

# BORU HATLARINDA OTOMATİK MIG/MAG KAYNAK YÖNTEMİNİN KULLANIMI \*

*Erdinç KALUÇ \*\* , Kutsal TÛLBENTÇİ \*\*\**

\*\* Prof. Dr., KO.Ü. Kaynak Tekn. Arş. Uyg. Merkezi,  
\*\*\* Prof. Dr., İ.T.Ü. Kimya- Metalurji Fak. Metalurji Müh.Böl.

*Boru hatlarında alışılmış olarak uygulanan örtülü elektrod ile ark kaynağına alternatif olan MIG/MAG gazaltı kaynak yönteminin kullanımı ile ilgili ilk uygulamalar 1950'li yılların sonlarında başlamıştır. Orbital kaynak adı ile anılan bu yöntemlerde geliştirilen makineler yardımı ile borunun dışarıdan da kaynağı rahatlıkla yapılabilmektedir. Yöntemde kullanılan koruyucu gazın arazi koşullarında esen rüzgarlar ile koruyucu etkisini kaybetmesi, kaynak yerini örten ve taşınabilen portatif kulübe sistemi ile ortadan kaldırılmıştır. Bu çalışmada, ulusal ve uluslararası boru hatlarının kaynağında kullanılan otomatik MIG/MAG kaynak yöntemi uygulamaları, kullanılan teçhizat, kullanılan koruyucu gazlar, kullanılan tel elektrodlar ile ülkemiz ve dünyadaki uygulamalardan örnekler sunulmaktadır.*

**Anahtar sözcükler :** Otomatik MIG/MAG kaynağı, boru çelikleri, boru hatları, koruyucu gaz, MIG/MAG kaynak teli

*Earlier applications have been started end of the 1950's using of GMAW process instead of shielded metal arc welding on pipe-line constructions. This process is called as orbital welding that inside and outside of pipes can be easily welded using developed orbital welding machines. The application of welding at the open area the welding shack helps protect the wind from interfering with effectiveness of the shielding gas. In this article, several applications have been summarized of automatic GMAW process on national and international pipe- line welding, equipment, shielding gases and welding wires and also some applications have been given from our land and all over the world pipe- line constructions.*

**Keywords :** Automatic GMAW process, pipe steels, pipe- line, shielding gas, GMAW wire.

## GİRİŞ

Boru hatlarında alışılmış olarak uygulanan örtülü elektrod ile ark kaynağına alternatif olan MIG/MAG gazaltı kaynağının boru hatlarının yapımında kullanımı ile ilgili ilk uygulamalar 1950'li yıllarda Sovyetler Birliği'nde başlamıştır. Başlangıçta oldukça yaygın kabul gören bu yöntem birkaç büyük projede kullanılmış ancak daha sonra yavaş bir gelişme göstermiştir, zira, konusunda deneyimli örtülü elektrod kaynakçıları daha karmaşık olan ve yeni olan bu yöntemi kullanmada yeterli eğitim almadıklarından bazı projelerdeki kullanımı ertelenmek zorunda kalmıştır. Bu konuda yeterli eğitimin verilmesi ile zaman içinde geliştirilen yönteme artan yatkınlık bilgi ve deneyimlerin de artması ile 1960'lı yıllarda çok daha yaygın uygulama alanı bulmaya başlamıştır. Bunun sonucunda, bu yöntemin kullanımı ile gerçekleştirilen ilk boru hattı A. B.D.'de yapılmıştır. İki yıl sonra, yarı otomatik MAG kaynağı yöntemi ile gerçekleştirilen bir diğer boru hattı ise, İngiltere'de, 1966 yılında da Kuzey Denizi'ndeki doğal gaz boru hattının yapımında kullanılmıştır.

