürk bölgesinde model kalibrasyonlarının ve darbe analizlerinin sağlıklı takip edilebilmesi için hidrant sayısı artırılmıştır.

Tablo 15. DMA bölgesine ilişkin saha varlığı bilgileri (İSKİ, 2014)

DMA001 Özellikleri		Değer	Birim
Şebeke uzunluğu		7.010	km
Bina sayısı		655	Adet
Şube yolu bağlantı sayısı		370	Adet
Ortalama Zon Basıncı (basınç yönetiminden önce)		80.3	mss
Ortalama Zon Basıncı (basınç yönetiminden sonra)		64.4	mss

Örnek DMA Oluşumu

DMA Bölgesi Besleme

DMA bölgesi oluşturulurken, ilk olarak DMA bölgesinin hangi kaynak veya kaynaklardan besleneceği sorusu cevaplanır.

Kemerburgaz’a gelen su, Kâğıthane pompalama istasyonu kanalıyla gönderilmektedir. DN800 boru şebekesi Kâğıthane pompalama istasyonundan suyu hem Göktürk hem de Kemerburgaz alanlarına sevk etmektedir. Kemerburgaz’a, DN800 ana boru hattı ile gelen hattan ayrılan tek bir DN300 çaplı borudan su sağlanmaktadır.

DMA bölgesinin besleme kaynakları tespit edildikten sonra DMA odası kurulumuna geçilir.

DMA Odası İmalatı

DMA odası kurulumu bazı bölgelerde hidrolik modelle sonuçları doğrultusunda oluşturulurken, bazı bölgelerde bölgenin besleme durumu, topoğrafyası, izole edilebilirliği gibi faktörler göz önüne alınarak hidrolik modellemeden öncede oluşturulabilir.

DMA odası kurulumuna ilişkin gerekli teknik bilgi ve seçim kriterlerinden kitabın ilgili bölümünde bahsedilmiştir. Özellikle, debimetre, vantuz ve basınç kırıcıların DMA bölgesinin basınç, debi ve işletme koşulları verileri göz önüne alınarak seçilmesi gerekmektedir.

DMA odalarının konumları belirlendikten sonra ekipman dizilimleri ve kolay işletilebilme durumları göz önüne alınarak oda boyutlandırılmaları yapılır. Boyutlandırılan odaların imalat öncesi statik incelemeleri yapılır. Son zamanlarda İSTON A.Ş tarafından paket tip DMA odaları tasarlanıp imal edilebilmektedir.



Şekil 122. DMA odası inşası-temel atma

DMA odası tasarımlarında dikkat edilecek bir diğer husus da DMA odası bakım kapaklarıdır. Trafik yüküne maruz olarak tasarlanması gereken kapakların mukavemet sınıfı D400'dür. Kapaklar tasarlanırken, rahat açılabilir olması, ekipman montajları ve bakım onarımlarına imkan verebilecek boyutta olmaları önem arz etmektedir. TS EN 124 standartlarında tasarlanarak akredite kurumlarda test ettirilmiş kapakların kullanılması gerekmektedir.



Şekil 123. DMA odası inşası-oda gövdesi beton dökülmüş hali

Toprakaltına gömülecek olan oda dışındaki fittings elemanları izolasyon yapılarak ve gerekli ekipmanlarda yağlama yapılarak DMA odası kapatılmalıdır.



Şekil 124. DMA odası borulama ve ekipman montajı

DMA odaları imalatında dikkat edilmesi gereken hususlardan biride DMA odası ekipmanlarının SCADA ile haberleşme iletişiminin etkilenmeyeceği bir konuma kurulum yapılmasıdır.

DMA odaları dip tahliyeleri, oda içerisinde su birikmesi olmayacak şekilde tasarlanmalıdır. Çamurlu su, boru ve ekipmanları çok daha aktif şekilde korozyona uğratabilmektedir. Ayrıca odaların havalandırma donanımları bulunmalıdır.

Vana Tespitleri

Sahadaki tüm enstrümanlar kontrol edilerek CBS ortamına en güncel şekilde işlenir. Vanaların çalışma durumları tespit edilir. İzolasyon vanaları olarak elastomer yataklı vanalar kullanılmalıdır. DMA bölgesini izole edecek olan vanalar, CBS konumlarıyla, sahada çalışma performansı olarak kontrol edilir.



Şekil 125. CBS yazılımında görünmeyen vanaların tespit edilmesi

Basınç Yönetimi ve Gece Debişi Analizi Çalışmaları

Kayıp-kaçakların düşürülmesi çalışmaları kapsamında genel olarak aşağıdaki basınç yönetimi metotları uygulanmaktadır;

- Sabit basınç,
- Zamana duyarlı veya debiye duyarlı çalışma,
- Kritik noktaya duyarlı basınç yönetimi

Mühendisler, çalışma bölgelerini göz önüne alarak şebeke şartlarına göre öngörülen basınç yönetimi metotlarından birini seçerler.

Kemberburgaz-Göktürk çalışmasında kritik noktaya duyarlı basınç yönetimi metodu izlenerek DMA bölgesi basınç yönetimi yapılmıştır.



Şekil 126. DMA odasında basınç ekipmanları

Kritik Basınç Noktası

DMA bölgesinde, hidrolik modelleme ve kalibrasyona bağlı olarak şebekenin işletilmesi durumunda en düşük basınca sahip tüketici noktası kritik basınç noktasını oluşturmaktadır. DMA bölgesinin yönetiminde kritik basınç noktasının belirlenen limit basınç değerinin altına düşmemesi gerekmektedir.



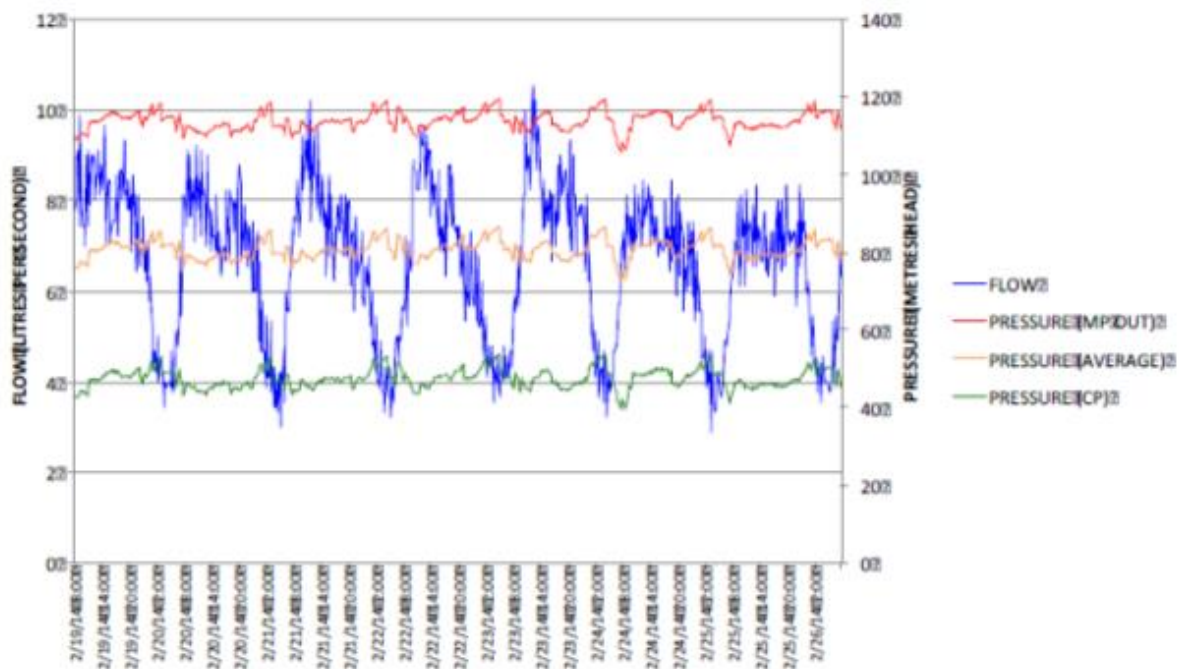
Şekil 127. DMA bölgesinde bulunan kritik basınç noktası (İSKİ, 2014)

