

# 1 Dügüm teorisinin kısa tarihi

Dügümler muhtemelen ateş ve tekerleğin bulunmasından da önce hayatımıza girmiştir. Bir çok arkeoloğa göre düğümler, insanlığın gelişmesinde temel rol oynar. Dügümler insanların kullandığı ilk araçlardır; kıyafet yapımı, balık tutmak için ağ yapımı, zamanı belirleme, hesaplamalar tutma, köprü ve ev yapımı için kullanılmıştır. Dügümler; efsaneler, çeşitli hikayeler ve sembolizm alanında da eskiden beri karşımıza çıkar. Örneğin, sonsuz düğüm olarak adlandırılan  $7_4$  düğümü Budizmin sembolü olarak kullanılır. Borromean link İtalya'da aristokrat Borromeo ailesinin sembolü olarak kullanılmıştır. Efsaneye göre, Frigya kralı Gordios'un attığı düğümü her kim çözmeyi başarır o kişi Asya'nın hükümdarı olacaktır. Kral Gordios'un attığı düğüm Gordion düğümüdür. Kralın ölümünden yüzyıllar geçmesine rağmen Gordion düğümü ilk günkü sağlamlığı ile kalır, ta ki Makedonya kralı Büyük İskender'in fetihleri sırasında Gordion kentine uğrayıp Gordion düğümünü çözene kadar. Gordion düğümünü çözmesi nedeniyle mi bilinmez ama Büyük İskender gerçekten de Asya'nın hükümdarı olmuştur.

Matematiksel anlamda düğüm teorisi topolojinin bir alt dalı olarak çalışılır. Dügümler, tarihte ilk olarak Fransız matematikçi Alexandre-Theophile Vandermonde (1771)'un bir makalesinde görülür. Matematiksel anlamda düğüm teorisi ile ilgili ilk çalışmalar ise Gauss (1833) tarafından yapılır. Gauss'un öğrencisi Johann Benedict Listing 1830'lu yıllarda düğüm teorisi üzerinde çalışmaları devam ettirir. Listing, Möbius bandın özelliklerini Möbius'ten dört yıl önce bulur. Dügüm teorisi matematikçilerin yanı sıra fizikçiler tarafından da çalışılır. Fizikçi Thompson (1858), atom teorisinde kullanmak amacı ile düğümleri kullanır. Daha sonra Thompson'un da arkadaşı olan fizikçi Maxwell (1873) elektrik ve manyetizma alanlarında düğümleri kullanarak çalışmalar yapar. Maxwell iki linkin izdüşümünün uzayda ne zaman aynı linki temsil edeceği sorusu üzerinde çalışır. Fizikçi Tait (1867) düğümlerin listesini çıkarmak için çalışır, ayrıca dalgalanan düğümler ve düğüm değişmezleri ile ilgilenir.

1920'li yıllarda düğüm teorisinin örgü teorisine (braid theory) uygulamaları Artin tarafından çalışılır. 1923 yılında James Waddell Alexander her linkin kapalı bir örgü tarafından temsil edileceğini ispatlar. Alexander, 1928 yılında düğümler için bir ilk olacak ilk polinom değişmezi olan Alexander polinomunu tanımlar. Aynı Alexander polinomuna sahip birbirinden farklı düğümler olsa da Alexander polinomu düğümler için önemli bir değişmezdir ve 1984 yılında Jones'un tanımladığı Jones polinomuna kadar tek polinom değişmezi olarak kalır. Reidemeister 1920'li yıllarda düğüm teorisi ile ilgilenir. Reidemeister düğümleri, diyagramlarını kullanarak sınıflandırma problemi üzerinde çalışır. Fizikçi Maxwell, Reidemeister'in

tanımladığı kuralları daha önceden tanımlamış olsa da tanımladığı üç hareketin iki düğüm ya da iki linkin aynı olduğunu göstermek için yeterli olacağını Reidemister ispatlar ve Maxwell'in tanımladığı hareketler Reidemeister hareketleri adını alır. 1910'lu yıllarda Dehn, düğümleri 3-manifoldlar ile ilişkilendiren Dehn ameliyatlarını tanımlar. Daha sonraki yıllarda Fox, düğüm gruplarını ve düğüm tümleyeninin homoloji değişmezlerini çalışır ve bu konular popüler hale gelir.

1960'lı yıllarda Haken, bir düğümün aşık olup olmadığını belirleyen bir algoritma bulur. 1970'li yıllarda Thurston hiperbolik 3-manifoldlar ile ilgili çalışmalarında düğümleri ve Dehn ameliyatlarını kullanır. Thurston'un çalışmaları topoloji ve cebirsel geometri alanında önemli çalışmalara yol açar. Jones, 1984 yılında Jones polinomunu tanımlar, bu polinom başta Kauffman braket polinomu, Homfly polinomu olmak üzere bir çok düğüm polinomlarının temelini oluşturur. Jones, bu çalışmaları nedeni ile 1990 yılında Fields madalyası alır. Daha sonraki yıllarda Jones polinomu ve Alexander polinomunun genellemesi olan Khovanov homoloji ve knot Floer homoloji konuları popüler olarak çalışılır ve çalışılmaya da devam edilmektedir. 20. yüzyılın son zamanlarında ise düğüm teorisinin biyoloji, fizik ve kimya alanlarına uygulamaları ile ilgili çalışmalar artar. Düğüm teorisini de temel alan DNA topoloji alanında yeni bir çalışma alanı ortaya çıkar.

## Kaynaklar

- [1] Colberg E. **A brief history of knot theory**, <http://www.math.ucla.edu/~radko/191.1.05w/erin.pdf> web adresi
- [2] Przytycki J. (1991). **A History of Knot Theory from Vandermonde to Jones**, Proc. Mexican Nat. Congress Math., Nov.
- [3] Przytycki J.R. (1998). **Classical roots of knot theory**, Chaos, Solutions & Fractals, 9(415), 531–545.