Boru hatlarının yapımında el ile yapılan kaynağın yerine yarı otomatik veya tam otomatik MIG/MAG kaynağının kullanıldığı haberleri çok yaygınlaşmış olmasına karşın, boru hatlarında yeni tekniklerin kullanımı çok yavaş olmuştur. Bunun bir nedeni, çalışma çok zor koşullar altında ve çok uzak bölgelerde yapılmaktadır. Diğer bir neden ise, özellikle büyük çaplı boruların kaynağında kaynak makinası ile boru arasındaki geometrik uyumun, el ile kaynak yapan kaynakçı tarafından kolayca yapılabilmesi, bunun otomatik işlerde daha zor olmasıdır. Özellikle, boruyu sarabilen ve boru uçlarını hizalayabilen hidrolik dişli mekanizmalı, yeterli kalitede kaynak yapabilen makineler hacimli ve ağır olmalarının yanı sıra pahalıdır. Bazı sınırlamalar göstermesine karşın Alaska boru hattında yapılan otomatik kaynakların miktarı el ile yapılanın iki katından fazla olmuştur. Bu uygulamaların devamı ile son yıllarda verimli olarak kullanılabilen ve el yapılan kaynağa nazaran üç kat daha verimli otomatik gazaltı kaynağı makineleri geliştirilmiştir. Bunları üreten firmalar çoğalmış ve kaynak makineleri kira ile kullanıma sunulmuş maliyetler aşağıya çekilmiştir.

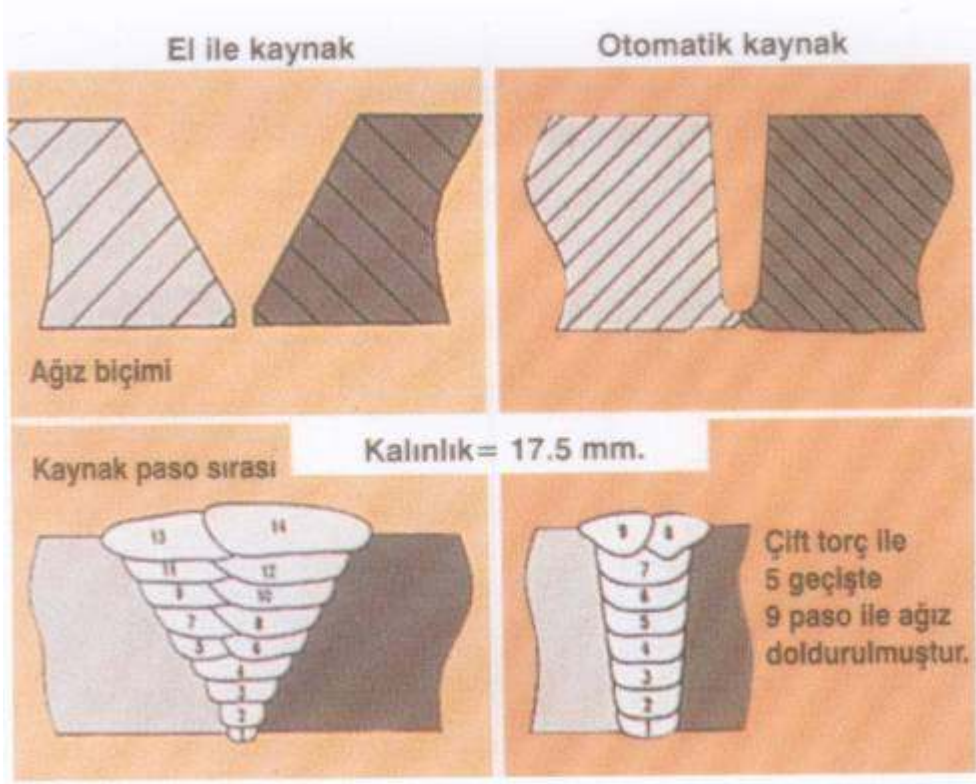
## OTOMATİK MIG/MAG BORU KAYNAĞI MAKİNASI

Boru hatlarında kullanılan otomatik MIG/MAG kaynak makineleri kök pasoyu da iç kısımdan yapabilecek konstrüksiyonlarda geliştirilerek, makinenin sahip olduğu donanım sayesinde hem ağızlaşma hem de kaynak problemi ortadan kaldırılmıştır. Orbital kaynak adı ile anılan bu yöntemlerde geliştirilen makineler yardımcı ile borunun dışarıdan da kaynağı rahatlıkla yapılabilmektedir. Yöntemde kullanılan koruyucu gazın arazi koşullarında esen rüzgarlar ile koruyucu etkisini kaybetmesi, kaynak yerini örten ve taşınabilen portatif kulübe sistemi ile ortadan kaldırılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Portatif Kaynak Kulübesi Yardımı İle Koruyucu Gazın Esen Rüzgarlardan Uçmadan Etkili Kullanımı.