Su kayıp-kaçaklarının düşürülmesine yönelik olarak yönetmelikte zamana veya debiye duyarlı basınç yönetiminden bahsedilmiş olup, tüketici analizleri yapılarak gece-gündüz debileri ve kullanım

aralıkları baz alınır, basınç regülasyon vanası idarenin isteği doğrultusunda ya belirli zaman aralıklarında basıncı düşürerek çalışacak ya da debi tüketim değerlerinin düşük olduğu saat zaman diliminde istenilen debiye uygun debi arz edecektir. İdarelerde, genellikle şebekelerdeki basıncın talebin düşük olduğu saatlerde düşürülmesi esasına göre basınç yönetimi yapılmaktadır. Sistemin çalışması; tüketim verileri, gece basınç-debi analizleri ve SCADA verilerinin on-line takibi ile DMA odası basınç yönetimi ekipmanlarına şebeke durumuna göre dinamik komutlar verilmesi esasına dayalı olarak çalışmaktadır.

1'nci Sızıntı Referansı

DMA için birinci sızıntı referansı, 19-26 Şubat tarihleri arasında alınan kayıtlarla değerlendirilmiştir. Günlük akış, talebe dayalı olarak yaklaşık 10,6 litre/saniye ile 3,0 litre/saniye arasında değişmektedir, su temini asla 2,9 litre/saniyenin altına düşmemiştir. Ortalama basınç yaklaşık olarak 80 mSS civarında olup, kritik basınç ise yaklaşık olarak 48 mSS'dir.



Şekil 128. DMA gece çizgisi için 7 günlük basınç debi verileri tablosu (İSKİ, 2014)

7-Günlük Temin– DMA Sistem Giriş Hacmi

19-26 Şubat arasındaki 7 günlük sürede, DMA002'ye sağlanan toplam hacim 4.016 m³ tür.

Faturalanan İzin Verilen Tüketime Ait Veri Analizi ve Sonuçları

Faturalanan izin verilen tüketim DMA001'de bulunan hesaplardaki faturalama ile ilgili verilerden türetilmiştir. Faturalama verileri Ocak 2013–Ocak 2014 arasındaki 12 aya tekabül eden süre için alınmıştır. 2014 yılı Ocak ayına yönelik ortalama günlük tüketim 148,32 m³ olup, DMA001 için 7 günlük su dengesini hesaplamak amacıyla kullanılmıştır. 19-26 Şubat arasındaki 7 günlük süreye tekabül eden toplam izin verilen tüketim 1.038 m³ tür.

Faturalanmayan İzin Verilen Tüketim

Faturalanmayan izin verilen tüketimin toplam 7 günlük sistem giriş hacminin %2,5'ine tekabül ettiği varsayılmıştır. 100 m³'e tekabül eden faturalanmayan izin verilen tüketime ilişkin toplam hacmin ilk 7 günlük referans periyodu esnasında oluştuğu düşünülmektedir.

İdari Kayıplar

İdari kayıplar, sayacın gereğinden az kaydetmesi, sayaç okuması ve faturalama veri hataları, bilinmeyen bağlantılar ve abonelerden kaynaklanan bütün kayıpları içermektedir. İdari kayıpların toplam hacmi, minimum gece akışı analiziyle (MNF) bağlantılı olarak değerlendirilmiştir. 7 günlük referansına yönelik MNF analizinden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, toplam DMA002'deki gelir getirmeyen su hacmi MNF analizi esnasında da görüldüğü üzere toplam gerçek kayıplardan çok daha yüksektir.

Gerçek Kayıplar

Birinci referans ölçümü için, DMA002'deki gerçek kayıpların hacmi bulunarak sistem giriş hacmine oranı tespit edilmiştir.

Tablo 16. DMA ilk sızıntı çizgisi su dengesi (İSKİ, 2014)

DMA002 – Sistem Giriş Hacmi 4016 m ³	İzin Verilen Tüketim	Faturalanan İzin Verilen Tüketim	1038 m ³	Gelir Su	Getiren	1038 m ³
		Faturalanmaya n İzin Verilen Tüketim	100 m ³	Gelir Getirmeyen Su		
	Su Kayıpları	İdari Kayıplar	1449 m ³			
		Gerçek Kayıplar	1428 m ³			

Minimum Gece Debisi Analiz Prensipleri

Minimum gece akışı analizi, DMA bölgesinde tüketimin en düşük olduğu zamanda debinin tayin edilmesi esasına dayanmaktadır. Minimum gece akışı süresi boyunca tüketici kullanımlarının gerçek kayıplardan çıkarılması ile bulunur. Minimum gece akışı süresi genellikle 02.00-16.00 zaman periyodu civarında seçilir.

Minimum gece akışı çalışma mantığı şu şekildedir; tüketicilerin en düşük kullanımı sırasında, kayıpların şebekedeki toplam akış miktarına oranı maksimum düzeyde seyreder. Burada dikkat edilmesi gereken unsur, yasal gece kullanımlarının şebekedeki net akıştan düşülerek net gece akışı değerinin tespiti ve kayıpların net gece akışına oranının dikkate alınmasıdır.

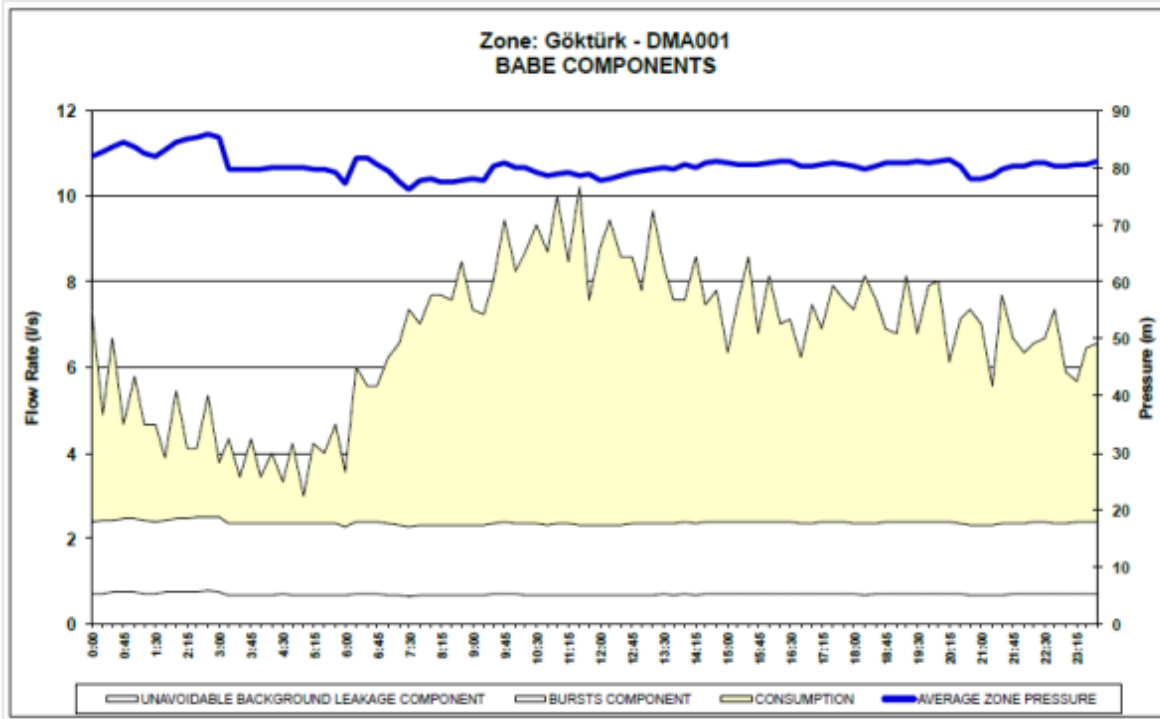
Net Gece Debisi (sızıntı)= Minimum Gece Debisi – İzin Verilen Gece Tüketimi

