

TPAB ve ÖMB Çerçevesinden Matematik Öğretmen Adayı Yetiştirme Programlarına ve Öğretmenlik Uygulaması Dersine Bakış: Bir Meta-Sentez Çalışması

Sema NACAR¹, Murat AKARSU^{2*}, Kübra İLER³

¹ İnönü Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Türkiye

² Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Türkiye

³ Süleyman Demirel Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Türkiye

Özet: Bu çalışmanın amacı, Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPAB) ve Öğretim için Matematik Bilgisi (ÖMB) çerçevelerine dayalı olarak matematik öğretmen adayları ile gerçekleştirilen araştırmaları meta-sentez ile incelemektir. Bu doğrultuda, toplamda 26 nitel araştırma belirlenmiş ve detaylı bir analiz sürecine tabi tutulmuştur. Verilerin analizi, üç aşamalı bir kodlama sürecini içermektedir. İlk aşamada, incelenen çalışmalar kapsamında yer alan öğretmen adaylarının TPAB ve ÖMB ile ilgili eksiklikleri, karşılaştıkları zorluklar ve sunulan öneriler tespit edilmiştir. İkinci aşamada, elde edilen veriler "sorunlar" ve "çözümler" başlıkları altında iki ana ekseninde toplanmış ve birbirleriyle bağlantılı hale getirilmiştir. Bu aşamada, sorunlar ekseninde belirlenen üç tema (teknolojik altyapı sorunları, bilgi eksikliği, deneyim eksikliği) ile öneriler ekseninde oluşturulan üç tema (güncel teknolojik altyapı, ders içeriklerinin düzenlenmesi ve akademisyen tutumları, öğretmenlik uygulaması revizyonu) arasında bir ilişki kurulmuştur. Üçüncü aşamada ise, "öğretmenlik uygulaması revizyonu" teması çekirdek tema olarak belirlenmiş ve öğretmen yetiştirme programlarının geliştirilmesine yönelik bu temaya dayalı bir öneri sunulmuştur.

Makale Bilgileri

Meta-sentez

Makalesi

Gönderim Tarihi

05/12/2024

Kabul Tarihi

24/10/2025

Anahtar Kelimeler

TPAB, ÖMB,

öğretmen adayı,

zorluk,

öğretmenlik

uygulaması,

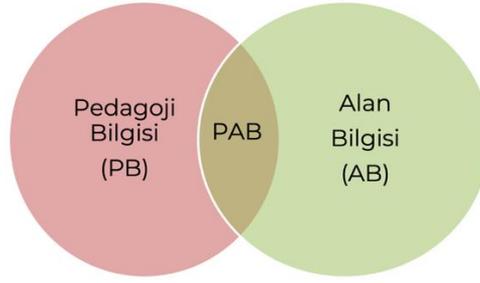
meta-sentez.

1. Giriş

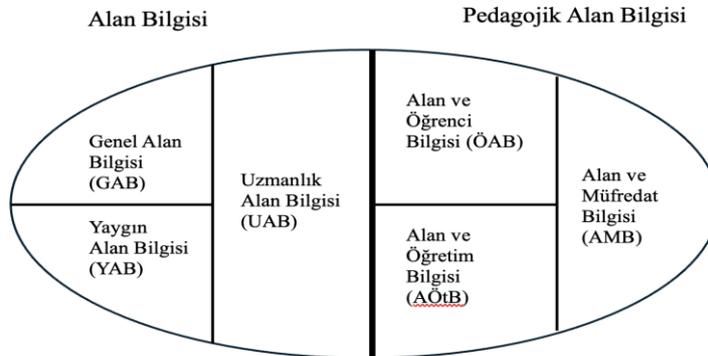
Öğretmen adayları için ne öğreteceklerini bilmek kadar, nasıl öğreteceklerini bilmek de kritik bir öneme sahiptir. Özellikle okul matematiği bağlamında, öğrencilerin önyargıları ve negatif tutumları, "Nasıl öğretmeli?" sorusunu daha da önemli hale getirmektedir. Bu sorulara cevap arayan araştırmacılardan Shulman (1986), Pedagojik Alan Bilgisi (PAB) modelini geliştirmiştir. Bu model, bir öğretmenin sahip olması gereken Pedagojik Alan Bilgisi'nin, konuya dair Alan Bilgisi (AB) ve Pedagoji Bilgisi (PB) kesişimini oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Shulman'ın (1986) ortaya koyduğu PAB şeması, **Şekil 1**'de sunulmaktadır.

