



Nükleik Asitlerle İlgili Kavram Haritası Oluşturma Etkinliği

Meryem KONU KADİRHANOĞULLARI^{1*}, Esra ÖZAY KÖSE²

Öz

Bu araştırmanın amacı, nükleik asitler konusu kapsamında kavram haritası temelli bir öğretim etkinliğinin, öğrencilerin kavramsal öğrenmeleri ve kavramlar arasındaki ilişkiler hakkındaki var olan durumlarını incelemektir. Araştırmada nicel araştırma yöntemlerinden betimsel tarama modeli kullanılmıştır. Araştırmada 50 üniversite birinci sınıf öğrencisi 5'er kişilik 10 gruba ayrılarak etkinliğe katılmıştır. Çalışma grubunun seçiminde kolay ulaşılabilir durum örnekleme kullanılmıştır. Öğrencilerden nükleik asitlerle ilgili kavram haritaları oluşturmaları istenmiş ve bu haritalar, kavram haritası değerlendirme rubriği kullanılarak değerlendirilmiştir. Her iki araştırmacı tarafından puanlamalar yapılmış ve Cohen'in Kappa katsayısı ile değerlendiriciler arası yüksek uyum ($\kappa = 0.80$) sağlanmıştır. Etkinliğin tümü 5 hafta sürmüştür. Elde edilen bulgulara göre, kavram haritaları altı farklı kriter üzerinden puanlanmış ve 4. Grup (66 puan) en yüksek başarıyı göstermiştir. 1. ve 3. gruplar da başarılı performans sergilemiş, diğer gruplar ise orta ve düşük düzeyde puan almıştır. Özellikle 1. ve 4. grupların, replikasyon ve protein sentezi süreçlerini daha net ifade ederek kavramlar arasında güçlü ilişkiler kurdukları gözlenmiştir. Bununla birlikte bazı gruplarda "transkripsiyon" ve "translasyon" süreçleri karıştırılmıştır. Sonuç olarak, bu çalışma kavram haritalarının öğrenmeyi kolaylaştıran, etkili bir öğretim aracı olduğunu göstermiştir ve bu nedenle daha yaygın olarak kullanılmaları önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyoloji eğitimi, Kavram haritaları, Nükleik asitler, Anket modeli, Öğretim uygulamaları

Concept Map Creation Activity on Nucleic Acids

Abstract

The aim of this research is to examine the impact of a concept map-based teaching activity on nucleic acids on students' conceptual learning and their existing understanding of the relationships between concepts. The study employed a descriptive survey model, a quantitative research method. Fifty first-year university students participated in the activity, divided into ten groups of five. Convenience sampling was used to select the study group. Students were asked to create concept maps related to nucleic acids, and these maps were evaluated using a concept map evaluation rubric. Scoring was done by both researchers, and Cohen's Kappa coefficient showed high inter-rater agreement ($\kappa = 0.80$). The entire activity lasted five weeks. According to the findings, concept maps were scored based on six different criteria, and Group 4 (66 points) showed the highest success. Groups 1 and 3 also performed well, while the other groups received medium and low scores. It was observed that groups 1 and 4, in particular, established strong relationships between concepts by expressing the replication and protein synthesis processes more clearly. However, some groups confused the "transcription" and "translation" processes. In conclusion, this study has shown that concept maps are an effective teaching tool that facilitates learning, and therefore their more widespread use is recommended.

Key Words: Biology education, Concept maps, Nucleic acids, Survey model, Teaching practices

^{1*}**Corresponding Author:** Meryem KONU KADİRHANOĞULLARI, Dr. Öğr. Üyesi, Kafkas Üniversitesi, Türkiye, meryem_6647@hotmail.com, ORCID: 0000-0001-7359-7061

² Esra ÖZAY KÖSE, Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi, Türkiye, esraozay@atauni.edu.tr, ORCID: 000-0001-9085-7478

Giriş

Etkili öğretimin önemli bir yönü, öğrencilerin öğrendikleri bilgileri ne ölçüde özümstediklerinin dikkatli bir şekilde değerlendirilmesidir. Bu bağlamda kavram haritaları, öğrencilerin zihinsel yapılarını ve öğrenmelerini görünür kılmak amacıyla tasarlanmış bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Keppens & Hay, 2008). Kavram haritası, her bir düğümün bir kavramı temsil ettiği ve kavramlar arasındaki ilişkilerin bağlantılar aracılığıyla gösterildiği bir düğüm-bağlantı diyagramıdır (Schroeder vd., 2018). Kavram haritaları, eğitimin tüm kademelerinde ve derslerinde kullanılabilen etkili öğretim araçlarından biridir. Soyut bilgilerin somutlaştırılmasını sağladığı için özellikle öğrenme güçlüğü yaşayan öğrencilerin konuları daha iyi kavramalarına yardımcı olur. Bu yöntem, öğrencilerin karmaşık yapıları parça parça olarak değil, bütünsel olarak algılamalarına olanak tanır. Aynı zamanda bir kavramı tanıma ve hatırlama süreçleri arasında güçlü bir bağ kurarak kalıcı öğrenmeyi destekler (Sever vd., 2009).

Bu yönetime dayalı öğretim uygulamalarının; öğrencilerin bilgiyi hatırlama, problemleri çözme, kavramları doğru şekilde öğrenme ve kavram yanlışlarını fark edip düzeltme becerilerini geliştirdiği gözlemlenmiştir. Ayrıca, eleştirel düşünme gibi üst düzey bilişsel becerilerin gelişimine de katkı sağladığı belirtilmektedir. Bununla birlikte, kavram haritalarının öğrencilerin tutumları, benlik algıları, öğrenmeye yönelik motivasyonları ve kaygı düzeyleri gibi duyuşsal değişkenler üzerinde de olumlu etkiler yarattığı çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur (Gedizgil ve Deryakulu, 2008).