Minimum gece akışı çizgisi tespitinde önemli olan hususlardan biri, gece tüketimlerinin en doğru şekilde tespit edilebilmesidir. Bu çalışmada aşağıdaki tablo bilgileri baz alınmıştır.

Tablo 17. DMA için ortalama gece tüketimi hesabı tablosu (İSKİ, 2014)

Açıklama	Ölçü birimi	
Hane halkı	4,00	Her bir hane halkı başına düşen kişi
Gece dönemi tuvalet kullanımı	%6,0	03-04 saatleri arasında kişiler için
Ortalama tuvalet rezervuar büyüklüğü	14,0	Litre
Ortalama gece tuvalet kullanımı	3.4	Litre/hane halkı/saat
Sızıntı yapan tuvalet rezervuarları	%5,0	Hane halkı için tuvalet rezervuar sızıntısı
Her bir hane halkı başına düşen rezervuar sayısı	1,0	Her bir hane halkı başına düşen rezervuar sayısı
Ortalama rezervuar sızıntı oranı	1,0	Litre/saat-ortalama
Ortalama tuvalet sızıntısı	0,05	Litre/hane halkı/saat
Sayaca girdikten sonra diğer hane halkı sızıntıları	0,10	Litre/hane halkı/saat
Ortalama hane halkı gece tüketimi	3,5	Litre/hane halkı/saat

Uzaktan okumalı hassas sayaçların kullanılması ve abone kullanımlarının sürekli izlenerek tüketici profillerine ait değerlendirmeler yapılması en gerçekçi değerlendirme olacaktır.



Şekil 129. DMA bölgesi için gece debisi basınç ve debi değerleri (İSKİ, 2014)

Tablo 18. DMA ilk gece debisi analiz sonuçları (İSKİ, 2014)

Altyapı Verileri			
Bağlantı Sayısı	ad		370
Şebeke Uzunluğu	km		7.010
Bağlantı Yoğunluğu	ad/km		52,78
Minimum Gece Debisi Analizi Verileri			
		Veriler	
		1. Gece Debisi Çizgisi	
	Tarih	21.2.2014	
	Gün	Cuma	
Toplam Su Girdisi	m3/g		580
Patlama/Kırılma	m3/g		144
Arkaplan Sızıntısı	m3/g		60
Alt Toplam Fiziksel Kayıplar	m3/g		204
	l/bağ/g		551,35
	m3/km/g		29,10
	% giriş		35%
Tüketim	m3/g		376
	l/bağ/g		1016,22
Ortalama Basınç	mss		80,3
Saat-Gün Faktörü			24,11
MNF	l/s		3,00
NNF	l/s		2,35
Altyapı Durum Faktörü			1.0

2'nci Sızıntı Referansı

DMA Sistem Giriş Hacmi

20-26 Mart arasında (gece yarısından gece yarısına kadar) 7 günlük bir süre boyunca DMA001'e verilen toplam hacim 1.974 m³'tür.

İzin Verilen Tüketim

Faturalanan İzin Verilen Tüketime Ait Veri Analizi ve Raporları

Faturalanan izin verilen tüketim, DMA001'de bulunan hesaplardan alınan faturalama verilerinden elde edilmiştir. Ocak 2013'den Ocak 2014'e kadar 12 aylık bir süreye tekabül eden faturalama verileri alınmıştır. 2014 yılı Ocak ayı için günlük ortalama tüketim hacmi 148,32 m³ olup, DMA001 için 7 günlük su bakiyesini hesaplamak amacıyla kullanılmıştır. 20-26 Mart arasındaki 7 günlük süreye tekabül eden toplam izin verilen tüketim 1.038 m³'tür.

Faturalanmayan İzin Verilen Tüketim

Faturalanmayan izin verilen tüketimin, birinci referans ölçümünde de görüldüğü üzere, toplam 7 günlük bir süre boyunca, sistem giriş hacminin %2,5'ine tekabül ettiği varsayılmakta olup, söz konusu faturalanmayan izin verilen tüketimin operasyonel kullanımlarla ve muhtemelen faturalanmayan belediye hesapları/kullanımlarıyla ilgili olması nedeniyle referans arasında değişmemiş olduğu varsayılmıştır. 7 günlük süre esnasında referans periyoduna yönelik olarak faturalanmayan izin verilen toplam tüketimin 100 m³ hacmine tekabül ettiği düşünülmektedir.

İdari Kayıplar

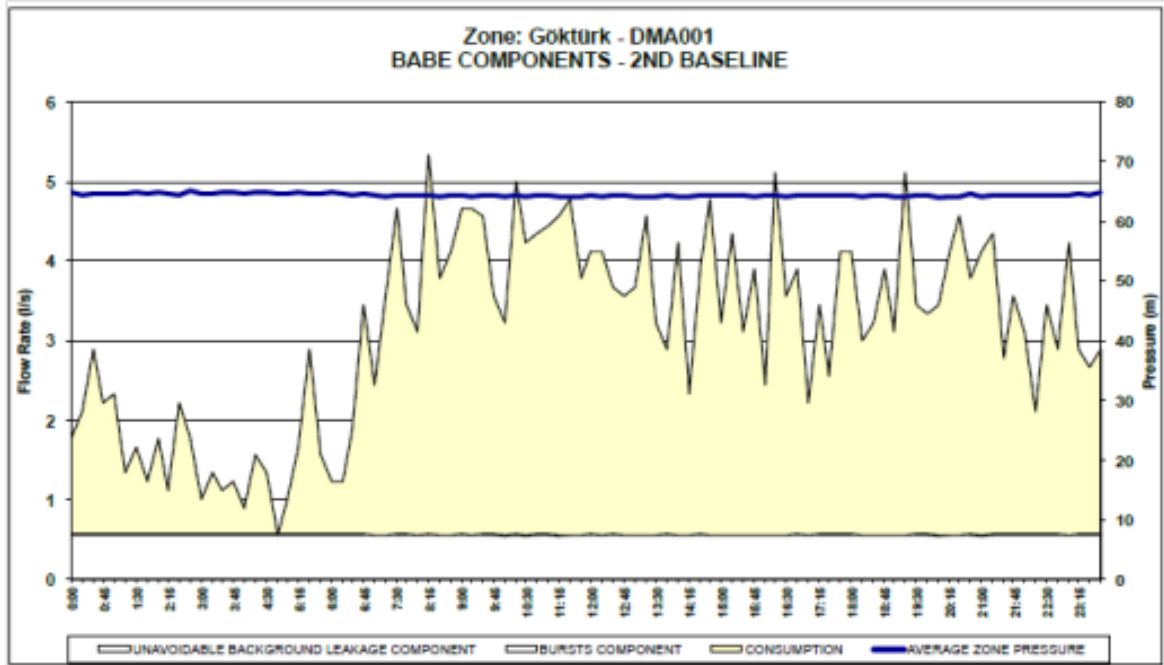
İlk referans için kullanılan varsayımlar kabul edilmek suretiyle ikinci referans için toplam açık kayıplar 493 m³ olarak hesaplanmıştır.