* Sorumlu Yazar: Murat Akarsu E-mail: drmuratakarasu@gmail.com Adres: Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Türkiye

The copyright of the published article belongs to its author under CC BY 4.0 license. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Şekil 1. PAB Modeli (Shulman'dan (1986) uyarlanmıştır)

Sonraki yıllarda Ball ve diğerleri (2005), PAB teorik çerçevesini geliştirerek Öğretim için Matematik Bilgisi (ÖMB) çerçevesini sunmuşlardır. Bu çerçeve, öğretmenlerin matematik bilgisi ile öğretim uygulamaları arasındaki karmaşık ilişkiyi anlamak ve yapılandırmak amacıyla geliştirilmiştir. Bu çerçeve, öğretmen eğitimi ve mesleki gelişim programlarını yönlendirmek için bir temel sağlarken, aynı zamanda öğrenci başarısını artırmayı hedeflemektedir (Ball vd., 2008). Hill ve diğerleri (2005), öğretmen yetiştirme programlarında sadece pedagojik becerilere odaklanmanın, öğrenme çıktılarına olumsuz etkileyen yetersiz uygulamalara yol açtığını belirtmişlerdir. ÖMB çerçevesi, yalnızca pedagojik bilgilere odaklanmak yerine; aynı zamanda öğretmenlerin matematiksel içerik bilgisini geliştirerek kavramsal anlama ve problem çözme becerilerini teşvik eden etkili dersler planlamalarına olanak tanır (Aslan-Tutak, 2009). Ball ve diğerleri (2008), ÖMB çerçevesini Alan Bilgisi (AB) ve Pedagojik Alan Bilgisi (PAB) olmak üzere iki ana kategoriye ayırmış ve bu kategorilerin toplamda altı alt bileşenden söz etmişlerdir. [Şekil 2](#)'de Ball ve diğerlerinin (2008) geliştirdikleri ÖMB çerçevesine ait bileşenler sunulmuştur.

Şekil 2. ÖMB Bileşenleri (Ball ve diğerlerinden (2008, s. 403) uyarlanmıştır)

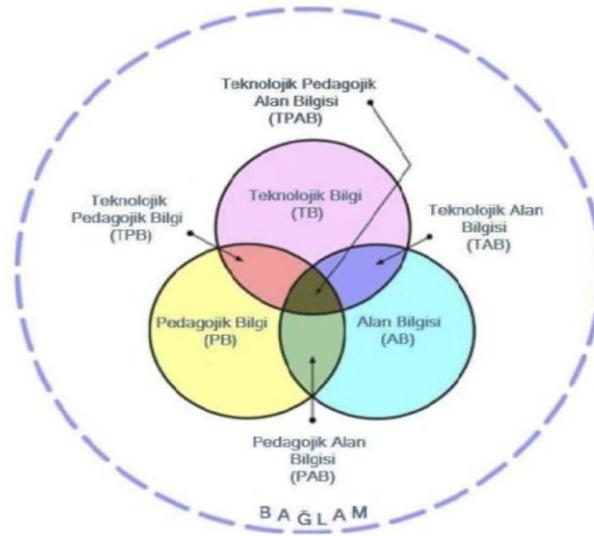
[Şekil 2](#)'de sunulan ÖMB bileşenlerinden Genel Alan Bilgisi (GAB), matematiksel kavramların temel düzeyde anlaşılmasını kapsarken, Uzmanlık Alan Bilgisi (UAB) daha derinlemesine bir matematiksel anlayışı ve kavram yanlışlarını ele alma becerisini içermektedir. Yaygın Alan Bilgisi (YAB), matematiksel kavramların birbiriyle bağlantılarını ve gelişimini anlamayı ifade eder. Bunun yanı sıra, Alan ve Öğrenci Bilgisi (AÖB), öğrencilerin gelişim aşamaları ve kavram yanlışları gibi unsurları dikkate alırken, Alan ve Öğretim Bilgisi (AÖtB) öğretim stratejilerini pedagojik fayda açısından değerlendirmeyi içerir. Son bileşen olarak, Alan ve Müfredat Bilgisi (AMB), matematiksel içeriğin müfredatla uyumlu bir şekilde yapılandırılmasını kapsar (Ball vd., 2008).

