



TEKNOLOJİNİN MATEMATİKSEL MODELLEME SÜRECİNE ETKİLERİ*

Arzu AYDOĞAN YENMEZ**

Öz

Matematiksel modelleme, matematik eğitimi ile verilmeye çalışılan tüm temel becerilerin gelişmesine önemli katkı sağlayacağı düşünüldüğü için matematik dersi öğretim programlarında ve dünyadaki matematik eğitimi reform çalışmalarında yer almaktadır. Matematiksel modelleme süreci öğrenenler için zor bir süreç olabilmektedir. Bu süreç için teknoloji gerekli bir araç olarak belirtilmektedir. Ancak alanyazında teknolojinin matematiksel modelleme sürecine etkisinin nasıl olduğunun ayrıntılı olarak açıklanması gerektiği ve bu tür araştırmaların olmadığı ifade edilmektedir. Bu bağlamda, araştırmanın amacı matematiksel modelleme sürecinin teknoloji ile desteklenen ve desteklenmeyen ortamlarda nasıl şekillendiğini incelemektir. Çalışmada, matematiksel modelleme süreci Stillman, Galbraith, Brown ve Edward (2007) tarafından ortaya konulan süreç modeli dikkate alınarak incelenmiştir. Bu araştırma eylem araştırması olarak desenlenmiştir. Çalışmanın katılımcılarını 33 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Veri analizi, veri toplama süreciyle eş zamanlı olarak yürütülmüştür. Süreçte katılımcıların düşüncelerini birbirine sesli olarak aktardığı bir ortamın olması, yazılı çözüm kağıtları, grupların çözümlerini içeren ekran kayıtları, gözlem notları ve grup üyeleriyle yapılan ayaküstü mülakatlar öğretmen adaylarının modelleme sürecindeki zihinsel süreçlerinin ortaya çıkarılmasında etkili bir rol oynamıştır. Bu çalışmanın, teknolojinin modelleme sürecine etkisini, teknoloji ile desteklenen ve desteklenmeyen ortamlarda sınıyıp ortaya çıkan farkları betimlemesi bakımından alana katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Matematiksel modelleme, teknoloji destekli modelleme, modelleme süreci, matematik eğitimi, öğretmen adayları.

* Bu çalışma, 4-6 Mayıs 2017 tarihlerinde düzenlenen 6. Uluslararası Kıbrıs Eğitim Araştırmaları Konferansında (CYICER-2017) sözlü olarak sunulan bildirinin geliştirilmiş biçimidir.

**Yrd.Doç.Dr., Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, aydogan.arzu@gmail.com

THE EFFECTS OF TECHNOLOGY ON THE MATHEMATICAL MODELING

Abstract

Mathematical modeling take place in mathematics curriculums and just like in reforms of mathematics education around the world since it is thought that would make significant contributions to the improvement of all the basic skills which is attained with mathematics education in an effort. Mathematical modeling of daily-life situations is a process that may be difficult for learners. Technology is considered a necessary tool for this complex mathematical modeling cycle. Yet, it is stated in the literature that it is necessary to explain how technology affects the mathematical modeling process and such research is not available. In this context, the purpose of this research is to study how mathematical modeling process is shaped in environments aided or not aided with technology. The mathematical modeling process in the study was examined in consideration of the process model introduced by Stillman, Galbraith, Brown and Edward (2007). The research was designed as action research. The participants of the study were 33 pre-service teachers. The data analysis was performed synchronously with the data collection process. The fact that the environment enabled the participants to communicate thoughts to each other vocally; written solution papers; screencasts that include groups' solutions; observation notes; and one-legged interviews with group members played an active role in revealing pre-service teachers' mental processes during modeling. It is thought that this study would contribute to the field due to testing technology's effect on the modeling process in environments aided and not aided with technology and describing the differences observed.

Keywords: *Mathematical modeling, technology in modeling, modeling process, mathematics education, teacher candidates.*

1. GİRİŞ

Hızla gelişen günümüz teknoloji dünyasına öğrencilerin verimli bir şekilde uyum sağlaması, karşılaştıkları durumlara farklı açılardan yaklaşabilen iyi birer problem çözücü olabilmelerine bağlıdır. Eğitim reformları ve uluslararası karşılaştırmalı çalışmalardan elde edilen sonuçlar (ör. *Uluslararası Matematik ve Fen Bilgisi Çalışması [TIMSS-R]* ve *Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı [PISA]*) Türkiye'nin de aralarında bulunduğu birçok ülkede, öğrencilerin iyi birer

problem çözücü olmadığını göstermektedir. Türkiye’de de yenilenen öğretim programlarında, diğer bazı ülkelerin öğretim programlarında görüldüğü gibi, farklı disiplinlerden ve günlük yaşamdan kopuk, işlemlerin/formüllerin mekanik olarak ezberlendiği ve sembollerin manipülasyonu gibi statik bilgi ve becerilerin öne çıktığı geleneksel önem merkezlerinin ötesine geçilmiştir. Öğretim programlarında matematiğin problem kurma ve çözmeye, ilişki kurma, muhakeme etme ve iletişim olarak algılandığı, daha çok matematiksel düşünme eksenli yapıların öne çıkarıldığı bir matematik eğitimi vizyonu benimsenmiştir (Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı [TTKB], 2005, 2011, 2013). Bu öğretim programlarında matematiksel modellemenin ilköğretim, ortaöğretim ve yükseköğretim düzeyinde matematik derslerinin içeriğinin önemli bir kısmını içermesi gerektiği düşüncesi daha fazla vurgulanmaktadır. Öğrencilerin matematiği daha anlamlı ve günlük yaşamla ilişkili öğrenmelerine yardımcı olacağı varsayımı, modellemenin matematik eğitiminde kullanılması gerekliliği düşüncesinin en önemli temel dayanağıdır. Son yıllarda matematik eğitiminin her düzeyinde matematiksel modelleme uygulamaları üzerine çalışmalar yapılmakta ve değişen öğretim programlarında da modelleme uygulamalarına daha fazla yer verilmektedir (Department for Education [DFE], 1997; NCTM 1989; 2000; TTKB, 2005).

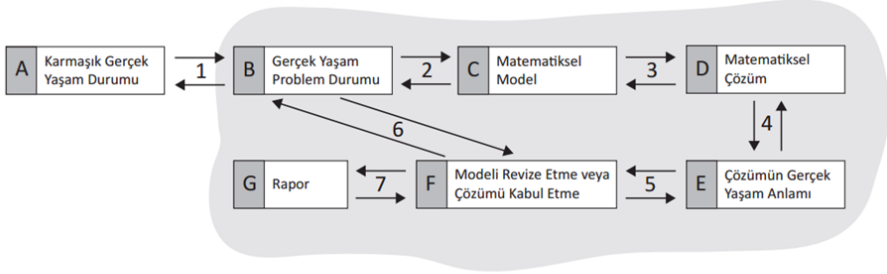
Matematik dersi öğretim programlarında, dünyadaki matematik eğitimi reform çalışmalarında olduğu gibi (ör. *Department for Education* [DFE], 1997; *National Council of Teachers of Mathematics* [NCTM], 1989), matematiksel modellemenin, matematik eğitimi ile verilmeye çalışılan tüm temel becerilerin gelişmesine önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir (TTKB, 2005, 2011, 2013). Matematiksel modelleme en genel anlamda gerçek yaşamdaki bir durumu veya sistemi ve bu sistem içindeki ilişkileri matematiksel olarak ifade etme, yorumlama, test etme, düzenleme ve sistemleştirip genelleme süreci olarak tanımlanmaktadır (Berry & Houston, 1995; Blum & Niss, 1989). Blum (2002),

matematiksel modellemenin, günlük yaşamdan matematiksel yaşama geçişi ve bu geçişteki tüm süreci temsil ettiğini ifade ederek bu kavramı tanımlamıştır. Günlük yaşam durumlarının matematiksel modelleme süreci öğrenenler için oldukça zor olabilen bir süreçtir. Mason (1988) da matematiksel modellemenin karmaşık bir süreç olduğunu ve bu sürecin iyi tanımlanması gerektiğini vurgulamıştır. Modelleme süreci aşamalarıyla, temel basamaklarıyla, alt basamaklarıyla ve genel döngüsüyle birçok araştırmacı tarafından ayrıntılı bir şekilde açıklanmış ve bu sürecin düz, anlaşılır ve basit bir süreç olmadığı, aşamalar arası geçişlerin çok fazla tekrarlandığı karmaşık bir döngü olduğu vurgulanmıştır (Abrams, 2001; Bazoune, 2010; Berry & Davies, 1996; Berry & Houston, 1995; Biccand & Wessel, 2011; Blomhoj & Jensen, 2006; Blum & Leiss, 2007; Blum & Niss, 1989; Cheng, 2010; Doerr, 1997; Ferri 2006; Stillman, Galbraith, Brown & Edward, 2007; Voskoglou, 2006). Bu karmaşık matematiksel modelleme döngüsü için teknoloji gerekli bir araç olarak belirtilmiştir (Howson & Wilson, 1986). NCTM raporlarında da (1979, 1989) teknolojiye verilecek önemle birlikte öğrencilerin matematiksel modelleme problemlerinin üstesinden gelebilecekleri belirtilmiştir. Ayrıca teknoloji yardımıyla öğrencilerin modelleme sürecinde farklı matematiksel düşünceler geliştirerek, matematik yeteneklerinin ortaya çıkarılabileceği ve matematiksel güçlerini geliştirebilecekleri sunulmuştur (NCTM,1979,1989). Ancak teknolojinin matematiksel modelleme sürecine etkisinin nasıl olduğunun ayrıntılı olarak açıklanması gerektiği ve bu tür araştırmaların olmadığı ifade edilmiştir. Bu çağrı üzerine yapılan araştırmalar incelendiğinde, bu araştırmaların teknolojinin modelleme sürecine etkisine, teknolojinin kullanıldığı matematiksel modelleme sürecini yeniden ortaya koyarak yer verildiği görülmektedir (Barbosa, 2008; Cheng, 2010; Lingefjärd, 2000).

Bu çalışmanın, teknolojinin modelleme sürecine etkisini, teknoloji ile desteklenen ve desteklenmeyen ortamlarda sınavı ortaya çıkan farkları

betimlemesi bakımından alana katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda, araştırmacının amacı matematiksel modelleme sürecinin teknoloji ile desteklenen ve desteklenmeyen ortamlarda nasıl şekillendiğini incelemektir.

Araştırmada teknoloji ile desteklenen ve desteklenmeyen ortamlarda uygulanan matematiksel modelleme süreci Stillman, Galbraith, Brown ve Edward (2007) tarafından ortaya konulan süreç modeli (bkz. Şekil 1) dikkate alınarak incelenmiştir. Bu modelin seçilme nedeni, birçok araştırmada yer alan süreç basamaklarını içermesi ve nitel araştırma yöntemlerinden gömülü teorinin kullanılmasıyla süreç bileşenlerinin öğrencilerin bilişsel etkinlikleriyle ayrıntılı olarak ifade edilebilmesidir.



- 1- Anlama, yapılandırma, basitleştirme, içeriği yorumlama
- 2- Varsayımda bulunma, formüle etme, matematikselleştirme
- 3- Matematiksel çalışma yapma
- 4- Matematiksel çıktıları yorumlama
- 5- Birleştirme, eleştirme, doğrulama.
- 6- İletişim, çözümü savunma (model tatmin ediciyse)
- 7- Modelleme sürecinin yinelenmesi (model tatmin edici değilse)

Şekil 1. Modelleme Süreci (Stillman, Galbraith, Brown & Edward, 2007: 690)

2. YÖNTEM

Bu araştırma eylem araştırması olarak desenlenmiştir. Bu çalışmada, araştırmacı aynı zamanda modelleme sürecinde rehber rolünü üstlenmiştir. NCTM raporlarında da (1979, 1989), teknolojiye verilecek önemle öğrencilerin gerçekçi

matematiksel modelleme problemlerinin üstesinden gelebilecekleri, bu süreçte onlara farklı matematiksel düşünceler ve anlayışlar geliştirebilecekleri bir ortam sağlayarak öğrencilerin matematik yeteneklerinin ortaya çıkarılabileceği ve matematiksel güçlerini geliştirebilecekleri belirtilmektedir. Bu vurgu araştırmacının başlangıç noktasını oluşturmuştur. Araştırmacı doktora eğitimi süresince matematiksel modelleme derslerine katılmıştır. Ayrıca, üç temel amacı “(i) ortaöğretim matematik dersi öğretim programındaki (9-12. sınıflar) kazanımlara uygun kapsamlı saha çalışması yapılmış matematiksel modelleme etkinlikleri geliştirmek ve bu konuda ihtiyaç duyulan Türkçe kaynak eksikliğini gidermek, (ii) Matematiksel model ve modelleme yaklaşımı çerçevesinde bir hizmet içi öğretmen eğitimi programı geliştirmek, programı uygulamak ve etkilerini incelemek, (iii) Öğretmen adaylarının matematiksel modelleme konusundaki eğitimlerine katkıda bulunacak lisans düzeyinde bir ders tasarlamak ve bu dersi alan öğretmen adaylarının matematik, matematiksel modelleme ve modellemenin matematik öğretiminde kullanımı ile ilgili bilgi beceri ve tutumlarını incelemek” olan bir TÜBİTAK projesinde araştırmacı olarak yer almıştır. Araştırmacı, matematiksel modelleme dersinin planlanması ve uygulanması hakkında bilgi sahibi olmuştur. Araştırmacı önceden edindiği tüm bu deneyimler aracılığıyla matematiksel modelleme sürecinin teknoloji ile desteklenen ve desteklenmeyen ortamlarda nasıl şekillendiğini eylem araştırması yöntemi ile incelemeye karar vermiştir. Eylem araştırması öğrenme sürecini anlamada sistemli ve planlı bir yöntem; eğitim hakkında düşünceleri test etmeye olanak sağlayan ve planlama, uygulama, geliştirme ve değerlendirmeyi içeren döngüsel bir süreçtir (Johnson, 2008; Mertler, 2011; Mertler ve Charles, 2011; Mills, 2007). Buna bağlı olarak “Eylem araştırması eğitimcilerin eğitim uygulamalarını daha iyi anlamaları için fırsatlar sunar ve bu uygulamaları geliştirmelerini sağlar. Ayrıca eğitimcilerin, eğitim problemlerine

farklı bakış açıları ve yaklaşımlarıyla eğilmelerini ve kendi eğitim uygulamalarını yeni yollarla ele almalarını sağlar” (Mertler ve Charles, 2011: 339-340).