Gerçek Kayıplar

İkinci referans için DMA001'deki gerçek kayıpların hacmi bulunarak sistem giriş hacmine oranı tespit edilmiştir.

Tablo 19. DMA bölgesine ait 2. sızıntı referansı su dengesi tablosu (İSKİ, 2014)

DMA001 – Sistem Giriş Hacmi 1974 m ³	İzin Verilen Tüketim	Faturalanan İzin Verilen Tüketim	1038 m ³	Gelir Su	Getiren	1038 m ³
		Faturalanmayan İzin Verilen Tüketim	100 m ³			
	Su Kayıpları	İdari Kayıplar	493 m ³	Gelir Getirmeyen Su	936 m ³	
		Gerçek Kayıplar	343 m ³			



Şekil 130. DMA bölgelerine ait 2. sızıntı referansı gün boyu akış ve basınç çizgileri (İSKİ, 2014)

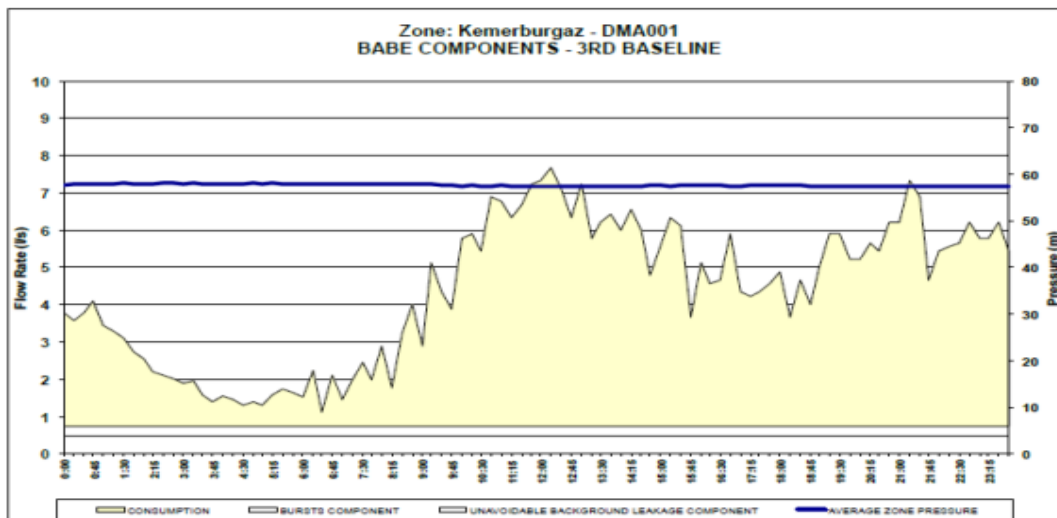
DMA için Minimum Gece Akışı Grafiği, 24 Mart

Tablo 20. DMA gece debisi analiz sonuçları (İSKİ, 2014)

DMA001 - Sonuç Özeti				
Altyapı Verileri				
	Bağlantı Sayısı	ad	370	
	Şebeke Uzunluğu	km	7.010	
	Bağlantı Yoğunluğu	ad/km	52,78	
Minimum Gece Debisi Analizi Verileri				
	Tarih		Veriler	Veriler
	Gün		1. Gece Debisi	2. Gece Debisi
			Çizgisi	Çizgisi
			21.2.2014	26.3.2014
			Cuma	Çarşamba
Toplam Su Girdisi	m ³ /g		580	270
Patlama/Kırılma	m ³ /g		144	1
Arkaplan Sızıntısı	m ³ /g		60	48
Alt Toplam Fiziksel Kayıplar	m ³ /g		204	49
	l/bağ/g		551,35	132,43
	m ³ /km/g		29,10	6,99
	% giriş		35%	18%
Tüketim	m ³ /g		376	220
	l/bağ/g		1016,22	594,59
Ortalama Basınç	mss		80,3	64,4
Saat-Gün Faktörü			24,11	23,77
MNF	l/s		3,00	1,22
NNF	l/s		2,35	0,58
Altyapı Durum Faktörü			1.0	1,0
Tasarruf Özeti				
Sızıntı Tamiri ile Fiziksel Kayıplardaki Azalma	m ³ /gün		136	
Basınç Değişikliği ile Fiziksel Kayıplardaki Azalma	m ³ /gün		19	
Tüketim Azaltılması	m ³ /gün		155	
Toplam Su Girdisinin Azaltılması	m ³ /gün		310	

MNF analizine dayalı olarak elde edilen 1. ve 2. referans ölçümleri kıyaslandığında, toplam girişin %53 oranında bir azalma ile 580 m³/günden 270 m³/güne düştüğü görülmüştür. Nitekim, 7 günlük referans ölçümleri toplam giren suda benzeri bir azalma(%51) göstererek 4.016 m³/7 günden 1.976m³/7 güne düşmüştür. Yapılan MNF analizi, gerçek kayıpların, sızıntı tespiti, onarım ve basınç azalışı nedeniyle (80,3 mSS'den 64,4 mSS'e kadar) 155 m³/gün azaldığını göstermektedir.

Minimum Gece Debisi Analizi (MNF 11 Mayıs 2014)



Şekil 131. DMA bölgelerine ait 3. sızıntı referansı gün boyu akış ve basınç çizgileri (İSKİ, 2014)

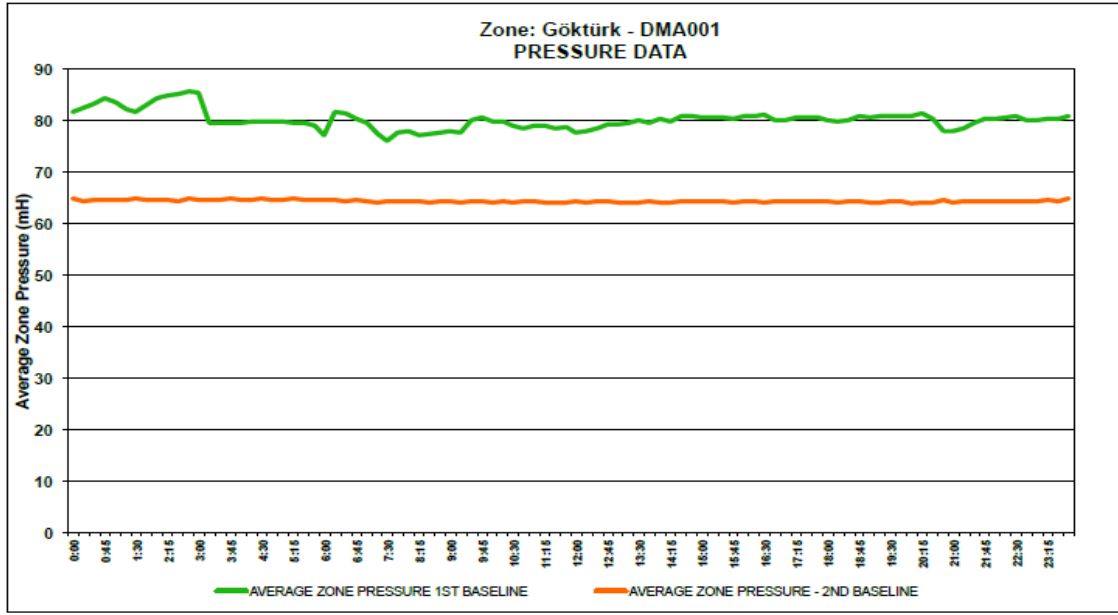
Tablo 21. DMA 3. sızıntı referansı gece debisi analiz sonuçları (İSKİ, 2014)

