



## A Review on Science Learning Progressions

Nazlı Ruya TAŞKIN <sup>1</sup>, Sami ÖZGÜR <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Balıkesir University, Necatibey Faculty of Education Balıkesir/TURKEY,  
nazliruya@balikesir.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0001-6027-719X>

<sup>2</sup> Balıkesir University, Necatibey Faculty of Education Balıkesir/TURKEY,  
samiozgun@balikesir.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-6953-0961>

Received : 05.12.2018

Accepted : 19.12.2018

Doi: 10.17522/balikesirnef.506479

---

*Abstract* – Learning progressions, as one of the evidence-based models, are based on the careful design and testing of hypotheses related to the curriculum, and have recently gained popularity in terms of supporting students' core scientific concepts and designing instructional materials to increase their literacy in that area. This review study, which is related to learning progression in science education, has been carried out with the aim of increasing the accessible resources in Turkish literature and attracting more researchers and practitioners while the research, development and examination studies on the subject are progressing rapidly. In this context, this review study includes (a) the definition, general features and potential uses of learning progressions, (b) development, validity and revision of learning progressions, (c) the relationship between learning progressions and assessment and (d) names of previously developed science learning progressions. It is hoped that the study will encourage using learning progressions both in designing professional programs and aligning curriculum, instruction and assessment by looking curricula with a relatively new perspective.

*Key words:* learning progressions, science education, assessment, assessment triangle

-----

Corresponding author: Nazlı Ruya TAŞKIN, Research Assistant Dr, Balıkesir University, Necatibey School of Education, Biology Education Department, Balıkesir/TURKEY

*Note: This review is mainly based on the Phd dissertation of the first author at Balıkesir University, with Sami ÖZGÜR as the supervisor.*

### Summary

Science educators are recently emphasizing the importance of focusing on the core scientific concepts that lead students to more productive and extensive understandings between scientific disciplines. Learning progressions, as one of the evidence-based models, are based

on the careful design and testing of hypotheses related to the curriculum and have recently gained popularity regarding supporting students' core scientific concepts and designing instructional materials to increase their literacy in that area. Learning progressions are the hypothesized “descriptions of the successively more sophisticated ways of thinking about a topic that can follow one another as children learn about and investigate a topic over a broad span of time.” In this review, first, we tried to introduce the potential uses and five necessary elements of learning progressions to Turkish readers. Second, we presented the approaches to the development (escalated and landscape approaches), validation and revision of learning progressions by including previously emphasized challenges in the literature. Third, we tried to examine the relationship between learning progressions and assessments. Finally, we gave the names of some science learning progressions by addressing the development articles. Since learning progressions are expected to help educators to determine the productive points without prescribing a particular curriculum, they serve as a bridge between research about learning and classroom practices. Considering this nature of learning progressions, it would be an essential step to further examine this paradigm for educators and researchers in our country to improve science learning and teachers in schools. Analyzing, adapting and evaluating previously developed and validated learning progressions in teacher education programs seems to be a good starting point for learning progression work to be known in our country. It is hoped that the study will encourage using learning progressions both in designing professional programs and aligning curriculum, instruction, and assessment by looking curricula with a relatively new perspective.

# Fen Öğrenme Progresyonları Üzerine Bir İnceleme

**Nazlı Ruya TAŞKIN <sup>1</sup>, Sami ÖZGÜR <sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi, Balıkesir/TÜRKİYE, nazliruya@balikesir.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0001-6027-719X>

<sup>2</sup> Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi, Balıkesir/TÜRKİYE, samiozgun@balikesir.edu.tr, <http://orcid.org/0000-0002-6953-0961>

Gönderme Tarihi: 05.12.2018

Kabul Tarihi: 19.12.2018

Doi: 10.17522/balikesirnef.506479

*Özet* –Öğrenme progresyonları öğretim programı ile ilgili hipotezlerin dikkatli bir şekilde tasarlanmasına ve test edilmesine dayanan kanıt temelli modellerden biridir ve son yıllarda öğrencilerin merkezi bilimsel kavramları anlamasını destekleme ve o alandaki okuryazarlıklarını artıracak öğretim materyallerini tasarlama anlamında popülerlik kazanmaktadır. Fen eğitiminde öğrenme progresyonları ile ilgili olan bu inceleme çalışması konuyla ilgili araştırma, geliştirme ve inceleme çalışmaları hızla ilerlerken Türkçe alanyazındaki erişilebilir kaynakları artırmak ve daha fazla araştırmacı ve uygulayıcının dikkatini çekmek gereksinimlerinden yola çıkılarak gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda çalışmada konuyla ilgili yapılmış çalışmalar incelenerek (a) öğrenme progresyonlarının tanımı, genel özellikleri, potansiyel kullanım alanları, (b) öğrenme progresyonlarının geliştirilmesi, geçerliliği ve revizyonu ve (c) öğrenme progresyonlarının değerlendirmeler ile ilişkisine yer verilmektedir. Çalışmanın hem profesyonel programların tasarlanmasında hem de öğretim programlarına yeni bir bakış açısı ile bakılarak öğretim materyallerinin ve değerlendirmelerin programla daha uyumlu hale getirilmesinde öğrenme progresyonlarını incelemeye ve kullanmaya teşvik etmesi umulmaktadır.

*Anahtar kelimeler:* öğrenme progresyonları, fen eğitimi, değerlendirme, değerlendirme üçgeni

-----

Sorumlu yazar: Nazlı Ruya TAŞKIN, Arş.Gör.Dr., Balıkesir Üniversitesi Necatibey Eğitim Fakültesi Biyoloji Öğretmenliği Bölümü, Balıkesir/TÜRKİYE

*Not: Bu inceleme çalışması birinci yazarın Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Sami ÖZGÜR danışmanlığında tamamladığı doktora tezinin kavramsal çerçevesine dayanmaktadır.*

## Giriş

Son yıllarda fen eğitimcileri, merkezi kavramlara odaklanarak öğrencileri, bilimsel disiplinler arasında daha üretken ve daha geniş kapsamlı kavrayışlara yöneltmenin önemine vurgu yapmaktadırlar. Bu merkezi kavramların neler olduğu, bu kavramlar arasında nasıl

bağlantılar kurulacağı ve hangi kavramın ne zaman öğretileceği ise bir çok eğitim sisteminde cevaplanması gereken sorular olarak kalmaktadır. Bu soruları etkin bir şekilde cevaplayabilmek için de öğrencilerin bilimi nasıl öğrendiklerine ilişkin kanıtların gözden geçirilmesi, öğretim programının, değerlendirmelerin ve öğretimin bu bilgiye dayalı olarak tasarlanması ve test edilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda öğretim programı tasarlayanların ve yazarların, program materyallerinin kalitesini artırmaları için öncelikle öğrencilerin konu ile ilgili ne bildiklerini, öğrenmede karşılaştıkları zorlukları ve o konuda yaygın olarak sahip oldukları kavram yanlışlarını temele almaları önem kazanmaktadır (Maskiewicz & Lineback, 2013). Bazı yazarlar da öğrencilerin (yerçekimi, buharlaşma, kimyasal değişim gibi) bazı olgularla ilgili alternatif kavramlarının yaşla birlikte bir ilerleme gösterdiğini belirttiklerinden (örn: Vosniadou, 2008) özgün bilimsel fikirlerle ilgili düşünmenin izlediği yolları ve sıçrama tahtalarını tanımlayan öğrenme progresyonları modeli gelişmiştir. Öğretim programı ile ilgili hipotezlerin dikkatli bir şekilde tasarlanmasına ve test edilmesine dayanan kanıt temelli modellerden biri olan “öğrenme progresyonları (learning progressions- LPs)” da öğrencilerin merkezi bilimsel kavramları anlamasını destekleme ve o alandaki okuryazarlıklarını artıracak öğretim materyallerini tasarlama anlamında popülerlik kazanmaktadır (Alonzo & Steedle, 2008; Battista, 2011; Duschl, Maeng & Sezen, 2011).

İngilizce alanyazında “learning progressions” olarak kullanılan kavramın Türkçe’ye nasıl kazandırılacağı, bu modelle ilgili çalışmaya başlarken öncelikle ele alınan konulardan biri olmuştur. Latince *proressionem* (yalın halde *proressio*) sözcüğünden köken alan progresyon sözcüğü Türkçede “bir durumdan diğerine doğru hareket etme eylemi”, “ileriye doğru gitme, ilerleme, tekamül, büyüme, çoğalma” anlamlarına gelmektedir. “Progresyon” sözcüğü, özellikle Tıp alanında, sıklıkla ilerleme veya genişleme anlamında (örneğin kanser progresyonu) kullanılmaktadır. Kavrama İngiliz Diline hakim uzmanlardan alınan görüş doğrultusunda önerilen ilk karşılık “öğrenme süreçleri” olmuştur. Ancak öğrenme süreçleri, özellikle öğrenme psikolojisi alanında karşımıza çıkmakta ve “türe özgü davranış organizasyonundaki bazı bölümlerin inşasında kullanılabilecek araçlar” (Baerends, 1988) şeklinde tanımlanmaktadır. Buradan hareketle öğrenme süreçlerinin bir çok farklı türde ve farklı durumda genel bir öğrenmeyi işaret ettiği söylenebilir (Domjan, 2015). Kavramla ilgili akademik tarama yapıldığında ise özellikle matematik eğitimi topluluğu tarafından kullanılan “öğrenme yörüngeleri (learning trajectories)” ile eş anlamlı olarak kullanıldığı çalışmalara rastlanmıştır. Öğrenme yörüngeleri, öğrenme progresyonlarının tasarlanması ve geçerliliğinin saptanmasına yönelik yöntemlere katkıda bulunan önemli kaynaklardan biri olmasına rağmen

aralarında nüanslar olduğundan ayrıştırılması gerekmektedir. Çünkü öğrenme progresyonları daha büyük materyal yığınlarını ifade ederek öğretim programı gibi daha geniş bağlamlarda ele alınırken öğrenme yörüngeleri düşüncelerin, akıl yürütme yollarının ve stratejilerin gelişimsel olarak sıralanmasıdır (Battista, 2011; Confrey & Maloney, 2015). Yapılan taramada görülen bir diğer ifade ise Mesutoğlu (2017) tarafından İngilizce olarak yapılan doktora tez çalışmasının Türkçe özet kısmında karşılaşılan “öğrenme ilerlemeleri” kavramı olmuştur. Ancak öğrenme progresyonlarının tanımı göz önüne alındığında ilerleme sözcüğünün yaklaşımın anlamında daralma meydana getirdiği düşünüldüğünden “öğrenme progresyonları” şeklinde kullanılmasına karar verilmiştir.