Otomatik boru kaynağında hazırlanacak olan kaynak ağızı, örtülü elektrod için hazırlanan ağıza nazaran daha dardır (dar aralık kaynak ağızı), zira kullanılan teller genellikle 0.9 mm çaplarında olduğundan ağızın kök bölgesine telin ulaşmasında bir sorun yoktur (Şekil 2). Bu şekilde bir uygulama ile kaynak hızı arttığı gibi yığılan kaynak metali de az olacağından birim conta kaynağı başına düşen kaynak maliyeti de düşmektedir.



Şekil 2. Boru Çeliklerinin Kaynağında El ile Yapılan Kaynakta ve Otomatik Kaynakta Kaynak Ağzlarının Karşılaştırılması.

Boruların otomatik MIG/MAG kaynağında kullanılan sistemin üç ana ünitesi bulunmaktadır.

- Boru ağzılama makinası
- İçten kaynak (kök paso kaynağı) ve merkezleyici makina,
- Dış kaynak makinası (orbital kaynak)

Özel olarak talaşlı işlem ile dar aralık kaynak ağızı açılmış olan boruların hassas bir biçimde uç uca getirilmesi ve dikişlerin merkezlenmesinin yapılması gerekmektedir. Bunun için özel olarak geliştirilmiş hidrolik tahrikli makinalar çeşitli firmalar tarafından pazara sunulmaktadır. Bu makinaların kullanımı ile ağzılama işlemi 2 ila 5 dakika içinde yapılabilmekte olup, 4 inç (100 mm) çapından 60 inç (1524 mm) çapa kadar borular için geliştirilmiş ağzılama makinaları bulunmaktadır (Şekil 3). Zira, pasoların tam ağız eksenine göre kaliteli olarak yapılması çok büyük bir öneme sahiptir.



*Şekil 3. Boruların Ağızlanmasında Kullanılan Makina ve Kullanımı*

Boruya açılmış kaynak ağzının kök pasosunun kaliteli olarak iç kısımdan kaynak edilmesini sağlamak üzere boru içi kaynak makinası geliştirilmiştir (Şekil 4). Bu makina, borunun hidrolik tahrikle ağızlanmasını ve kaymaları önleyecek bir ekipman sistemi ile kombine edilmiştir. Özel olarak tasarlanmış birden fazla MIG/MAG torcunun (4 ila 6 adet torç) kök ağzı eksenini takip ederek yörüngesel olarak döndüğü bu makinada 24 inç (610 mm) ile 60 inç (1524 mm) çaplı borularda rahatlıkla kullanılabilir. Dört kaynak torçlu sistemde iki torç bir tarafta diğer iki torç'ta diğer tarafta kaynak yaparak örneğin 42 inç (1067 mm) çapında bir borunun kök paso işlemi yaklaşık 1,5 dakikada tamamlanır.



*Şekil 4. Kök Pasonun Kaynağı İçin Otomatik İç Kaynak Makinasının Yerleştirilmesi*

Boruya açılan kaynak ağzının dışa bakan üst kısmının kaynak edilmesi için geliştirilen orbital kaynak makineleri ise, iyice ağızlanmış ve kök pasosu gerçekleştirilmiş (Şekil 5) dikiş üzerine sıcak paso, dolgu pasoları ve kapak pasosunun yapılabilmesi esasına göre dizayn edilmişlerdir. Boru çevresine monte edilen krameyer dişli bir sistem veya özel olarak dizayn edilmiş ray üzerinde yörüngesel olarak hareket arabaya monte edilmiş bir veya iki MIG/MAG torcu aynı anda hareket ederek ve aynı zamanda osilasyon hareketi yaparak sürekli beslenen tel ile ve sürekli beslenen gaz altında kaynak işlemini yapar. Bu konudaki en son yenilikler iki