2.1. Katılımcılar

Çalışmanın katılımcılarını bir devlet üniversitesinin ilköğretim matematik öğretmenliği programının üçüncü sınıfında öğrenim gören 33 öğretmen adayı oluşturmaktadır. Katılımcıların teknolojik bilgi kapsamında altyapıları incelendiğinde; lisans düzeyinde aldıkları diğer derslerle Grafik Analiz, GeoGebra, Excel, Cabri 3D gibi bilgisayar yazılımlarının temel işlevlerini gerçekleştirmiş oldukları görülmektedir. Uygulamanın gerçekleştiği matematiksel modelleme dersinde 8 haftanın, ilk 4 haftasında “*Matematiksel modelleme nedir? Matematiksel model ve modelleme nedir? Modelleme süreci ve temel aşamaları nelerdir?*” konuları ele alınmıştır. 1 hafta Grafik Analiz, GeoGebra, MS Excel, Cabri 3D ve MS Mathematics gibi bilgisayar yazılımlarının temel işlevleri hatırlatılmış, ardındaki 3 hafta süresince ise alanyazında var olan 3 matematiksel modelleme etkinliğinin gruplar halinde çözülerek bu çözümlerin derste sunulması istenmiştir. Böylelikle katılımcılar hem Grafik Analiz, GeoGebra, MS Excel, Cabri 3D ve MS Mathematics gibi bilgisayar yazılımları bilgi, beceri ve deneyimine sahip hem de matematiksel modelleme üzerine bilgi ve becerilere sahip kişilerden oluşmuş bulunmaktadır.

2.2. Eylem Planı

Tüm ayrıntılarıyla hazırlanmış olan eylem planının genel hatları aşağıda sunulmaktadır:

- (i) Matematiksel modelleme sürecinin teknoloji ile desteklenen ve desteklenmeyen ortamlarda nasıl şekillendiğinin incelendiği süreçte uygulanacak 6 modelleme etkinliğinin belirlenmesi.

(ii) Katılımcılara uygulanacak olan, teknolojinin modelleme sürecine etkisi odaklı genel değerlendirme sorularının yer aldığı yazılı görüş formunun oluşturulması.

(iii) Matematiksel modelleme ders süreci:

İlk 4 hafta: “*Matematiksel Modelleme Nedir? Matematiksel model ve modelleme nedir? Modelleme süreci ve temel aşamaları nelerdir?*” konularının açıklanması ve tartışma tekniğiyle ele alınması.

5. hafta: Grafik Analiz, GeoGebra, Excel, Cabri 3D gibi bilgisayar yazılımlarının temel işlevlerinin hatırlatılması.

6., 7., 8. Haftalarda: Alanyazında var olan 3 matematiksel modelleme etkinliğinin, her haftada 1 modelleme etkinliği olmak üzere gruplarca çözülmesi ve her grubun çözümlerini sunması.

9., 10., 11., 12., 13. ve 14. Haftalarda: Her haftada 1 modelleme etkinliği olmak üzere 2 teorik, 2 deneysel ve 2 simülasyon modelleme etkinliğinin 6 hafta boyunca uygulanması.

2.3. Uygulama Süreci ve Veri Toplama Araçları

Uygulamanın gerçekleştirildiği *Matematiksel modelleme* seçmeli dersinin son 6 haftasında 6 modelleme etkinliğinin gruplarca çözülmesi beklenmiştir. Öğretmen adayları modelleme etkinliklerinde 5 kişilik 5 grup ve 4 kişilik 2 grup olmak üzere toplam 7 grup olarak çalışmışlardır. Grupların oluşturulmasında öğrencilerin istekleri göz önünde bulundurulmuş ve 6 modelleme etkinliğinde grup üyeleri değişmeden aynı gruplar etkinlikler üzerinde çalışmışlardır. Her bir modelleme etkinliğinin çözüm süreci 2 saat 40 dakika ile 3 saat arasında sürmüştür. Öncelikle gruplar modelleme etkinliğinin yaklaşık 1 saat 30 dakika süren ilk sürecinde bilgisayar yazılımlarını kullanmadan yalnızca kalem ve kâğıtla çözümler üretmeye çalışmışlardır. Onu izleyen yaklaşık 1 saat 30 dakikalık ikinci

süreçte Grafik Analiz, GeoGebra, Excel, Cabri 3D gibi bilgisayar yazılımları yüklü olan dizüstü bilgisayarlar dağıtılmış; bu yazılımları kullanarak gruplardan modelleme sürecini yeniden gerçekleştirmeleri beklenmiştir. Bütün çözüm süreci, grupların çalıştığı masalarda yer alan kameralarla kayıt altına alınmıştır. Öte yandan, bilgisayarlarda yaptıkları çözümler ekran kaydını alan bir program aracılığıyla kaydedilmiştir. Çözüm sürecinde ikisi matematik eğitimi (biri araştırmacı olmak üzere), biri bilgisayar ve öğretim teknolojileri eğitimi alanında olmak üzere üç uzman gözlem notları tutmuş ve grup üyeleriyle ayaküstü mülakatlar gerçekleştirmişlerdir. Yaklaşık 3 saat süren tüm sürecin bitiminde, her bir gruptan çözümlerini diğer gruplara sunmaları istenmiştir. Sunum süreci video kaydı altına alınmış ve bütün grupların çözüm sürecinde kullandıkları çalışma kâğıtları toplanmıştır. Son aşamada, 6 haftalık sürecin ardından öğretmen adaylarına teknolojinin modelleme sürecine etkisi odaklı, genel değerlendirme sorularının yer aldığı yazılı görüş formu uygulanmıştır. Yazılı görüş formunda yer alan sorular (örnek sorular: (i) *Modelleme sürecinde teknolojinin etkisini, süreçte yaşadığınız deneyimlere dayanarak açıklayınız. (Açıklamalarınızı örneklerle desteklemeniz beklenmektedir), (ii) Teknolojinin modelleme sürecine olumlu ve olumsuz etkilerini sıralayınız*), üç alan uzmanı tarafından hazırlanırken (2'si matematik eğitimi, 1'i bilgisayar ve öğretim teknolojileri eğitimi alanında olmak üzere) soruların; kolay anlaşılabilir, odaklı, açık uçlu, yönlendirmeden kaçınan sorular olmasına dikkat edilmiştir (Yıldırım ve Şimşek, 2006: 122). Görüşme formları hazırlanırken bir Türkçe eğitimi uzmanının da görüşü alınmış olup iki öğrenci ile ön uygulaması yapılmıştır.

Uygulanan 6 modelleme etkinliği, bir proje grubu tarafından geliştirilen, pilot çalışmaları ve uygulamaları gerçekleştirilmiş etkinliklerin yer aldığı "Günlük Hayattan Modelleme Soruları" (Erbaş, Çetinkaya, Çakıroğlu, Aydoğan Yenmez, Şen, Korkmaz, Kertil, Didiş, Baş ve Şahin, 2016) kitabından seçilmiştir. 6 modelleme etkinliği, etkinlik ve çözüm sürecinin yapısından kaynaklanan

farklılıklara dayanarak yapılmış, Berry ve Houston'un (1995) sınıflandırılması dikkate alınarak seçilmiştir. Farklı çözüm süreçlerini içermesi için 2 teorik, 2 deneysel ve 2 simülasyon modelleme etkinliği seçilmiştir. Etkinlik seçiminde öncelikle 3 uzman (2'si matematik eğitimi, 1'i bilgisayar ve öğretim teknolojileri eğitimi alanında olmak üzere) ayrı ayrı kitapta yer alan 45 etkinlik arasından teorik, deneysel ve simülasyon modelleme etkinliklerini Berry ve Houston'un (1995) sınıflandırılmasını dikkate alarak belirlemiştir. Ardından, ortak olarak belirlenen teorik, deneysel ve simülasyon modelleme etkinlikleri arasından sınıf düzeyine uygunluk ölçütü dikkate alınarak 2'şer tane seçilmiştir. Uygulamalarda, deneysel modelleme etkinlikleri için 'Antik Çağ Kalıntıları-Gelecek Yüzyılda Türkiye', simülasyon modelleme etkinlikleri için 'Boru Hattı Güzergahını Belirle-Maksimum Alan' ve teorik modelleme etkinlikleri için 'Kaplumbağa Terbiyecisi-Tahta En İyi Nereden Görünür?' kullanılmıştır.

2.4. İzleme Planı

Eylem araştırmalarında, uygulamanın ne derece plana sadık kalınarak gerçekleştirildiği ve sürecin etkililiği ile verimliliği üzerine veriler toplanır. Bu veriler doğrultusunda gerekirse uygulama sürecinde değişiklikler yapılabilir (Kemmis ve McTaggart, 1990; Yıldırım ve Şimşek, 2006). Çalışmanın eylem planının ne derece sadık kalınarak uygulandığı her ders ardından, üç uzman katılımıyla (2'si matematik eğitimi, 1'i bilgisayar ve öğretim teknolojileri eğitimi alanında olmak üzere) gerçekleştirilen komite toplantılarıyla belirlenmiştir. Veri analizi veri toplama süreciyle eş zamanlı olarak yürütülmüştür. Her modelleme etkinliğinin uygulanmasının ardından elde verilen veriler, makro analizle çözümlenmiş, elde edilen bulgular haftalık gerçekleştirilen komite toplantılarında, komite üyeleri ile paylaşılmıştır. Bu toplantılarda alınan kararlar doğrultusunda araştırmacı eylem planlarını biçimlendirmiştir. Eylem planının 9., 10., 11., 12., 13. ve 14. haftalarında: Her hafta 1 modelleme etkinliği olmak üzere 2 teorik, 2 deneysel ve 2 simülasyon modelleme etkinliğinin 6 hafta

boyunca uygulanması basamağında, deneysel ve simülasyon modelleme etkinliklerinin uygulanmasına süre ve süreç bakımından sadık kalınmıştır. İlk aşama olan teknolojinin kullanılmadığı aşamada, grupların yaklaşımlarını getirebildikleri en son düzeye kadar beklenmiştir. Fakat teorik matematiksel modelleme etkinliklerinde ilk aşama olan teknolojinin kullanılmadığı aşamada gruplar elde ettikleri sonuçların üzerine, teknoloji kullandıkları süreçte farklı eklemeler yapamamışlardır; çözüm sürecini gruplar kendi istekleri doğrultusunda bırakmışlardır. Bu nedenle komite kararıyla teorik modelleme etkinliklerinin uygulama sürecinde teknolojinin kullanıldığı aşama süresi, gruplar bazında esnek bırakılmıştır.

2.5. Veri Analizi

Öğretmen adaylarının modelleme sürecinin teknoloji ile desteklenen ve desteklenmeyen ortamlarda nasıl şekillendiğinin incelendiği bu çalışmada, sürecin temel basamaklar ve alt basamaklarda nasıl farklılaştığı ön planda tutulmuştur. Analiz veri toplama süreciyle eş zamanlı olarak yürütülmüştür. Süreçte katılımcıların düşüncelerini birbirine sesli olarak aktardığı bir ortamın olması, yazılı çözüm kâğıtları, grupların çözümlerini içeren ekran kayıtları ve üç uzman tarafından (2'si matematik eğitimi, 1'i bilgisayar ve öğretim teknolojileri eğitimi alanında olmak üzere) çözüm sürecinde tutulan gözlem notları ve grup üyeleriyle yapılan ayaküstü mülakatlar öğretmen adaylarının modelleme sürecindeki zihinsel süreçlerinin ortaya çıkarılmasında etkili bir rol oynamıştır. Bütün veri toplama araçlarıyla elde edilen veriler, Stillman, Galbraith, Brown ve Edward (2007) tarafından ortaya konulan süreç modeli (bkz. Şekil 1) dikkate alınarak incelenmiş ve süreç basamaklarının teknoloji ile desteklenen ve desteklenmeyen ortamlarda nasıl şekillendiği 3 uzman tarafından ayrı ayrı kodlanmıştır. Modelleme süreci ayrıntılı incelenirken süreç basamaklarındaki farklılıklara, bilişsel aktivitelerin nasıl şekillendiğine, teknolojinin hangi basamaklarda nasıl rol oynadığına ve teknolojinin sürece nerede ve nasıl etki

ettiğine odaklanılmıştır. Süreç basamakları kapsamında olmayan veriler çözümlenirken birbirine benzeyenleri belirli temalar ekseninde bir araya getirebilmek amacıyla kodlama yapılarak kendi içinde tutarlı ve bütünlük içinde olan bölümler oluşturulmuştur. Sürecin güvenilirliğini sağlamak amacıyla araştırmadan elde edilen ham veriler üç uzman tarafından ayrı ayrı kodlanmış ve kodlama güvenilirliği uyum yüzdesi indeksi kullanılarak hesaplanmıştır (Türnüklü, 2000). %83,79 bulunan uyum yüzdesi %70'ten daha yüksek olması nedeniyle kodlama güvenilirliğinin kabul edilebilir düzeyde olduğu söylenebilmektedir (Tavşancıl ve Aslan, 2001).