Öğrenme progresyonları, en iyi öğretim sırasını araştıran çalışmaların aksine tüm öğrencilerin genel bir sırayı değil disipline ait önemli özgün fikirler etrafında (örneğin atom-molekül teorisi, hücre teorisi) çoklu ve etkileşimli sıralar izleyecekleri varsayımına dayanmaktadır (Hammer & Sikorski, 2015). Stevens ve ark.’na (2007) göre öğrenme progresyonlarının tanımlarında geçen sıra, dizilim gibi noktalara odaklanarak göreceli olarak doğrusal bir ilerlemeden bahsedildiğini düşünmek sık karşılaşılan bir durumdur. Ancak bilimsel disiplinler birbirinden izole bir şekilde gelişemediğinden aslında bu ilerleme merkezi kavramla veya fikirle ilgili dallanan ve bağlantılar oluşturan stratejik bir sıralamayı ifade etmektedir.

Öğrenme progresyonları çalışmaları bilimsel konferanslar, kitaplar, özel dergi sayıları, alanyazın taramaları ve araştırma projeleri gibi çok sayıda girişim ile hızla ilerlemektedir (Hammer & Sikorski, 2015). Örneğin Duschl ve ark. (2011) öğrenme progresyonlarının ve öğretme dizilerinin geliştirilmesi ve rapor edilmesi üzerine analitik bir derleme çalışması yapmışlardır. Araştırmacılar bu derlemede nispeten yeni olarak karşımıza çıkan öğrenme progresyonları paradigmasının araştırma ve geliştirmesinde görünen tuzaklara ve güncel perspektiflerin nasıl yorumlanabileceğine dikkat çekmişlerdir. Hammer ve Sikorski (2015) ise öğrenme progresyonları araştırmalarının kapsamlılığı ve ilerlemeyi nasıl kavramsallaştırdığı üzerine üç farklı çerçeveyi ele aldıkları (kalıtım, kuvvet ve hareket, madde) eleştirel bir inceleme çalışması yapmışlardır.

Öğrenme progresyonları üzerine yapılan araştırma, geliştirme ve inceleme çalışmaları çeşitli ülkelerde hızla ilerlerken Türkçe alanyazında erişilebilir kaynakları artırmak, daha fazla araştırmacının ve uygulayıcının dikkatini çekmek gibi bir gereksinim olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple bu inceleme çalışması nispeten yeni bir paradigma olarak

karşımıza çıkan öğrenme progresyonları çalışmalarının geldiği noktayı incelemeyi amaçlamaktadır.

### **Öğrenme Progresyonlarının Tanımı ve Genel Özellikleri**

Yapılandırmacı öğrenme kuramına dayalı yöntem-tekniklerin ve kavramsal değişim yaklaşımının da ön gördüğü gibi öğrenme, hâlihazırda bilinen bilginin ışığında yeni bilgiyi anlamlandırma sürecidir ve buradaki algılanışıyla öğrenme doğası gereği ilerlemeyi içerir (Heritage, 2008). Bu gelişimsel ilerleme öğrencilerin sahip oldukları bilgileri, doğal çevrelerine karşı meraklarından başlayarak, doğal olgulara ilişkin tutarlı ve daha gelişmiş ön-kavramalara doğru dereceli olarak yapılandırmalarına yardımcı olur (NRC Framework, 2012). Öğrenme progresyonları (ÖP); öğrencilerin merkezi bilimsel kavramlara, açıklamalara ve ilgili bilimsel pratiklere yönelik anlayışlarının ve bunları kullanma becerilerinin gelişimsel olarak zamanla nasıl ilerlediğini temsil eden deneysel temelli ve test edilebilir hipotezler olarak tanımlanmaktadır (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007). Diğer bir tanıma göre ise öğrenme progresyonları; öğrencilerin merkezi bilimsel kavramları, açıklamaları ve ilgili bilimsel uygulamaları kavrama ve bunları kullanma becerilerine ilişkin deneysel temelli ve test edilebilir hipotezlerdir (Duschl, Schweingruber & Shouse, 2007). Öğrenme progresyonlarının oldukça kapsamlı olan bu tanımları, yeni gelişen bu çalışma alanıyla ilgili eğitim topluluğunun bir çok faktörü göz önünde bulundurmasını gerektiriyor gibi görünmektedir. Smith ve Wisser'a (2015) göre "Öğrenme Progresyonları Hareketi" çok sayıda, parça parça, sadece ayrıştırılmış disipline ait bilgilere dayalı, parçaların kısmen gelişigüzel bir biçimde farklı seviyelere atandığı, alan bilgisinin ve uygulamaların ilkeler olmaksızın entegrasyonunun bölük pörçük ve üstünkörü öğrenmeye neden olması ile oluşan memnuniyetsizliğe yanıt olarak doğmuştur. Öğrenme progresyonlarına son yıllarda gitgide artan bu ilgi, öğrenme progresyonlarının, öğrenme ile ilgili araştırmalar ile sınıf içi uygulamalar arasında bir köprü olma niteliğinden ileri gelmektedir (Salinas, 2009). Kobrin, Larson, Cromwell ve Garza'ya göre (2015) öğrenme progresyonlarının potansiyel kullanım alanları (a) standartların geliştirilmesi, (b) öğretim programlarının geliştirilmesi, (c) geniş kapsamlı sonuç değerlendirmelerinin tasarlanması, (d) biçimlendirici değerlendirmeler ve öğretime temel oluşturma ile öğretmenlerin ihtiyaçlara uygun kararlar vermesine bilgi sağlama ve (e) pedagojik alan bilgilerini artırma potansiyeli ile öğretmenlerin hazırlık, uygulama ve profesyonel gelişimlerini desteklemektir.

Corcoran, Mosher ve Rogat'a (2009) göre öğrenme progresyonları en az şu beş elemanı içermelidir:

1. Toplumsal beklentiler, disiplinin analizi ve/veya bir üst seviyedeki eğitime giriş gereksinimleri tarafından belirlenen öğrenme progresyonunun bitiş noktasında bulunan öğrenme hedefleri veya hedef performanslar;
2. Geliştirilen ve zamanla takip edilen, anlamının, kavramının ve pratiklerin boyutları olan *süreç değişkenleri*. Bunlar disiplinin veya pratiklerin odağındaki merkezi kavramlardır;
3. Bir öğrenme progresyonu ile takip edilen gelişim patikalarının (pathways) ara basamakları olan *gelişim düzeyleri*. Bu düzeyler bir öğrencinin düşünme sürecinin gelişimindeki entegrasyon düzeyleri (örn: ilgili kavramların ve/veya pratiklerin) ve yaygın evreleri yansıtabilir. Ayrıca, bu türe uygun doğal olmayan ancak fikirlere sıçrama tahtası gibi görev yapan ara basamaklar da bulunabilir;
4. Belirli bir erişim düzeyindeki öğrencilerin yapabileceği görev türleri olan *öğrenme performansları*. Bunlar öğrencinin bilgisini ve kavrayışını gösterebileceği değerlendirmelerin geliştirilmesi için gerekli ayrıntıları sağlar.
5. Hipotetik olarak ortaya konulan progresyon boyunca öğrencilerin gelişimini takip etmek için kullanılan özgün ölçümler olan *değerlendirmeler*. Öğrenme progresyonları, değerlendirmeler geliştirilmeleri, geçerlilikleri ve kullanımları için tanımlayıcı olan bir değerlendirme yaklaşımı içerir.

Bu beş elemandan yola çıkarak öğrenme progresyonlarının ana özelliklerini belirten Duncan ve Hmelo-Silver'a (2009) göre ise öğrenme progresyonları hedeflenen öğretim ve öğretim programı ve değerlendirme arasında köprü kurmaktadır. Bu bağlamda öğrenme progresyonları, belirli bir öğretim programını reçete etmeden öğretmenlerin üretken noktaları tespit etmelerine yardımcı olur. Aynı zamanda öğrencilerin nerede olduklarını ve nereye gideceklerini ortaya sererek tek bir öğretim hedefinden daha geniş bir görüş sağlar (Alonzo, 2011).

### **Öğrenme Progresyonlarının Geliştirilmesi, Geçerliliği ve Revizyonu**

Alonzo ve Steedle'a (2008) göre geliştirilme süreci ve öğrencilerin kavrayışlarının değerlendirilmesinde kullanılması öğrenme progresyonlarının sahip olduğu temel zorluklardır. Öğrenme progresyonları ilave verilere dayalı olarak sürekli düzenlenmeye edilmeye ihtiyaç duyan hipotezleri temsil ettiğinden öğrencilerin düşüncelerinin gelişme yollarıyla ilgili bu varsayımların farazi ve çıkarımsal doğasını fark etmek oldukça önemlidir. Shavelson ve Kurpuiş (2012) ise (a) progresyonun iş gördüğü kapsamı izlemenin, (b) uygun

deneysel temelli revizyonları yapmanın, (c) progresyondaki fikirleri test etmek için tasarlanmış materyalleri kullanan sınıflardan veri elde etmenin, (d) bu progresyonları sınıfta uygulayan ve yorumlamalar yapan öğretmenlerin yaşayacakları zorlukların farkında olmanın ve (e) öğrencilerin öğrenme progresyonu boyunca tek bir doğrusal yol izlemeyeceklerini hesaba katarak progresyona ilişkin kavrayışlarının analizlerinin anlamlı ve doğru olduğuna emin olmanın önemini ve zorluğunu vurgulamaktadırlar.

### *Öğrenme Progresyonlarının Geliştirilmesi*

Briggs ve ark.'na (2006) göre öğrenme progresyonu geliştirme süreci progresyonun yapısının tanımlanması ile başlar. Bu yapıyı tanımlarken progresyonun başlangıç ve bitiş noktalarında yer alan çapaların (anchors) tanımlanması gerekmektedir. Alt Çapa, öğrenciler okula başladığında özgün kavramlarla ilgili yapabildiği akıl yürütmelerle ilgili bilinenler olarak tanımlanır. Üst çapa ise toplumun örgün eğitimi tamamladıklarında öğrencilerin bilgi ve kavrayışları hakkında sahip olduğu beklentiler olarak tanımlanır (Salinas, 2009). Üst çapa öğrencilerin bir fen kavramı ile ilgili tanımlanan öğretim programı, kazanımlar, raporlar ve alandaki bilimsel araştırmalarla belirlenebilirken, daha alt düzeyler veya çapalar için ise kavram yanlışları araştırmalarının ve kavramın tam olarak gelişmesine yönelik yapılan çalışmaları içeren alanyazın taraması yapılabilir. Böylece hem fikirlerin sıralanmasını içeren öğrenme progresyonu çerçevesinin belirlenmesi hem de benzer fikirleri düzeyler arasında gruplamak mümkün olur. Bu şekilde öğrenme progresyonları tasarım araştırması şeklinde geliştirilir ve ilgili konuda öğrenmeyi kolaylaştırıcı bağlamın belirlenmesinde rol oynar (Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer & Schauble, 2012). Krajcik'e (2011) göre öğrenme progresyonlarının geliştirilmesinde öğretim deneyimlerinin varlığı öğrencilerin bir düzeyden diğerine ilerlemesini sağlamada araç görevi görebileceğinden oldukça gereklidir. Çünkü ortaya konan çerçeve bir hipotezi belirtir ve progresyon test edilirken öğrencilerin nasıl geliştiğinin de incelenmesi gerekir. Öğrenme progresyonuna dayalı olarak geliştirilen araçlar ve değerlendirmeler olmadığı durumda ise öğretimin sonucunda öğrencilerin fikirlerinin nasıl geliştiğini incelemek sadece var olan öğretim programı materyallerine bağlı olacağından öğrenmeyi destekleme açısından uygun bir durum yaratmaz (Roseman, Stern & Koppal, 2010). Bu gereksinim doğrultusunda başlangıç progresyonundan yola çıkılarak öğrencilerin düzeylerini değerlendirecek madde setleri geliştirilebilir. Öğrencilerin maddelere verdikleri yanıtların gözden geçirilmesiyle hem maddelerin hem de progresyonun öğrencilerin düzeylerini belirlemedeki yetkinliği de değerlendirilebilir. Böylece başlangıç öğrenme



progresyonuna yeni fikirler eklenmesi veya progresyonun içerdiği fikirlerin yeniden organize edilmesi de mümkün olabilir (Briggs ve ark., 2006).