Bu doğrultuda, literatür incelendiğinde kavram haritalarının öğretim sürecindeki etkilerini ortaya koymaya yönelik pek çok çalışma yapıldığı görülmektedir. Örneğin, Köse (2014), kavram haritalarının hücre ve organeller konusundaki öğrenci başarısına etkisini incelemiş ve kavram haritası kullanılan grubun başarı düzeyinin anlamlı biçimde daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Orak ve Kandemir (2023) ise çevre bilimi dersine katılan fen bilgisi öğretmen adaylarının kavram haritası kullanımına ilişkin görüşlerini belirlemiş, öğretmen adaylarının bu yöntemin öğrenmeye katkı sağladığını ve meslek hayatlarında da kullanmayı planladıklarını ifade ettiklerini belirtmiştir. Benzer şekilde, Biçer ve Çakmak (2022), kavram haritası ile öğretimin çokgenler konusundaki kalıcılık düzeyine etkisini araştırmış ve deney grubunda kalıcılığın daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Öğrenciler, kavram haritalarını öğrenmeyi kolaylaştırıcı, özetleyici ve kalıcı hale getirici bir araç olarak değerlendirmiştir. Bunun yanında kavram haritaları hem öğrencilerin kavramsal eksiklerini açığa çıkarma hem de ders içeriğini yeniden düzenleme (öğretmenin hangi kavramları vurgulayacağı) açısından yararlı bir teşhis aracıdır (Yarden vd., 2004). Ayrıca, kavram haritası etkinlikleri, özellikle soyut yapıların (DNA) öğretilmesinde kısa vadeli öğrenmeyi artırmakla kalmayıp bilginin kalıcılığı açısından korumaya yardımcı olabiliyor (Talanki, 2015). Cofie vd. (2021), genetik / nükleik asit öğretiminde kavram haritaları kullanan etkinliklerin hem öğretim hem değerlendirme (diagnostic) amaçlı kullanılabileceğini savunmuşlardır. Kavram haritaları sadece bilgi depolama için değil, öğrencinin bağlantı kurma ve eleştirel düşünme becerilerini geliştirmek için de kullanılması teşvik edilir (Daley vd., 2013).

Tüm bu çalışmalar, kavram haritalarının öğretimde etkili bir öğrenme aracı olduğunu göstermektedir. Nitekim, fen eğitiminin temel hedefleri arasında yer alan eleştirel düşünme, kavramsal anlama ve bilgi transferi gibi becerilerin kazandırılması ancak soyut ve karmaşık konuların daha anlaşılır hâle getirilmesiyle mümkün olmaktadır. Bu nedenle kavram haritaları gibi yapılandırılmış görsel araçların kullanımı, fen öğretiminde de önemli bir yer tutmaktadır (Özgün ve Yalçın, 2019). Fen bilimleri, birçok farklı disiplini bünyesinde barındırmaktadır. Bu disiplinlerden biri olan biyoloji bilimi, bireyin kendisini tanımasına ve metabolizmasında gerçekleşen süreçleri fark edebilmesine ilişkin bilgileri sunan temel dallardan biridir (Brigandt, 2013). Biyoloji dersi bu yönüyle yalnızca bilgi aktarımına dayalı bir alan olmayıp, öğrencilerin kavramsal ilişkiler kurarak anlamlandırmalarını gerektiren bir disiplindir (Çiftel, 2013). Ancak, öğrencilerin bu tür derslerde bazı

kavramları tam olarak anlamlandıramamaları ve çeşitli yanlış anlamalara sahip olmaları sık karşılaşılan bir durumdur. Bu sorunu aşmanın etkili yollarından biri ise öğrencilerin temel kavramlarla ilişkili alt kavramlar arasında bağlantı kurmalarına yardımcı olan kavram haritalarının kullanılmasıdır (Kinchin, David ve Adam, 2000).

Bu bağlamda, biyoloji dersi kapsamında yer alan nükleik asitler konusu, kavram haritalarının önemini daha da belirgin hâle getirmektedir. Nükleik asitler, genetik bilginin nasıl saklandığını, aktarıldığını ve ifade edildiğini açıklar. Ayrıca, DNA → RNA → Protein akışı (Merkezi Dogma) canlılığın temel süreçlerini açıklar. Öğrencilerin bu akışı anlaması; enzimler, metabolik yollar, hücre döngüsü, kanser biyolojisi gibi konuları doğru bağlamda öğrenmesini sağlar. Bunun yanında öğrencilerin DNA ve RNA yapısını kavraması; mutasyon, kalıtım, evrim ve biyoteknoloji gibi üst düzey kavramları anlamasını kolaylaştırır. Böylece öğrenciler, nükleik asitleri kavradıklarında biyoteknoloji ve moleküler biyolojiyle bağlantılı güncel bilimsel ve toplumsal konulara daha bilinçli yaklaşırlar (Sadler, 2004). Ancak, nükleik asitler biyolojinin temel yapı taşlarından biri olmasına karşın, anlaşılması karmaşık ve soyut süreçleri içermektedir (Koçakoğlu, 2002; Saygın, 2009; Temelli, 2006). Nitekim nükleik asitler ve protein sentezi gibi mikroskobik düzeyde gerçekleşen soyut süreçlerin, öğrenciler tarafından zihinsel olarak canlandırılmasının güç olduğu belirtilmektedir (Saygın, 2009). Nükleik asitler soyut yapılar olduğundan öğrenciler sık sık "DNA-protein ilişkisi", "gen ifadesi", "kromozom-gen-DNA" hiyerarşisi gibi konularda yanlış anlamalara sahip olur. Bu gibi konuların kavram haritaları ile öğretilmesi ilgili kavramların bütüncül öğrenilmesini sağlayacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda yapılan sınırlı sayıda çalışmaya bakıldığında; Yarden vd. (2004), hücre biyolojisi konusunda kavram haritasının kullanımı ile ilgili çalışmada kavram haritalarının ilgili konuda özetleyici ve faydalı bir grafik araç olduğunu ifade etmektedirler. Cofie vd. (2021), genetik konusunda kavram haritalarını kullandıkları deneysel bir çalışmada, kavram haritalamanın sağlık eğitimindeki öğrencilerin akademik başarılarında bir artış olduğunu gözlemiştir. Talanki (2015), ortaokul öğrencilerinde DNA'nın yapısını kavram haritaları kullanarak öğretmeye çalışmış ve öğrenciler arasında kavramın anlaşılmasının ve hatırlanmasının belirgin olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmalara bakıldığında nükleik asitlerle dolaylı olarak ilgili konularda kavram haritalarının kullanımının hem öğrencilerin var olan durumlarını ortaya çıkarmada, hem de kavram haritalarının bir öğretim aracı olarak avantajları sergilenmiş olmasına rağmen, direk nükleik asitler konusunda kavram haritalarının etkisine yönelik bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu doğrultuda, bu araştırmanın temel amacı, nükleik asitler konusu kapsamında kavram haritası temelli bir öğretim etkinliğinin, öğrencilerin kavramsal öğrenmeleri ve kavramlar arasındaki ilişkiler hakkındaki var olan durumlarını incelemektir.