3. BULGULAR

Bulgular sırasıyla, 'matematiksel modelleme sürecinin teknoloji ile desteklenen ve desteklenmeyen ortamlarda nasıl şekillendiğinin incelenmesi' ve 'teknolojinin modelleme sürecine etkisi üzerine görüşler' alt başlıkları altında sunulmuştur.

3.1 Matematiksel Modelleme Sürecinin Teknoloji ile Desteklenen ve Desteklenmeyen Ortamlarda Nasıl Şekillendiğinin İncelenmesi

Araştırmanın amacı matematiksel modelleme sürecinin teknoloji ile desteklenen ve desteklenmeyen ortamlarda nasıl şekillendiğinin incelenmesidir. Farklı ortamlarda gerçekleşen her bir modelleme etkinliği için farklar Stillman, Galbraith, Brown ve Edward (2007) tarafından ortaya konulan süreç modeli (bkz. Şekil 1) dikkate alınarak ortaya çıkarılmıştır. Deneysel (2 modelleme etkinliği) ve Simülasyon (2 modelleme etkinliği) modelleme etkinliklerinin, çözüm sürecindeki farklar teorik çerçeve bağlamında Tablo 1'de yer almaktadır. Tabloda süreç basamaklarına dayalı gerçekleşen farklılıklar, gruplar G1 (1. Grup),...,G7 (7.Grup) olarak kodlanıp, modelleme etkinlikleri D1 (1. Deneysel modelleme etkinliği), D2 (2. Deneysel modelleme etkinliği), S1 (1. Simülasyon modelleme etkinliği), S2 (2. Simülasyon modelleme etkinliği) olarak kodlanıp

sunulmuştur. Örneğin tabloda yer alan G3 (D1-S1-S2) kodu grup 3 de 1. Deneysel modelleme etkinliğinde, 1. Simülasyon modelleme etkinliğinde ve aynı zamanda 2. Simülasyon modelleme etkinliğinde aynı aşamanın gerçekleştiğini ifade etmektedir.

Tablo 1. Teorik Çerçeve Bağlamında Deneysel ve Simülasyon Modelleme Etkinliklerinin, Çözüm Sürecindeki Farklar

DENEYSEL VE SİMÜLASYON MODELLEME ETKİNLİKLERİ		
Modelleme Süreci – Süreç basamakları (Stillman, Galbraith, Brown & Edward, 2007: 690)	Teknoloji ile Desteklenmeyen Süreç	Teknoloji Destekli Süreç
1- Anlama, yapılandırma, basitleştirme, içeriği yorumlama	Strateji belirleme. G1(D1-D2-S1-S2), G2(D1-D2-S1-S2), G3(D1-D2-S1-S2), G4(D1-D2-S1-S2), G5(D1-D2-S1-S2), G6(D1-D2-S1-S2), G7(D1-D2-S1-S2). Alternatif stratejilerdeki etkenleri belirleme G1(S1-S2), G2(S1-S2), G3(D1-S1-S2), G4(S1-S2), G5(S1), G6(D1-S2), G7(D1-S1-S2). -----	Strateji geliştirme veya farklı strateji oluşturma. G1(D1-D2-S1), G2(D1-D2-S2), G3(D1-D2-S1), G4(D1-D2), G5(D1-D2-S1-S2), G6(D1-D2-S1), G7(D1-D2-S1-S2). Belirlenen alternatif stratejideki farklı etkenleri test etme ve doğru etkenleri belirleme. G1(D1-D2-S1-S2), G2(D1-D2-S2), G3(D1-D2-S1-S2), G4(D1-D2-S1), G5(D1-D2-S1-S2), G6(D1-D2-S1-S2), G7(D1-D2-S1-S2). Problem durumuna dair daha üst düzey varsayımlar ve yorumlarda bulunma. G1(D1-D2-S1), G2(D1-D2-S2), G3(D1-D2-S1), G4(D1-D2), G5(D1-D2-S1-S2), G6(D1-D2-S1), G7(D1-D2-S1-S2).
2- Varsayımda bulunma, formüle etme, matematikselleştirme	Matematikselleştirme (uygun matematikselleştirmenin gerçekleştirilememesi) G1(D1-D2), G5(D1-D2). Eksik veya yanlış matematikselleştirme. G1(S1-S2), G2(D1-D2-S1-S2), G3(D1-D2-S1), G4(D1-D2), G5(S1-S2), G6(D1-D2-	Uygun grafiksel gösterimler ve cebirsel denklemleri oluşturarak matematikselleştirme. G1(D1-D2-S1-S2), G2(D1-D2-S1-S2), G3(D1-D2-S1-S2), G4(D1-D2-S1-S2), G5(D1-D2-S1-S2), G6(D1-D2-S1-S2), G7(D1-D2-S1-S2). Değişkenler arasındaki ilişkinin kurulması, yeni yaklaşımlar sunulması ve test edilmesi. En güçlü model için uygun

	S1), G7(D1-D2-S1-S2).	yaklaşımın belirlenmeye çalışılması. G1(D1-D2-S1-S2), G2(D1-D2-S1-S2), G3(D1-D2-S1-S2), G4(D1-D2-S1-S2), G5(D1-D2-S1-S2), G6(D1-D2-S1-S2), G7(D1-D2-S1-S2).
3- Matematiksel çalışma yapma	Yoğun hesaplamaların yapılmasında sıkıntı yaşanması. G1(D1-D2-S1), G2(D1-D2-S1-S2), G3(D1-D2-S1-S2), G4(D1-D2-S1-S2), G5(D1-D2-S1), G6(D1-D2-S1-S2), G7(D1-D2-S1-S2).	Yoğun hesaplamalarda uygun teknolojinin kullanılması. G1(D1-D2-S1-S2), G2(D1-D2-S1-S2), G3(D1-D2-S1-S2), G4(D1-D2-S1-S2), G5(D1-D2-S1-S2), G6(D1-D2-S1-S2), G7(D1-D2-S1-S2).
4- Matematiksel çıktıları yorumlama	Üretilen Matematiksel sonuçları günlük hayat durumuyla karşılaştırarak yorumlama- (Tartışmaların bütünleşmemesi) G1(D1-D2-S1), G2(D1-D2), G3(D1-D2), G4(D1-D2-S1-S2), G5(D1-D2-S1), G6(D1-D2-S1-S2), G7(D1-D2-S1-S2).	Üretilen Matematiksel sonuçları günlük hayat durumuyla karşılaştırarak yorumlama (Karşılaştırmalarda uygun programlar kullanarak tartışmaların bütünleşmesi) G1(D1-D2-S1-S2), G2(D1-D2-S1-S2), G3(D1-D2-S1-S2), G4(D1-D2-S1-S2), G5(D1-D2-S1-S2), G6(D1-D2-S1-S2), G7(D1-D2-S1-S2). Teknoloji yardımıyla varsayımların günlük hayat sonuçlarına olan etkileri ve varsayımların değişmesi sonucu olabilecek alternatif durumlar üzerine bir yorumlama ve değerlendirme yapma. G1(D1-D2-S1-S2), G2(D1-D2-S1-S2), G3(D1-D2-S1), G4(D1-D2), G5(D1-D2-S1-S2), G6(D1-D2-S1-S2), G7(D1-D2-S1).
5- Birleştirme, eleştirme, doğrulama.	Yaklaşım veya yaklaşımların ayrıntılı sonuçlarının günlük hayat uyum yeterliliğini inceleme. (Eksik birleştirme, eleştirme, doğrulama) G1(D1-D2-S1-S2), G2(D1-D2-S1-S2), G3(D1-D2-S2), G4(D1-D2-S1-S2), G5(D1-D2-S1-S2), G6(D1-D2-S1-S2), G7(D1-D2-S1-S2).	Yaklaşım veya yaklaşımların ayrıntılı sonuçlarının günlük hayat uyum yeterliliğinin teknoloji yardımıyla desteklenmesi ve modelin geliştirilmesi. G1(D1-D2-S1-S2), G2(D1-D2-S1-S2), G3(D1-D2-S2), G4(D1-D2-S1-S2), G5(D1-D2-S1-S2), G6(D1-D2-S1-S2), G7(D1-D2-S1-S2).

6- İletişim, çözümü savunma (model tatmin ediciyse)	En iyi yaklaşım olarak belirlenen modelin savunulması. G1(D1-D2-S1-S2), G2(D1-D2-S1-S2), G3(D1-D2-S1-S2), G4(D1-D2-S1-S2), G5(D1-D2-S1-S2), G6(D1-D2-S1-S2), G7(D1-D2-S1-S2).	En iyi yaklaşımın denemeler yapılarak ve farklı durumlara uygulanabilirliği düşünülerek savunulması. G1(D1-D2-S1-S2), G2(D1-D2-S1-S2), G3(D1-D2-S1-S2), G4(D1-D2-S1-S2), G5(D1-D2-S1-S2), G6(D1-D2-S1-S2), G7(D1-D2-S1-S2).
7- Modelleme sürecinin yinelenmesi (model tatmin edici değilse)	Model tatmin edici gelmeyince süreç yeniden başlatılmıyor. G1(D1-D2-S1), G2(D1-D2-S1-S2), G3(D1-D2-S1-S2), G4(D1-D2-S1), G5(D1-D2-S1-S2), G6(D1-D2-S1-S2), G7(D1-D2-S1-S2).	Modelin tatmin edici olmadığı fark edildiğinde, modelleme süreci tekrardan başlatılıyor. G1(D1-D2-S1-S2), G2(D1-D2-S1-S2), G3(D1-D2-S1-S2), G4(D1-D2-S1-S2), G5(D1-D2-S1-S2), G6(D1-D2-S1-S2), G7(D1-D2-S1-S2).

Tablo 1’ de sunulan ortamdan kaynaklı süreçteki farklılaşmalar, modelleme sürecinden alınan kesitler ve yazılı görüş formundaki öğretmen adaylarının görüşleriyle (33 öğretmen adayı ÖA1,...,ÖA33 olarak kodlanmıştır) aşağıda sunulmaktadır. Teknolojinin modelleme sürecine etkisi odaklı, genel değerlendirme sorularının yer aldığı yazılı görüş formlarından, öğretmen adaylarının basamaklarla ilişkili görüşleri genel değerlendirme içerisinde belirtildiği için, işlem basamağı çerçevesinde bütünlüğün bozulmaması açısından taratma şeklinde sunulmayıp, metin olarak sunulmuştur.

Modelleme Sürecinin 1. Basamağının (anlama, yapılandırma, basitleştirme, içeriği yorumlama) Analizi:

“Antik Çağ Kalıntıları” isimli deneysel modelleme etkinliğinde, özetle bir yol inşaatı sırasında antik çağda yaşayan insanlara ait olduğu düşünülen kemikler bulunduğu belirtilmektedir. Fakat iskeletlerin tamamının bulunmadığı sunulup, sadece belli uzuvların kalıntılarının elde edildiği ve bu kemiklerin uzunlukları verilmektedir. İnsan vücudundaki kemiklerin isimleri ve birçok insan iskeletindeki kemik ölçümlerine ve boy uzunluğuna dayanan gerçek istatistiksel

bilgiler verilmiştir. Öğrenenden antik çağda yaşayan insanlara ait olduğu düşünülen kemik ölçüleriyle, kişilerin boylarını hesaplamaları beklenmektedir.

“Antik Çağ Kalıntıları” isimli deneysel modelleme etkinliğinin teknoloji kullanılmayan ortamında genel olarak gruplar kemiklerin insan boyu ile olan istatistiksel ilişkilerini inceleyerek farklı stratejiler geliştirmişlerdir. Örneğin bir grup sadece pazı kemiği uzunluğu ile boy ilişkisine bakarken, diğer bir grup ön kol uzunluğu ile boy ilişkisine odaklanmıştır. Alternatif stratejilerdeki etkenlerin belirlenmesi aşamasında (stratejiyi etkileyen değişkenler) boy ile bu değişkenlerin oranlanması esas alınmıştır.

Aynı deneysel modelleme etkinliğinin teknoloji kullanılan ortamında ise farklı stratejiler geliştirilmiştir. Bunun alt yapısında teknolojinin alternatif stratejideki etkenleri test etmede ve doğru etkenleri belirlemede kolaylık sağlaması yatmaktadır. Örneğin, gruplar (i) pazı ile boy, (ii) ön kol ile boy ve (iii) pazı/ön kol ile boy ilişkilerini MS Excel elektronik tablo programını ve GeoGebra yazılımını kullanarak R^2 uyum endekslerini (bu değer 1'e ne kadar yakınsa ilgili problem bağlamında çözüm için kullanılan değişken de o kadar gerçeğe yakın sonuç verebilmektedir) hesaplamışlardır. Bu hesaplamalar ışığında denklemleri de elde etmişlerdir. Elde edilen bu değerler grupların daha üst düzey varsayımlarda bulunmalarını ve bunları test ederek yorumlamalarını sağlamıştır. Bu bağlamda 21 (% 64) öğretmen adayı, teknoloji aracılığıyla “daha farklı ve üst düzey yorumlamalar yapılabildiği ve bu varsayımların test edilebildiği” temalarında görüş bildirmişlerdir. Örneğin, bu bağlamda sunulan temsili öğretmen adayı görüşü aşağıda sunulmaktadır.