DMA001 - Sonuç Özeti				
Altyapı Verileri				
	Bağlantı Sayısı	ad	370	
	Şebeke Uzunluğu	km	7.010	
	Bağlantı Yoğunluğu	ad/km	52,78	
Minimum Gece Debisi Analizi Verileri				
		Veriler		Veriler
		1. Gece Debisi	3. Gece Debisi	
		Çizgisi	Çizgisi	
		21.2.2014	11.5.2014	
		Cuma	Pazar	
Tarih				
Gün				
Toplam Su Girdisi	m ³ /g	580	377	
Patlama/Kırılma	m ³ /g	144	21	
Arkaplan Sızıntısı	m ³ /g	60	43	
Alt Toplam Fiziksel Kayıplar	m ³ /g	204	64	
	l/bağ/g	551,35	172,97	
	m ³ /km/g	29,10	9,13	
	% giriş	35%	17%	
Tüketim	m ³ /g	376	314	
	l/bağ/g	1016,22	848,65	
Ortalama Basınç	mss	80,3	57,7	
Saat-Gün Faktörü		24,11	23,84	
MNF	l/s	3,00	1,39	
NNF	l/s	2,35	0,74	
Altyapı Durum Faktörü		1,0	1,0	
Tasarruf Özeti				
Sızıntı Tamiri ile Fiziksel Kayıplardaki Azalma	m ³ /gün	109		
Basınç Değişikliği ile Fiziksel Kayıplardaki Azalma	m ³ /gün	31		
Tüketim Azaltılması	m ³ /gün	62		
Toplam Su Girdisinin Azaltılması	m ³ /gün	202		

MNF analizi ile oluşturulan 1. 2. ve 3.gece debisi çizgisi sonuçları karşılaştırıldığında, toplam su girdisinin 1. ve 2. gece debisi çizgisi arasında 580 m³/günden 270 m³/güne düşürüldüğünü ancak 2. ve 3. gece debisi çizgisi arasında 270 m³/günden 377 m³/güne yükseldiği görülmektedir. Bu durum yüzeye çıkmayan sızıntıların zamanla arttığı izlenimini oluşturmuştur. Veriler, saha incelemeleri ile tespit edilerek doğrulanmıştır.

DMA'da Basınç Yönetimi

Bu lokasyonda DN300 ana hat üzerinden by-pass yapılarak vana odası oluşturulmuştur. Vana odasında kullanılan malzemelere ilişkin detaylı bilgi ilgili bölümde verilmiştir. Burada giriş basıncı, çıkış basıncı ve debi verileri, multilog veri kaydedici ile kayıt altına alınıp merkez sunucudaki yazılıma İSKİ APN'si üzerinden gönderilmektedir.



Şekil 132. 1 ve 2. gece ölçümlerindeki zone basınçları (İSKİ, 2014)

Basınç kırıcı vananın kurulumu ve basınç kontrolü DMA'da ortalama basıncı 15,9 mSS kadar azaltmıştır. Bu azalışın yanı sıra, basınç profili şu an daha öncekine göre çok daha istikrarlı bir durumdadır. Basınç istikrarsızlığının, artan boru kırılma frekansına katkıda bulunduğu bilinmektedir. Bu itibarla basınç istikrarını arttırmak gelecekte boru kırılmaları olasılığını azaltacaktır.