ÖMB çerçevesi, öğretmenlerin matematik öğretiminde kaliteyi artırarak öğrenciler için daha iyi öğrenme çıktılarına ulaşmayı hedeflemektedir. Araştırmalara göre yüksek düzeyde ÖMB'ye

sahip öğretmenler, öğrencilerin kavramsal anlama ve problem çözme becerilerini geliştiren etkili dersler sunabilmekte ve öğrenci hatalarını teşhis ederek bireysel ihtiyaçlara uygun çözümler sağlayabilmektedir (Hill vd., 2005). Alanyazında matematik öğretmen adaylarının ÖMB gelişimleriyle ilgili yapılan çalışmalarda GAB, UAB ve ÖAB bileşenlerinde eksiklik tespit eden ve bu eksiklerin giderilmesi için farklı önerilerde bulunan çalışmalar olmuştur (Çıkrıkçı, 2015; Qian ve Youngs, 2016; Seçir, 2017; Yazıcı, 2019).

ÖMB çerçevesi dışında, öğretmen eğitiminin geliştirilmesine yönelik çalışmalar devam ederken, teknolojinin ilerlemesi, bir öğretmenin profesyonel bilgi tabanına teknoloji bilgisinin eklenmesini kaçınılmaz hale getirmiştir. Mishra ve Koehler (2006), PAB çerçevesine Teknoloji Bilgisini (TB) ekleyerek yeni bir çerçeve olan TPAB'yi oluşturmuşlardır. Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPAB), üç temel bileşeni (alan bilgisi, pedagojik bilgi ve teknolojik bilgi) ve bu bileşenlerin kesişiminden oluşan dört farklı bilgi türünü (pedagojik alan bilgisi, teknolojik alan bilgisi, teknolojik pedagoji bilgisi ve teknolojik pedagojik alan bilgisi) kapsar. **Şekil 3**, bu bileşenlerin ilişkisini görselleştirmektedir.

Şekil 3. TPAB Bileşenleri (Koehler ve Mishra, 2009, s. 63; aktaran Albayrak vd., 2016, s.4)



Mishra ve Koehler'e (2006) göre, AB öğretilcek konulara dair temel bilgiyi, PB öğrenme ve öğretme süreçleri, yöntemleri ve eğitim hedefleriyle ilgili bilgiyi ve TB standart (tebeşir ve tahta gibi) ve gelişmiş (internet ve dijital video gibi) teknolojileri etkin bir şekilde kullanabilmek için gereken beceri ve bilgiyi içerir. Temel bileşenlerin kesişimleri ile ortaya çıkan pedagojik alan bilgisi (PAB), pedagoji bilgisi (PB) ve alan bilgisinin (AB) kesişimini ifade eder ve öğretmenin, belirli bir konuyu en uygun öğretim yaklaşımıyla nasıl sunacağını bilmesini sağlar. PAB, öğretim materyallerinin öğrencilerin ön bilgilerine ve ihtiyaçlarına göre uyarlanmasını, kavram yanlışlarının anlaşılmasını ve alternatif pedagojik yöntemlerin kullanılmasını içerir (Koehler ve Mishra, 2009; Mishra ve Koehler, 2006). Teknolojik alan bilgisi (TAB), teknoloji bilgisi (TB) ile alan bilgisinin birleşiminden oluşur ve teknolojinin öğretim süreçlerine entegrasyonunu vurgular. TAB, öğretmenlere öğrenme deneyimlerini özelleştirme, bireysel farklılıklara uyum sağlama ve 21. yüzyıl becerilerini teşvik etme imkanı sunar (Koehler ve Mishra, 2009; Mishra ve Koehler, 2006). Teknolojik pedagojik bilgi (TPB), teknolojinin öğretim ve öğrenme süreçlerini nasıl dönüştürebileceğini anlamayı kapsar; dijital araçların pedagojik hedeflere uygun seçimi ve etkin kullanımıyla öğrenmeyi derinleştirmeye odaklanır (Mishra ve Koehler, 2006). Teknolojik pedagojik alan bilgisi (TPAB) ise bu üç bilgi türünün etkileşiminden doğar ve öğretmenlere, teknolojiyi yaratıcı ve verimli öğretim yöntemleri geliştirmek için kullanma becerisi kazandırır. TPAB, eleştirel düşünme, problem

çözme ve dijital okuryazarlık gibi becerileri teşvik ederken, öğretmenlerin sürekli öğrenme ve mesleki gelişimlerini destekler (Koehler ve Mishra, 2009; Mishra ve Koehler, 2006).