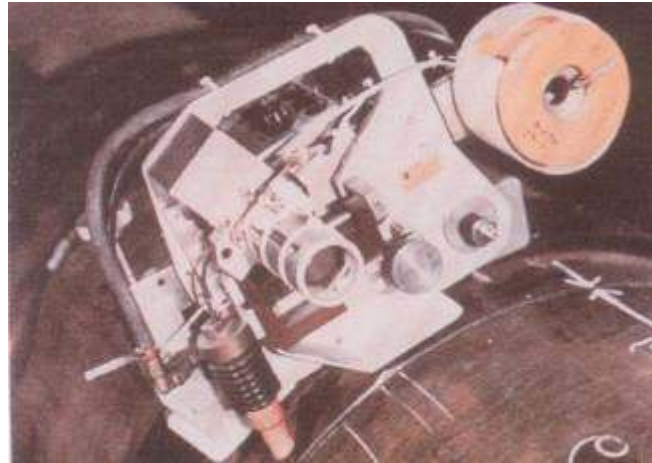
torcun birarada birbirini takip eden şekilde kullanılmasıdır. Böylece, dolgu pasoları için daha fazla metal yığılarak işlem daha kısa sürede tamamlanabilmektedir (Şekil 6, 7).



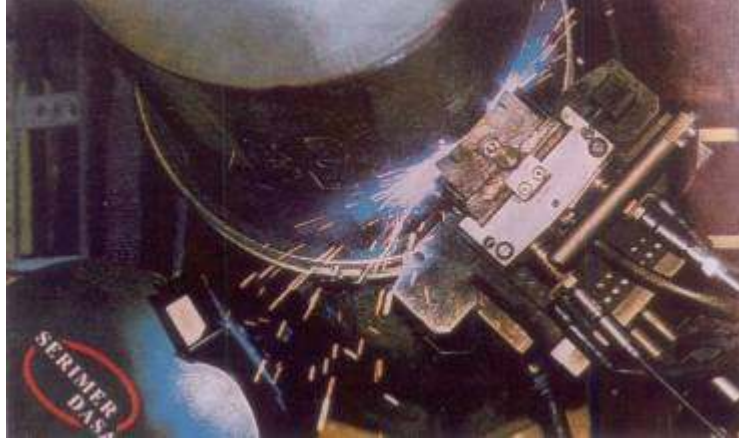
*Şekil 5. Otomatik İç Kaynak İşlemi ile Kök Pasonun Yapılışında Arkın Dışarıdan Görülerek Kontrolü*

Bu makinalarda son geliştirilmiş otomatik kontrol teknolojileri ile arkın hareketi kontrol altında tutulmaktadır. Ayrıca, kullanılan inverter türü kaynak akım üreteçleri ile sıçrantısız ve kaliteli kaynak dikişleri oluşturulmaktadır. Gelen son nokta, mikroproses kontrolü ile kaynak parametrelerinin bir ekrana aktarılması ile kaynağın tüm uygulanma aşamalarının kontrol altında tutulmasıdır.

Otomatik kaynak işlemi ile hız ve güvenilirlik artırılmış ve kaynakçıların daha az yorulması sağlanmıştır. Ayrıca, bu konuda kaynakçıların yetiştirilmeleri çok daha kolay hale gelmiştir.



*Şekil 6. Tek Torçlu Otomatik Boru Kaynak Makinası ve Kullanımı*



Şekil 7. Çift Torçlu Saturnax Kaynak Sisteminin Boru Dış Kaynağına Uygulanması

## BORU HATLARININ OTOMATİK KAYNAĞINDA KULLANILAN KORUYUCU GAZLAR

Bu yöntemde alışılmış MIG/MAG kaynağında az alaşımlı çelikler için geliştirilmiş olan koruyucu gazlar kullanılır. Bu yöntemin ilk geliştirildiği yıllarda kök pasoların saf CO<sub>2</sub> ile kısa arka metal geçişi çok yaygın olarak kullanılmaktaydı ve son pasalarda argonca zengin karışım gazlar tercih ediliyordu. Ancak, zaman içinde boru malzemelerindeki gelişmeler ve darbeli MIG/MAG kaynağının kullanıma girmesi ile tüm pasoların yapılmasında Ar+ CO<sub>2</sub> gaz karışımları kullanılmaya başlanmıştır. Zira, bu karışımlar ile kaynak metalinin gözenek oluşum tehlikesi hemen hemen ortadan kalkar iken daha mukavemetli ve az sıçrıntılı kaynak yapmak mümkün olmuştur. Günümüzde %80Ar+ %20CO<sub>2</sub> karışım gazları daha çok tercih edilmektedir.