Öğrenme progresyonları ile ilgili araştırmalar halen emekleme evresinde olduğundan konuyla ilgili merkezi kaygılardan biri de araştırmacılar ve öğretim programı, değerlendirme ve standart geliştiriciler arasında diyalog sağlanmasıdır (Alonzo, 2010). NRC (2007) raporuna göre öğrenme progresyonları gelişimsel olarak kaçınılmaz değildir ancak iyi tasarlanmış öğretimle sıkı sıkıya ilişkilidirler. Diğer bir deyişle öğrencilerin belirli öğrenme performanslarını gösterebilmesi ve öğrenirken izleyebilecekleri sıra çoğunlukla daha önceki öğrenme fırsatlarına dayanmaktadır. Bu sebeple alan uzmanlarının, araştırmacıların ve deneyimli öğretmenlerin öğrenmeye ilişkin anlayışlarının daha açık hale gelmesi için ortak bir çabada buluşmaları önem kazanmaktadır. Hem araştırmacılara hem de uygulayıcılara anlamlı gelecek progresyonları oluştururken, öğrencilerin nasıl öğrendiğine yönelik uzmanlıkların ve bakış açılarının bir araya getirilmesi ve bu progresyonların geliştirildikten sonra geçerliliğinin de deneysel olarak test edilmesi gerekmektedir (Heritage, 2008).

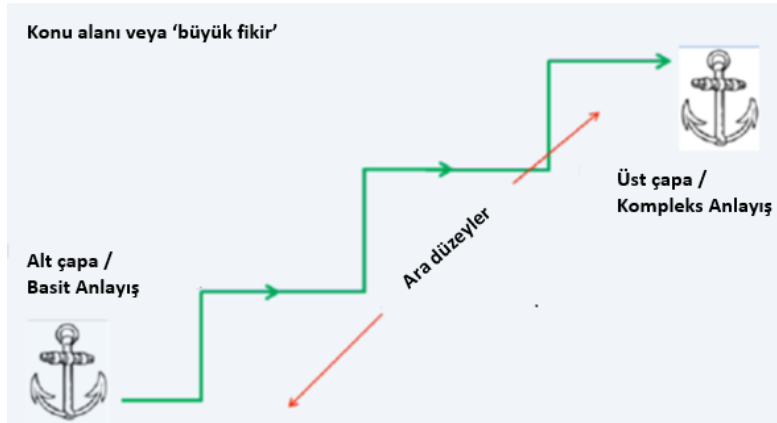
Daha önce öğrenme progresyonları tanımlanırken belirtildiği gibi bu kavram doğrusal bir dizilimi ifade etse de öğrenme her zaman doğrusal bir yörüngede meydana gelmez. Öğrenme progresyonları merkezi kavramlar veya büyük fikirler arasında dallanan ve bağlantılar oluşturan stratejik bir sıralamayı ifade etmektedir (Stevens vd., 2007). Bu bağlamda öğrenme progresyonlarını birbirinden izole bilgi şeritlerinden ziyade fikirlerin oluşturduğu bir grup olarak ele alınarak, disiplinlere ait fikirler arasındaki ilişkileri gösterecek birbiri ile bağlantılı şeritler örgüsü olarak algılayabilmek oldukça önemlidir (Heritage, 2008).

Araştırma alanyazınında başlangıçtaki öğrenme progresyonunun geliştirilmesi için çeşitli yaklaşımlar bulunmaktadır. Örneğin Heritage (2008) öğrenme progresyonlarının geliştirilmesinin genel hatlarıyla iki temel yaklaşımla nitelendirilebileceğini belirtmekte ve bu yaklaşımlara *tabandan tepeye (bottom-up)* ve *tepeden tabana (top-down)* yaklaşımlar adını vermektedir. Salinas ise (2009) *tırmandırılmış yaklaşım (escalated approach)* ve *manzara yaklaşımı (landscape approach)* olmak üzere iki temel yaklaşım tanımlamaktadır. Bu yaklaşımlar incelendiğinde farklı isimler verilmiş olsa da bu yaklaşımların eşleştiğini söylemek mümkündür. Diğer bir deyişle tırmandırılmış yaklaşımın tabandan tepeye yaklaşımla, manzara yaklaşımının ise tepeden tabana yaklaşımla eşleştiği söylenebilir. Bu iki yaklaşımın ana farklılığı ise öğrenme progresyonlarının oluşturulması süreci ve sonuçta elde edilen ürünlerdir.

### 1. Tırmandırılmış Yaklaşım veya Tabandan Tepeye Yaklaşım

Öğrenme progresyonlarının geliştirilmesinde tabandan tepeye yaklaşım öğrencilerin kavrayışlarını geliştirme sürecinde, içeriği öğrencilerin düşüncelerini temele alarak organize etmeyi desteklemektedir (Alonzo & Gotwals, 2012). Öğrencilerin tecrübesizden (naif) gelişmişe doğru gelişen ilerlemeleri doğrusal olmayabilir veya kolayca tanımlanamayabilir. Bu sebeple de “dağınık orta (messy middle- middle knowledge) olarak adlandırılan, öğrencilerin bazı bilgi parçalarına sahip olduğu ve bazı karmaşık fen görevlerini yerine getirebildiği ancak tüm parçaların tam olmadığı ara düzeyler vardır (Gotwals & Songer, 2010). Bu yaklaşımda tırmanma fikri daha yüksek düzeylere doğru gelişmeyi veya ulaşmayı ve yoğunluktaki artışı ifade etmektedir. Kavramsal değişim teorisinde, doğal olgularla ilgili algılanan (bilinen) ve bu olguların bilimsel açıklamaları arasında bilişsel bir uyumsuzluk (çatışma) olduğunda öğrenme tetiklenebildiğinden tırmanma terimi kavramsal anlayıştaki değişimleri tetikleyen bilişsel çatışmalara da işaret etmektedir (Salinas, 2009).

Tırmandırılmış yaklaşım öğrencilerin bir konuya ilişkin anlayışlarının süreç boyunca düzey düzey tanımlanmasını içeren çoğunlukla lineer bir yaklaşımdır. Bu yaklaşımda *Alt ve Üst Çapalar* (Mohan vd., 2009) adı verilen uçlar ve bu çapaların arasında bir veya birden fazla ara düzeyler vardır. Şekil 1’de tırmandırılmış yaklaşımın elemanları görsel olarak verilmiştir.



Şekil 1 Tırmandırılmış yaklaşımın elemanları (Salinas, 2009)

Bu yaklaşımda düzeyler arasındaki geçiş öğrenme performanslarından elde edilen kanıtlara dayalı olarak yapılır. Yaklaşımın en önemli özelliği ise progresyonun araştırma temelli analitik bileşenlerini, öğrencilerin fikirlerinde zamanla meydana gelen gelişimlerin izlenmesi yoluyla elde edilen güçlü deneysel temellerin takip etmesidir. Öğrenmeye ilişkin

geliştirilen değerlendirme araçlarından elde edilen kanıtların ilk taslağı (başlangıç progresyonunu) düzeltmek için kullanılması söz konusu olduğundan yaklaşım döngüsel bir süreci yansıtmaktadır. Şekil 2’de tırmandırılmış yaklaşımın yinelemeli süreci gösterilmektedir.



Şekil 2 Tırmandırılmış yaklaşımda yinelemeli süreç (Salinas, 2009)

Tırmandırılmış yaklaşıma göre öğrencilerin fikirlerindeki ilerlemeyi tanımlamaya odaklanan yinelemeli süreci kullanan çalışmalara bakıldığında (örn. Smith vd., 2006; Mohan vd., 2009; Meritt vd., 2008, Alonzo & Steedle, 2008) gitgide evrimleşen bir süreç görülebilmektedir.

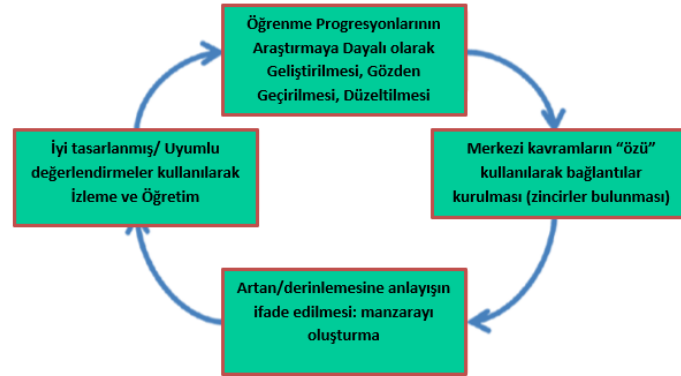
## 2. Manzara Yaklaşımı veya Tepeden Taban Yaklaşım

Bu yaklaşıma ismini veren manzara teriminin arkasındaki fikir, genel durumu şekillendirecek bir grup elemanın zengin ve bağlantılı bir görünüşünün sağlanmasıdır (Salinas, 2009). Bu yaklaşımda bir alanın uzmanları (örn. fizikçiler, matematikçiler veya tarihçiler) kendi alan bilgileri ve alanyazında öğrencilerin o konuda nasıl öğrendiğine yönelik yapılan araştırmaları temele alarak öğrenme progresyonunu geliştirmektedirler. Bu yaklaşımda uzmanlar hipotezlerinin gerçekte nasıl görüldüğüne karar vermek için deneysel araştırmaları kullanmakta ve buna dayalı olarak düzenlemeler yapmaktadırlar (Heritage, 2011). Şekil 3’de manzara yaklaşımındaki yinelemeli süreç kullanılarak geliştirilen öğrenme progresyonlarının yapısı gösterilmektedir.