Alanyazında matematik öğretmen adaylarının TPAB düzeylerini inceleyen farklı çalışmalar vardır. Bu çalışmaların bir kısmı matematik öğretmen adaylarının AB eksikliği olduğunu (Aldemir, 2017; da Silva Bueno ve Niess, 2023; Kartal, 2017; Yiğit-Koyunkaya, 2017), bir kısmı PB eksikliği olduğunu (Akyüz, 2016; Karataş vd., 2016), bir kısmı TB eksikliği ve kullanımında özgüven eksikliği olduğunu (Aldemir, 2017; Arabacı ve Orbay, 2022; Bonafini ve Lee, 2021; Çam ve Erdamar-Koç, 2021; Gill ve Dalgarno, 2017; Karataş vd., 2016; Morales-López vd., 2021) ve TPAB bileşenlerini entegre etmede zorluk yaşadıklarını (Akyüz, 2016; Bonafini ve Lee, 2021; da Silva Bueno ve Niess, 2023; Duman, 2020; Durdu ve Dağ, 2017; Erdoğan, 2014; Handal vd., 2016; Morales-López vd., 2021) bildirmiştir. Bununla birlikte, matematik öğretmen adaylarının TPAB kullanma süreçlerinde teknik sorunların engelleyici bir faktör olduğunu bildiren araştırmalar da bulunmaktadır (Bonafini ve Lee, 2021; Çam ve Erdamar-Koç, 2021; Dilek, 2016). Ayrıca matematik öğretmeni yetiştirme programının TPAB bileşenlerini entegre ederek öğretim yapma ile uyumlu olmadığını belirten çalışmalar vardır (Umutlu, 2022). Bu çalışmaların bir kısmı tespit ettikleri sorunların giderilmesi için öğretmen adaylarına daha fazla uygulama fırsatı tanınması (Bonafini ve Lee, 2021; da Silva Bueno ve Niess, 2023), teknolojik sorunların giderilmesi (Casler-Failing, 2021; Çam ve Erdamar-Koç, 2021; Kurt, 2016), teknoloji araçlarını tanıtmaya ve bu konuda eğitimler yapma (Arabacı ve Orbay, 2022; Gill ve Dalgarno, 2017; Kartal, 2017) gibi farklı önerilerde bulunmuşlardır.

Hem TPAB hem de ÖMB teorik çerçeveleri ile ilgili farklı çalışmalar farklı sorunlar tespit ederek, farklı çözüm önerilerinde bulunmuşlardır. Her iki çerçeve de matematik öğretmeni yetiştirirken dikkate alınması gereken yol haritaları sunmaktadır. Buna karşın alanyazında her iki teorik çerçeveyi birlikte ele alarak bu iki çerçevede yaşanan sorunlara bütüncül bir bakış açısıyla yaklaşan ve çözüm önerilerini öğretmen programlarını geliştirme açısından ele alan herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu eksiklikleri gidermek üzerine bu çalışmanın amacı ve problem cümleleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir:

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı, TPAB ve ÖMB teorik çerçevelerine dayanılarak matematik öğretmen adayları ile yapılan çalışmaları meta-sentez yöntemi ile incelemektir. Bu doğrultuda çalışmanın alt amaçları aşağıdaki gibi şekillendirilmiştir:

- Öğretmen adaylarının TPAB bileşenleri ile ilgili yaşadıkları literatürde yer alan eksiklikler veya zorlukları belirlemek.
- Öğretmen adaylarının ÖMB bileşenleri ile ilgili yaşadıkları literatürde yer alan eksiklikler veya zorlukları belirlemek.
- Öğretmen adaylarının TPAB bileşenleri ile ilgili yaşadıkları eksiklikler veya zorlukları gidermeye yönelik literatürdeki önerileri belirlemek.
- Öğretmen adaylarının ÖMB bileşenleri ile ilgili yaşadıkları eksiklikler veya zorlukları gidermeye yönelik literatürdeki önerileri belirlemek.
- TPAB ve ÖMB literatüründe öğretmen adaylarının yaşadıkları zorluklar ve önerileri sentezleyerek matematik öğretmen yetiştirme programlarının nasıl geliştirilebileceğinin yeni öneriler sunmak.

1.2. Araştırma Soruları

1. TPAB ve ÖMB bileşenleri ile ilgili literatürde tespit edilen matematik öğretmen adaylarının yaşadıkları eksiklikler veya zorluklar nelerdir?