Şekil 133. Arazide basınç uygulaması örnekleri

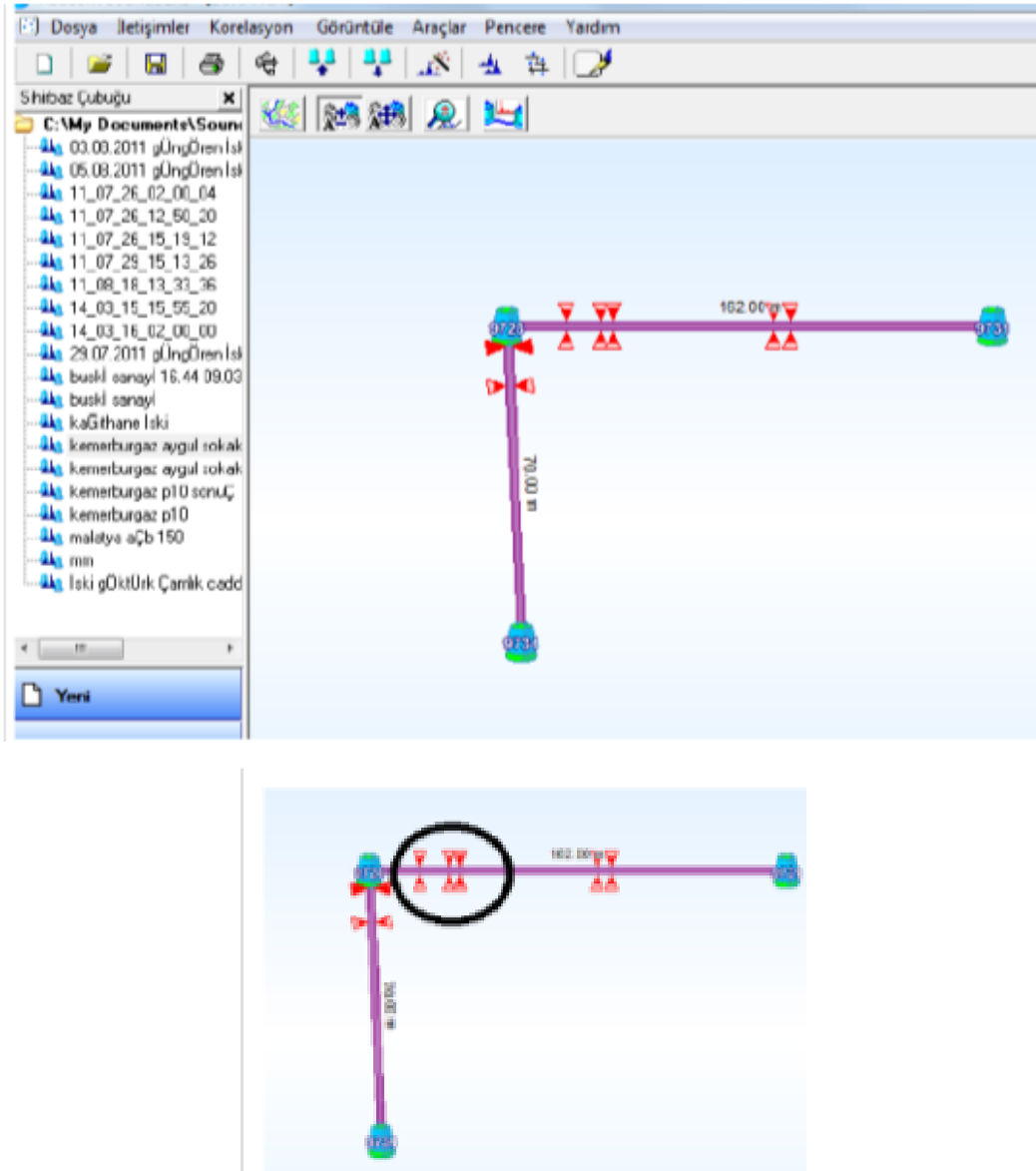


Şekil 134. Arazide basınç ölçümleri ve datalogger marifetiyle kaydedilmeleri

Fiziki Kayıp-Kaçakların Azaltılması Saha Çalışmaları

Fiziki kayıp-kaçakların sahada tespit edilebilmesi açısından, şebeke işletme ekipleri tarafından permanent cihazlar, korelasyon cihazları, yer mikrofonları ve fiyat çubukları ile düzenli olarak kayıp-kaçak tespit çalışmaları yapılmıştır. Genel çalışma mantığı olarak permanent cihazlarla taranan kayıp-kaçak ihtimali olan bölgeler, korelasyon cihazları ile küçültülmüş ve yer mikrofonları ile nokta tespiti yapılarak belirlenmiştir. Kitabımızın ilgili bölümünde belirtildiği üzere kullanılan metotlar haricinde de pek çok fiziki kayıp bulma metodu bulunmaktadır.

Örnek bir kaçak bulma çalışması olarak permanent cihazla taranan 2-3 km'lik bir alan, cihaz verilerinin değerlendirilmesi ile 20-30 korelasyon cihazının tarayabileceği bir alana yönlendirmiştir. Korelasyon cihazlarının, sahaya yerleştirilen sensörlerin kaydettikleri sesler aşağıdaki görüntü ve verilerini sağlamıştır.



Şekil 135. Korelasyon cihazı PC yazılımı ekran görüntüsü (İSKİ, 2014)

Değerlendirme neticesinde, en olası patlağın olduğu sensör tespit edilmiştir. Bilgisayara girilen boru mesafelerine göre olası patlak sesinin duyulduğu noktanın metraj olarak da bir değerlendirmesi yazılım tarafından yapılmaktadır.

Korelasyon cihazıyla tespit edilen nokta, yer mikrofonu ile dinlenerek kaçak teyit edilerek nokta kazı ile arıza giderilmiştir.



Şekil 136. Test edilen kayıp-kaçaklar-1



Şekil 137. Test edilen kayıp-kaçaklar-2

Çalışma Sonuçlarının Yorumlanması

İSKİ Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çalışmaya ilişkin teknik şartnamede 30 mSS işletme basıncı öngörülmüştür. Saha uygulamaları ile kritik basıncın 20 mSS olduğu tespit edilmiş ve bu basınçta sistemin rahatlıkla işletilebildiği tespit edilmiştir. Basınç ve kayıp ilişkisi dikkate alındığında basıncın, işletmenin elverdiği en düşük değerde tutulması, idarenin lehine olacaktır. Yüksek katlı binaların düşük basınçlarla çalışmaya engel teşkil ettiği düşünüldüğünde hidroforlu çalışmaya yönlendirilmeleri uygun olacaktır.

DMA bölgesinde yapılan incelemeler, dikkate değer manada idari kayıpları göstermektedir. Bu sebeple, idarenin, kullandığı sayaç teknolojisini ve abonelerin sayaç durumunu gözden geçirmesi gerekmektedir.

DMA dizaynı ve uygulaması öncesinde şebeke üzerinde yapılan basınç analizi çalışmasında her iki bölgede de sıklıkla basınç dalgalanmaları yaşandığı, 54 mSS (metre su sütunu) seviyesinde ani basınç yükselmelerinin ve düşümlerinin olduğu tespit edilmiştir. Sık basınç düşümlerine ilave olarak, ayrıca 0 mSS altında basınç değerleri tespit edilmiştir. DMA bölgelerinin uygulanmasından sonra kayıt edilen basınç profili değerleri, basıncın mükemmel bir şekilde iyileştirildiğini, hiçbir lokasyonda negatif basınç değerlerinin gözlemlenmediğini ve stabil bir basınç değerine ulaşıldığını göstermiştir. Basınç grafiklerinin analizi, DMA'ların, basınç düşürücü vanaların montajı ile kombine bir şekilde uygulanarak aşırı sızıntının önlenmesiyle, Göktürk ve Kemerburgaz'daki İSKİ müşterilerine sağlanan hizmet kalitesinin fazlasıyla iyileştirildiğine dikkat çekmektedir. Bu pilot bölgenin oluşturulmasıyla, tekrarlanan negatif basınç sebebiyle meydana gelebilecek önemli sağlık problemleri ortadan kaldırılmıştır.