Yöntem

Bu araştırma, kavram haritası temelli bir öğretim etkinliğinin, öğrencilerin kavramsal öğrenmeleri ve kavramlar arasındaki ilişkiler hakkındaki var olan durumu incelemek amacıyla yürütülmüş nicel bir araştırmadır. Araştırma deseni olarak betimsel tarama modeli kullanılmıştır. Betimsel araştırmalar, bir olayın, durumun ya da olgunun mevcut hâliyle sistematik olarak incelenmesini; olaylar arasındaki ilişkilerin ortaya konulmasını amaçlamaktadır (Ültay vd., 2021).

Katılımcılar

Araştırma, 2024-2025 eğitim-öğretim yılı bahar yarıyılında bir devlet üniversitesinin yükseköğretim düzeyinde öğrenim gören 1. sınıf düzeyinde 50 öğrenci ile yürütülmüştür. Çalışma grubunun seçiminde kolay ulaşılabilir durum örnekleme kullanılmıştır. Kolayda örnekleme, araştırmacının ihtiyaç duyduğu sayıda katılımcıya ulaşana kadar, ulaşılması en pratik ve en kolay olan kişilerden örnek seçtiği bir yöntemdir. Bu yaklaşımda, zamandan ve kaynaklardan tasarruf

etmek için erişimi kolay olan gruplar tercih edilir ve araştırma bu gruplar üzerinde gerçekleştirilir (Cohen vd., 2005).

Veri Toplama Aracı

Bu araştırmada veri toplama aracı olarak kavram haritaları kullanılmıştır. Öğrencilerden, nükleik asitler konusuyla ilgili temel kavramları içeren ve kavramlar arası ilişkileri gösterecek şekilde kavram haritaları oluşturmaları istenmiştir. Haritalar bir değerlendirme rubriği kullanılarak değerlendirilmiştir. Rubrik, belirli bir öğretim süreci sonunda öğrenciden beklenen performansın, çeşitli boyut ve düzeylere ayrılarak yapılandırıldığı bir değerlendirme aracıdır. Bu araç, öğrencinin gerçekleştirilmesi beklenen performans ölçütlerini açık ve sistematik biçimde ortaya koymaktadır (Sezer, 2005). Bu araştırmada kullanılan değerlendirme ölçütleri, önceki çalışmalarda yer alan çeşitli yapısal ve ilişkisel puanlama modelleri gözden geçirilerek oluşturulmuştur. Alan yazındaki farklı yaklaşımlardan esinlenilerek, bu çalışmanın amaçlarına uygun, özgün bir puanlama sistemi tasarlanmıştır. Değerlendirme aşamasında, Novak ve Gowin'in (1984) geliştirdiği kavram haritası yapısı temel alınmış ve McClure vd. (1999)'un bu yapıya getirdiği uyarlamalar doğrultusunda yapılandırılmış yapısal puanlama yönteminden esinlenerek hazırlanan rubrik kullanılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Kavram Haritası Değerlendirme Rubriği.

Değerlendirme Ölçütü	Açıklama	Puanlama
Kavram Sayısı	Haritada yer alan doğru kavramların toplam sayısı	Her doğru kavram = 1 puan
Bağlantı Sayısı	Kavramlar arasında kurulan doğru ilişki sayısı	Her doğru bağlantı = 1 puan
Hiyerarşik Yapı	Kavramların genel-özel düzen içinde sıralanması	Her düzeyli yapı = 5, 3, 1 puan (azalan)
Çapraz Bağlantılar	Harita içinde farklı kavram grupları arasında kurulan anlamlı bağlantılar	Her doğru çapraz bağlantı = 10 puan
Örnekler	Kavramlara verilen somut örnekler varsa	Her doğru örnek = 1 puan
Görsel Düzen Okunabilirlik	/ Haritanın düzeni, simetrisi, okunabilirliği	0-5 puan arası öğretmen değerlendirmesi

Uygulama Süreci

Araştırma kapsamında, 50 kişilik sınıf, 5'er kişilik 10 gruba ayrılmıştır. Her grup, öğretim süreci boyunca nükleik asitlerle ilgili kavramları belirleyerek kendi kavram haritasını oluşturmuştur.

Etkinlik 5 ders saatinde uygulanmıştır:

1. Ders: Kavram haritaları ile ilgili bilgiler verilmiş olup bir kavram haritası hazırlanırken nelere dikkat edileceği hususunda sunum yapılmıştır.
2. Ders: Öğrencilere nükleik asitlerle ilgili temel kavramlar anlatılmış, örnek kavram haritaları gösterilmiştir.
3. Ders: Öğrenciler gruplar hâlinde DNA, RNA, nükleotit, adenin, guanin, sitozin, timin, urasil, replikasyon, transkripsiyon, translasyon vb. kavramlarla bir kavram havuzu oluşturularak harita taslağı çıkarmıştır.
4. Ders: Her grup kendi kavram haritasını tamamlamış ve sınıf sunumları yaparak haritalarını açıklamıştır.
5. Ders: Derste, kavram haritaları her iki araştırmacı tarafından, hazırlanan rubrik kullanılarak değerlendirilmiş ve öğretmen tarafından sınıf ortamında yansıtılarak eksiklikler öğrencilere bildirilmiş ve giderilmiştir.

Verilerin Analizi

Öğrencilerin oluşturduğu kavram haritaları, belirlenen rubrik ölçütlerine göre nicel olarak puanlanmıştır. Rubrik kapsamında kavram sayısı, bağlantı sayısı, hiyerarşik yapı, çapraz bağlantılar, örnekler ve görsel düzen değerlendirilmiş, her grup için toplam puan hesaplanmıştır. Ayrıca, dersin işleniş tarzıyla ilgili öğrencilerden alınan görüşler, bulguların desteklenmesi amacıyla örnekler halinde sunulmuştur.