“Teknoloji yardımıyla farklı düşüncelerimizi kolaylıkla test edebiliyorduk. Teknoloji daha farklı yorumlar getirmemize yardımcı oluyordu [...]Antik Çağ Kalıntıları etkinliğinde bize verilen pazı kemiği uzunluklarını tabloda arayarak bu değerlere karşılık gelen boy uzunluklarını kaydettik. Daha sonra, bir ilişki aradık. Tablodan rastgele pazı kemiği değerleri aldık. Boy karşılaştırmalarına baktık. Bir oran bularak doğrusal denklem

yazmaya çalıştık. Ama beyin gücümüz yetmedi. Olası diğer kemiklerin boy ile ilişkisine bakmayı göze alamadık. Alsak bile her biri için farklı denklem elde edecektik. Peki, en doğrusuna nasıl karar verecektik? Fakat Geogebra da her değişken için R^2 'leri görmemiz en uygun denkleme karar vermemizde bize yardımcı oldu. Hepsini ele almak içimizden geldi. Hatta pazı/ön kol oranı ile boy ilişkisine de bakabildik.”
ÖA 17

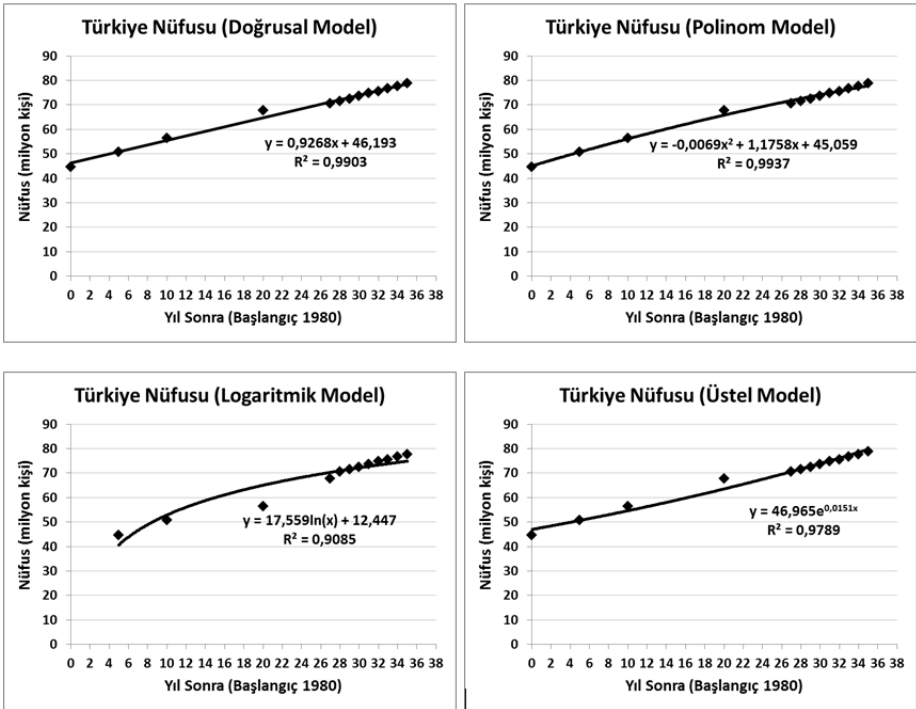
Modelleme Sürecinin 2. Basamağının (varsayımda bulunma, formüle etme, matematikselleştirme) Analizi:

“Gelecek Yüzyılda Türkiye” deneysel modelleme etkinliğinde, özetle Kalkınma Bakanlığının, gelecek yüzyıl için stratejik planlar yaptığı, bu çerçevede Türkiye nüfusunun yıllara göre nasıl değiştiğinin ve önümüzdeki yüzyıl içerisinde demografik yapının nasıl farklılaşacağına gelecekte yapılacak olan yatırım planlarını yönlendirmede belirleyici bir etken olduğu belirtilmektedir. Yıllara göre yaş gruplarının nüfusu ve toplam nüfus gerçek verilerle tablo olarak belirtilmektedir. Öğrenenden bir rapor hazırlamaları ve bu raporda geçmiş yıllardaki nüfus değişimini inceleyerek gelecekteki nüfus yapısının nasıl oluşabileceği konusunu, belirlenen belli etkenler çerçevesinde irdelemeleri beklenmektedir.

“Gelecek Yüzyılda Türkiye” deneysel modelleme etkinliğinin teknoloji kullanılmayan ortamında genel olarak gruplar matematikselleştirme aşamasında sözel açıklamalarla ifade etmeye çalışmışlardır. Yıllar arasındaki nüfus değişimlerine bakarak nüfusun artış oranını yaklaşık olarak hesaplamaya çalışmışlardır. Fakat bazı gruplar nüfusun durağanlaşacağı zamanı belirleyebilmek için gerekli matematikselleştirmeleri gerçekleştiremezken bazı gruplar ise eksik veya yanlış matematikselleştirme gerçekleştirmişlerdir.

Aynı deneysel modelleme etkinliğinin teknoloji kullanılan ortamında ise tüm gruplar MS Excel elektronik tablo programını kullanmıştır. Uygun grafiksel gösterimin belirlenmesinde MS Excel'in sunduğu üstel, doğrusal, logaritmik,

polinom ve üs eğilimleri kullanılarak cebirsel denklemler oluşturulmuştur. Böylece değişkenler arasındaki ilişkinin gösterimi cebirsel ve grafiksel olarak elde edilmiştir. Bu sayede, en güçlü modeli elde etmek için sunulan tüm yaklaşımlar test edilerek en uygun yaklaşımın belirlenmesine çalışılmıştır. Bu etkinlik için bir grubun (G2) teknoloji destekli ortamda üzerinde çalıştığı yaklaşımlara ait ekran görüntüleri aşağıda sunulmaktadır (bkz. Şekil 2).



Şekil 2. Grup 2'nin Bir Deneysel Modelleme Etkinliğinde Teknoloji Destekli Ortamda Üzerinde Çalıştığı Yaklaşımlara Ait Ekran Görüntüleri.

Öğretmen adaylarının teknolojinin modelleme sürecine etkisi odaklı, genel değerlendirme sorularının yer aldığı yazılı görüş formuna verdikleri yanıtlar arasında bu basamakla ilişkili olan bölümlere bakıldığında değişkenler arasındaki ilişkilerin teknoloji yardımıyla kolaylıkla kurulması ve anlaşılması (26 öğretmen

adayı,% 79), soyut kalan ifadelerin somutlaştırılması (18 öğretmen adayı,% 55), matematikselleştirmede uygun grafiksel gösterimlerin ve cebirsel denklemlerin rahatlıkla oluşturulduğu (31 öğretmen adayı,% 94), farklı çözüm yaklaşımlarının düşünülüp test edilebildiği (22 öğretmen adayı,% 67), temalarının ön plana çıktığı görülmektedir. Bu temaları destekleyen temsili öğretmen adayı görüşlerine aşağıda yer verilmektedir.

“ Teknoloji yardımıyla sorulardaki uygun değişkenler arasındaki ilişkileri anlamamız kolaylaşıyordu [...] Gelecek Yüzyılda Türkiye sorusunda excel yardımıyla cebirsel denklemleri yazdırdık ve yıllar ile nüfus arasındaki ilişkiyi görebildik. Açıkçası bizim grup için excel kullanmadan bunu yapmak mümkün değildi.” ÖA 5

“ [...]Sorularda teknoloji yardımıyla değişkenler arasındaki ilişkileri gördüğümüzde kafamızdaki soyut ifadeler somut hallerini alıyordu.” ÖA 12

“ Teknoloji yardımıyla problemin olası bütün görsellerine kavuşmak, grafiksel gösterimlerini elde etmek, bizim daha fazla çözüm yaklaşımı üretmemizi sağlıyordu. Matematiksel işlemlerle de fazla zaman kaybetmediğimiz için daha farklı bakış açılarıyla düşünmemize zaman kalıyordu [...] Uygun cebirsel ilişkileri keşfedebiliyorduk.” ÖA 10

“ [...]Teknolojiyi kullanmadığımız süreç içerisinde cebirsel veya grafiksel modeller elde etmede çok zorlanıyorduk. Ya da bulduğumuz modeli test ederken bile çok zaman kaybediyorduk [...]” ÖA 31

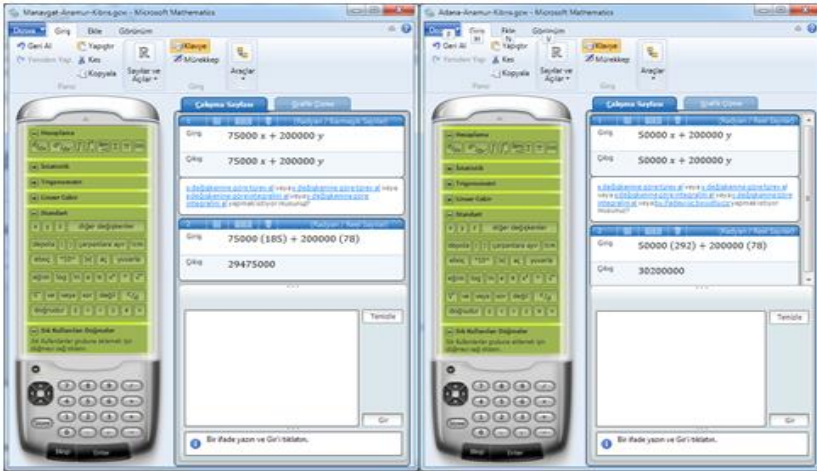
Modelleme Sürecinin 3. Basamağının (matematiksel çalışma yapma) Analizi:

“Boru Hattı Güzergahını Belirleme” simülasyon modelleme etkinliğinde, özetle Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti (KKTC)’nin su ihtiyacının Türkiye’den döşenecek boru hattıyla karşılanmasına dönük bir projenin başlatıldığı belirtilmektedir. Antalya ve Adana illerinin, inşa edilecek boru hattı için su kaynağı sağlayabilecek alternatif iller arasında ön plana çıktığı sunulmaktadır. Döşenecek boru hattının ortalama maliyeti, düz ve engebesiz bir arazi için, dağlık arazi için ve deniz altına döşenebilecek hat için sunulmaktadır. Aynı zaman da Türkiye ve KKTC’nin haritası, iller ve ilçeler arası mesafeler verilmektedir. Öğrenenden beklenen,

maliyetin en az olacağı bir güzergâh belirlemeleri ve bu güzergâhın uygunluğu konusunda yetkilileri ikna edici, ayrıntılı bir rapor hazırlamalarıdır.

“Boru Hattı Güzergahını Belirleme” simülasyon modelleme etkinliğinin teknoloji kullanılmayan ortamında genel olarak gruplar yoğun hesaplamalar ile karşı karşıya kaldılar. Bu hesaplamalar ile başa çıkmak için olası tüm güzergâhları grup içinde paylaşarak her bir grup üyesi farklı alternatifleri denedi. Fakat işlem yoğunluğu sebebiyle hesaplanamayan güzergâhlar göz ardı edildi. Yani farklı bir strateji olarak benimsenmedi.

Aynı simülasyon modelleme etkinliğinin teknoloji kullanılan ortamında ise tüm gruplar yoğun hesaplamaların üstesinden gelmek için bazı gruplar bilgisayardaki hesap makinesini, bazı gruplar MS Excel elektronik tablo programını tercih ederken bazı gruplar ise MS Mathematics kullanmıştır. MS Mathematics yazılımını kullanan bir grubun (G7) hesaplama yaptığı birçok güzergâh içerisinde seçilen temsili Manavgat-Anamur-Kıbrıs güzergâhı ile Adana-Anamur-Kıbrıs güzergâhında dönecek boru hatlarının maliyetlerine ait ekran görüntüleri aşağıda (bkz. Şekil 3) verilmektedir.



Şekil 3. Grup 7 nin Bir Simülasyon Modelleme Etkinliğinde Teknoloji Destekli Ortamda Üzerinde Çalıştığı Maliyet Hesaplamalarına Ait Ekran Görüntüleri.

Öğretmen adaylarının teknolojinin modelleme sürecine etkisi odaklı, genel değerlendirme sorularının yer aldığı yazılı görüş formuna verdikleri yanıtlar arasında bu basamakla ilişkili olan bölümlere bakıldığında yoğun hesaplamaların üstesinden gelme (29 öğretmen adayı,% 88), zor matematiksel işlemlerde öğrencilerin boğulmasını engelleme (16 öğretmen adayı,% 49) temalarının ön plana çıktığı görülmektedir. Bu temalarda örnek öğretmen adayı görüşleri aşağıda sunulmaktadır.

"[...] Zor olmasa da çok yoğun hesaplamalarla karşı karşıya kalmak bizi çok yoruyordu hatta hesaplamaları uzun olacak diye gözümüz korktuğu için ele almak istemediğimiz çözümler oluyordu. Fakat ne zaman istediğimiz yazılımı kullanmaya başlasak bu hesaplamaların kolaylıkla üstesinden geldiğimiz için düşündüğümüz bütün çözümleri hesaplıyorduk [...]" ÖA22

"[...]Bazı işlemleri elde yapmak çok zordu, işlemler içinde kalmak, bizim grubumuzu çok boğuyordu. İşlemlerin zorluğundan kafamızı kaldırıp biz ne yapıyoruz düşünemiyorduk. Ama teknoloji desteği devreye girdiğinde hemen hesaplamaları yapıp biz şimdi ne bulduk diye tartışabiliyorduk." ÖA27

Modelleme Sürecinin 4. (matematiksel çıktıları yorumlama) ve 5. (birleştirme, eleştirme, doğrulama) Basamaklarının Analizi:

"Gelecek Yüzyılda Türkiye" deneysel modelleme etkinliğinin teknoloji kullanılmayan ortamında gruplar yıllar arasındaki nüfus değişimlerine bakarak Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından açıklanan Türkiye'nin 2016 yılına ait nüfusunu ne ölçüde belirleyebileceklerine yönelik çalışma yapmışlardır. Ancak nüfus artış oranının yıllar içerisinde değişken olması sebebiyle yaptıkları tartışmayı tam olarak günlük hayat durumuyla bütünleştiremedikleri için değerlendirmeleri eksik kalmıştır. Bu nedenle, yaklaşımlarının sonuçlarının günlük hayat uyum yeterliliğini inceleyememişlerdir.