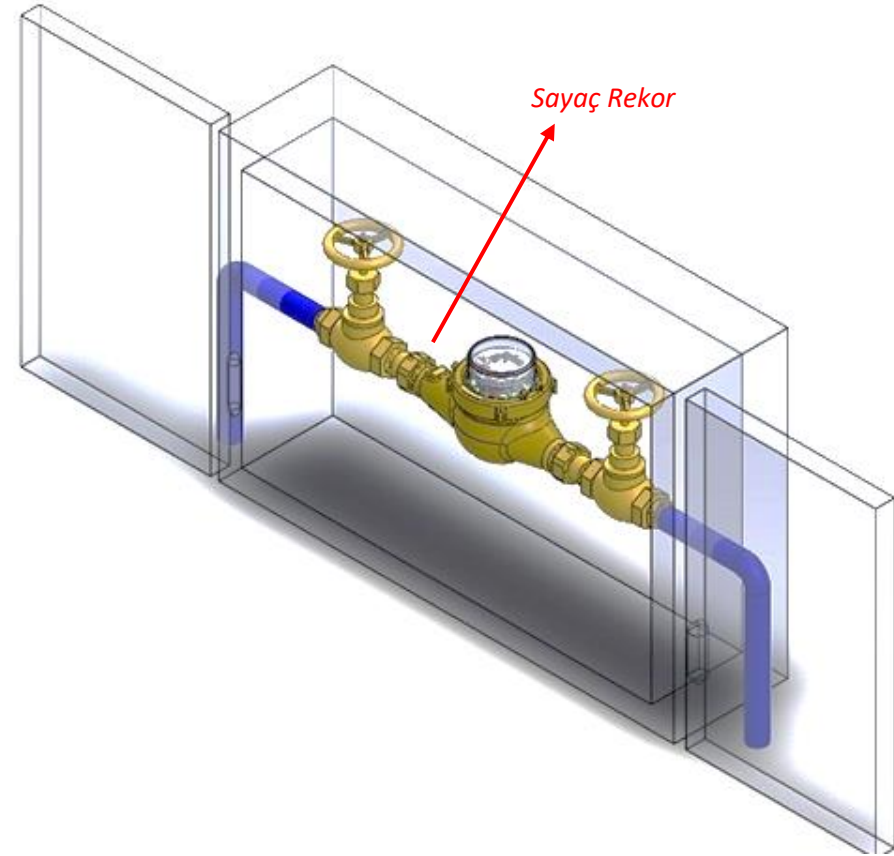
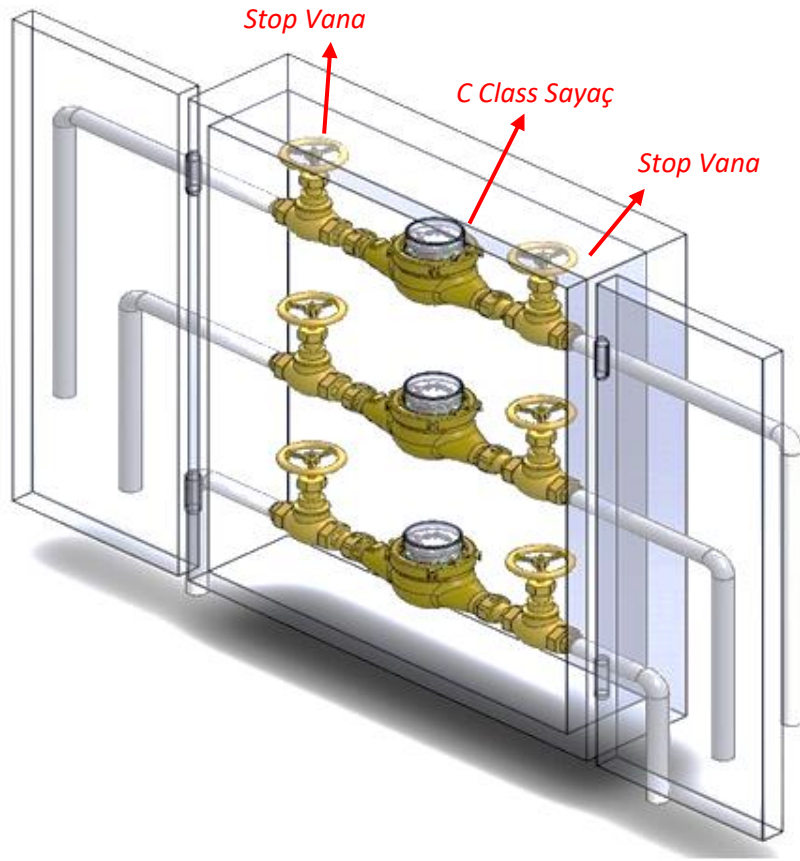
Birinci ve ikinci gece debisi arasında gerçek kayıp kazanımı toplam miktarı sırasıyla 1,948m³/gün veya 711,124m³/yıl'dır.

Maliyet kazanç değerlendirmeleri içmesuyu m³ birim fiyatı üzerinden hesaplanarak tespit edilmiştir. İSKİ Genel Müdürlüğü'nün, DMA'ları uygun bir biçimde işletip bakımını yaparak, zamanla artan minimum gece debisi ve yeni oluşan sızıntılara ani müdahale edeceği göz önünde bulundurularak gerçek kayıpların ikinci gece debisi çizgisinde devam edeceği göz önüne alındığında, DMA projelerinin uygulanması ile ciddi oranlarda su tasarrufu sağlanacaktır. Ayrıca, uygun işletme ve sürekli kayıp-kaçak çalışmaları ile proje kendisini kısa süre içerisinde geri ödeyecektir.

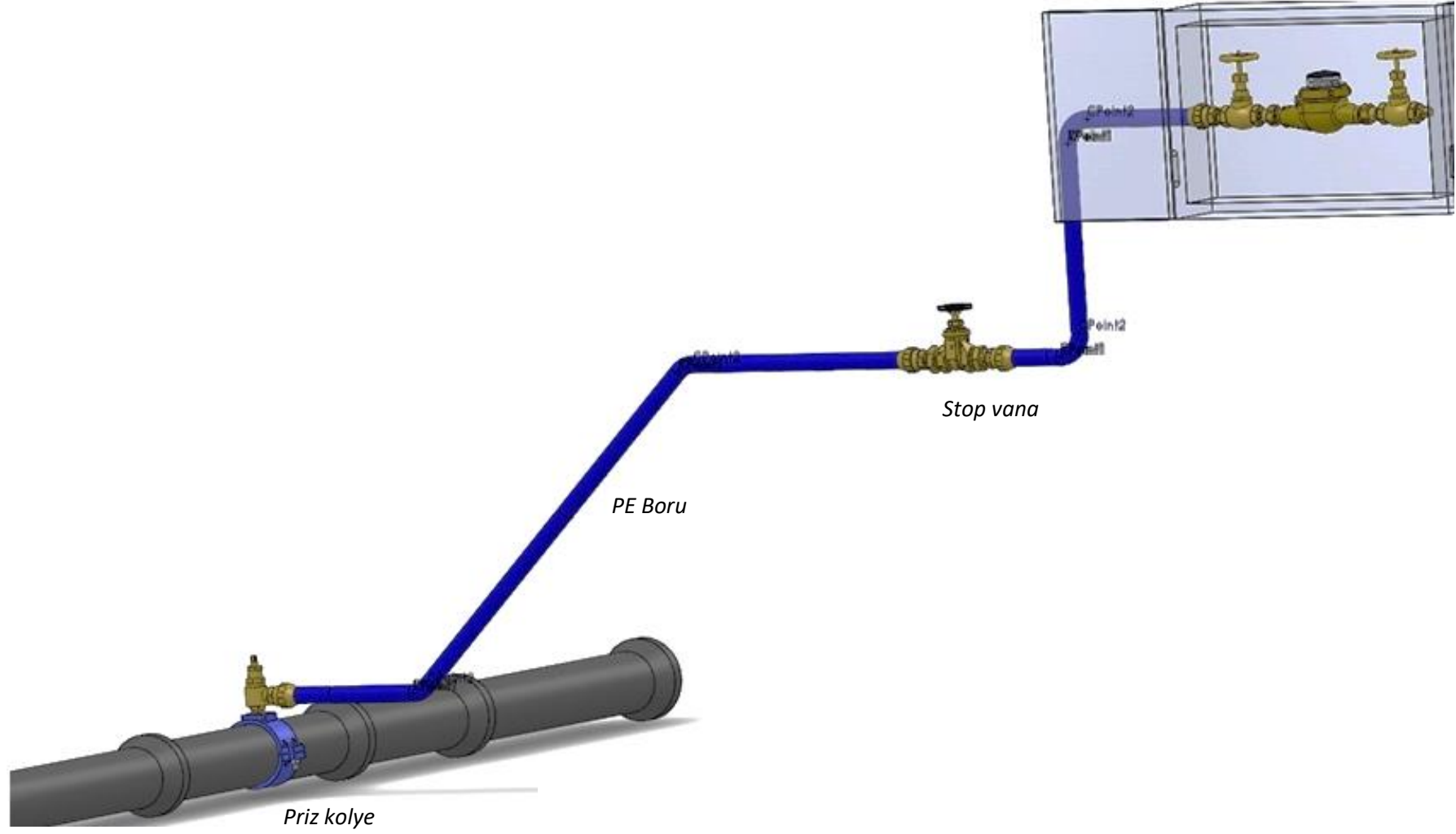
Üçüncü gece debisi çizgisi ölçümleri, tüm DMA'lardaki gerçek kayıplarda artış olduğunu ve İSKİ'nin DMA debilerini ve basınçlarını devamlı izlemesi gerektiğini göstermekte ve sızıntı seviyesinin ikinci gece debisi çizgisi sızıntı değerlerinin üstüne çıktığı DMA bölgesine sızıntı tespit ekibi sevk etmesi gerektiğinin altını çizmektedir. Eğer İSKİ, gerçek kayıpları ikinci gece debisi çizgisi seviyesinde tutmaya çalışmaz ise sızıntı değerleri büyük ihtimalle artacak ve DMA uygulaması yapılmadan önceki seviyelere ulaşacaktır.