Geçerlilik ve Güvenirlik

Geçerlik açısından, kullanılan rubrik alan yazında kabul görmüş bir ölçme aracından esinlenilerek geliştirilmiş ve eğitim fakültesinde görev alan kavram haritaları ile ilgili akademik çalışma yapmış iki uzmanın görüşleri alınarak araştırma bağlamına uygun hâle getirilmiş olması nedeniyle çalışmada geçerli ve güvenilir bir ölçüm aracı olarak kullanılmıştır. Güvenirlik için ise her grup için puanlama iki araştırmacı tarafından bağımsız olarak yapılmış, puanlayıcılar arası tutarlılığı belirlemek amacıyla Cohen'in Kappa katsayısı hesaplanmıştır. Cohen'in Kappa katsayısı, iki değerleyici arasındaki karşılaştırmalı uyumun güvenilirliğini ölçen bir istatistik yöntemidir (Kerr vd., 2015). K değeri, değerlendiriciler arasındaki uyumun derecesine bağlı olarak 1 ile -1 arasında değişir. Mükemmel uyumu ifade eden $\kappa = 1$ değeri nadiren elde edilir, ancak 1'e yakın bir değer değerlendiriciler arasındaki uyumun mükemmel yakın olduğunu gösterir (Juremi vd., 2017). Bu çalışmada kappa değeri 0.80 bulunmuş olup, yüksek düzeyde puanlayıcı uyumu olduğunu göstermektedir.

Bulgular

Araştırmada 50 öğrenciden oluşan 10 grup, kavram haritası oluşturma etkinliğine katılmıştır. Grupların kavram haritaları altı farklı kriter üzerinden değerlendirilmiş ve puanlandırılmıştır. Her grubun kavram sayısı, bağlantı sayısı, hiyerarşik yapı, çapraz bağlantılar, örnekler, görsel düzen ve toplam puanları Tablo 1'de gösterilmiştir

Tablo 2. Grupların Kavram Haritalarına İlişkin Değerlendirme Sonuçları.

Gruplar	Kavram Sayısı	Bağlantı Sayısı	Hiyerarşik Yapı	Çapraz Bağlantılar	Örnekler	Görsel Düzen / Okunabilirlik	Toplam puan
1. Grup	18	20	5	10	6	4	63
2. Grup	14	16	4	10	4	3	51
3. Grup	17	19	5	10	6	4	61
4. Grup	19	22	5	10	6	4	66
5. Grup	14	17	3	10	3	4	51
6. Grup	12	18	3	10	4	3	50
7. Grup	15	18	5	0	6	4	48
8. Grup	10	13	5	0	4	2	34
9. Grup	12	10	5	0	6	3	36
10. Grup	12	12	5	0	7	2	38

Tablo 2 incelendiğinde, kavram haritası etkinliğinde en yüksek başarıyı gösteren grup 4. Grup (66 puan) olmuştur. Bu grup, en fazla kavram ve bağlantıyı içeren haritayı oluşturmuş, kavramlar arası güçlü ilişkiler kurmuştur. 4.grubu 1. Grup (63 puan) ve 3. Grup (61puan) takip etmiş, bu gruplar da kavram haritasını anlamlı ve düzenli bir yapıda oluşturarak başarılı performans göstermişlerdir. Bu bulgu, kavram haritalamanın genetik ve ilgili kavramlarda anlamayı geliştirdiğine dair deneysel

kanıt sağlayan Cofie vd. (2021) ve Talanki (2015) nin çalışmalarıyla desteklenmektedir. Bu çalışmalar genetik kavramlar ve terminolojiler hakkındaki fikirleri ezberci veya pasif öğrenmeden ziyade kavram haritaları gibi zenginleştirilmiş öğretim ortamlarında öğrenmeyi ve başarıyı artırdığını göstermişlerdir.

2. (51 puan), 5. (51 puan), 6. (50 puan) ve 7.(48 puan) gruplar orta düzeyde başarı göstermiş ve kavram sayıları yeterli olsa da hiyerarşi, görsellik ve çapraz bağlantı açısından bazı eksiklikler göstermişlerdir. Bununla beraber bir takım kavram yanlışlarına da rastlanmıştır. Mesela nükleik asitlerin çeşidi olarak nükleotidler gösterilmiştir. Nükleotid çeşidi olarak pürin ve pirimidin gösterilmiştir. Ayrıca, DNA ve RNA nın birbirine dönüştüğünü gösteren çizimlerde rastlanılmıştır. Benzer bulgulara Yarden vd. (2024) ve Briggs vd. (2016) nın yapmış olduğu çalışmalarda rastlanılmaktadır.

En düşük puanı alan gruplar ise 8. Grup (34 puan), 9. Grup (36puan) ve 10. Grup (38 puan) olmuştur. 8., 9. ve 10. grupların kavram haritalarında mRNA, tRNA, nükleotitler gibi temel kavramlar yer almamaktadır. "Pürin" ve "pirimidin" ile "transkripsiyon" ve "translasyon" kavramlarını karıştırdığı gözlenmiştir. Marbach-Ad (2001), tanımları kısmen örtüşen kavramlar ve benzer isimlere sahip kavramlar arasında karışıklık eğilimi olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, çapraz bağlantılar kurulmamış, yani kavramlar arasındaki karşılıklı ve çok yönlü ilişkiler gösterilmemiştir. Bunların yanı sıra, görsel düzen ve okunabilirlik açısından da eksiklikler mevcuttur. Dolayısıyla bu eksiklikler 8., 9. ve 10. grupların toplam puanlarının diğer gruplara kıyasla düşük kalmasına neden olmuştur. Yarden vd.(2004), 118 üniversite öğrencisi ile yapmış oldukları çalışmada sadece öğrencilerin %17 sinin doğru kavram haritası yaptıkları geri kalanının bu çalışmadaki benzer eksiklik/hataları sergiledikleri gözlenmiştir. Ayrıca, birçok öğrenci ATP veya GTP gibi enerji moleküllerin aynı zamanda bir nükleotid olduğunu fark etmemişlerdir.

1. ve 4. gruplarda etkinlik sonucunda, öğrencilerin kavramlar arasında daha güçlü ilişkiler kurabildikleri, özellikle replikasyon ve protein sentezi süreçlerinin işleyişini daha net ifade edebildikleri gözlemlenmiştir. Kavram haritası kullanımı, öğrencilerin sadece tanımlayıcı bilgileri değil, kavramsal bağlamda ilişkileri de öğrenmesini desteklemiştir. Örneğin, 5. ve 6. gruplar, DNA bazları arasındaki baz eşleşmeleri gibi bağlantıları daha iyi kurabilmişlerdir. Ayrıca, kavram haritaları, öğrencilerin sadece tanımları değil süreçlerin sırasını ve işlevsel bağlantılarını da anlamalarını sağlamıştır. Özellikle 1. ve 4. gruplar, protein sentezi sürecini oluşturan transkripsiyon ve translasyon aşamalarını hem doğru sırayla yerleştirmiş hem de bu aşamalar arasındaki ilişkileri ve temel mekanizmaları başarılı bir şekilde kavramışlardır. Bu gruplarda, DNA'dan RNA'ya, oradan da proteine bilgi akışı açık ve anlaşılır biçimde haritada sunulmuş; mRNA ve tRNA gibi süreçteki moleküllerin görevleri de doğru bağlantılarla ifade edilmiştir. Sauthard vd. (2016), yapmış oldukları çalışmalarda genel olarak üst düzey moleküler süreçlerde (replikasyon, transkripsiyon, translasyon) öğrencilerin zihinsel modellerinin parçalı olabileceğini ve kavramsal bütünleşme eksikliğinin sık görüldüğünü ifade etmektedirler. Bu durumu aşmak için, çeşitli kavramsal organizasyon araçlarının (ör. kavram haritaları) öğrencinin mentallerini açığa çıkarmada ve yapılandırmada yardımcı olduğunu vurgulamaktadırlar.

