

# DNA Origami

Dr. Öğr. Üyesi Ümit Hakan Yıldız [ İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kimya Bölümü

**Japon kâğıt katlama sanatı origami ile birbirinden farklı objeler tasarlamak mümkün. Peki aynı el sanatını kâğıt yerine DNA'yı (deoksiribonükleik asit) kullanarak gerçekleştirebilir miyiz?**

**İnsanoğlu uygarlığın başlangıcından itibaren çok büyük yapıların nasıl inşa edileceğini öğrendi. Yaklaşık kırk yıldır ise çok küçük yapıların nasıl üretilebileceği üzerinde çalışılıyor.**

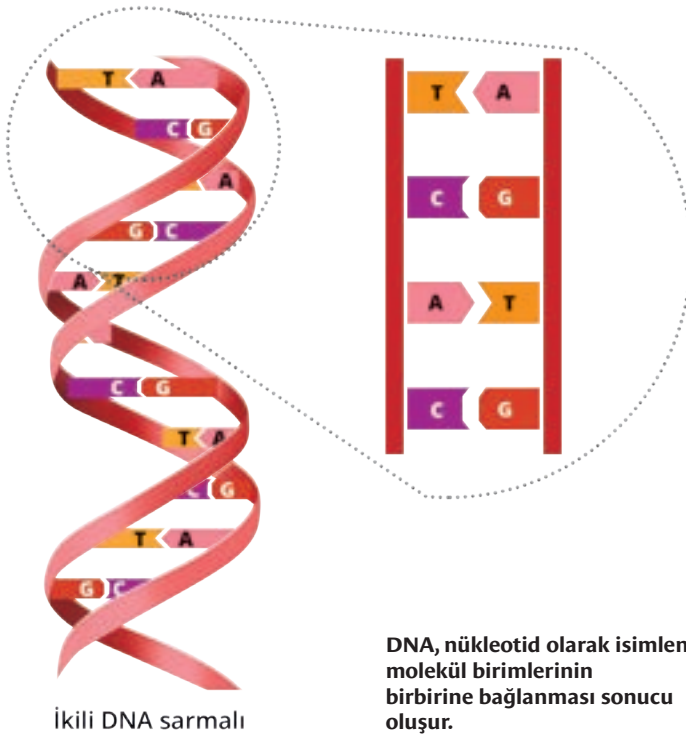
**K**aliforniya Teknoloji Enstitüsü'nden (Caltech) Paul Rothmund ve bu alanda çalışan diğer bilim insanları nano ölçekte (metrenin milyarda biri) yapıların nasıl inşa edileceğine dair farklı yöntemler üzerinde çalışıyor. Nano ölçekteki DNA yapılarının kendiliğinden bir araya gelmesi ilkesine dayanan bu yenilikçi yaklaşım "küçük dünyalarda" "büyük işlerin" gerçekleştirilmesine imkân sağlayabilir.

Canlıların genetik kodunu saklayan DNA, son yıllarda nano boyutta tasarım yapan araştırmacıların yararlandığı bir makromolekül.

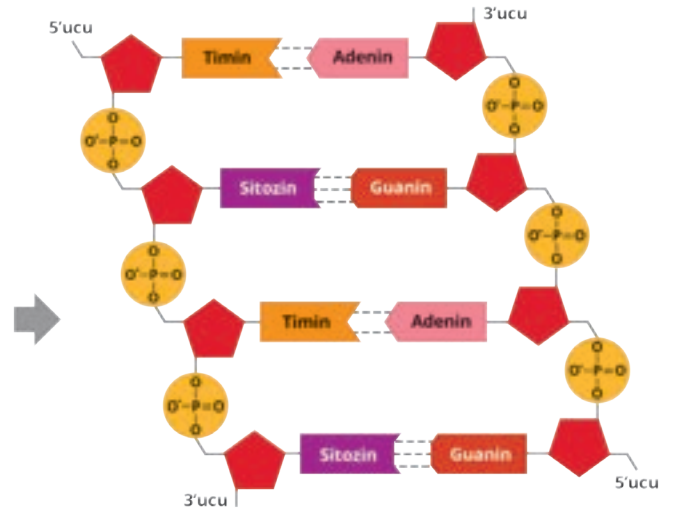
Bunun iki nedeni var: İlki DNA'nın çift sarmal şeklindeki yapısının keşfedilmesinden bu yana geçen 65 yılda DNA'nın kendine özgü üç boyutlu yapıya sahip olmasını sağlayan mekanizmalar hakkında detaylı bilgiler elde edilmiş olması. Bu, bir DNA dizisinin katlanarak alabileceği şekillerin tahmin edilmesini sağladı.

İkincisi ise DNA moleküllerinin hızlı, basit ve otonom bir şekilde sentezlenmesini sağlayan yöntemlerin geliştirilmesi. Bu sayede 100 ve daha fazla nükleotidden oluşan DNA molekülleri kolayca sentezlenebiliyor.





DNA, nükleotid olarak isimlendirilen molekül birimlerinin birbirine bağlanması sonucu oluşur.

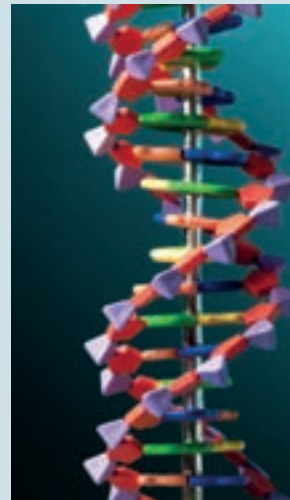


DNA molekülünden nano boyutta yapılar tasarlamak için kullanılan yöntemlerden biri New York Üniversitesi'nden Prof. Dr. Nadrian C. Seeman tarafından geliştirilen "döşeme modeli". Bu yöntem farklı şekillerdeki (örneğin kare, dikdörtgen) kilitli taşların bir araya gelmesiyle oluşan kaldırım döşemelerine benzetilebilir.