Şekil 3 Manzara yaklaşımı ile geliştirilen öğrenme progresyonunun yapısı (Salinas, 2009)

Öğrenme progresyonlarını geliştirirken manzara yaklaşımının kullanıldığı çalışmalar incelenerek bu yaklaşım hakkında daha detaylı fikir edinilebilir. Örneğin Catley, Lehrer ve Reiser (2008) yaptıkları çalışmada “evrim” konusundaki büyük fikirleri veya evrime ait kavramları (çeşitlilik, yapı-fonksiyon, ekoloji/karşılıklı ilişkiler, varyasyon, değişim, jeolojik süreçler, argüman şekilleri ve matematiksel araçlar) tanımlayarak bir öğrenme progresyonu geliştirmişlerdir. Bu kavramlar farklı içerik alanlarına aittir. Merkezi kavramların belirlenmesinden sonra araştırmacılar öğrencilerin bu kavramları nasıl öğrendiğine dair ilgili alanyazın araştırmalarını inceleyerek anahtar kavramların düzeyler boyunca gelişimini ve ilişkili öğrenme performanslarını gösteren bir harita hazırlamışlardır.



Şekil 4 Manzara yaklaşımında yinelemeli süreç (Salinas, 2009)

### 3. Tırmandırılmış yaklaşım ve Manzara yaklaşımının karşılaştırılması

İki yaklaşımın ana farklılığı öğrenme progresyonlarının oluşturulması süreci ve sonuçta elde edilen ürünlerdir.

Manzara yaklaşımı, farklı olarak olguları, gözlemleri veya beceri setlerini tanımlayarak farklı içerik alanlarında öğrencilerin daha yüksek düzeylere ulaşması için gerekli bağlantı zincirlerini sunması yönü ile tırmandırılmış yaklaşımdan farklılaşan güçlü analitik bileşenler içerir (Salinas, 2009). Her iki yaklaşım da birbirini dışlamamaktadır. İki yaklaşımın bilinçli ve sistematik bir şekilde birbirine entegre edilip amaca özgü bağlamlar yaratılması özellikle biçimlendirici değerlendirmeler için önemli bir gelişme sayılabilmektedir. Manzara yaklaşımındaki yinelemeli süreç tırmanma yaklaşımındakinden farklıdır çünkü ikinci yaklaşımla oluşturulan öğrenme progresyonunun kullanışlılığı, önerilen dizinin veya progresyonun geçerliliğinin ortaya konulmasına dayanmaktadır. Diğer bir deyişle manzara yaklaşımında öğrenme progresyonlarının sadece öğrencilerin bilgilerinin tanımlanmasına değil öğretim ve değerlendirme amaçlarıyla kullanılması vurgulanmaktadır (Salinas, 2009).

İdeal olarak öğrenme progresyonlarının güçlü bir araştırma temeline dayanması önerilmektedir ancak birçok alanda bu temel var olmadığından aşağıdan yukarıya bir yaklaşım bu boşluğu doldurma anlamında önem teşkil etmektedir (Heritage, 2011).

### *Öğrenme Progresyonlarının Geçerliliği*

Araştırma alanyazınında başlangıçtaki öğrenme progresyonunun geçerliliğinin ortaya konulması için iki temel yaklaşım bulunmaktadır (Duncan & Hmelo-Silver, 2009). Bu iki yaklaşım da öğrenme progresyonu ile ilişkili öğretimsel müdahaleler ve ölçme araçları gerektirmektedir. İlk yaklaşım öğrenme progresyonunun bir parçasında öğrencilerin ilerlemesini destekleyebilecek uygun müdahalenin geliştirilmesi ile başlar (Neumann, Viering, Boone & Fischer, 2013). Bu amaç için öğretim programı, öğretim bileşenleri ve öğrenme ürünleri, öğretim programına ve materyal geliştirmeye rehberlik edecek şekilde detaylıca belirlenir (Krajcik, Drago, Sutherland & Merritt, 2012). Müdahalenin değerlendirilmesi ise öğrencilerin öğrenme progresyonunda varsayıldığı gibi ilerleyip ilerlemediğini araştırmaya imkân verir. Eğer öğrenciler ilerleme kaydettiyse öğrenme progresyonunun geçerliliğini ortaya koyma çalışmaları bir sonraki bileşen için müdahale geliştirilmesi ile devam eder (Neumann vd., 2013). İkinci yaklaşım ise öğrenme progresyonunu bir bütün halinde ele alarak öğrencilerin ilerleyişini araştırmak için bir ölçme aracı geliştirilmesi ile başlar (Mohan, Chen & Anderson, 2009). Geliştirilen araç, var olan öğretim programının öğrenmeye etkisini belirlemek için kullanılabilirdiğinden bu durumda programın öğrenme progresyonu ile bir dereceye kadar bağlantılı olmasını gerektirir. Bu

yaklaşımında öğrencilere tekrar tekrar ölçüm yapılarak öğrenme keşfedilmeye çalışılır (Neumann vd., 2013). Öğrenme progresyonu çalışmaları öğrencilerin düşünce süreçlerinin gelişme yollarını geçerli bir şekilde sunacağı için farklı öğretim programı bağlamlarında boylamsal olarak çalışılmasının önemi vurgulansa da (Briggs vd., 2006) boylamsal çalışmaların zaman ve maliyet gerektirmesi nedeniyle başlangıçta kesitsel çalışmalar da yapılabilmektedir. Her iki yaklaşımda da öğrencilerde varsayıldığı gibi bir ilerleme olmazsa öğretim programı ile ilişki, ölçüm aracı ve öğrenme progresyonunun yeniden gözden geçirilmesi, düzeltilmesi ve deneysel sürecin bir kez daha tekrarlanması gereklidir (Neumann vd., 2013). Buradaki önemli noktalardan biri de bir öğrenme progresyonunun geçerliliğini ortaya koymanın her öğrencinin varsayıldığı gibi ilerlediğini göstermek anlamına gelmediği (Duncan & Hmelo-Silver, 2009; Stevens, Delgado & Krajcik, 2010) öğrencilerden elde edilen bilgilerin öğretim programı, öğretim ve değerlendirmeyi uyumlu hale getirerek öğrencilerin en olası yollarla uzmanlaşmasını sağlayacak şekilde kullanılması demek olduğudur.

### *Öğrenme Progresyonlarının Revizyonu*

Öğrenme progresyonlarının en önemli özelliklerinden biri de progresyonunun düzeyleri arasında basit, belirli, tekyönlü bir rota değil çok sayıda olası yol olabilmesidir. Öğrenme karmaşık bir süreç olduğundan öğrencilerin bu olası yollarda nasıl ilerleyeceğini etkileyen öğrenme bağlamı, öğretim materyalleri, öğretim ile ön bilgi ve deneyimleri içeren birçok faktör vardır. Bunlara ek olarak öğrenciler sınıfa farklı kişisel ve kültürel deneyimlerle gelirler. Bu sebeple öğrenme progresyonlarının deneysel araştırmalara dayalı şekilde yinelemeli olarak revize edilmesi gerekmektedir (Shin vd., 2009). Çok sayıda deneysel çalışmanın tekrar tekrar yapılarak elde edilen verilere dayalı revizyonlar ve düzeltmeler üretilmesi öğrenme progresyonlarının geçerliliğinin bir göstergesidir (Shea & Duncan, 2013; Todd & Kenyon, 2015).

Shea ve Duncan'a (2013) göre öğrenme progresyonlarının revizyonunun iki yönü vardır. Bunlar (a) öğrenme progresyonunun düzeylerinin uygun sayısına ve sonuç olarak tane büyüklüğüne (grain size) karar vermek için deneysel verilerin kullanımı ve (b) bir progresyondaki büyük fikirler arasındaki ilişkiyi nitelendirmek için deneysel verilerin kullanımınıdır. Buna göre öğrenme progresyonlarını rafine etme sürecinde (a) düzeyleri ayırma veya (b) düzey ekleme, (c) düzeyleri birleştirme, (d) düzey çıkarma, ve (e) çoklu yapılar boyunca ilerlemedeki bağımlılıkları belirleme gibi özgün kararlar vermek gerekmektedir.

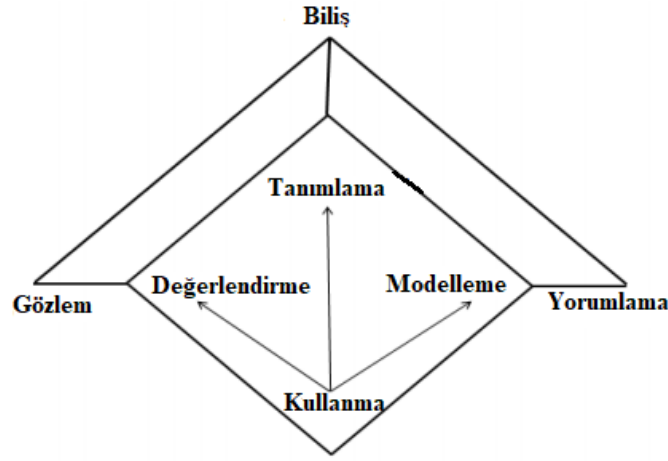
Öğrenme progresyonlarını revize etmek için öğrencilerin bir düzeyden diğerine nasıl ilerlediğini tanımlayan öğrenme hedefleri geliştirilmeli ve bu hedeflere dayalı olarak uyumlu öğretim materyalleri de geliştirilerek sınıfta test edilmelidir (Shin vd., 2009). Bu veriler hem progresyonu test etmeye hem de yapılan öğretimin ve müdahalenin kullanılabilirliğine kanıt sağlamaktadır (Krajcik, 2012; Plummer & Maynard, 2014; Todd & Kenyon, 2015). Ancak progresyonların tamamını, hipotetik şeklinden geçerliliği sağlanmış şekline getirecek şekilde revize etmek hem zaman (iki yıldan üç yıla) hem de kaynak gerektirmektedir (Huynh ve ark., 2014). Bu sebeple, alanyazında büyük ölçekli öğrenme progresyonlarının geçerlilik ve güvenilirlikleri üzerine yapılan çalışmalar sahip oldukları büyük potansiyele rağmen oldukça azdır. Araştırmacılar öğrencilerin nasıl öğrendiğine ilişkin hipotezler geliştirip bunları incelerken genellikle daha küçük ölçekli konuları kısa zaman dilimlerinde ele almaktadırlar. Bu durum da öğrenme progresyonu araştırmaları ile ilişkili zorluklardan biri olarak karşımıza çıkmaktadır.