Örneğin 4. grubun oluşturduğu kavram haritasında, merkez kavram olarak "Nükleik Asitler" seçilmiş ve bu kavramdan DNA ve RNA olmak üzere iki ana kola ayrılmıştır. DNA kolu altında "nükleotit", "replikasyon" ve "protein sentezi" kavramları yer almıştır. "Nükleotit" kavramının altına ise "şeker", "fosfat" ve "organik baz" dalları eklenmiş, organik bazlardan da adenin, timin, guanin ve sitozin kavramları gösterilmiştir. "Protein sentezi" dalı altında ise süreç, "transkripsiyon → mRNA oluşumu", ardından "translasyon → amino asit dizilimi" şeklinde sıralı ve mantıksal olarak doğru bir şekilde yapılandırılmıştır. RNA kolu ise mRNA, tRNA ve rRNA olarak üç dala ayrılmış; mRNA'nın tRNA ile etkileşime girerek ribozomda protein sentezine katkıda bulunduğu ilişkiler kavramsal bağlantılarla ifade edilmiştir. Bu kavram haritası, hiyerarşik yapı, kavramlar arası anlamlı bağlar ve süreçlerin doğru sıralanması açısından örnek niteliğinde olmuş ve bu nedenle yüksek puan almıştır.

Yarden vd. (2004), kavram haritalarında hiyerarşik yapısına dikkat edilmesini vurgulayıp şu örneği vermişlerdir: Nükleik asitler, nükleotidler, pürinler ve pirimidinler kavramları arasındaki hiyerarşi vurgulanmalıdır. Ayrıca, öğrencilerin daha aşına oldukları DNA, RNA ve protein gibi kavramların, daha sonra nükleik asitler ve nükleotidler gibi daha az aşına olunan diğer kavramlara dallanarak genişletilebilecek bir platform olarak kullanılmasını önermişlerdir.

Bu bulguların yanında etkinlik sonrasında öğrencilerden alınan geri dönüşlere göre öğrenciler kavram haritası etkinliğini "eğlenceli", "öğrenmeyi kolaylaştırıcı" ve "grup çalışmasını destekleyici" olarak değerlendirmişlerdir.

Öğrencilerden ders esnasında alınan geri bildirimlere bakıldığında öğrencilerin aynen şunları ifade ettikleri gözlemlenmiştir.

"Harita yaparken hangi kavramın diğerini etkilediğini daha iyi anladım." - (Öğrenci M)

"DNA'nın yapısının protein senteziyle nasıl bağlantılı olduğunu görmemi sağladı." - (Öğrenci H)

"Daha önce bu konuları ezberliyordum. Ama haritayı yaparken her şey birbirine nasıl bağlı, onu anladım." - (Öğrenci A)

"Transkripsiyon ve translasyon kafamı karıştırıyordu. Harita çizince farklarını daha net anladım." - (Öğrenci C)

"Bu etkinlik çok güzeldi. Normalde sıkıldığım derslerde bu kadar dikkatli olmam." - (Öğrenci D)

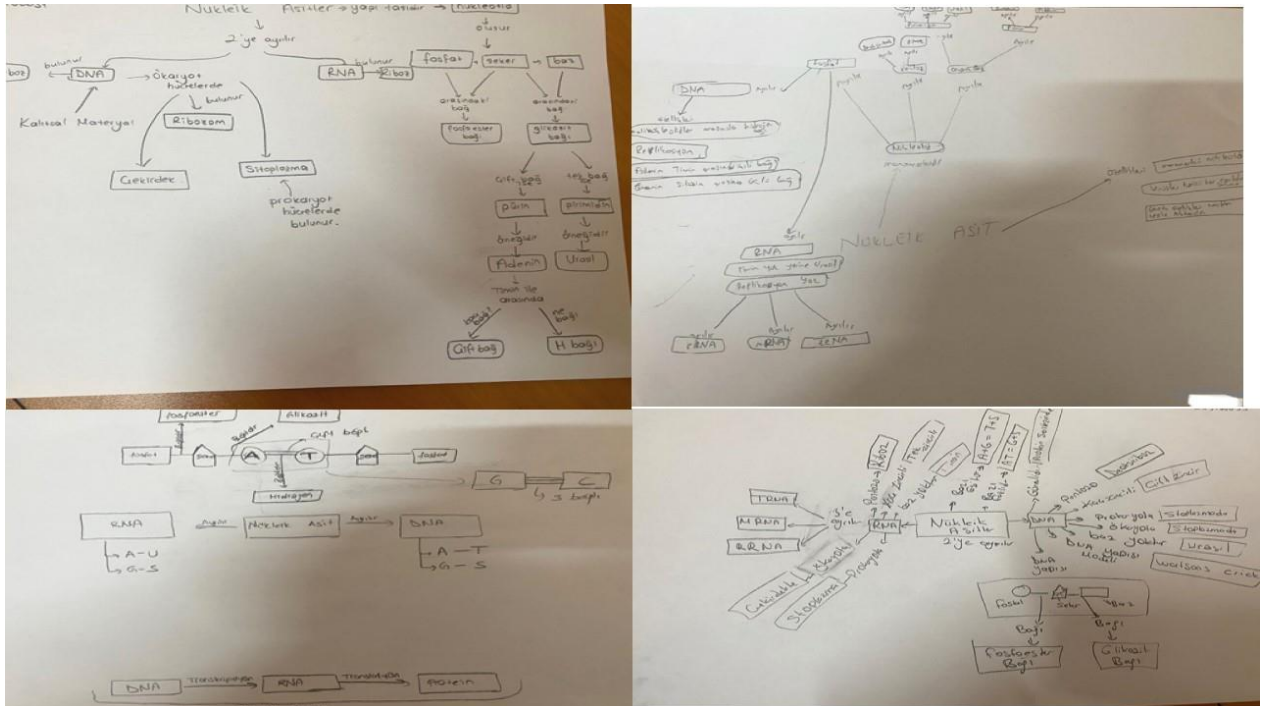
"Birlikte düşünmek daha eğlenceliydi. Grup olarak neyi yanlış bildiğimizi fark ettik." - (Öğrenci G)