Aynı deneysel modelleme etkinliğinin teknoloji kullanılan ortamında ise tüm gruplar MS Excel elektronik tablo programını kullanarak elde ettikleri üstel,

doğrusal, logaritmik ve polinom fonksiyonlarında 2016 yılına ait nüfus hesaplamalarını yaparak gerçekte TÜİK tarafından açıklanan değerle karşılaştırarak modellerinin günlük hayat uyumunu yorumlamışlardır. Ayrıca, bazı gruplar gelecek yıllardaki Türkiye'nin nüfusuna yönelik tartışmaları ışığında bir projeksiyon çalışması sunarak modellerini genişletmişlerdir.

Aşağıda bir grubun (G3), 2016 yılı nüfus tahminine yönelik hesaplaması, elde ettiği değer gerçeğe nüfus değeri ile karşılaştırması ve projeksiyon çalışması, grup içi öğrenci diyalogları ile birlikte verilmektedir.

[...]

G3-4. grup üyesi: En iyi R^2 değerini polinom fonksiyonu ile elde ettik. Onu kullanalım.

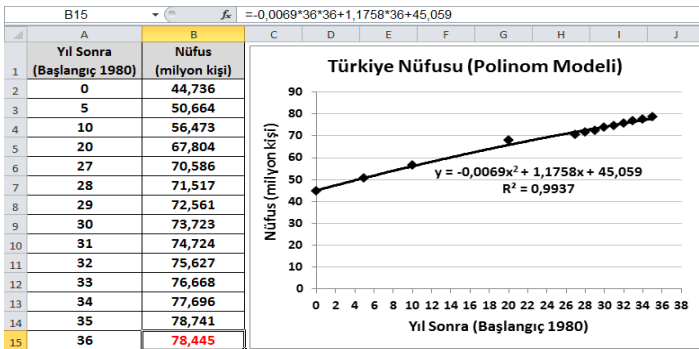
G3-1. grup üyesi: Himm. Ben bu formülü anlayamadım. Bence önce çalışıyor mu diye kontrol edelim.

G3-4. grup üyesi: Peki o zaman nüfusunu bildiğimiz bir yılın değerini bulalım.

G3-3. grup üyesi: En son hangi yılın verileri var ona göre bakalım.

(Grup üyeleri internet üzerinden TÜİK nüfus verilerine ulaşıyor ve Türkiye'nin 2016 yılı nüfusunu 79,814 milyon olarak buluyor.)

G3-1. grup üyesi: Fakat bulduğumuz formüle göre ($-0,0069x^2+1,1758x+45,059$) hesaplayınca 78,445 milyon çıkıyor (Bkz. Şekil 4)



Şekil 4. Grup 3 ün Bir Deneysel Modelleme Etkinliğinde Teknoloji Destekli Ortamda Ürettikleri Matematiksel Sonuçları Günlük Hayat Durumuyla Karşılaştırırken Üzerinde Çalıştıkları Bir Yaklaşım Ait Ekran Görüntüleri.

G3-2. grup üyesi: Arada çok büyük fark var.

G3-4. grup üyesi: Acaba formülde mi bir sıkıntı var!

(10 dakikalık tartışma sonrası)

G3-1. grup üyesi: Excel'in hesapladığı bu formül 2. dereceden. Bir de 3. dereceden deneyelim mi?

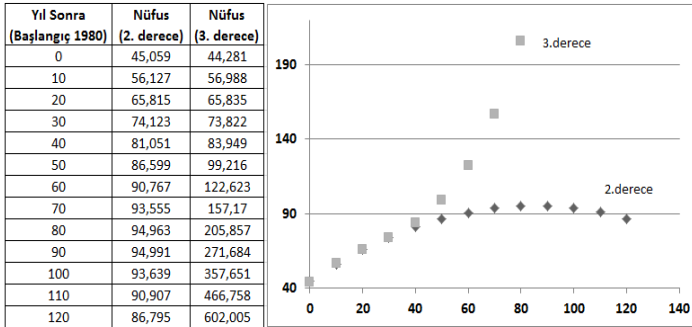
(Grup denemeler yapıyor. Üçüncü dereceden: $y = 0,0005x^3 - 0,0343x^2 + 1,5637x + 44,281$ $R^2 = 0,9957$ polinomunu elde ettikten sonra 2016 için nüfus değerini bu fonksiyon üzerinden hesaplıyorlar.)

G3-2. grup üyesi: Vavvv bu sefer 79,449 çıktı gerçek sonuçla çok yakın demek ki bunu kullanabiliriz.

G3-1. grup üyesi: Çok iyi bu formülü alalım.

G3-4. grup üyesi: Ama arkadaşlar üçüncü dereceden bir polinom kullanırsak gelecekte nüfus sürekli artar o zaman. Bu da doğa kanunlarına aykırı bir şey.

(Grup kendi arasında tartışarak İnternet'i kullanmaya karar veriyorlar. İnternette Türkiye'nin nüfusunun durağanlaşacağına dair projeksiyon çalışmalarını inceliyorlar. Ardından grup kendi projeksiyon çalışmalarını yaparak elde ettikleri sonuçları günlük hayat uyumluluğuyla karşılaştırmaya karar veriyor.)



Şekil 5. Grup 3 Ün Bir Deneysel Modelleme Etkinliğinde Teknoloji Destekli Ortamda İkinci ve Üçüncü Dereceden Elde Ettikleri Polinomları Kullanarak MS Excel Yardımıyla Yürüttükleri Bir Projeksiyon Çalışmasına Ait Ekran Görüntüleri.

Grup ikinci ve üçüncü dereceden elde ettikleri polinomları kullanarak MS Excel yardımıyla bir projeksiyon çalışması yürütüyor (bkz. Şekil 5).

[...]

G3-4. grup üyesi: Arkadaşlar grafiğe baktığımızda üçüncü dereceden polinom ile nüfusumuz artarak artıyor ve 2200'lü yıllarda 600 milyonu

buluyor. Şu anda belki günümüz nüfusu için yakın bir değer vermiş olabilir. Fakat bu durum geleceği yansıtmıyor.

G3-2. grup üyesi: Himm. O zaman ikinci dereceden mi alalım?

G3-4. grup üyesi: Yani bence öyle.

G3-1. grup üyesi: Zaten internetten elde ettiğimiz farklı projeksiyon çalışmalarının sonuçları da ülkemizin nüfusunun durağanlaşacağını söylemiyor muydu?

G3-3. grup üyesi: O zaman ikinci derece polinom üzerinden düşürsek hangi yıllarda durağanlaşır?

G3-1. grup üyesi: Yaklaşık 2070'li yıllarda (1980 yılından 90 yıl sonra) durağanlaşıyor gibi görünüyor.

G3-2. grup üyesi: Peki tam olarak hangi yıl?

G3-4. grup üyesi: Türevi sıfır yapanı birimiz hesaplayalım.

(Hesaplama ardından)

G3-3. grup üyesi: Yaklaşık 85 yıl sonra yani 2065 yılında görünüyor.

G3-2. grup üyesi: Hadi ya! Ama İnternette 2050'li yıllarda nüfusumuzun durağanlaşacağı belirtiliyordu. Hatta okuyorum:

“Doğurganlık seviyesinin düşmesiyle Türkiye'nin nüfus büyüklüğü yüzyılın ortalarında yaklaşık olarak 95 milyon seviyesine ulaşacak ve bu seviyede durağanlaşacak.”

G3-4. grup üyesi: Evet ama biz 1980'den itibaren verileri kullanıyoruz. Mesela 1980'den önceki yıllardan itibaren alsak bizimki de 2050'li yıllar çıkabilirdi. Ama her koşulda 95 milyonda durağanlaşacağını bulduk.

[...]

Öğretmen adaylarının teknolojinin modelleme sürecine etkisi odaklı, genel değerlendirme sorularının yer aldığı yazılı görüş formuna verdikleri yanıtlar arasında bu basamaklarla ilişkili olan bölümlere bakıldığında teknolojinin sunduğu imkânlar; modelin gerçek yaşam durumuyla karşılaştırılması (15 öğretmen adayı,% 46); modelin doğruluğunu kontrol etme (18 öğretmen adayı,% 55), modelin eksikliğini fark etme (11 öğretmen adayı,% 33), modeli geliştirme (8 öğretmen adayı,% 24), modelin eğilimlerinin incelenebileceği zengin bir ortam oluşturma (20 öğretmen adayı,% 61), modelin yapısını ve değişkenlerin modeldeki işleyişini daha iyi anlamlandırma (22 öğretmen adayı,% 67), çoklu temsillerle değerlendirme imkânı sunma (19 öğretmen adayı,% 58) temalarıyla ön plana çıkmaktadır. Öğretmen adaylarının görüşlerinden örnekler, aşağıda yer almaktadır.

" [...] Bulduğumuz yaklaşımları gerçek yaşam durumuyla ilişkilendirmeye çalıştığımızda, teknoloji bizim için çok önemli bir rol oynuyordu. [...] Baktık ilişkilendirmede sıkıntı var, bu durumu irdelerken sorudaki bazı değişkenleri işin içine katmadığımızı görüyorduk. O zaman hazır formülümüze ya da grafiğimize bu değişkenleri de ekleyerek devam ediyorduk. Fakat kâğıt, kalemle işlem yaptığımız süre için aynı şeyleri söyleyemeyeceğim çünkü bu gerçek yaşamla olan karşılaştırmayı yaptığımızda eksik değişkenleri farkettiğimiz de bu durum tekrardan başa dönmek olduğu için, tekrardan aynı süreci yaşamak anlamına geliyordu ve göze alamıyorduk.[...]" ÖA21

" Teknolojiyi kullandığımız süreçte oluşturduğumuz modelin doğruluğunu çok rahat kontrol edebiliyor ve gerektiğinde modelimizi geliştirebiliyorduk.[...]" ÖA 6

"[...] Elde ettiğimiz modeli görselleştirebildiğimizde, modelin yapısını ve değişkenlerin modeldeki işleyişini daha iyi anlamlandırabiliyorduk buda bize gerçek yaşam durumuyla ilişkisini kontrol etmede kolaylık sağlıyordu. Örneğin 'Gelecek Yüzyılda Türkiye' sorusunda biz doğrusal bir grafik ve denklem elde etmiştik. Daha sonra bunu farklı yıllar için denediğimizde eksik olduğunu fark ettik. Gerçekçi gelmedi, değişkenlerin modelde doğrusal bir yapıya sahip olmasının uygun olmadığına karar verdik. Bizde farklı modeller, eğilimler düşünmeye başladık. MS Excelde aynı veri üzerinden farklı eğilimleri incelemek hem kolaydı, hem de zaman kaybetmiyorduk.[...] Daha sonra elde ettiğimiz bütün eğilimleri toplu bir şekilde değerlendirebildik." ÖA 33

Modelleme Sürecinin 6. Basamağının (iletişim, çözümü savunma-model tatmin ediciyse) Analizi:

Teknoloji kullanılmayan ortamda gruplar tüm modelleme etkinlikleri için elde ettikleri en iyi yaklaşımı ayrıca en kolay ulaşılabildikleri yaklaşımı model olarak savunmuşlardır. Farklı yaklaşımları düşünme eğiliminde bulunmamışlardır. Fakat teknoloji kullanılan ortamlarda yaklaşımlar denemelerle sınanmış, farklı durumlara uygulanabilirliği düşünülmüş ve ardından belirlenen en iyi yaklaşım model olarak sunulmuştur.

Öğretmen adaylarının teknolojinin modelleme sürecine etkisi odaklı, genel değerlendirme sorularının yer aldığı yazılı görüş formuna verdikleri yanıtlar arasında bu basamakla ilişkili olan bölümlere bakıldığında modelin doğrulanması

(17 öğretmen adayı,% 52) temasının ön plana çıktığı görülmektedir. Örnek öğretmen adayı görüşüne aşağıda yer verilmektedir.

“[...] Oluşturduğumuz modelin doğruluğunu test ederken, teknoloji elimizin altında olduğunda çok rahat tartışabiliyorduk. Örneğin ‘Antik Çağ Kalıntıları’ sorusunda bir pazı kemiğiyle, ön kol kemiğiyle boy arasındaki ilişkiye bakmıştık hatta bu kemiklerin birbirine oranının boy ile olan ilişkisine de bakmıştık. Sonrada elde ettiğimiz denklemlerin doğruluğunu bize verilen değerler üzerinden test edebiliştik. Hatta kendi kemiklerimizi ölçüp denemeler bile yapmıştık.[...] Fakat teknolojiyi kullanmadığımız zaman içerisinde modelimizi doğrulamakta, test etmekte çok sıkıntı yaşıyorduk. Zaten zar zor bir denklem elde ediyorduk. Öbür denklemleri de bulup karşılaştırmak hem zaman kaybıydı hem de çok fazla işlem hatası yapıyorduk. [...]” ÖA8

Modelleme Sürecinin 7. Basamağının (modelleme sürecinin tekrar yinelenmesi- model tatmin edici değilse) Analizi:

Teknoloji kullanılmayan ortamda gruplar en son elde ettikleri modelin veri karşılaştırmalarında tatmin edici olmadığını gördüklerinde yeniden başa dönerek farklı yaklaşımlar üretme eğiliminde bulunmamışlardır. Bir başka deyişle, modelleme sürecini yeniden başlatmamışlardır. Örneğin, “Antik Çağ Kalıntıları” isimli deneysel modelleme etkinliğinde gruplar önkol kemik uzunluğu-boy ilişkisi için tablodan herhangi bir değer alıp doğrusal bir fonksiyon elde ettikten sonra tablodaki diğer değerleri bu fonksiyonda yerine koyup denemeler yapıyorlar. Fakat birçok değer için hata paylarının yüksek olduğunu görüyorlar. Pazı kemiği veya diğer değişkenler için de aynı çıkmaza gireceklerini düşünüp modelleme sürecini tekrardan başlatmıyorlar. Fakat teknoloji kullanılan ortamda elde edilen modelin tatmin edici olmadığı fark edildiğinde farklı değişkenler kullanılarak modelleme süreci yeniden başlatılmıştır. Örneğin, “Antik Çağ Kalıntıları” isimli modelleme etkinliğinde gruplar önkol-boy, pazı-boy, uyluk-boy ve kaval-boy ilişkilerine R^2 değerleri üzerinden bakıp pazı-boy ilişkisini model olarak kabul etmiş ve $R^2=0,84$ değerine ulaşmışlardır. Ancak bu değer

bazı gruplar için tatmin edici gelmemiş bu yüzden en iyi R^2 değerlerini veren değişkenlerin farklı ilişkilerini ele alarak, örneğin (önkol+pazı)–boy ve (önkol/pazı) – boy ilişkilerindeki R^2 değerleri için modelleme süreçlerini yeniden ele almışlardır.