### **Öğrenme Progresyonları ve Değerlendirme**

Öğrenme Progresyonları paradigması ortaya çıkmadan önce, değerlendirmelerin geliştirilmesi üzerine çalışan araştırmacılar benzer çalışmalar yapmaktaydılar (Corcoran, Mosher & Rogat, 2009). A.B.D Ulusal Araştırma Konseyi'nin (NRC) 2001 yılında yayınladığı “Öğrencilerin Ne Bildiğini Bilmek” adlı raporda (Pellegrino, Chudowsky & Glaser, 2001) değerlendirmelerde bilişsel ve ölçme bilimlerindeki ilerlemelerin göz önüne alınması ile ilgili birtakım önerilerde bulunmaktadır. Buna göre eğer öğrenmenin zamanla nasıl geliştiği ortaya konulabilirse “var olan öğrenci fikirlerini ortaya çıkaracak değerlendirmeler tasarlanabilir ve öğrencilerin daha gelişmiş bir kavrama düzeyine erişmelerini sağlayacak adımlar belirlenebilir” (s.182). Corcoran vd.’ne. (2009) göre bu aslında öğrenme progresyonlarının geliştirilmesi için bir çağrıdır. Bu raporda altı çizilen durumlarla ilgili çalışmalar sonrasında raporda vurgulanan görev tasarımı, psikometrik modelleme, değerlendirme sağlama ve psikolojik araştırmaları koordine eden “kanıt-odaklı tasarım” (Mislevy ve ark., 2003) ve “BEAR değerlendirme sistemi” (örn: Wilson, 2005;2009) gibi çerçeveler geliştirilmiştir.

NRC (2001) raporunda tanımlanan “değerlendirme üçgeni (assessment triangle)” fikri ile öğrenme progresyonları çerçevesi doğrudan ilişkilidir (Pellegrino, Chudowsky & Glaser, 2001). Briggs vd. (2015) ise “Öğrenci Gelişimini Ölçme ve Değerlendirme İçin Öğrenme Progresyonları Çerçevesinin Kullanılması” adlı raporda yüksek kaliteli bir değerlendirme

sisteminin en az üç elemandan oluşması gerektiğini belirtmektedir: (1) öğrenci bilişine yönelik bir teori veya öğrencilerin nasıl öğrendiği, (2) öğrencilerin ne bildiği ve ne yapabileceğine yönelik kanıt toplamak için bir yöntem ve (3) bu kanıttan çıkarımlarda bulunmayı istenen hale getirmeyi sağlayacak bir yöntem. Buna göre bu üç eleman birbirleriyle ilişkilidir ve bu elemanlar arasındaki ilişkilerin keşfedilmesi ve ayrıntılı olarak betimlenmesi öğrenme progresyonları, değerlendirme geliştirme ve öğrencilerin bir olguyu nasıl anladığına yönelik elde edilen sonuçlarla ilgili çalışmalara bir çeşitlilik sağlayacaktır (Alonzo & Gotwals, 2012). Alonzo (2012) öğrenme progresyonlarında tanımlanan başlıklar (tanımlama, değerlendirme, modelleme ve kullanma) ile değerlendirme üçgeninin başlıkları arasında bir eşgüdüm olduğuna vurgu yapmaktadır. Şekil 5'te bu ilişki gösterilmektedir.



**Şekil 5** Değerlendirme üçgeni ve öğrenme progresyonlarının başlıkları arasındaki ilişki (Alonzo, 2012, s.243)

Şekil 5'te görüldüğü gibi öğrenme progresyonlarının tanımlama boyutu değerlendirme üçgeninin biliş boyutu ile, değerlendirme ve modelleme boyutları ise gözlem ve yorumlama boyutlarıyla eşleşmektedir. Buna göre özgün elemanlar arasında dinamik ve birbirine bağımlı bağlantılar ile öğrenme progresyonu çalışmaları değerlendirme üçgeninin genişletilmiş hali olarak görülebilmektedir (Kızıl, 2015).

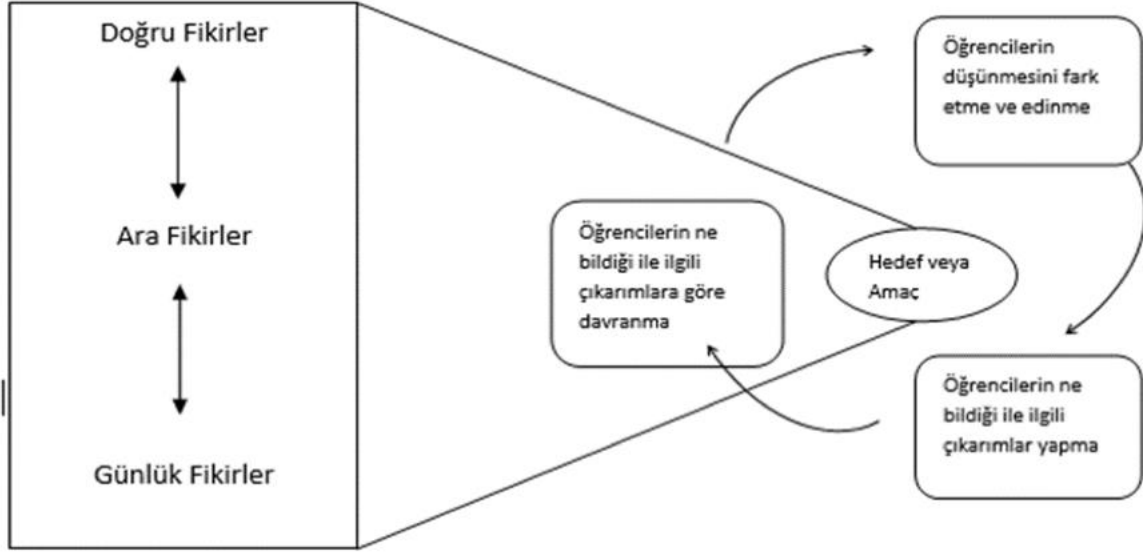
Briggs vd. (2015) öğrenme progresyonları ile ilgili uygulamalarda öğretmenlerin profesyonel gelişime ve işbirlikli zamana ihtiyaç duyacağını belirtmektedir. Buna göre öğretmenlerin var olan öğrenme progresyonlarını kendi ihtiyaçları doğrultusunda adapte etme ve birçok konu alanında önceden geliştirilmiş çerçeveler olmadığından yenilerini geliştirmek için birtakım gereksinimleri olacağı olduğu vurgulanmaktadır. Bunlara ek olarak, öğrenme



progresyonları ile ilgili görevlerin, öğretim adımlarının ve öğrencilerin çalışmalarına dayalı olarak yapılacak düzenlemelerin de öğretmenlerin karşılaşılabilecekleri zorluklar olduğu bu raporda belirtilmektedir. Choi (2012) de öğrenme progresyonları araştırmaları ile ilgili en önemli zorluklardan birinin öğrencilerin yetenekleri hakkında gözlemlenebilir kanıt sağlayan görevler ve öğrencinin performansını yorumlayan analitik modeller arasında bağlantı kurmak için uygun bir çerçeve geliştirmek olduğunu belirtmektedir.

PISA ve TIMMS gibi kriter temelli ve tanılayıcı bilgi sağlayan geniş kapsamlı değerlendirmelerin öğrenme ve öğretmeye uzak olmaları sebebiyle öğrencilerin güçlü ve zayıf yanlarını yeterince temsil etmediğini öne süren bazı araştırmacılar ise konunun odağını sınıf içi değerlendirmelere çekmektedirler (Kızıllı, 2015). Black ve William (1998) değerlendirmelerin öğrenme ile nasıl ilişkilendirileceği ve değerlendirmenin öğretmenlere ve öğrencilere dönüt sağlama amacıyla nasıl kullanılacağı noktasında süren tartışmada iyi tasarlanmış biçimlendirici değerlendirmelerin, öğrenme ve performans sağlamada oldukça güçlü etkileri olduğunu belirtmektedir. Öğrenme hedeflerinin belirlenmesi, bu hedeflere göre öğrencinin nerede olduğunun değerlendirilmesi ve aradaki boşluğun kapatılması için etkili öğretim metotlarının kullanılması, biçimlendirici değerlendirmenin mantığını oluşturmaktadır (Yin vd., 2008). Bu mantıkla biçimlendirici değerlendirmeler hem öğretmenler hem de öğrenciler için detaylı ve zamanında dönütler sağlamayı ve test şeklinde olması gerekmeyen çeşitli değerlendirme araçlarının kullanılması ihtiyacını ön plana çıkarmaktadır (Kızıllı, 2015).

Öğrenme progresyonlarının kullanılma amaçlarından biri de öğrencilerin bir alandaki fikirlerinin gelişme yollarını göstermek olduğundan, öğretmenlerin sınıflarındaki biçimlendirici değerlendirmeleri yapılandırmalarında destek olmak için ideal görünmektedirler. Öğrencilerin biçimlendirici değerlendirmeler esnasında paylaştıkları fikirlerin anlaşılması genellikle güç olduğundan, kavram yanılgıları ve günlük fikirlerle dolu olduğundan, öğretmenler öğrencilerin paylaştıkları fikirleri yorumlamada öğrenme progresyonlarından destek alabilirler (Furtak, 2012). Öğretmenler öğrenci yanıtlarını toplayarak ve öğrenme progresyonlarını yorumlayıcı bir çerçeve olarak kullanarak, onların düşünceleri ile ilgili yapacakları çıkarımlarda bir rehberine sahip olurlar. Öğrenme progresyonunun bir ucundaki fikirler biçimlendirici değerlendirmenin amacı veya hedefi olarak iş görürken, ara ve düşük çapadaki fikirler öğretmenlere, öğrencilerin ne bildiğine ve öğrenci ilerlerken en iyi yolun hangisi olabileceğine ilişkin bilgi sağlar. Şekil 6'da biçimlendirici değerlendirme ve öğrenme progresyonları arasındaki ilişki gösterilmektedir.



Şekil 5 Biçimlendirici değerlendirme ve öğrenme progresyonları arasındaki ilişki (Furtak, 2012)

Alonzo vd.'ne (2012) göre öğrenme progresyonu ile ilişkili değerlendirmeler temelde daha tanılayıcı temelli olduğundan geleneksel değerlendirmelerden farklı hedeflere sahiptir. Çünkü öğretmen hem bir grubun hem de tek bir öğrencinin ölçümlerini rapor ederken de öğrencinin nasıl düşündüğüne ilişkin düzeyleri tanımlamaktadır. Bu değerlendirmeler öğrencinin sadece belli bir fikri veya uygulamayı anlaması için değil daha derinlemesine bir değerlendirme yapılmasını sağlar. Burada biçimlendirici değerlendirme olarak seçilen veya tasarlanan aktivitelerin öğrencilere farklı bilgi ve uygulama düzeylerinde fırsatlar sağlayarak öğrencilerin ne bildiklerini ve ne yapacaklarını gösterebilmelerini sağlaması gerekmektedir (Alonzo, 2012).