Bu yöntemde iki boyutlu, dikdörtgen şekilli DNA blokları yapı taşı olarak kullanılır. DNA çift sarmalının ucunda kısa tek zincirli bölümler bulunur. Bunlar "yapışkan uçlar" olarak isimlendirilir. İki farklı DNA bloğunun yapışkan uçları -cirt cırtlı bantların yapışarak birbirini tutmasına benzer şekilde- birleşerek daha büyük ve karmaşık şekilli yapılar oluşturabilir.

Scripps Araştırma Enstitüsü'nden Prof. Dr. William M. Shih ve arkadaşları ise DNA molekülünü kullanarak nano boyutta yapılar oluşturmak için farklı bir yöntem kullandı. Geliştirilen bu yöntem sayesinde 1669 nükleotidden oluşan tekli DNA zinciri kendiliğinden katlanarak nano boyutta bir düzgün sekiz yüzlü oluşturdu.

Ana DNA zincirinin üzerindeki belirli bölgelerdeki kısa DNA zincirleri molekülün istenilen şekilde kendiliğinden katlanmasını sağladı. Bu yöntem sayesinde DNA molekülleri kullanılarak üç boyutlu yapılar oluşturulabildi.



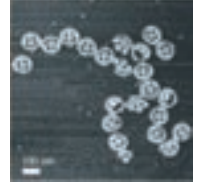
DNA'nın birbirine sarmal şekilde bağlanmış iki zincirden oluştuğu 1953'te Prof. Dr. James Watson ve Prof. Dr. Francis Crick tarafından keşfedilmiştir.





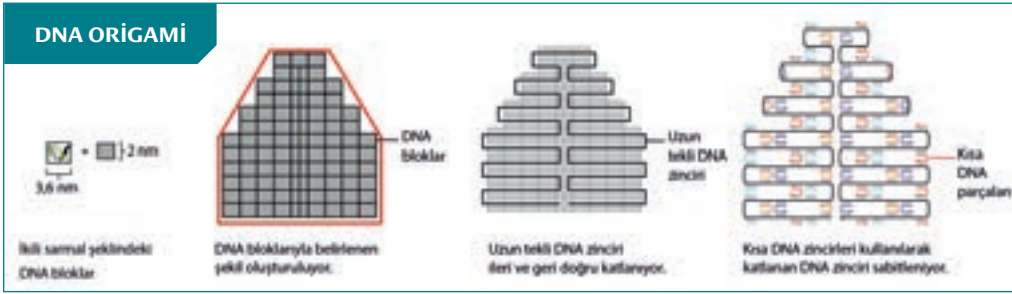
**Paul Rothemund**

Paul Rothemund bu yöntemi kullanarak beş köşeli yıldız, gülen yüz gibi altı farklı şekil oluşturdu.



Haydi bize gülümsel!

Üstteki görselde DNA'dan üretilen yapının bilgisayardaki tasarımı görülüyor. Alttaki görselde DNA parçaları ile oluşturulan origami şekli görülüyor.



Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü'nden (Caltech) Paul Rothemund bu iki yöntemi birleştirerek istenilen şekilde iki boyutlu DNA yapıları oluşturulmasına imkân veren yeni bir yöntem geliştirdi.

Bu yöntem farklı aşamalardan oluşur:

- İlk adımda tasarlanacak şekil (örneğin yuvarlak bir gülen yüz) seçilir.
- Daha sonra dikdörtgen şeklindeki DNA bloklarıyla belirlenen şekil oluşturulur.
- Sonraki aşamada uzun tekli bir DNA zinciri ikili sarmal yapıdaki DNA bloklarının üzerinden ileri ve geri katlanarak ilerler. Bu sırada DNA zincirleri arasında bağlantılar kurulur.
- Kısa DNA zincirleri kullanılarak, katlanan DNA zinciri sabitlenir.

DNA temelli nano ölçekteki yapıların tasarımı ve üretimi ile bu malzemelerin yapısal ve kimyasal özellikleri-

nin anlaşılması sayesinde gelecekte çok farklı alanlarda kullanılabilecek daha küçük yapılar ve cihazlar geliştirmek mümkün olabilir.

#### Kaynaklar

- Rothemund, P. W. K., "Folding DNA to create nanoscale shapes and patterns", *Nature*, Cilt 440, s. 297-302, 2006.
- Watson, J. D. ve Crick, F. H., "Molecular structure of nucleic acids; a structure for deoxyribose nucleic acid", *Nature*, Cilt 171, s. 737-738, 1953.
- Breslauer, K. J. ve ark., "Predicting DNA duplex stability from the base sequence.", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Cilt 83, s. 3746-3750, 1986.
- Zuker, M., "Mfold web server for nucleic acid folding and hybridization prediction.", *Nucleic Acids Research*, Cilt 31, Sayı 13, s. 3406-3415, 2003.
- Seeman, N. C., "DNA in a material world", *Nature*, Cilt 421, s. 427-431, 2003.
- Yan, H. ve ark., "DNA-templated self-assembly of protein arrays and highly conductive nanowires.", *Science*, Cilt 301, s. 1882-1884, 2003.
- Rothemund, P., Papadakis, N. & Winfree, E., "Algorithmic Self-Assembly of DNA Sierpinski Triangles", *PLOS Biology*, Cilt 2, Sayı 12, e424, 2004.
- Shih, W., Quispe, J. & Joyce, G., "A 1.7-kilobase single-stranded DNA that folds into a nanoscale octahedron", *Nature*, Cilt 427, s. 618-621, 2004