Öğretmen adaylarının teknolojinin modelleme sürecine etkisi odaklı, genel değerlendirme sorularının yer aldığı yazılı görüş formuna verdikleri yanıtlar arasında bu basamakla ilişkili olan bölümlere bakıldığında teknoloji ile desteklenmeyen süreçte model tatmin edici değilse, modelleme sürecinin tekrar edilmediği (24 öğretmen adayı,% 73) ön plana çıkmaktadır. Öğretmen adaylarının ifadelerinde genel olarak teknoloji destekli olmayan ortamda sürecin tekrar başlatılmama sebebi karmaşık işlem sürecini tekrardan yaşamamak ve motivasyon düşüklüğü olarak verilmiştir. Örnek öğretmen adayı görüşlerine aşağıda yer verilmektedir.

“ Bulduğumuz yaklaşımları gerçek yaşam durumuyla ilişkilendirmeye çalıştığımızda, teknoloji bizim için çok önemli bir rol oynuyordu. Baktık ilişkilendirmede sıkıntı var, bu durumu irdelerken sorudaki bazı değişkenleri işin içine katmadığımızı görüyorduk. O zaman hazır formülümüze ya da grafiğimize bu değişkenleri de ekleyerek devam ediyorduk.[...] Kâğıt, kalemle işlem yaptığımız süre için aynı şeyleri söyleyemeyeceğim çünkü bu gerçek yaşamla olan karşılaştırmayı yaptığımızda eksik değişkenleri fark ettiğimiz de bu durum tekrardan başa dönmek olduğu için, tekrardan aynı süreci yaşamak anlamına geliyordu ve göze alamıyorduk. [...]” ÖA21

“[...]Sadece kâğıt-kalem kullandığımız sürede, en son elde ettiğimiz çözümün doğruluğunu kontrol ederken baktık sıkıntılar var, tekrardan ele alamıyorduk. [...] Tekrardan başa dönmek bizim motivasyonumuzu düşürüyordu ve grup olarak birbirimize destekte alamıyorduk çünkü işlemlerden çok yorulmuş oluyorduk. [...]” ÖA2

Teorik modelleme etkinliklerinde farklılaşmaya dayalı tablo belirtilmemiştir çünkü iki ortam arasında minimum farklılara rastlanmıştır. Bu farklar şu şekilde belirtilebilir: 3. basamaktaki (matematiksel çalışma yapma) farklılaşma olarak teknoloji destekli ortamda, hesaplamalarda bilgisayarın hesap makinesi özelliği

ve MS Mathematics yazılımının farklı trigonometrik fonksiyon hesaplamaları gruplar tarafından kullanılmıştır. Bu hesaplamalar gruplar tarafından, 6. basamak (iletişim, sözlü savunma) ta yer alan modelin savunulmasında da farklı durumlara uygulanabilirliğinde denemeler yapılarak kullanılmıştır. Bu minimum farklar öğretmen adaylarının görüşleriyle de desteklenmiştir. Görüşlerde teknoloji kullanımının, hesaplamalarda zaman kaybını engellediği, işlemsel hataları engellediği, yapılan işlemler için bir tür sağlama yapma fırsatı verdiği ve farklı yaklaşımların karşılaştırmasında hesaplamaların hızlı yapıldığı için daha rahat olduğu vurgulanmıştır. Fakat teorik modelleme etkinliklerinin uygulama sürecinde, teknoloji ile desteklenen ve desteklenmeyen ortamlarda diğer süreç basamakları bağlamında ve genel olarak ta hiçbir grup içinde farklı modellere erişme, modeli geliştirme, modelleme sürecinin yinelenmesi gibi farklılıklara rastlanmamıştır. Benzer şekilde öğretmen adayları görüşlerinde teorik modelleme etkinliklerinde teknolojinin matematiksel hesaplamalarda sağladığı kolaylık haricinde, ortamdan kaynaklı süreç farklılığı yaşamadıklarını ifade etmişlerdir (19 öğretmen adayı,% 58) . Örnek öğretmen adayı görüşüne aşağıda yer verilmiştir.

“[...] Son iki hafta uyguladığımız iki modelleme etkinliği için [teorik modelleme etkinlikleri], iki süreç pekte farklı değildi. Trigonometrik hesaplamalarımızın doğruluğunu teknoloji aracılığıyla denemiş olduk, tabi hızlı ve rahat hesaplama yapabildiğimiz için yaptığımız bütün çözümler için hesaplamalarımızı tekrardan sınadık [...] Fakat elde ettiğimiz modeli değiştirmedik veya geliştirmedik.” ÖA25

3.2. Teknolojinin Modelleme Sürecine Etkisi Üzerine Görüşler

Öğretmen adaylarının teknolojinin modelleme sürecine etkisi odaklı, genel değerlendirme sorularının yer aldığı yazılı görüş formuna verdikleri yanıtlar, işlem basamaklarına dayalı olarak ve daha genel kapsam içerisinde olmak üzere değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Yukarıda işlem basamakları çerçevesindeki görüşlere yer verilmiştir. Daha genel çerçevede bakıldığında ise “teknolojinin

modelleme sürecine etkisi" üzerine yoğun işlem kalabalığından sıyrıлма (21 öğretmen adayı,% 64), görsel ve cebirsel destekle daha farklı yaklaşımlar üretmeye teşvik etme (28 öğretmen adayı,% 85), kavramsal anlama ve matematiksel gelişmelere destek olan zengin bir öğrenme ortamı sunma (24 öğretmen adayı,% 73), yaratıcı bir öğrenme ortamı sunma (17 öğretmen adayı,% 52), matematiği daha iyi yapabileceğine dair olumlu düşünceler geliştirme (9 öğretmen adayı,% 27), sunduğu zengin öğrenme ortamıyla motivasyon artışı sağlama (15 öğretmen adayı,% 46) temalarında görüşler bildirilmiştir. Aşağıda bu temaları destekleyen örnek öğretmen adayı görüşlerine yer verilmiştir.

Matematiksel işlemler çok vakit aldığı için farklı yaklaşımların düşünmeye fırsat koymuyor. Fakat teknoloji araçlarıyla bu işlemlerden kurtulduğumuzda daha derinlemesine düşünebiliyoruz. Özellikle işlemlerde başarıya ulaşmada.

Şekil 6. ÖA19'un Teknolojinin Modelleme Sürecine Etkisi Odaklı Genel Değerlendirmesinden Bir Kesit

sürecinde zorlanmıştık. Teknoloji ile formüle edemediğimiz ifadeleri elde ediyorduk, aynı zamanda grafiksel olarak görebiliyorduk. Teknolojinin sağladığı bu fırsatlar bizim durumu daha iyi anlamamızı sağlıyordu. Hatta cebirsel ve grafiksel olarak birlikte analiz ettiklerimiz için önce bizim matematiğimizde gerçekleştiremediğimiz düşünceleri ve bahsen ben matematik daha iyi yapabileceğimize düşünmeye başladım. Bu şekilde daha iyi anlayabiliyorduk. Her bir konu için farklı farklı çözümlerde düşünebiliyorduk. Her bir konu için farklı farklı çözümlerde düşünebiliyorduk. Her bir konu için farklı farklı çözümlerde düşünebiliyorduk.

Şekil 7. ÖA14'ün Teknolojinin Modelleme Sürecine Etkisi Odaklı Genel Değerlendirmesinden Bir Kesit

Teknoloji kullanmadığımız sürece tılandık mı? Her tılandık ama bilgisayar elimizin altında olduğu zaman grafiklere ve cebirsel ifadelerle çok rahat oluyorduk. Bu da matematiğimizi artırıyor. Daha da incelenmek istedik. Bu sebeple herkes çok doğru.

Şekil 8. ÖA28'in Teknolojinin Modelleme Sürecine Etkisi Odaklı Genel Değerlendirmesinden Bir Kesit

4. TARTIŞMA ve SONUÇ

Araştırmanın amacı matematiksel modelleme sürecinin teknoloji ile desteklenen ve desteklenmeyen ortamlarda nasıl şekillendiğinin incelenmesidir. Bu iki ortamda gerçekleşen her bir modelleme etkinliği için farklar Stillman, Galbraith, Brown ve Edward (2007) tarafından ortaya konulan süreç modeli dikkate alınarak ortaya çıkarılmıştır. Deneysel ve simülasyon modelleme etkinlikleri için modelleme süreç basamaklarından (Stillman, Galbraith, Brown ve Edward, 2007: 690) 1. basamakta (anlama, yapılandırma, basitleştirme, içeriği yorumlama) ortaya çıkan farklılara bakıldığında, teknoloji ile desteklenmeyen süreçte gruplar tarafından belirlenen stratejilerin, teknoloji destekli ortamda geliştirildiği veya farklı stratejiler oluşturulduğu belirlenmiştir. Bunun alt yapısında teknolojinin alternatif stratejideki etkenleri test etmede ve doğru etkenleri belirlemede kolaylık sağlamanın yattığı söylenebilir. Bu aşamada elde edilen sonuçlar, öğretmen adaylarının teknoloji destekli sürecin daha üst düzey varsayımlarda bulunmalarını ve bunları test ederek yorumlamalarını sağladığını belirttikleri görüşleriyle de desteklenmektedir.

Modelleme Sürecinin 2. basamağı (varsayımda bulunma, formüle etme, matematikselleştirme) incelendiğinde teknoloji ile desteklenmeyen süreçte matematikselleştirme aşamasında grupların uygun matematikselleştirmeleri gerçekleştiremediği veya eksik/ yanlış matematikselleştirme gerçekleştirdiği belirlenmiştir. Teknoloji destekli ortamda ise uygun grafiksel gösterimlerin ve cebirsel denklemlerin oluşturularak matematikselleştirmenin gerçekleştirildiği ve böylece değişkenler arası ilişkilerin kurulduğu bulgulanmıştır. Aynı zamanda teknoloji destekli ortamda yeni yaklaşımların sunulduğu ve test edildiği, en güçlü model için uygun yaklaşım belirlenmeye çalışıldığı ortaya konmuştur. Teknoloji destekli ortamda modelleme süreci gerçekleştirilen başka çalışmalarda da bu ortamın öğrencilerin keşfetme ve görselleştirme becerilerini geliştirdiği,

problemlerin olası grafiksel çözümleriyle daha fazla yaklaşım üretilebildiği ve probleme kabul edilebilir en uygun çözüm için farklı yaklaşımların test edildiği ifade edilmiştir (Mousoulides, Chrysostomou, Pittalis ve Christou, 2010; Cheng, 2010). Bu basamakta elde edilen sonuçlarla, başka bir çalışmada matematikselleştirme basamağında öğrenci zorlukları olarak belirtilen “kurulan yaklaşımların doğruluğunu kontrol edememe ve bu nedenle modelin geliştirilmesi adına bir yaklaşım sergileyememe” durumlarının (Leiss, Schukajlow, Blum, Messner ve Pekrun, 2010) teknoloji destekli ortamda üstesinden gelinebildiği söylenebilir. Öğretmen adaylarının bu basamağı destekleyen görüşlerine bakıldığında ise değişkenler arasındaki ilişkilerin teknoloji yardımıyla kolaylıkla kurulması ve anlaşılması, soyut kalan ifadelerin somutlaştırılması, matematikselleştirmede uygun grafiksel gösterimlerin ve cebirsel denklemlerin rahatlıkla oluşturulduğu, farklı çözüm yaklaşımlarının düşünülüp test edilebildiği temaları bulgulanmıştır. Buradan yola çıkarak modelleme sürecinde teknolojinin, değişik ifade biçimlerinin birbirini destekleyecek biçimde sunulmasında, verilerin ilişkilendirilmesinde ve anlamlandırılmasında önemli bir rol oynadığı söylenebilir. Benzer şekilde Akpınar (1999), öğretimde kullanılacak animasyonların, videoların , görsel desteklerin öğrencilere uygun stratejiler geliştirmede, değişkenler arası ilişkilerin anlaşılmasını kolaylaştırarak modelleme sürecini olumlu yönde desteklemede somut ve soyut ifadelerin ilişkilendirmesine yardımcı olmada etkin öğrenme ortamı sunabileceğini ifade etmiştir.

Modelleme Sürecinin 3. basamağı (matematiksel çalışma yapma) incelendiğinde teknoloji ile desteklenmeyen ortamda yoğun hesaplamalarda yaşanan sorunların, uygun teknoloji kullanımıyla aşıldığı ortaya çıkmıştır. Öğretmen adaylarının bu basamakla ilgili görüşlerinde de aynı vurgu ‘uygun teknoloji kullanımıyla yoğun hesaplamaların üstesinden gelme, zor matematiksel

işlemlerde öğrencilerin boğulmasını engelleme' olarak yinelenmiştir. Bu durum alanyazında şu şekilde desteklenmektedir: Günlük yaşam durumlarının verileri gerçek veriler olduğundan, yapılacak hesaplamaların karmaşıklığı teknolojik araçlar yoluyla en aza indirgenmektedir (Cheng, 2010). Aynı biçimde Mousoulides, Chrysostomou, Pittalis ve Christou (2010), Google Earth programının ve Spreadsheet yazılımının modelleme probleminin çözüm sürecine olan etkisini inceledikleri çalışmalarında öğrencilerin bilgisayar yazılımı aracılığıyla karmaşık hesaplamaların kolaylıkla üstesinden geldiğini belirtmişlerdir. Lingefjärd (2000) da teknolojinin modelleme sürecinde zor işlemlerde öğrencilerin süreçte boğulmasını engellediğini vurgulamıştır.