### Fen Alanlarında Geliştirilmiş Öğrenme Progresyonları: Modern Genetik Örneği (Duncan vd., 2009)

Duncan vd. (2009) 5.-10. sınıf düzeylerindeki öğrencileri kapsayacak şekilde bir modern genetik öğrenme progresyonu tanımlamıştır. Önerilen modern genetik öğrenme progresyonu öğrencilerin genetikteki düşünme ve öğrenme süreçleriyle ilgili olarak yapılan araştırma alanyazınının analizine, alanın analizine ve ABD ulusal fen standartlarındaki ilgili beklentilere dayalı olarak geliştirilmiştir. Bu süreçte modern genetiğe ait sekiz bileşen tanımlanmıştır ve sunulan progresyon bu sekiz bileşenin öğrenilmesinin beşinci sınıflardan onuncu sınıflara doğru nasıl gelişmesi beklendiğine ilişkin teorik bir çerçeve sağlamaktadır. Bu araştırmacılar tarafından tanımlanan sekiz bileşen (A-H) Tablo 1.'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Modern Genetik Öğrenme Progresyonu (Duncan vd., 2009, s.660)

Büyük Fikrin Bileşenleri	Seviye 1: 5.- 6. Sınıflar	Seviye 2: 7.- 8. Sınıflar	Seviye 3: 9. ve 10. Sınıflar
Soru: Genler, insanların ve diğer organizmaların nasıl görüldüğünü ve işlev gösterdiğini nasıl etkiler? Büyük Fikir: Bütün organizmalar evrensel ve yaşamın işlevlerini yürüten molekülleri niteleyen genetik bilgiye sahiptir. Tüm hücreler aynı bilgiye sahip olmakla birlikte, hücreler hangi bilginin kullanacağını (ifade edileceğini) düzenleyebilir.			
(A) Bütün organizmalar hiyerarşik bir şekilde organize edilen genetik bilgiye sahiptir	İnsanlar, hayvanlar, bitkiler, funguslar ve bakteriler hücrelerinde genlere (genetik bilgiye) sahiptir.	Genetik bilgi hücrelerin kromozomlarında bulunur. Eşeyli üreyen canlıların çoğunda iki set kromozom vardır. Bir organizmanın bütün hücreleri aynı iki kromozom setine sahiptir (eşey hücreleri hariç)	Genler, DNA molekülünün içindeki nükleotid dizileridir. DNA molekülleri, genomumuzu oluşturan kromozomları meydana getirir.
(B) Genetik bilgi, protein yapısını niteleyen evrensel talimatları içerir	Genler, organizmanın nasıl büyüdüğü, geliştiği ve işlev gösterdiğine dair talimatlardır.	Genler, organizmanın işlevlerini yürüten moleküller (çoğunluğu proteinlerdir) için talimatlardır. Bütün organizmalar talimatları için aynı genetik kodu kullanır.	Genetik kod, proteini meydana getiren amino asit dizisine çevrilir. Hemen hemen bütün organizmalar aynı genetik kodu kullanır.
(C) Proteinlerin tüm canlı organizmaların işlevlerinde merkezi bir rolü vardır ve proteinler genler ile özellikleri birbirine bağlan mekanizmalarıdır.	Hücreler yaşamlarını sürdürürebilmek için çok sayıda temel işlevi yürütmek zorundadırlar. Hücre organelleri özgün işlevleri yerine getirir. Hücrelerin, dokuların ve organların yapıları onların işlevlerini belirler. Vücudumuz çok sayıda organizasyon düzeyine sahiptir ve bir düzeydeki değişimler diğerini de etkileyebilir.	Proteinler, hücrenin işlerini yapan küçük makinelere benzer. Proteinlerin kendi fonksiyonlarını gerçekleştirmelerini sağlayan şekilleri ve özellikleri vardır. Farklı türde proteinler vardır (enzimler, reseptörler vb.). Genlerdeki değişimler proteinlerdeki değişimlerle sonuçlanır, bu durum da organizmadaki yapıları ve fonksiyonları etkileyebilir.	Proteinlerin, kendi amino asit dizileri tarafından belirlenen özgün üç boyutlu şekilleri vardır. Proteinlerin kendi özgün özelliklerine dayanan birçok farklı fonksiyonu vardır. Yapıyı etkileyebilen farklı türde genetik mutasyonlar vardır ve bunlar proteinlerin fonksiyonunu ve en nihayetinde de özellikleri etkileyebilir.

Tablo 1'in devamı

(D) Bütün hücreler aynı genetik bilgiye sahiptir ancak farklı hücreler farklı genleri kullanır (ifade eder)	Farklı hücreler bazı ortak ve bazı farklı yapılara ve fonksiyonlara sahiptir.	Farklı hücreler farklı protein dağarcığına sahiptir. Proteinler hücrenin temel ("idare, hizmet") ve biricik fonksiyonlarını yürütür.	Bütün hücreler aynı genetik içeriğe sahiptir ancak hücre tarafından hangi genlerin kullanılacağı (ifade edileceği) düzenlenir.
Soru: Biz ve diğer organizmalar neden görünüş ve fonksiyon açısından çeşitlilik gösteririz? Büyük Fikir: Jenerasyonlar arasında gen transferi örüntüleri vardır. Hücresel ve moleküler mekanizmalar bu örüntüleri yönlendirerek genetik varyasyona sebep olurlar. Çevre genetik özyapımızla (makeup) etkileşerek varyasyona kılavuzluk eder.			
(E) Organizmalar genetik bilgiyi sonraki jenerasyona transfer ederek çoğalırlar.	Bütün organizmalar çoğalır ve genetik bilgilerini kendi döllerine transfer ederler. Hücreler tüm genetik bilgiye sahip yeni hücreler yapmak için bölünürler. Daha büyük organizmalarda her bir ebeveyn yeni jenerasyondaki genetik bilginin yarısına katkıda bulunur.	Hücreler bölünmeden önce kromozom setleri duplike olur ve sonrasında her biri iki kromozom setine sahip iki yeni hücre meydana gelir. Eşeyli üreyen organizmalarda kromozom setleri gametlere mayoz (her bir eşey hücresinde bir tam set) süreci yolu ile rastgele bir şekilde dağılır. Bu süreç yalnızca bir set kromozoma sahip olan eşey hücrelerini oluşturur.	DNA replikasyonu hataları önlemek için oldukça sıkı bir şekilde düzenlenir. Mayoz süreci esnasında kromozomlar arasında parça değişimi olabilir ve kromozomlarda gen versiyonlarının yeni kombinasyonları oluşabilir. Bu durum daha fazla genetik varyasyon yaratır.
(F) Genler ve özellikler arasında korelasyon örüntüleri vardır ve bu örüntüler ile meydana gelebilecek belirli olasılıklar vardır.	Büyüme ve işlev anlamında farklılaşırız. Belirli bir özellik için varyasyonlar vardır. Farklı organizmalar özelliğin farklı versiyonlarına sahiptir.	Bireyler her bir gen için iki versiyona sahiptir (alleller). Setteki her bir kromozom genin bir versiyonunu taşır. Genlerin varyantları ve sonuçta meydana gelen özellik arasında örüntülü korelasyonlar vardır.	Gen varyantları nükleotid dizisi açısından farklılaşır ve bu durum fenotipimizi etkileyen farklı veya eksik proteinlerin meydana gelmesi ile sonuçlanır. Baskın ve çekinik genetik ilişkiler, Gen ürünlerinin fonksiyonun ve etkileşiminin sonucu olarak moleküler düzeyde açıklanabilir.

Tablo 1'in devamı

(G) Genetik bilgideki değişiklik görünüş ve işlevlerimizde değişikliklere sebep olabilir (fenotip), ve DNA'daki bunun gibi değişimler bireyleri n ve türlerin kimliklerini belirleme yolu olarak hizmet edebilir.	Farklı organizmalar farklı genetik bilgiye sahip oldukları için görünüş ve işlev açısından farklılaşırlar. Bir grup organizmada bile özelliklerde varyasyon vardır.	Genetik bilgi bazen değişebilir. Genetik bilgideki değişim proteinlerin yapı ve fonksiyonunda değişiklik ile sonuçlanabilir. Bazı değişiklikler yaşadığı çevrede organizma için faydalı, diğerleri zararlı ve bazıları ise nötr olabilir. Kromozomlar da (X ve Y gibi) kızlar ve erkekler karşılaştırıldığında da farklılık gösterebilir.	DNA mutasyonları genetik varyasyonun sebebidir. Bazı DNA dizileri türler arasında farklılık gösterebilirken diğerleri göstermeyebilir, bu yüzden, diğer türlerle paylaştığımız bazı ortak genler vardır (fareler, sinekler). DNA dizileri bireyler arasında farklılaşabilir ve bu bireyler arasındaki ayrımı yapmamıza imkân sağlar.
(H) Çevresel faktörler genetik bilgimiz ile etkileşebilir.	Çevre özelliklerimizi etkileyebilir. Akrabalığı bulunan organizmalar bile görünüş ve davranış açısından farklılaşabilir.	Çevre, protein düzeyinde (tip ve miktar) değişiklikler ile hücre fonksiyonunu etkileyebilir.	Çevresel etkiler genlerde mutasyona neden olur ve gen ifadesini değiştirebilir.

Tablo 1'de görüldüğü gibi bu genetik öğrenme progresyonu ilgili fikirlerin gelişimini gösteren üç seviyeden oluşmaktadır (Seviye 1: 5-6. Sınıflar, Seviye 2: 7-8. Sınıflar ve Seviye 3: 9-10. sınıflar). Bu çerçeve aynı zamanda 8 bileşen (A-H) ve iki büyük fikir içermektedir (*Büyük Fikir 1*: Bütün organizmalar evrensel ve yaşamın işlevlerini yürüten molekülleri niteleyen genetik bilgiye sahiptir. Hücreler aynı bilgiye sahip olmakla birlikte, hücreler hangi bilginin kullanacağını (ifade edileceğini) düzenleyebilir. *Büyük Fikir 2*: Jenerasyonlar arasında gen transferi örüntüleri vardır. Hücresel ve moleküler mekanizmalar bu örüntüleri yönlendirerek genetik varyasyona sebep olurlar. Çevre genetik özyapımızla (makeup) etkileşerek varyasyona kılavuzluk eder).

Araştırmacılar her bir düzey için beklentileri geliştirmek için alanın teorik çerçevesi ile genetik konularında öğrencilerle daha önce yapılmış çalışmalardan faydalandıklarını belirtmektedirler. Ancak öğrenme progresyonları doğaları gereği varsayıma dayalı olduğundan, öğrencilerin genetikle ilgili kavrayışlarına yönelik çok sayıda çalışma bulunsa da halen alanla ilgili sayısız boşluk bulunduğunu belirterek oldukça özgün bir öğrenme

progresyonunun geliştirilmesinin zorluğuna da dikkat çekmektedirler. Bu öğrenme progresyonu öğrencilerin dikkatli bir biçimde tasarlanmış bir öğretim aldıklarında ne yapabileceklerini gösteren varsayımlar üzerine kurulmuştur ve progresyonun deneysel olarak test edilerek gözden geçirilmesi ve geçerliliğinin ortaya konulmasının önemi vurgulanmaktadır. Çalışmada aynı zamanda her bir büyük fikirde sunulan farklı kavramları yakalamak için ilişkili öğrenme performansları ve değerlendirme görevi örneklerine de yer verilmektedir (Duncan vd., 2009).