## BORU HATLARININ OTOMATİK KAYNAĞINDA KULLANILAN TEL ELEKTRODLAR

Boru hatlarında özellikle doğal gaz borularında basıncın yüksek olması dolayısı ile daha yüksek kaliteli (X70 veya X80) boru çelikleri kullanılarak boru et kalınlığının azaltılması ile kalın etli borularda ortaya çıkan gevrek kırılma problemi önlenmeye çalışılmıştır. Bu gelişmeler otomatik kaynakta daha mukavemetli kaynak metali veren tellerin kullanımını gerektirmiştir. Genellikle, kaynak torcunu taşıyan araba üzerine takılan küçük boyutlu makaralara sarılmış olan tellerde **0.9 mm** çaplı olanlar çok sık kullanılır. Bu teller AWS standardına göre **ER 70S-6 kalitesinde üretilirler ancak mukavemet özelliklerini iyileştirmek için ve kaynak metalinin tanelerini inceltmek için de Ti ile modifiye edilmişlerdir.** Özel olarak üretilmiş bu teller ile özellikle Kanada ve Avrupa'da yapılmış boru hatlarında kullanılan 36 inç (914 mm) çapında ve 0.622 inç (15.7 mm) et kalınlığındaki boru çeliklerinin çok başarılı kaynak dikişleri gerçekleştirilmiştir. X70 boru çeliğinin kullanıldığı bu hatlarda kaynak dikişindeki hidrojen gevrekleşmesi tehlikesi de ortadan kaldırılmıştır.

X80 kalite boru çeliklerinin kaynağında çentik- darbe mukavemet değerlerini elde edebilmek için bazik örtülü elektrodlar kullanmak gerekmektedir. Ancak bu tür elektrodlar ile yukarıdan

aşağıya kaynak yapmak gerekmektedir ki bu da boru kaynağında zor kabul edilen bir uygulamadır ve tercih edilmez.

Dolayısı ile, bu tür uygulamalar için metal özlü tel elektrodlar geliştirilmiştir ve **E81T1- Ni** teli en çok tercih edilen teldir.

Bu özlü teller, karbonlu ve az alaşımlı çeliklerin her pozisyonda kaynağı için üretilmişlerdir. İçeriklerinde yaklaşık olarak %1 civarında Ni vardır. Özellikle, düşük sıcaklıklarda çentik darbe mukavemeti yüksek kaynak metali oluştururlar. Mukemmel ark kararlılığı vermelerinin yanı sıra düşük sıçrıntı özellikleri ve hızlı katılaşılan curufları çok kolay kalkar. Tek pasolu ve çok pasolu kaynak uygulamaları için idealdirler. %100CO<sub>2</sub> ile kullanılabilirliklerinin yanı sıra %75Ar-%25CO<sub>2</sub> karışım gazı ile kullanılabilirler ve karışım gaz kullanımı ile oksitlenme ile oluşacak alaşım elementi kaybı azalacağından kaynak dikişinin mukavemet özellikleri de artar. Bu açıdan çelik boruların kaynağında çok uygun olmalarının yanı sıra gemi yapımı, depolama tankı yapımı, çelik yapılar ve toprak işleme ekipmanları üretiminde de yaygın uygulama alanı bulurlar.

1.2 ve 1.6 mm çaplarında üretilen bu özlü tel ile bir konstrüksiyon firmasında ikinci ve diğer sıcak pasolar gerçekleştirilmiştir (kök paso E6010 türü örtülü elektrod ve sıcak pasolar ve dolgu pasoları E8010- G türü örtülü elektrod ile yapılarak), diğer bir boru hattı yapımcısı ise, bu tür bir özlü teli tamir işlerinde kullanmasının yanı sıra ER70S- 6 teli ile yapılan kök ve sıcak pasoların devamında kullanıma giderek kaliteli boru bağlantıları oluşturmuştur.

Borularda öntavın gerekli olduğu uygulamalarda, Bu durum API spesifikasyonlarında belirtilmiştir, bu amaç için bazı kuruluşlar tarafından geliştirilen endüksiyonlu ısıtma güç sistemi (IHPS) oldukça ideal sonuçlar vermektedir.