Modelleme sürecinin 4. (matematiksel çıktıları yorumlama) ve 5. (birleştirme, eleştirme, doğrulama) basamakları incelendiğinde teknoloji kullanılmayan ortamda üretilen matematiksel sonuçların günlük yaşam durumuyla karşılaştırılması sırasında gerçekleştirilen tartışmalarda, yaklaşımların ayrıntılı sonuçları günlük yaşam uyumluluğuyla tam olarak bütünleştirilemediği için, grupların değerlendirmeleri eksik kalmıştır. Teknoloji destekli ortamda ise üretilen matematiksel sonuçların günlük yaşam durumuyla karşılaştırılmasında uygun programlar kullanarak tartışmalar bütünleştirilmiştir. Ayrıca teknoloji yardımıyla varsayımların günlük yaşam sonuçlarına olan etkileri ve varsayımların değişmesi sonucu olabilecek alternatif durumlar üzerine yorumlamalar ve değerlendirmeler yapılmıştır. Böylelikle, yaklaşım veya yaklaşımların ayrıntılı sonuçlarının günlük yaşam uyum yeterliliği teknoloji yardımıyla desteklenmiş ve modelin geliştirilme süreci gerçekleştirilmiştir. Bu basamak ekseninde öğrenme ortamlarında gerçekleşen bu farklılıklar öğretmen adayı görüşlerinde de ifade edilmiştir. Öğretmen adayları tarafından bu basamak ekseninde teknolojinin modelleme sürecine olumlu etkileri; modeli günlük yaşam durumuyla karşılaştırma; modelin doğruluğunu kontrol etme, modelin eksikliğini fark etme,

modeli geliştirme, modelin eğilimlerinin incelenebileceği zengin bir ortam oluşturma, modelin yapısını ve değişkenlerin modeldeki işleyişini daha iyi anlamlandırma, çoklu temsillerle değerlendirme olanağı sunma, biçiminde vurgulanmıştır. Modelleme döngülerinde ve süreç içerisinde öğrencilerin zorlandıkları bilişsel etkenlere odaklanmış çalışmalarda, öğrencilerin model için gerekli bazı değişkenleri unuttukları için sürecin devamında eksik modeller elde ettikleri, modelin doğruluğunu kontrol etmedikleri ve bu nedenle de modelin geliştirilmesi adına bir yaklaşım sergilemedikleri ifade edilmektedir (Leiss, Schukajlow, Blum, Messner ve Pekrun, 2010; Trelinski 1983). Bu bağlamda ele alındığında, bu çalışmada teknoloji destekli ortamın öğrencilerin bu zorlukları yenmesinde etkili bir araç olduğu söylenebilir. Benzer şekilde Lalinska ve Majherova (2010) modelleme probleminde teknolojinin çözüm sürecindeki olası etkilerini ele aldıkları araştırmalarında, teknolojinin öğrencilere oluşturdukları matematiksel modeli görselleştirerek modelin günlük yaşam durumuyla olan ilişkisini, modelin yapısını ve değişkenlerin modeldeki işleyişini daha iyi anlayabileceklerini ve oluşturulan modelin geliştirilmesi için de etkin bir öğrenme ortamı sağlayacağını vurgulamışlardır. Başka bir çalışmada, farklı bir ifadeyle benzer olumlu etkiler, teknolojinin oluşturulan matematiksel modelin eğilimlerinin incelenebileceği zengin bir öğrenme ortamı sağladığı biçiminde ifade edilmiştir (Cheng, 2010).

Modelleme Sürecinin 6. basamağı (iletişim, çözümü savunma- model tatmin ediciyse) incelendiğinde teknoloji kullanılmayan ortamda gruplar tüm modelleme etkinlikleri için elde ettikleri en iyi yaklaşımı, ayrıca en kolay ulaşabildikleri yaklaşımı model olarak savunmuşlardır. Farklı yaklaşımları düşünme eğiliminde bulunmamışlardır. Öte yandan teknoloji kullanılan ortamlarda yaklaşımlar denemelerle sınanmış, farklı durumlara uygulanabilirliği düşünülmüş ve ardından belirlenen en iyi yaklaşım model olarak sunulmuştur.

Bu basamaktaki süreç, öğretmen adayları tarafından modelin doğrulanması temasıyla vurgulanmıştır. Modelin doğrulanması aşamasında teknolojinin olumlu etkileri üzerinde durmuşlardır. Benzer biçimde alanyazında da teknolojinin farklı stratejileri, yaklaşımları ortaya çıkararak denemeler yapılmasına ve farklı çoklu temsillerle (grafiksel, cebirsel...vb) değerlendirmeye alınmasına olanak tanıdığı için modelin doğrulanmasında etkili bir ortam sağladığı belirtilmiştir (Lingefjärd, 2000).

Modelleme sürecinin 7. basamağı (modelleme sürecinin yinelenmesi- model tatmin edici değilse) incelendiğinde ise, teknoloji kullanılmayan ortamda gruplar en son elde ettikleri modelin veri karşılaştırmalarında tatmin edici olmadığını gördüklerinde başa dönerek farklı yaklaşımlar üretme eğiliminde bulunmamışlardır. Bir başka deyişle, modelleme sürecini yeniden başlatmamışlardır. Öte yandan teknoloji kullanılan ortamlarda elde edilen modelin tatmin edici olmadığı fark edildiğinde farklı değişkenler kullanılarak modelleme süreci yeniden başlatılmıştır. Aynı süreç tanımı öğretmen adaylarının kendi ifadeleriyle de desteklenmiştir. İfadelerinde genel olarak teknoloji destekli olmayan ortamda sürecin yeniden başlatılmama nedeni karmaşık işlem sürecini yinelemeyi istememek ve motivasyon düşüklüğü olarak verilmiştir. Bu noktada, teknolojinin en güçlü modeli oluşturmada çok önemli ve etkin bir ortam sunduğu söylenebilir.

Teorik modelleme etkinliklerinde modelleme süreç basamakları incelendiğinde ise teknoloji kullanılmayan ortam ve teknoloji destekli ortam arasında minimum farklar ortaya çıkmıştır. Bu minimum farklar, matematiksel hesaplamalarda kolaylık sağlanmasıyla 3. basamakta, aynı biçimde farklı yaklaşım karşılaştırmalarında hesaplamalardaki kolaylıkla 6. basamakta ortaya çıkmıştır. Öğretmen adayları görüşlerinde teknoloji kullanımının, hesaplamalarda zaman kaybını engellediğini, işlemsel hataları engellediğini, yapılan işlemler için bir tür

sağlama yapma fırsatı verdiğini ve farklı yaklaşımların karşılaştırılmasında hesaplamaların hızlı yapılmasını sağladığını vurgulamışlardır. Fakat teorik modelleme etkinliklerinin uygulama sürecinde, teknoloji ile desteklenmeyen ve desteklenen ortamlarda diğer süreç basamakları bağlamında ve genel olarak hiçbir grupta farklı modellere erişme, modeli geliştirme, modelleme sürecinin yinelenmesi gibi farklılıklara rastlanmamıştır. Benzer biçimde öğretmen adayları da görüşlerinde teorik modelleme etkinliklerinde teknolojinin matematiksel hesaplamalarda sağladığı kolaylık dışında, ortamdan kaynaklı süreç farklılığı yaşamadıklarını ifade etmişlerdir. Bu bağlamda teknolojinin teorik modelleme etkinliklerinde, süreç basamakları ekseninde sürecin etkin gerçekleşmesinde önemli rol oynamadığı söylenebilir.

Öğretmen adaylarının işlem basamakları dışında, “teknolojinin modelleme sürecine etkisi” genelinde görüşleri incelendiğinde “yoğun işlem kalabalığından sıyrılma, görsel ve cebirsel destekle daha farklı yaklaşımlar üretmeye yönlendirme, kavramsal anlama ve matematiksel gelişmelere destek olan zengin bir öğrenme ortamı sunma, yaratıcı bir öğrenme ortamı sunma, matematiği daha iyi yapabileceğine dair olumlu düşünceler geliştirme, sunduğu zengin öğrenme ortamıyla motivasyon artışı sağlama” temaları ortaya çıkmıştır. Öğretmen adaylarının bu vurguları, alanyazında teorik ve uygulamalı yapıya sahip farklı çalışmalarda sunulmuştur. Örneğin Galbraith, Stillman, Brown ve Edwards (2007) çalışmalarında teknoloji kullanımının matematiksel modelleme sürecinde öğrencilere yaratıcı ortamlar sağlayacağı için, uygun teknolojinin bu süreçte kullanılması gerektiğini ifade etmişlerdir. Lingefjärd (2000), teknoloji ile zenginleştirilerek oluşturulmuş modelleme etkinlikleri yoluyla öğrencilerin matematiği anlamalarının geliştiğini belirtmiştir. Benzer olarak, matematiksel modelleme sürecinde teknoloji tabanlı bir ortamın öğrencilerin kavramsal anlayışlarına ve matematiksel gelişmelerine önemli katkı sağlayacağı ifade edilmiştir (Mousoulides, Chrysostomou, Pittalis ve Christou, 2010). Aynı

zamanda, teknolojinin modelleme sürecinde, daha az matematikle ve sunulan olası grafiksel ve cebirsel çözümlerle zengin bir öğrenme ortamı sağladığı vurgulanmaktadır (Cheng, 2010). Öğretmen adaylarının bu süreçte matematiği daha iyi yapabileceklerine yönelik olumlu görüşler geliştirmeleri, Lingefjärd'ın (2000) teknoloji ile zenginleştirilerek oluşturulmuş bir ortamda gerçekleştirilen modelleme etkinlikleri sonucunda, öğrencilerin matematiği yapabildiklerini gözlemlemeleriyle ve modelleme becerilerinin gelişmesiyle kendilerine olan özgüvenlerinin arttığını belirttiği görüşüyle örtüşmektedir. Son olarak, öğretmen adaylarının motivasyonlarının arttığı üzerine görüşleri, günlük yaşamdaki problem durumlarının teknoloji destekli bir öğrenme ortamıyla yapılandırılmasının öğrencilerin motivasyonunu arttıracak bir ortam sağlayabileceğinin bir göstergesi olarak yorumlanabilir.

Sonuç olarak bütün süreç basamakları ekseninde incelendiğinde teknolojinin modelleme sürecine entegrasyonu çok daha zengin bilişsel ve üstbilişsel süreçlerin ortaya çıkmasına neden olduğu söylenebilir. Ancak süreç basamaklarının gerçekleşmesinde modelleme etkinliklerinin türünün etkili olduğu gözlenmiştir. Deneysel ve simülasyon modelleme etkinliklerinde teknoloji destekli ortam süreç basamaklarında, modelleme sürecinin etkin gerçekleşmesinde önemli rol oynarken teorik modelleme etkinliklerinde minimum farklar sunmuştur. Böylesi bir durumun modelleme etkinliğinin, öğrenen için az yapılandırılmış ve fazla yapılandırılmış olma durumuna göre nasıl biçimlendirileceği başka çalışmalarda incelenebilir. Ayrıca çalışmanın sınırlılığı olarak grupların belli bir süre sonrasında, sürecin rutinine alışıp teknoloji destekli ortamı bekleyerek teknolojiyi kullanmadıkları ortamda modelleme sürecini etkin olarak gerçekleştirmedikleri düşünülebilir; ancak araştırmacı ve uzmanlar her iki ortamda da rehber rolleriyle ve sorgulayıcı sorularıyla iki ortamda gerçekleşen modelleme sürecinin her bir grup adına olası en etkin biçimde gerçekleşmesi için desteklemişlerdir.

Matematiksel modelleme sürecinin teknoloji ile desteklenen ve desteklenmeyen ortamlarda nasıl şekillendiğini inceleyen bu çalışmanın sonuçlarının, süreçlerin karşılaştırılarak farkları ortaya koymasıyla alana katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda matematik eğitiminde önemli olan anlayışın öğretmen adaylarına kazandırılmasına hizmet eden bir öğrenme ortamı sunduğu düşünülmektedir. Matematik eğitiminde öğrendiklerini aktaracak olan öğretmen adaylarının günümüzde, problemlere farklı yaklaşımlar sunan ve geliştiren, farklı sonuçlar elde eden ve elde ettiği sonuçları yorumlayan, teknolojik araçların matematiksel yararının ve sınırlığının farkında olan matematiksel bir anlayışa sahip olmaları beklenmektedir (NCTM, 2000). Bu çalışmanın öğrenme ortamının geleceğin öğretmenlerine teknoloji ve modellemeye olan yatkınlıklarını artırarak belirtilen anlayışın gelişmesine katkıda bulunacağı düşünülmektedir. Ayrıca böylesi bir modelleme sürecinden geçmeleri öğretmen adaylarına ileride öğretmenlik yapacakları öğrencileri için tasarlayacakları zengin öğrenme ortamları için farklı ve yaratıcı düşünceler sunmalarına olanak tanıyacağı öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

- Abrams, J. P. (2001). *Mathematical Modeling: Teaching the Open-Ended Application of Mathematics*. Eds. Cuoco, A.A. and Curcio, F.R. *The Teaching Mathematical Modeling and the of Representation*. 2001 Yearbook, NTCM.
- Akpınar, Y. (1999). *Bilgisayar destekli öğretim ve uygulamalar*. Anı Yayıncılık, Ankara.
- Barbosa, J. C. (2008). *What do students discuss when developing Mathematical Modeling activities?* Electronically published, State Universit of Feira de Santana. 10.12.2016 tarihinde

<http://site.educ.indiana.edu/Portals/161/Public/Barbosa.pdf>
adresinden erişilmiştir.