#### *Modern Genetik Öğrenme Progresyonu ile ilgili Geçerlilik ve Revizyon Çalışmaları*

Duncan vd. (2009) tarafından geliştirilen ve daha önce açıklanmaya çalışılan öğrenme progresyonunun geçerliliğinin gösterilmesi ve revize edilmesine yönelik çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu inceleme çalışmasında bu çalışmalardan ikisi örnek olarak sunulmuştur.

Shea ve Duncan (2013) çalışmalarında bu öğrenme progresyonunu test etmeye odaklanmışlardır. Bu süreçte (a) öğrenme progresyonunun düzeylerinin sayısı ve tane büyüklüğüne karar vermek için ve (b) bir progresyondaki çoklu büyük fikirler arasındaki ilişkileri nitelendirmek için deneysel verilerin vurgulanmasına işaret ederek revizyon sürecine ait karar verme yöntemlerini tanımlamışlardır. Buna göre progresyonların revizyon sürecinde (a) düzeyi bölme veya düzey ekleme, (b) düzeyleri birleştirme, (c) düzey çıkarma ve (d) çeşitli yapılar boyunca ilerlemekte olan bağımlı durumları tanımlama olmak üzere dört yöntem tanımlamışlardır. Araştırmacılar bu çalışmada daha önce genetik öğrenme progresyonu ile ilgili gerçekleştirdikleri iki yıllık boylamsal bir çalışmada (Duncan, Ruppert, Bausch & Freidenreich, 2008) topladıkları verileri kullanmışlardır. Çalışmada, birinci ünite progresyonun ikinci düzeyinin, ikinci ünite ise progresyonun üçüncü düzeyinin öğrenme hedeflerini yansıtacak şekilde geliştirilen iki ünite kullanılmış ve bu üniteler iki yıl boyunca arka arkaya uygulanmıştır. Üniteleri tasarlayan ekipte bulunan öğretmenlerden biri ise bu üniteleri kendi karışık sınıfında (6., 7. ve 8. sınıf, n=60) uygulamıştır. Revizyon çalışması için bu çalışmada öğrencilerle (n=23) yaptıkları açık uçlu sorulardan oluşan ve genlerin fizyolojik etkilerini nasıl gösterdiğine ve genetik olgularda protein rolüne odaklandıkları görüşmelerden elde ettikleri veriler kullanılmıştır. Yaptıkları analizlerde geliştirilmiş hipotetik progresyonla yakalanmayan bazı kavrama düzeyleri belirlemişlerdir. Progresyonun özellikle genetik bilginin doğasına odaklanan B yapısı ile ilgili analizlerde tanımlanan üç düzeyden farklı kavrama düzeyleri belirlenmiştir.

Duncan, Choi, Castro-Faix ve Cavera (2017) daha önce ortaokul düzeyinde yaptıkları moleküler genetik mi yoksa Mendel genetiği mi önce öğretilmeli sorusunu bu kez 11. sınıflar üzerinde test ederek cevaplamaya çalışmışlardır. Araştırmacılar genetikle ilgili toplamda 8 hafta süren iki karşılaştırılabilir modül hazırlamışlardır. Moleküler modülde genetik öğrenme progresyonunun A, B ve C yapıları işaret edilirken klasik genetik modülünde E ve F modüllerine işaret edilmiştir. Bu modüllerin arasında ise bir hafta süren bir köprü modülü geliştirmişler ve öğrencilerin moleküler ve klasik genetikteki açıklamalar arasındaki bağlantıları keşfetmelerini sağlamışlardır. Araştırmada veri toplama aracı olarak 56 sorudan oluşan sıralı çoktan seçmeli bir araç kullanılmış ve bu araç ön ve son test olarak uygulanmıştır. Araştırmacılar beş öğretmen ve toplam 285 11. sınıf öğrencisi ile çalışmayı iki yıl üst üste tekrarlamışlar ve ikinci yıla ait sonuçları bu makalede yayınlamışlardır. Elde edilen sonuçlar öğrencilerin tüm yapılarda yeterlilik kazandıklarını ve sıklıkla öğrenme progresyonunda bir düzey ilerlediklerini göstermiştir. Öğrencilerin başlangıç fikirlerinde en çok varyasyonun B yapısında –genler proteinler için bilgi kaynağıdır– olduğu ve çoğunlukla düzey 1’den düzey 2’ye ve bazen de düzey 3’e geçtikleri görülmüştür. Buna karşın öğrencilerin en az F yapısında –kalıtım örüntüleri– ilerleme gösterdikleri görülmüştür. Öğrenciler kalıtımın örüntülerinden bazılarını (eşeye bağlı ve eksik baskınlık gibi) anladıkları ancak bu örüntüler için moleküler açıklamalar yapmakta zorlandıkları belirlenmiştir. Bu durumun sebebi olarak ise araştırmada, bu konuya ait fikirlerin köprü modülünde öğretilmesi ve buradaki öğretimin yetersiz olabileceği belirtilmiştir. Çekinik özelliklerin moleküler temelini daha iyi anlaşılmasını ise dominant özellikler ve hastalıkların mekanizmalarının daha karmaşık olmasına bağlamışlardır. Önce moleküler genetik konularının öğretildiği üniteye öğrencilerin daha başarılı olması ise daha önceki çalışmadaki gibi Duncan vd.’nin (2009) genetik öğrenme progresyonunun daha etkili bir öğrenme sağladığı sonucunu desteklemiştir.

## **Sonuç**

Öğrenme progresyonları öğretim programı ile ilgili hipotezlerin dikkatli bir şekilde tasarlanmasına ve test edilmesine dayanan kanıt temelli modellerden biridir ve öğrencilerin merkezi bilimsel kavramları anlamasını destekleme ve o alandaki okuryazarlıklarını artıracak öğretim materyallerini tasarlama anlamında popülerlik kazanmaktadır. Bu inceleme çalışması konuyla ilgili araştırma, geliştirme ve inceleme çalışmaları ilerlerken Türkçe alanyazındaki erişilebilir kaynakları artırmak ve daha fazla araştırmacı ve uygulayıcının dikkatini çekmek gereksinimlerinden yola çıkılarak gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda öğrenme progresyonları

çerçevesini kullanarak öğrenme progresyonlarının tanımı, genel özellikleri, potansiyel kullanım alanları, öğrenme progresyonlarının geliştirilmesi, geçerliliği ve revizyonu ile öğrenme progresyonlarının değerlendirmeler ile ilişkisine yer verilmiştir. Çalışmanın öğretmenleri, öğretmen eğitimcilerini ve fen eğitimi alanında çalışan diğer paydaşları hem profesyonel programların tasarlanmasında hem de öğretim programlarına yeni bir bakış açısı ile bakarak öğretim materyallerinin ve değerlendirmelerin programla daha uyumlu hale getirilmesi anlamında öğrenme progresyonlarını kullanmaya teşvik etmesi umulmaktadır.

Öğrenme progresyonlarının belirli bir öğretim programını reçete etmeden eğitimcilerin üretken noktaları tespit edip öğrencilerin nerede olduğunu ve nereye gideceklerini belirlemeleri ile daha geniş bir görüş sağlamaları öğrenme ile ilgili araştırmalar ve sınıf içi uygulamalar arasında önemli bir köprü olarak iş görmelerini sağlamaktadır. Bu kritik köprü'nün kurulabilmesi için Alonzo ve Steedle'in (2008) da bahsettiği gibi öğrenme progresyonlarının geliştirilmesi ve değerlendirilmede kullanılması önem kazanmaktadır. Bu çalışmada ilk olarak öğrenme progresyonlarının geliştirilmesinde kullanılan yaklaşımlardan ikisi olan tırmandırılmış yaklaşım ve manzara yaklaşımı daha önceki incelemelerden (örn: Salinas, 2009) ve alanyazından elde edilen bilgiler ışığında incelenmeye çalışılmıştır. Geliştirilen öğrenme progresyonunun geliştirilme süreci ve sonuçta elde edilen ürünler ile farklılaşan bu iki yaklaşımın birbirini dışlamadan bilinçli ve sistematik entegrasyonunun alanda çalışan araştırmacıların ortak bir çabada buluşması adına önem kazandığı görülmektedir.

Öğrenme progresyonlarının geçerliliğinin ortaya konulması ve revizyonu hipotetik olarak sunulan gelişme yollarında öğrencilerin beklendiği gibi ilerleyip ilerlemediklerini ortaya konulması anlamına geldiğinden bu süreçlerin deneysel bir yaklaşım gerektirdiği görülmektedir. Ayrıca, bir öğrenme progresyonunun geçerliliğini ortaya koymanın her öğrencinin beklendiği gibi ilerlediğini göstermek olmadığını göz önüne alarak elde edilen bilgilerin öğretim programı, öğretim ve değerlendirme arasındaki uyuşmayı sağlayacak şekilde kullanılması noktası atlanmamalıdır. Bu düşünce, genellikle eğitimde yapılan müdahale çalışmalarında olduğu gibi neyin çalışıp neyin çalışmadığını ortaya koyarak teori ve uygulama arasındaki boşluğu doldurmayı hedefleyen ancak çoğu zaman teoride kalan uygulamalara da uyuşma anlamında bir yön veriyor gibi görünmektedir. Ülkemizde de öğrenme progresyonlarının öğretim programı, değerlendirmeler ve öğretim arasında köprü kurma niteliği göz önüne alınarak okullarda fen öğretimini geliştirmeye yönelik olarak bu



paradigmanın daha derinlemesine incelenerek uygulamaya dökülmesi önemli bir adım olacaktır.

Öğrenme progresyonlarını, öğrenciler öğrenirken ve keşfederken kavrayışlarının gelişme yollarının araştırma temelli olarak tanımlanması olarak düşündüğümüzde bu öğrenmenin gösterilmesi için her zaman daha derin, daha geniş veya daha karmaşık bir yolun olacağı sonucuna varılmaktadır. Bu sebeple de öğrencilerin bir öğrenme progresyonu boyunca nerede olduklarını ve nasıl ilerlediklerini değerlendirmek oldukça önemlidir (Stains vd., 2011). Öğrencilerin bu devamlılıkta nerede olduğunu ve daha sonraki adımların neler olduğunu bilen öğretmenler daha donanımlı görülmekte ve öğrencilerini öğrenme sürecinde ilerilere taşıyabilmektedir. Ancak öğrenme progresyonunun geliştirildiği alanla ilgili derinlemesine bilgi sahibi olmadan öğrenme progresyonlarının varlığı öğretmenlerin fayda sağlamaları için yeterli değildir. Özellikle de etkili biçimlendirici değerlendirmeler için öğretmenlerin kendi özgün kısa dönemli öğrenme hedefleri için iyi bir performansın ne olduğunu bilmeleri gerekmektedir (Heritage vd., 2009). Bu sebepler doğrultusunda da öğretmen eğitime yönelik programlarda var olan öğrenme progresyonu çerçevelerinin incelenmesi, ihtiyaçlara yönelik olarak adapte edilmesi ve bunların sınıf ortamlarında değerlendirilmesi yerinde olacaktır. Öğrenme progresyonları toplumsal beklentiler tarafından belirlendiğinden ülkemizdeki araştırmacıların da benzer şekilde toplumun ihtiyaçlarına yönelik yeni öğrenme progresyonlarını geliştirmeleri ve/veya adapte etmeleri öğretim programlarının, öğretim materyallerinin ve değerlendirmelerin gelişmesi ve uyuşması açılarından önem kazanmaktadır.