"Bence tüm dersler böyle yapılmalı, çünkü böyle öğrenmek daha kolay ve akılda kalıcı." - (Öğrenci K)

"Harita çizdiğimiz için görsel olarak aklımda kaldı. Kitapta olduğu gibi karmaşık gelmedi." - (Öğrenci C)

Bu bulgular, kavram haritalarının öğrencilerin yapılandırılmış ve ilişkisel bilgi geliştirmelerine katkı sağladığını göstermektedir ki konuyla alakalı diğer çalışmalarda bu bulguyu desteklemektedir. Yarden vd. (2004), kavram haritasını öğrencilerin kavramlarını dışa vurmak için bir araç olarak kullanmanın oldukça etkili olduğunu savunmuşlardır.

Araştırma kapsamında gruplara ait oluşturulan kavram haritası örnekleri Şekil 1'de sunulmaktadır.



Şekil 1. Öğrenci Grupları Tarafından Oluşturulan Kavram Haritası Örnekleri.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Çalışmadan elde edilen bulgular çalışmanın amaç veya hipotezlerinde belirtilen sıraya göre Biyoloji eğitiminin önemli hedeflerinden biri kavramların anlamlı ve akılda kalıcı öğrenilmesi ile doğru kullanımını sağlamaktır. Bu hedefe ulaşmak için uygun öğretim yönteminin seçimi önemlidir (Özgün ve Yalçın, 2019). Kavram haritaları, kavramları ve aralarındaki ilişkileri hiyerarşik olarak görselleştirmesi sayesinde anlamlı öğrenmeyi destekleyen ve kavram yanlışlarının giderilmesinde etkili bir yöntem olarak kabul edilmektedir. Bilginin zihinde somut ve görsel olarak düzenlenmesini sağlayan bu yöntem, bir öğretim yılı, tek bir ünite ya da ders kapsamında önemli kavramlar arasındaki ilişkileri şematize etmek için oldukça etkilidir. Kavram haritası yöntemi, diğer alanlarda olduğu gibi biyoloji öğretiminde de anlamlı öğrenmeyi sağlamada önemli bir araçtır (Kaptan, 1998).

Mevcut araştırmada kavram haritası temelli bir öğretim etkinliği uygulanmış; öğrencilerin nükleik asitler konusundaki kavramsal öğrenmeleri ve kavramlar arasındaki ilişkiler hakkındaki var olan durumları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, kavram haritalarının özellikle kavramlar arası ilişkilerin kurulmasında, süreçlerin doğru sıralanmasında ve karmaşık biyolojik yapıların kavranmasında öğrencilere anlamlı katkılar sağladığını göstermiştir.

Öğrencilerin oluşturduğu kavram haritalarında, özellikle yüksek puan alan gruplarda nükleik asitlerin yapısı, DNA'dan RNA'ya ve oradan proteine bilgi akışı, süreçlerin doğru sıralanması ve temel moleküller arasındaki ilişkilerin başarılı bir şekilde ifade edildiği görülmüştür. Bu gruplar (1. ve 4.) hem kavram sayısı hem de bağlantı çeşitliliği açısından zengin haritalar oluşturarak yüksek düzeyde kavramsal bütünlük sağlamıştır. Buna karşın düşük puan alan gruplarda temel kavramların eksik kullanıldığı, kavramlar arası bağlantıların kurulmadığı ve süreçlerin doğru sıralanmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca öğrenci geri bildirimleri de kavram haritalarının öğrenmeyi kolaylaştırdığı, görsel olarak bilgilerin zihinde kalıcılığını artırdığı ve grup çalışması yoluyla etkileşimi desteklediği yönündedir.

Ayrıca, kavram haritaları, öğrencilerin başarı düzeylerini ölçmenin ötesinde, onların bilişsel yapılarını ve kavram yanlışlarını ortaya çıkarmada eğitimcilere önemli katkılar sağlayan meta bilişsel araçlardır. Bu nedenle, öğrenci başarısını değerlendirmek için yalnızca tek bir yöntem yerine, çeşitli ölçme ve değerlendirme araçlarının birlikte kullanılması daha etkili sonuçlar verecektir (Şen ve Yılmaz, 2018). Bu nedenle kavram haritası kullanımının yalnızca nükleik asitler gibi soyut ve karmaşık konularla sınırlı kalmayıp, farklı biyoloji konularında da uygulanması ve öğretim programlarında bu yönetime daha fazla yer verilmesinin önemli olduğu düşünülmektedir. Öğrencilere kavram haritası hazırlama becerilerinin kazandırılması ve bu becerilerin çeşitli ders içeriklerinde düzenli olarak pekiştirilmesi, anlamlı öğrenmenin sürekliliğini sağlayacaktır. Ayrıca, ileride yapılacak araştırmalarda farklı sınıf seviyelerinde ve farklı konu alanlarında kavram haritası temelli öğretim uygulamaları genişletilerek yöntemin etkililiği incelenebilir.

Sonuç olarak elde edilen bulgular, kavram haritalarının kavramsal ilişkileri görünür kılarak öğretim sürecinde etkili bir araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Çalışma için etik kurul onayı, Kafkas Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'nun 25.07.2025 tarihinde yapılan 75 sayılı 03 nolu kararı ile alınmıştır.

Yazarların Makaleye Katkı Oranları

Yazarlardan Meryem KONU KADIRHANOĞULLARI' nın makaleye katkısı %50 olup yazarlardan Esra ÖZAY KÖSE' nin makaleye katkısı da %50 şeklindedir.

Çıkar Beyanı

Bu çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yapay Zekâ Kullanımı ve Sorumluluk Beyanı

Yazar(lar), bu makalenin hazırlanma sürecinde, yalnızca dil düzenleme amacıyla yapay zekâ destekli araçlardan faydalandığını, ancak bilimsel içeriğin ve değerlendirmelerin tamamen kendilerine ait olduğunu ve bu konuda tüm sorumluluk yazara (yazarlara) ait olduğunu beyan etmektedir.