Bazoune, A. (2010). *Systems Dynamics & Control. Chapter 1: Introduction to System Dynamics*. 11.01.2017 tarihinde <http://faculty.kfupm.edu.sa/ME/qahtanih/ME413Note/Chapter1.pdf> adresinden erişilmiştir.

Berry, J. & Davies, A. (1996) Written Reports. In C.R. Haines and S. Dunthome (eds). *Mathematics Learning and assessment: Sharing Innovative Practices*. London: Arnold, 3.3-3.11.

Berry, J. & K. Houston (1995). *Mathematical modelling*. Bristol: J.W. Arrowsmith Ltd.

Biccard, P. & Wessels, D.C.J. (2011). Documenting the Development of Modelling Competencies of Grade 7 Mathematics Students. *International Perspectives on the Teaching and Learning of Mathematical Modelling*. Springer.

Blomhøj, M. & Jensen T.H. (2006). What's All the Fuss about Competencies? Experiences with Using a Competence Perspective on Mathematics Education to Develop the Teaching of Mathematical Modelling. In W. Blum, P.L. Galbraith and M. Niss: *Modelling and Applications in Mathematics Education*(45). New York: Springer.

Blum, W. (2002). ICMI Study 14: "Applications and Modelling in Mathematics Education-Discussion Document." *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*. 34(5): 229-239.

Blum, W., & Leiss, D. (2007). How do students and teachers deal with mathematical modelling problems? The example "Sugarloaf" and the DISUM Project. In C. Haines, P. L. Galbraith, W. Blum, & S. Khan (Eds.), *Mathematical modelling (ICTMA12)—Education, engineering and economics* (222–231). Horwood: Chichester.

- Blum, W. & Niss, M. (1989). *Mathematical Problem Solving, Modelling, Applications, and Links to Other Subjects – State, Trends and Issues in Mathematics Instruction*. M. Niss, W. Blum & I. Huntley (Ed.). *Modelling Applications and Applied Problem Solving* (1-19). England: Halsted Pres.
- Cheng, A. C. (2010). *Teaching and Learning Mathematical Modelling with Technology, Nanyang Technological University*. 23.01.2017 tarihinde <http://atcm.mathandtech.org/ep2010/invited/3052010_18134.pdf> adresinden erişilmiştir.
- DFE (1997). *Mathematics in the national curriculum*. London: DFE Welch Office.
- Doerr, H.M. (1997). "Experiment, Simulation And Analysis: An Integrated Instructional Approach To The Concept of Force." *International Journal of Science Education*. 19: 265-282.
- Erbaş, A. K., Çetinkaya, B., Alacacı, C., Çakıroğlu, E., Aydoğan Yenmez, A., Şen Zeytun, A., Korkmaz, H., Kertil, M., Didiş, M.G., Baş, S., Şahin, Z. (2016). *Lise matematik konuları için günlük hayattan modelleme soruları*. Ankara: Türkiye Bilimler Akademisi.
- Ferri, R.B. (2006). "Theoretical and Empirical Differentiations of Phases in the Modelling Process." In Kaiser, G., Sriraman B. & Blomhoij, M. (Eds.) *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 38(2): 86-95.
- Galbraith, P., Stillman, G., Brown, J., & Edwards, I. (2007). Facilitating middle secondary modelling competencies. In C. Haines, P., Galbraith, W., Blum, & S. Khan, (Eds.), *Mathematical modelling: Education, engineering and economics* (130-140). Chichester, UK: Horwood.
- Howson, G., & Wilson, B. (1986). *School mathematics in the 1990s*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Johnson, A. P. (2008). *A short guide to action research* (3rd ed.). Boston, MA: Pearson.

- Kemmis, S. & McTaggart, R. (1990). *The action research planner*. Geelong: Deakin University Press.
- Lalinska, M. & Majherova, J. (2010). "Aspects of Visualization During The Exploration Of "Quadratic World" Via The Ict – Problem "Fireworks". "CERME 6 – Proceedings of the sixth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education. 28th January-1st February, Lyon (France).
- Leiss, D., Schukajlow, R., Blum, W., Messner, R. & Pekrum, R. (2010). "The Role of the Situation Model in Mathematical Modelling-Task Analyses, Student Competencies and Teacher Interventions." *Journal für Mathematik Didaktik*, 1(1): 119-141.
- Lingefjård, T. (2000). *Mathematical Modeling by Prospective Teachers Using Technology*. Electronically published doctoral dissertation, University of Georgia. 17.12.2016 tarihinde <<http://ma-serv.did.gu.se/matematik/thomas.htm>> adresinden erişilmiştir.
- Mason, J., (1988). Modelling: What Do We Really Want Pupils to Learn? In D. Pimm (Ed.), *Mathematics, Teachers and Children*. (201-215). London: Hodder & Stoughton.
- Mertler, C. A. & Charles, C. M. (2011). *Introduction to educational research* (7th ed.). Boston: Pearson.
- Mertler, C. A. (2011). *Action research: Improving schools and empowering educators* (3rd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Mills, G. E. (2007). *Action research: A guide for the teacher researcher* (3rd ed.). New Jersey, Ohio: Pearson.
- Mousoulides, N., Chrysostomou, M., Pittalis, M. & Chritou C. (2010). "Modeling With Technology In Elementary Classrooms." CERME 6 – Proceedings of the sixth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education, 28th January-1st February, Lyon (France).

- National Council of Teachers of Mathematics (1979). *Applications in school mathematics: 1979 yearbook*. Reston, VA: NCTM.
- National Council of Teachers of Mathematics (1989). *Curriculum and Evaluation Standarts for School Mathematics*. Reston VA: NCTM.
- National Council of Teachers of Mathematics [NCTM] (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: Author.
- Stillman, G., Galbraith, P., Brown, J. & Edwards, I.(2007). "A Framework for Success in Implementing Mathematical Modelling in the Secondary Classroom." In J. Watson & K. Beswick (Eds.), *Proceedings of the 30th annual conference of the Mathematics Research Group of Australasia (MERGA)(Vol.2pp.688-707)*.Adelaide: MERGA.
- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı [Board of Education]. (2005). *Ortaöğretim matematik (9-12. sınıflar) dersi öğretim programı [Mathematics curriculum for the secondary schools: 9-12th grades]*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı [Ministry of National Education of the Republic of Turkey].
- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2011). *Ortaöğretim matematik (9-12. sınıflar) dersi öğretim programı [Mathematics curriculum for the secondary schools: 9-12th grades]*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2013). *Ortaöğretim matematik dersi (9, 10, 11 ve 12. sınıflar) öğretim programı [Mathematics curriculum for the secondary schools: 9, 10, 11 and 12th grades]*. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- Tavşancıl, E. ve Aslan, E. (2001). *Sözel, yazılı ve diğer materyaller için içerik analizi ve uygulama örnekleri*. İstanbul: Epsilon Yayınevi.
- Trelinski, G. (1983). "Spontaneous Mathematization of Situations Outside Mathematics." *Educational Studies in Mathematics*, 14: 275-284.

- Türnüklü, A. (2000). "Eğitimbilim Araştırmalarında Etkin Olarak Kullanılabilecek Nitel Bir Araştırma Tekniği: Görüşme." *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 6(24) : 543–559.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2006). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Voskoglou, M. G. (2006). "The Use of Mathematical Modelling as a Tool for Learning Mathematics." *Quaderni di Ricerca in Didattica*, 16: 53-60.

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Students adapting to today's rapidly-changing technology world properly and efficiently is possible by approaching situations from different perspectives as good problem-solvers which they become as a result of meaningful mathematics learning. The assumption that modeling would help students learn mathematics more meaningfully and in relation with the real life is the most important basis of the necessity to use it in mathematics education. Mathematical modeling of real-life situations is a process that may be difficult for learners. Technology is considered a necessary tool for this complex mathematical modeling cycle. Yet, it is stated in the literature that it is necessary to explain how technology affects the mathematical modeling process and such research is not available. In this context, the purpose of this research is to study how mathematical modeling process is shaped in environments aided or not aided with technology. The mathematical modeling process in the study which was implemented in environments aided and not aided with technology was examined in consideration of the process model introduced by Stillman, Galbraith, Brown and Edward (2007).

Method

The research was designed as action research. The participants of the study were composed of 33 third-year (junior) pre-service teachers attending at the elementary mathematics teaching program of a state university. In the last six week of the elective Mathematical Modeling course, in which the research was conducted, the groups were expected to solve 6 modeling activities. The pre-service teachers studied on the activities in 7 groups (5 groups of 5 people each and 2 groups of 4 people each) without changing any group members. First, the groups tried to produce solutions only with pencils and papers without using any computer software in the first process of the modeling activity which took 1 hour and 30 minutes. In the following second process which took about another 1 hour and 30 minutes, laptop computers with software such as Graphical Analysis, GeoGebra, Excel, and Cabri 3D on them were distributed to the groups and the groups were asked to perform the modeling again. The whole solution process was recorded with the cameras on the desks on which the groups studied. On the other hand, the solutions of the groups on the computers were recorded via a screen-casting

software program. Observation notes were taken during the solution process and one-legged interviews were performed with the group members. At the end of this whole process which took about 3 hours, each group was asked to present their solutions to other groups. The presentations were video-recorded, and worksheets used by the groups were collected from them. At the end of the 6-week process, in the last stage, written opinion sheets which focused on technology's effect on the modeling process and included the general evaluation questions were applied to the pre-service teachers. The 6 modeling activities included 2 theoretical, 2 experimental, and 2 simulation activities so they covered different solution processes. The data obtained with the data collection instruments were studied in consideration of the process model introduced by Stillman, Galbraith, Brown and Edward (2007), and how the process steps were shaped in the environments aided and not aided with technology was subjected to a content analysis.

Findings and Discussion

When considering the differences achieved in the 1st step (comprehension, structuring, simplification, content interpretation) of the modeling process steps for the experimental and simulation modeling activities, it was found that the strategies set by the groups in the process not aided with technology had been developed in a technology-aided environment or different strategies had been set. This can be explained by the fact that technology provided convenience in testing the factors and determining the right factors in the alternative strategy. According to the 2nd step of the modeling process (assumption, formulization, mathematization), the groups could not provide the proper mathematization or provided incomplete/incorrect mathematization in the mathematization process of the process not aided with technology. It was found that proper graphical demonstrations and algebraic equations were created to provide mathematization and therefore inter-variable relations were established in the technology-aided environment. In the meantime, it was revealed that new approaches were offered and appropriate approach was determined for the most powerful model in an effort in the technology-aided environment. In other studies, in which modeling was performed in technology-aided environments, this environment improved students' skills of exploring and visualizing, they could produce more approaches through problems' possible graphical solutions and different approaches could be tested for the acceptable and most proper solution to the problem. When examining the 3rd step of the modeling process, it was found that problems with intensive calculations in the environment not aided with technology were overcome with the use of appropriate technology. According to the 4rd (interpretation of mathematical outputs) and 5th (combination, criticism, confirmation) steps of the modeling process, groups' evaluations came short as approaches' detailed results could not be integrated with daily-life coherence in the discussions during the comparison between mathematical results produced in the environment not using technology and the daily-life situation. In the technology-aided environment, discussions were integrated using appropriate software programs during the comparison between the mathematical results and the real-life situation. Furthermore, assumptions' effects on daily-life outcomes with the help of technology and alternative situations due to changing assumptions were interpreted and evaluated. This way, daily-life coherence sufficiency of assumption(s)'s detailed

outcomes was supported through technology and the model was accordingly developed. These differences in these learning environments were stated in pre-service teachers' opinions, too. When examining the 6th step of the modeling process (communication, defending the solution - if the model is satisfying), the groups defended the best approach they achieved for all modeling activities also as the most conveniently achieved approach in the environment not using technology. They did not tend to think of different approaches. On the other hand, approaches were tested in the environments using technology, their applicability in different situations was ruminated on and the best approach was presented as the model. In the 7th step of the modeling process (repeating the modeling process - if the model is not satisfying), when the groups saw that the model they achieved at last in the environment not using technology was not satisfying in data comparisons, they did not tend to start over and produce different approaches. Nevertheless, the modeling process was restarted using different variables when it was noticed that the model achieved in the environments using technology was not satisfying.

According to the modeling process steps of the theoretical modeling activities, minimum differences were observed between the technology-aided environment and the environment not aided with technology. These minimum differences emerged in the 3rd step in form of providing convenience in mathematical calculations and in the 6th step again in the form of providing convenience in calculations in the comparisons of different approaches.

According to pre-service teachers' general opinions on "technology's effect on the modeling process" other than their opinions on the process steps, following themes emerged: eluding the intensive crowd of mathematical operations, orientation towards producing more different approaches with visual and algebraic support, offering a rich environment that supports conceptual comprehension and mathematical improvements, offering a creative learning environment, developing positive thoughts on dealing with mathematics better, ensuring the increase in motivation through the rich environment. These points emphasized by the pre-service teachers have been presented in different theoretical and practical studies in the literature.

Consequently, it can be said based on all the process steps that integration of technology with the modeling process caused richer cognitive and metacognitive processes to emerge.

Conclusion

It is thought that the results of this study examining how the mathematical modeling process is shaped in the environments aided and not aided with technology would contribute to the domain due to comparing the processes and revealing the differences between. Furthermore, it is thought that this offers a learning environment serving to providing pre-service teachers with this mentality which is important in mathematics education. It is expected from pre-service teachers who will communicate what they learn in mathematics education in future to adopt a mathematical understanding which offers and develops different approaches towards problems, achieves different results and interprets those results and are aware of the mathematical benefit and limitation of technological instruments (NCTM, 2000). It is thought that this study would contribute to

the development of this understanding with the learning environment increasing future students' technological and modeling tendencies. Moreover, it is anticipated how pre-service teachers go through such a modeling process would enable them to offer different and creative opinions for rich learning environments they will design for their students.