Tablo 22. DMA bölgesine ilişkin ILI değerleri (İSKİ, 2014)

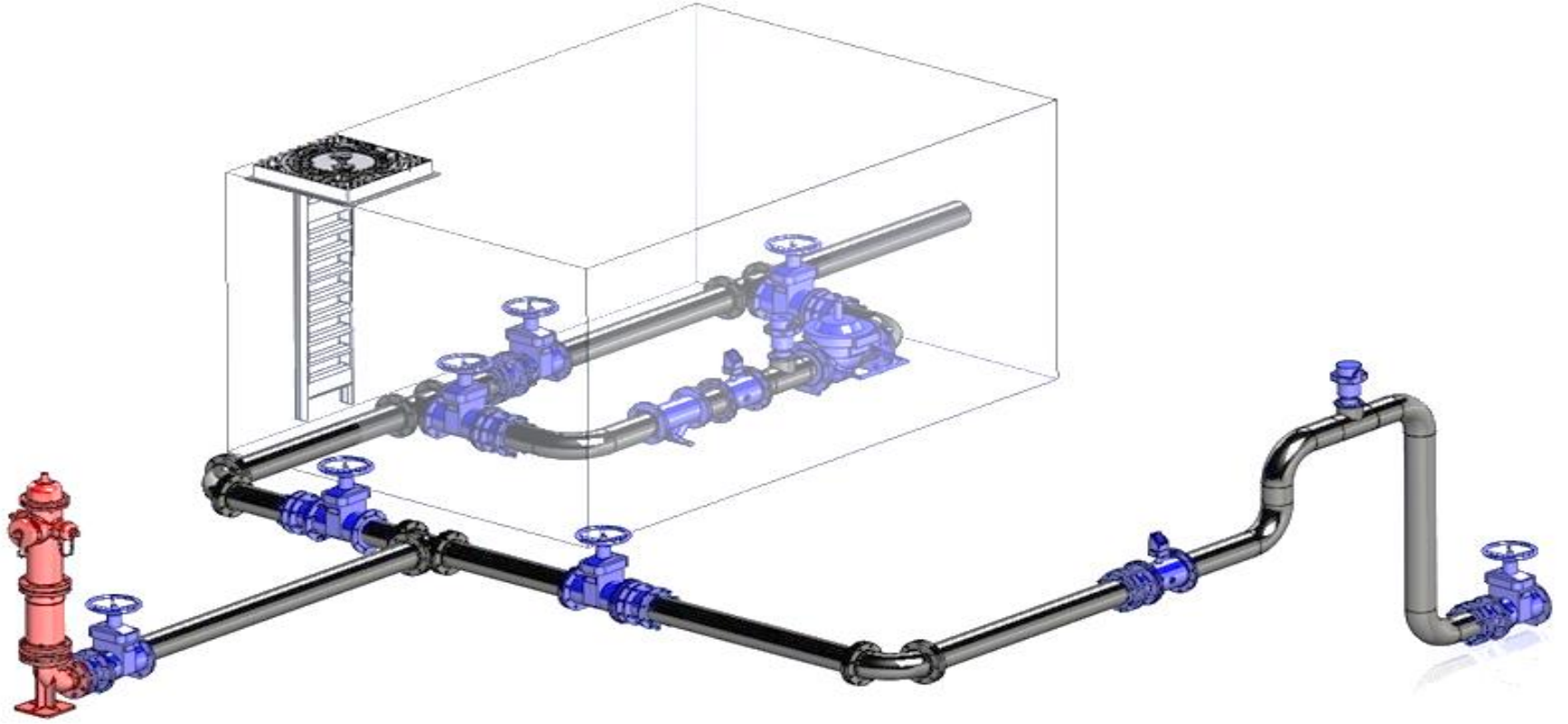
	Proxy ILI Birinci Gece Debisi Çizgisi	Proxy ILI İkinci Gece Debisi Çizgisi	Proxy ILI Üçüncü Gece Debisi Çizgisi
DMA001	3.4	1	1.5



Şekil 138. Tek Sayaç ve Çoklu Sayaç Montajları



Şekil 139. Örnek Abone Bağlantısı-1



Şekil 141. Şebeke Sistemi

KAYNAKÇA

- ACIPCO, 2016. AMERICAN Cast Iron Pipe Co. (ACIPCO), North Birmingham, AL, Amerika Birleşik Devletleri.
- AVK, 2016. AVK International A/S, Türkiye İrtibat Ofisi, İstanbul, Türkiye.
- Cerit, 1994. Makine Mühendisliği El Kitabı-Üretim ve Tasarım. Cilt 1, Cilt 2. Makine Mühendisleri Odası. Yayın No: 169-170. Ankara.
- DKY Valves&Controls, 2016. Dikkaya Su Kontrol Sistemleri San. ve Tic. A.Ş., İzmir, Türkiye.
- Duyar Vana, 2016. Duyar Vana Mak. San. ve Tic. A.Ş. Sultangazi, İstanbul, Türkiye.
- EC, 2002. Directive 2002/95/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003 on the Restriction of the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment.
- Fırat Plastik, 2016. Fırat Plastik, Kauçuk San. ve Tic. A.Ş., Büyükçekmece, İstanbul, Türkiye.
- GMS Vana, 2017. G.M.S. Genel Makina Pompa Vana Elektrik Taah. Tic. Ltd. Şti., Kemalpaşa, İzmir.
- GPD Döküm, 2017. Gül Pres Döküm Sanayi A.Ş.
- HWM, 2016. HWM-Water Ltd. Cwmbran, Birleşik Krallık.
- ISOIL, 2016. ISOIL Industria S.p.A., Cinisello Balsamo, İtalya.
- IWA, 2000. Performance Indicators for Water Supply Services, IWA Manual Best Practice, first edition, IWA Yayınları, Londra, 2000.
- İSKİ, 2014. İSKİ-İSTKA Göktürk-Kemerburgaz Kayıp-kaçakların Düşürülmesi Projesi.
- İSKİ, 2016a. Çelik Boruların Döşenmesi, İSKİ Genel Müdürlüğü.
- İSKİ, 2016b. CW 617N Pirinç Malzemeden Mamul Polietilen Boru Bağlantı Parçaları,
- İSKİ, 2017. CW 617N Pirinç Malzemeden Mamul Kör Tapa Teknik Şartnamesi. M.17.6.12.1.
- PURE, 2016. Pure Technologies, Alberta, Kanada.
- Saisanket, 2016. Saisanket Water Solutions Projects Ltd., Tiberias, İsrail.
- SUIKEN, 2016. SUIKEN Co. Ltd., Japonya.
- TS EN 10025-2, 2006. Sıcak Haddelenmiş Yapı Çelikleri - Bölüm 2: Alaşımsız Yapı Çeliklerinin Genel Teknik Teslim Şartları - Ek A. Kabul Tarihi: Nisan, 2006.
- TS EN 14384, 2007. Mühendislik Hizmetleri İhtisas Grubu. Kabul Tarihi: Mart, 20017.
- Valf Sanayi, 2017. Valf Sanayi A.Ş.