### Kaynakça

- Alonzo, A. C. & Gotwals, A. W. (Eds.). (2012). *Learning progressions in science: Current challenges and future directions*. New York: Springer Science & Business Media.
- Alonzo, A. C. & Steedle, J. T. (2008). Developing and assessing a force and motion learning progression. *Science Education*, 93(3), 389–421.
- Alonzo, A. C. (2010). Considerations in using learning progressions to inform achievement level descriptions. *Measurement*, 8, 201-208.
- Alonzo, A. C. (2011). Learning progressions that support formative assessment practices. *Measurement*, 9, 124–129.
- Alonzo, A. C., Neidorf, T. & Anderson, C. W. (2012). Using learning progressions to inform large-scale assessment. (In A. C. Alonzo and A. W. Gotwals (Eds.), *Learning*

- progressions in science: Current challenges and future directions*, Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers, 211–240.
- Baerends, G. P. (1988). Ethology. In R.C. Atkinson, R. J. Herrnstein, G. Lindzey, & R. D. Luce (Eds.), *Stevens' handbook of experimental psychology* (Vol. 1, pp. 765-830). New York: Wiley.
- Battista, M. T. (2011). Conceptualizations and issues related to learning progressions, learning trajectories, and levels of sophistication. *The Mathematics Enthusiast*, 8 (3): 507–570.
- Black, P., & Wiliam, D. (1998). Assessment and classroom learning. *Assessment in Education*, 5(1),7–74.
- Briggs, D. C., Alonzo, A. C., Schwab, S., & Wilson, M. (2006). Diagnostic assessment with ordered multiple-choice items. *Educational Assessment*, 11, 33-63.
- Briggs, D., Diaz-Bilello, E., Peck, F., Alzen, J., Chattergoon, R., & Johnson, R. (2015, April). Using a learning progression framework to assess and evaluate student growth. Boulder, CO: Center for Assessment Design Research and Evaluation.
- Catley, K., Lehrer, R. & Reiser, B. (2005). Tracing a prospective learning progression for developing understanding of evolution. Paper Commissioned by the National Academies Committee on Test Design for K-12 Science Achievement, Washington, DC National Academies.
- Choi, Y. (2012). Dynamic Bayesian Inference Networks and Hidden Markov Models For Modeling Learning Progressions Over Multiple Time Points, Doctoral Dissertation, University of Maryland, MD.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A. A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13.
- Confrey, J. & Maloney, A. P. (2015). A design research study of a curriculum and diagnostic assessment system for a learning trajectory on equipartitioning. *ZDM-The International Journal on Mathematics Education*, 47(6), 919-932.
- Corcoran, T., Mosher, F. A. & Rogat, A. (2009, May). Learning progressions in science: An evidence based approach to reform (CPRE Research Report #RR-63). Philadelphia, PA: Consortium for Policy Research in Education.
- Domjan, M. P. (2015). *Principles of learning and behavior* (7th ed.). Stamford, CT: Cengage.
- Duncan, R. G., Choi, J., Castro-Faix, M. & Cavera, V. L. (2017). A Study of Two Instructional Sequences Informed by Alternative Learning Progressions in Genetics. *Science and Education*, 26(10), 1115–1141.
- Duncan, R.G. & Hmelo-Silver, C.E. (2009). Learning progressions: Aligning curriculum, instruction, and assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 606–609.

- Duschl R. A., Schweingruber H.A., & Shouse A. (Eds.), (2007). Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8. Washington, D. C.: National Academies Press.
- Duschl, R., Maeng, S. & Sezen, A. (2011). Learning progressions and teaching sequences: A review and analysis. *Studies in Science Education*, 47(2), 123–182.
- Elmesky, R. (2012). Building capacity in understanding foundational biology concepts: A K-12 learning progression in genetics informed by research on children’s thinking and learning. *Research in Science Education*, 43(3), 1155-1175.
- Furtak, E. M. (2012). Linking a learning progression for natural selection to teachers’ enactment of formative assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(9), 1181–1210.
- Gotwals, A.W., & Songer, N. B. (2013). Using assessments to gather validity evidence for a learning progression on evidence-based explanations with core ecological content. *The Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 597–626.
- Hammer, D. & Sikorski, T. R. (2015). Implications of Complexity for Research on Learning Progressions. *Science Education*, 99(3), 424–431.
- Heritage, M. (2008). Learning progressions: Supporting instruction and formative assessment. Washington, D.C.: Council of Chief State School Officers.
- Heritage, M. (2011). Commentary on road maps for learning: A guide to the navigation of learning progressions. *Measurement*, 9, 149-151.
- Huynh, N.T. Solem, M. & Bednarz, S.W. (2014): A Road Map for Learning Progressions Research in Geography. *Journal of Geography*, 00, 1-11
- Kizil, R. C. (2015). The Marginal Edge of Learning Progressions and Modeling: Investigating Diagnostic Inferences from Learning Progressions Assessment. Doctoral Dissertation, University of Colorado at Boulder.
- Kobrin, J. L., Larson, S., Cromwell, A. & Garza, P. (2015). A framework for evaluating learning progressions on features related to their intended uses. *Journal of Educational Research and Practice*, 5(1), 58–73.
- Krajcik, J. S. (2012). The Importance, Cautions and Future of Learning Progression Research: Some Comments on Richard Shavelson’s and Amy Kurpius’s “Reflections on Learning Progressions”. (In A. C. Alonzo and A. W. Gotwals (Eds.), *Learning progressions in science: Current challenges and future directions*, Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers, 27-37.
- Krajcik, J., Drago, K., Sutherland, L. A. & Merritt, J., (2012). The promise and value of learning progression research. (In S. Bernholt, P. Nentwig and K. Neumann, (Eds.), *Making it tangible—Learning outcomes in science education*. Munster: Waxmann

- Krajcik, J.S. (2011). Learning progressions provide road maps for the development and validity of assessments and curriculum materials. *Measurement*, 9, 155-158.
- Lehrer, R. & Schauble, S. (2012). Seeding evolutionary thinking by engaging children in modeling its foundations. *Science Education*, 96(4), 701-724
- Maskiewicz, A. C. & Lineback, J. E. (2013). Misconceptions are "so yesterday!". *CBE Life Sciences Education*, 12(3), 352–356.
- Merritt, J., Krajcik, J. & Shwartz, Y. (2008). Development of a learning progression for the particle model of matter. Paper presented at the biennial International Conference of the Learning Sciences, Utrecht, The Netherlands.
- Mesutoglu, C. (2017). Developing teacher learning progressions for K-12 engineering education: Teachers' attitudes and their understanding of the engineering design. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- Mislevy, R. J., Almond, R. G., & Lukas, J. F. (2003). A brief introduction to evidence-centered design (Research Report 03-16). Princeton, NJ: Educational Testing Service.
- Mohan, L., Chen, J. & Anderson, C. W. (2009). Developing a multi-year learning progression for carbon cycling in socio-ecological systems. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 675–698.
- National Research Council (NRC) (2007). Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council (NRC) (2012). A Framework for K–12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas. Washington, D.C.: National Academies Press.
- Parker, J. M., de los Santos, E. X., & Anderson, C. W. (2015). Learning progressions and climate change. *American Biology Teacher*, 77(4), 232-238.
- Pellegrino, J. W., Chudowsky, N., & Glaser, R. (Eds.). (2001). Knowing what students know: The science of design and educational assessment. Washington, DC: National Academies Press.
- Plummer, J. D., & Maynard, L. (2014). Building a learning progression for celestial motion: An exploration of students' reasoning about the seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(7), 902–929.
- Roseman, J. E., Calwell, A., Gogos, A. & Kurth, L. (2006, April). Mapping a coherent learning progression for the molecular basis of heredity. Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching, San Fransisco, CA.
- Roseman, J. E., Stern, L. & Koppal, M. (2010). A method for analyzing the coherence of high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 47–70.

- Salinas, I. (2009, June). Learning progressions in science education: Two approaches for development. *Paper presented at the Learning Progressions in Science (LeaPS) Conference*, Iowa City, IA.
- Shavelson, R.J. & Kurpuiş, A. K. (2012). Reflections on Learning Progressions. (In A. C. Alonzo & A. W. Gotwals (Eds.). *Learning progressions in science: Current challenges and future directions*, Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers, 13-26.
- Shea, N. A. & Duncan, R. G. (2013). From Theory to Data: The Process of Refining Learning Progressions. *Journal of the Learning Sciences*, 22(1), 7–32.
- Shin, N., Stevens, S. Y., Short, H., & Krajcik, J. (2009). Learning progressions to support coherence curricula in instructional material, instruction, and assessment design. *Paper presented at the Learning Progressions in Science*, Iowa City, IA.
- Smith, C. L., Wiser, M., Anderson, C. W. & Krajcik, J. (2006). Implications of research on children's learning for standards and assessment: A proposed learning progression for matter and the atomic molecular theory. *Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives*, 4, 1–98.
- Smith, C.L. & Wiser, M. (2015). On the importance of epistemology-disciplinary core concepts interactions in LPs. *Science Education*, 99 (3), 417–423.
- Stevens, S. Y., Delgado, C. & Krajcik, J. S. (2010). Developing a hypothetical multi-dimensional learning progression for the nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 687–715.
- Stevens, S.Y., Shin, N., Delgado, C., Krajcik, J.S. & Pellegrino, J. (April, 2007). Using Learning Progressions to Inform Curriculum, Instruction and Assessment Design. *Paper presented at the National Association for Research in Science Teaching Conference*, New Orleans, Louisiana.
- Todd, A.& Kenyon, L. (2015). Empirical refinements of a molecular genetics learning progression: The molecular constructs. *Journal of Research in Science Teaching*, 53(9), 1385-1418.
- Wilson, M. (2005). *Constructing measures: An item response modeling approach*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Wilson, M. (2009). Measuring progressions: Assessment structures underlying a learning progression. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 716–730.
- Vosniadou S. (Ed) (2008) *International handbook of research on conceptual change*. Routledge, New York/London.