Kaynakça

- Biçer, N., & Çakmak, D. (2022). Matematik dersi çokgenler alt öğrenme alanında kavram haritaları kullanımının akademik başarıya ve kalıcılığa etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 13(2), 1-12.
- Brigandt, I. (2013). Explanation in biology: Reduction, pluralism, and explanatory aims. *Science & Education*, 22(1), 69-91. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9350-7>
- Briggs, A. G., Morgan, S. K., Sanderson, S. K., Schulting, M. C., & Wieseman, L. J. (2016). Tracking the resolution of student misconceptions about the central dogma of molecular biology. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(3), 339-350.
- Cofie, R., Sarfo, J. O., & Doe, P. F. (2021). Teaching and learning of genetics using concept maps: an experimental study among midwifery students in Ghana. *European Journal of Contemporary Education*, 10(1), 29-34.
- Çiftel, E. (2013). *Lise 9. sınıf biyoloji dersinde yer alan nükleik asitler ve ATP konusunun işbirlikli öğrenme yöntemi ile öğretilmesinin öğrenci başarısına, tutumuna ve görüşlerine etkisi*. Atatürk Üniversitesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Erzurum.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2005). *Research methods in education* (5th Ed.). London: Routledge Falmer.
- Daley, B. J., Shaw, C. A., Balistreri, T., Glasenapp, K., & Piacentine, L. (1999). Concept maps: A strategy to teach and evaluate critical thinking. *Journal of Nursing Education*, 38(1), 42-47.
- Gedizgil, Z., & Deryakulu, D. (2008). Kavram haritalamanın bilgisayardan hoşlanma ve bilgisayar dersine yönelik güdülenme üzerindeki etkisi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(34), 106-115.
- Güneş, H. (2012). Origami technique in the teaching of nucleic acids. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 43, 222-233
- Juremi, N. R. M., Zulkifley, M. A., Hussain, A., & Zaki, W. M. D. W. (2017). Inter-rater reliability of actual tagged emotion categories validation using Cohen's Kappa coefficient. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 95(2), 259.
- Kaptan F. (1998) Fen öğretiminde kavram haritası yönteminin kullanılması. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(14), 95-99
- Keppens, J., & Hay, D. (2008). Concept map assessment for teaching computer programming. *Computer Science Education*, 18(1), 31-42. <https://doi.org/10.1080/08993400701864880>
- Kerr, G. H., Fischer, C., & Reulke, R. (2015, July). Reliability assessment for remote sensing data: beyond Cohen's kappa. In *2015 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)* (pp. 4995-4998). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2015.7326954>
- Kinchin, I. M., David, B., H., & Adams, A., (2000). How a qualitative approach to concept map analysis can used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educational Research*, 42(1), 43-57. <https://doi.org/10.1080/001318800363908>
- Koçakoğlu, M. (2002). *Lise öğrencilerinin genetik kavramlardaki bilgi düzeyleri*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Köse, E. Ö. (2014). Using of concept maps in teaching of cell and organelles. *International Journal of Turkish Education Sciences*, 3, 116-121.
- Marbach-Ad, G. (2001). Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. *Journal of Biological Education* 35(4): 183-189.

- McClure, R. J., Sonak, B., & Suen, K. H. (1999). Concept map assesment of classroom learning: Reliability, validity, and logistical practicality. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(4):475-492. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199904\)36:4<475::AID-TEA5>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199904)36:4<475::AID-TEA5>3.0.CO;2-O)
- Novak, J.D., & Gowin, R. (1984). *Learning how to learn*. New York: Cambridge University Pres.
- Orak, G., & Kandemir, N. (2023). Fen bilgisi öğretmen adaylarının kavram haritası destekli çevre eğitimi hakkındaki görüşleri. *Uluslararası Beşeri Bilimler ve Eğitim Dergisi*, 9(19), 97-119. <https://doi.org/10.59304/ijhe.1191559>
- Özgün, B. B. G., & Yalçın, F. S. (2019). Kavram haritalarının genel biyoloji dersine yönelik tutum ve akademik başarıya etkisi. *Kastamonu Education Journal*, 27(3), 1149-1162. <https://doi.org/10.24106/kefdergi.2724>
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 41(5), 513-536.
- Southard, K., Wince, T., Meddleton, S., & Bolger, M. S. (2016). Features of knowledge building in biology: Understanding undergraduate students' ideas about molecular mechanisms. *CBE – Life Sciences Education*, 15(1), ar7.
- Saygın, Ö. (2009). *Öğrenme halkası modelinin lise öğrencilerinin nükleik asitler ve protein sentezi konularını anlamalarına, motivasyonlarına ve öğrenme stratejilerine etkisinin incelenmesi*. Doktora Tezi. Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Schroeder, N. L., Nesbit, J. C., Anguiano, C. J., & Adesope, O. O. (2018). Studying and constructing concept maps: A meta-analysis. *Educational psychology review*, 30(2), 431-455. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9403-9>
- Şen, Ş., & Yılmaz, A. (2018). Öğretmen adaylarının kavramsal anlamalarının iki kavram haritası puanlama yöntemi ile incelenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 12(2), 649-672. <https://doi.org/10.17522/balikesirnef.506513>
- Sever, R., Budak, F. M., & Yalçınkaya, E. (2009). Coğrafya eğitiminde kavram haritalarının önemi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(2), 19-32.
- Sezer, S. (2005). Öğrencinin akademik başarısının belirlenmesinde tamamlayıcı değerlendirme aracı olarak rubrik kullanımı üzerinde bir araştırma. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(18), 61-69.
- Talanki, R. S. (2015). Effectiveness of Concept Mapping Strategy on Understanding and Retention among Secondary School Students. *Artha Journal of Social Sciences*, 14(1), 15-25.
- Temelli, A. (2006). Lise öğrencilerinin genetikle ilgili konulardaki kavram yanlışlarının saptanması. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 14(1): 73-82.
- Ültay, E., Akyurt, H., & Ültay, N. (2021). Sosyal bilimlerde betimsel içerik analizi. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, 10, 188-201. <https://doi.org/10.21733/ibad.871703>
- Yarden, H., Marbach-Ad, G., & Gershoni, J. M. (2004). Using the concept map technique in teaching introductory cell biology to college freshmen. *bioscene: Journal of College Biology Teaching*, 30(1), 3-13.

EXTENDED SUMMARY

A concept map is a node-link diagram where each node represents a concept and the relationships between concepts are shown through connections (Schroeder et al., 2018). Concept maps are one of the effective teaching tools that can be used in all levels and subjects of education. Because they enable the concretization of abstract information, they are particularly helpful for students with learning disabilities to better understand subjects. This method allows students to perceive complex structures holistically, rather than in parts. It also supports lasting learning by establishing a strong link between the processes of recognizing and remembering a concept (Sever et al., 2009).