## SONUÇ

Dünyada ve ülkemizde ulusal veya uluslararası petrol ya da doğal gaz naklinde kullanılan yüksek kaliteli çelik boruların kullanımının artması ve boru hattının kaynak işlemlerinin gerçekleştirilmesindeki süreç, boru hattının hızla devreye alınabilmesi otomatik MIG/MAG kaynak makinelerinde ve kullanılan sarf malzemelerinde bir seri gelişmeye neden olmuştur. Tüm dünyadaki uygulamalarda bugün için gelinen nokta çok özel durumlar dışında örtülü elektrod ile ark kaynağının yerine otomatik kaynağın önemini ortaya çıkarmıştır. Özellikle son yıllarda özlü teller ile kaynak işlemi oldukça rağbet görmektedir.

Bu teknolojileri kiralayarak ve ithal ederek kullanan ülkemizde bu konuda belirli bir mühendis ve teknik eleman dışında gelişmeleri takip edebilen kesim azınlıktadır. Bu amaç ile, bu konudaki güncel bilgilerin mühendislere ve teknik elemanlara hızla aktarılması gerekmektedir. Hatta, ülkemiz kaynak sarf malzemesi ve kaynak makinası üreten kuruluşların bu modern ekipmanları üretecek bilgi birikimine hızla ulaşmaları ve de kullanılan dolu veya özlü telleri ülkemizde üreterek dışa bağımlılığın azaltılması, ülke kaynaklarının özgün kullanımını gerektirmektedir. Bu çalışmada özet olarak sunulan konularda daha detaylı çalışmalar ve araştırmalar yapılarak ülkemiz teknik literatürüne kazandırılması en büyük dileğimizdir.

## KAYNAKÇA

1. **Denys, R.**, "Pipeline Safety Past, Present and Future", IPLOCA, 26<sup>th</sup> Annual Convension, Bermuda, September 22<sup>nd</sup>- 26<sup>th</sup>, 1992.
2. **Widgery, D. J.**, "Linepipe Welding Beyond 2000", Svetsaren, No. 3, 1999, pp. 8- 10.
3. **Lennart, H.**, "A Brief Review of Pipeline Development", Svetsaren, No.1, 1991, pp. 20- 23.
4. **Rampaul, H.**, "Pipe Welding Procedures", Industrial Press, Amerika, 1973.
5. **Cary H.B.**, "Modern Welding Technology", Printice Hall, Inc., Amerika, 1979.
6. **N.N.**, "Welding Handbook- Application of Welding, Volume 5, Sixth Edition, AWS, Amerika, 1970.
7. **Sacks, R.J.**, "Welding: Principles and Properties", Chas. A. Bennett Co., Inc., Amerika, 1976.
8. **Lancarter, J.**, "Handbook of Structural Welding", McGraw- Hill, Inc., İngiltere, 1993.
9. **Blackman, S.S., Dorling, D.V.**, "Technology Advancements Push Pipeline Welding Productivity", Welding Journal, August 1999, pp. 39-44.
10. **Johnsen, M.R.**, "Pipeline Industry Enters New Era", Welding Journal, November 1999, pp. 37- 41.
11. **Beeson, R.**, "Pipeline Welding Goes Mechanized", Welding Journal, November 1999, pp. 47- 49.
12. **Latvis, S. D., Valentini, T.N.**, "Technology Trends- Overcoming Issues with Welding High Strength Pipe", Miller Electric Company and ITW Hobart Brothers, Seminar Notes, U. S. A. 2000.
13. **CRC- Evans Automatic Welding**, Katalog, Houston, U.S.A., 2001.
14. **CRC- Evans**, "Automatic Welding System Description", Seminar Text, Houston, U.S.A., 2001.
15. **Serimer Dasa**, "Automatic Pipeline Welding", Katalog, France, 2001.
16. **Vietz, E.**, "MAG- Welding in Pipeline Construction with, Units and Powdered Metal Wire", Pipeline Welding, İ. T. Ü., 11-13 May, 1998, Istanbul, pp. 173- 182.
17. **Shlepakov, V. N.**, "Flux- Cored Wire Automatic Electric Arc Welding of Positional Butt Joints of Pipelines", Pipeline Welding, İ. T. Ü., 11-13 May, 1998, Istanbul, pp. 230-237.

\* 19 - 20 Ekim 2001 tarihlerinde düzenlenen "III. Ulusal Kaynak Teknolojisi Kongresi"nde bildiri olarak sunulmuş olup, merhum Prof. Dr. Kutsal TLBETÇİ'nin aziz hatırasına atfen yayımlanmıştır.