Science encompasses many different disciplines. Biology, one of these disciplines, is a fundamental branch that provides information related to self-awareness and understanding the

processes occurring in one's metabolism (Brigandt, 2013). In this respect, biology is not merely a field based on information transfer, but a discipline that requires students to make sense of things by establishing conceptual relationships (Çiftel, 2013). However, it is common for students to have difficulty fully understanding certain concepts in such courses and to hold various misconceptions. One effective way to overcome this problem is to use concept maps, which help students make connections between core concepts and related sub-concepts (Kinchin, David, and Adam, 2000).

In this context, the topic of nucleic acids, included in biology lessons, further highlights the importance of concept maps. Nucleic acids explain how genetic information is stored, transmitted, and expressed. Furthermore, the DNA → RNA → Protein flow (Central Dogma) explains the fundamental processes of life. Students' understanding of this flow enables them to learn about topics such as enzymes, metabolic pathways, the cell cycle, and cancer biology in the correct context. In addition, students' understanding of the structure of DNA and RNA facilitates their comprehension of higher-level concepts such as mutation, heredity, evolution, and biotechnology. Thus, when students grasp nucleic acids, they approach current scientific and social issues related to biotechnology and molecular biology with greater awareness (Sadler, 2004). However, although nucleic acids are one of the fundamental building blocks of biology, understanding them involves complex and abstract processes (Koçakoğlu, 2002; Saygın, 2009; Temelli, 2006). Indeed, it is noted that abstract processes occurring at the microscopic level, such as nucleic acid and protein synthesis, are difficult for students to mentally visualize (Saygın, 2009). Since nucleic acids are abstract structures, students often have misconceptions about topics such as "DNA-protein relationship," "gene expression," and the "chromosome-gene-DNA" hierarchy. It is thought that teaching such topics with concept maps will ensure holistic learning of the relevant concepts. Looking at the limited number of studies conducted in this context; Yarden et al. (2004), in their study on the use of concept maps in cell biology, stated that concept maps are a summarizing and useful graphic tool in the relevant subject. Cofie et al. (2021), in an experimental study using concept maps in genetics, observed that concept mapping increased the academic achievement of students in health education. Talanki (2015) tried to teach the structure of DNA to middle school students using concept maps and observed that the understanding and recall of the concept were significantly improved among the students. While studies examining topics indirectly related to nucleic acids have demonstrated the advantages of using concept maps as a teaching tool, both in revealing students' existing knowledge and in teaching nucleic acids, no studies have been found that directly examine the effect of concept maps on nucleic acids. Therefore, the main objective of this research is to investigate the effects of a concept map-based teaching activity on students' conceptual learning and their understanding of the relationships between concepts within the context of nucleic acids.

This research is a quantitative study conducted to examine the current state of students' conceptual learning and the relationships between concepts in relation to a concept map-based teaching activity. A descriptive survey model was used as the research design. Descriptive research aims to systematically examine an event, situation, or phenomenon in its current state and to reveal the relationships between events (Ültay et al., 2021).

The research was conducted with 50 first-year students studying at a state university during the spring semester of the 2024-2025 academic year. Convenience sampling was used in the selection of the study group.

Concept maps were used as a data collection tool in this research. Students were asked to create concept maps that included the basic concepts related to the topic of nucleic acids and showed the relationships between the concepts. The maps were evaluated using an evaluation rubric. A rubric is an evaluation tool that structures the expected performance of a student at the end of a specific

teaching process by dividing it into various dimensions and levels. This tool clearly and systematically sets out the criteria for the performance expected of the student (Sezer, 2005).

In the application process of the research, a class of 50 students was divided into 10 groups of 5 students each. Each group created its own concept map by identifying concepts related to nucleic acids throughout the teaching process.

The activity was implemented in 5 lesson hours:

1. Lesson: Information about concept maps was given, and a presentation was made on what to pay attention to when preparing a concept map.

2. Lesson: Basic concepts related to nucleic acids were explained to the students, and example concept maps were shown.

3. Lesson: Students, in groups, created a concept pool with concepts such as DNA, RNA, nucleotide, adenine, guanine, cytosine, thymine, uracil, replication, transcription, translation, etc., and created a map outline.

4. Lesson: Each group completed its own concept map and explained its maps by giving class presentations. Lesson 5: In the lesson, concept maps were evaluated by both researchers using the prepared rubric, and the teacher reflected this in the classroom, informing the students about any shortcomings which were then addressed.

The concept maps created by the students were quantitatively scored according to the determined rubric criteria.

The findings obtained from the study, in the order stated in the aims or hypotheses of the study, indicate that one of the important goals of biology education is to ensure the meaningful and memorable learning and correct use of concepts. Choosing the appropriate teaching method is crucial to achieving this goal (Özgün and Yalçın, 2019).

The results showed that concept maps significantly contribute to students' understanding, particularly in establishing relationships between concepts, correctly sequencing processes, and comprehending complex biological structures.

In the concept maps created by the students, especially in the high-scoring groups, the structure of nucleic acids, the flow of information from DNA to RNA and then to protein, the correct sequencing of processes, and the relationships between basic molecules were successfully expressed. These groups (1st and 4th) created maps rich in both the number of concepts and the variety of connections, achieving a high level of conceptual integrity. In contrast, in the low-scoring groups, it was observed that basic concepts were used inadequately, connections between concepts could not be established, and processes were not correctly sequenced. Furthermore, student feedback indicated that concept maps facilitated learning, increased the retention of information visually, and supported interaction through group work.

Moreover, concept maps are metacognitive tools that provide educators with significant contributions in revealing students' cognitive structures and misconceptions, going beyond simply measuring their achievement levels. Therefore, instead of using only one method to assess student achievement, using a combination of various measurement and evaluation tools will yield more effective results (Şen and Yılmaz, 2018). For this reason, it is considered important that the use of concept maps not only be limited to abstract and complex topics like nucleic acids, but also applied to different biology subjects, and that this method be given more prominence in curricula. Equipping students with concept map-making skills and regularly reinforcing these skills in various course contents will ensure the continuity of meaningful learning. Furthermore, future research could expand

concept map-based teaching applications to different grade levels and subject areas to examine the effectiveness of the method.

In conclusion, the findings demonstrate that concept maps can be used as an effective tool in the teaching process by making conceptual relationships visible.