2. TPAB ve ÖMB bileşenleri ile ilgili matematik öğretmen adaylarının yaşadıkları eksiklikler veya zorluklara yönelik literatürde sunulan öneriler nelerdir?

3. TPAB ve ÖMB literatüründe öğretmen adaylarının yaşadıkları zorluklara dayanarak matematik öğretmen yetiştirme programları nasıl geliştirilebilir?

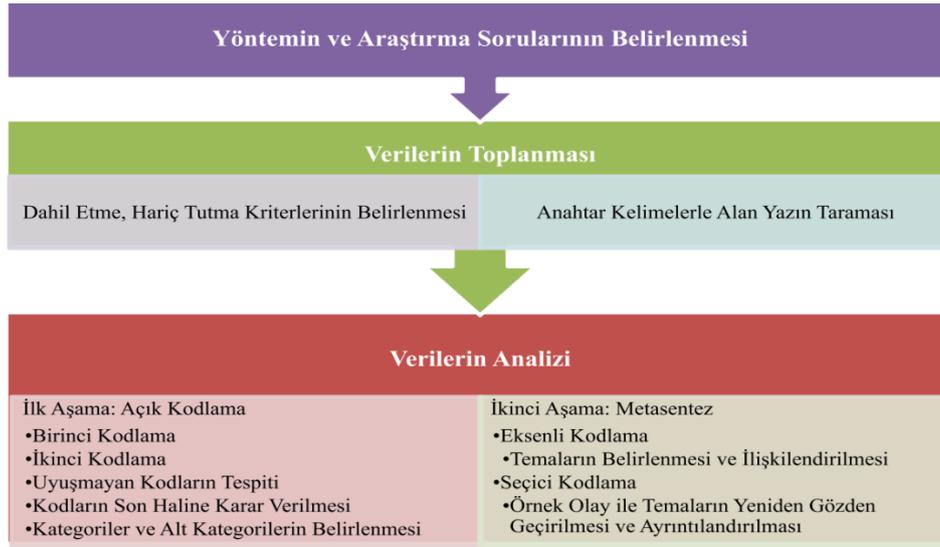
2. Yöntem

Bu bölümde çalışmanın yöntemi, incelenen çalışmalar ve verilerin analizi anlatılmıştır.

2.1. Araştırmanın Modeli

Bu çalışmanın amacı, TPAB ve ÖMB teorik çerçeveleri ile ilgili matematik öğretmen adayları ile yapılan çalışmalar incelenerek, öğretmen adaylarının TPAB ve ÖMB alt bileşenleri ile yaşadıkları zorlukları ve bu zorluklara yönelik literatürde yer alan önerileri belirlemektir. Ayrıca bu zorluklar ve öneriler sentezlenerek öğretmen yetiştirme programları nasıl geliştirilebilir önerilerde bulunmak amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda araştırmanın yöntemi meta-sentez olarak belirlenmiştir. Meta-sentez, benzer konulara odaklanmış nitel araştırmaların ya da diğer araştırmaların nitel bulgularının yorumlanması, olayların anlaşılmasına ve açıklanmaya çalışılması ve karşılaştırılması amacıyla yapılan araştırma sentezleridir (Yılmaz, 2021). Noblit ve Haare'ye (1988) göre meta-sentez, verilerin özeti olmaktan ziyade yorumlayıcı bir sentezdir. Meta-sentez çalışmasının basamakları Şekil 4'te verilmiştir.

Şekil 4. Meta-sentez Çalışmasının Basamakları



Çalışmada ilk olarak araştırmanın soruları ve bu doğrultuda çalışmanın yöntemi belirlenmiştir. Daha sonra veriler toplanmıştır. Verilerin analizi için ilk aşamada açık kodlama ile ilk kodlar ve kategoriler elde edilmiştir. Elde edilen kodlar ve kategoriler sentezlenerek yeni temalar ve kategoriler oluşturulmuş ve ilişkilendirilmiştir. Verilerin toplanması ve analizi, ilgili başlıklarda detaylı olarak anlatılmıştır.

2.2. Verilerin Toplanması (İncelenecek Çalışmaların Belirlenmesi)

Araştırma soruları belirlendikten sonra anahtar kelimeler; “TPACK, TPCK, TPAB, MCK, ÖMB, mathematic ve matematik” olmak üzere altı kelime olarak belirlenmiştir. İncelenen veri tabanları, dünya çapında nitelikli makalelere ulaşmak için Web of Science, Türkiye’de nitelikli makalelere ulaşmak için TR Dizin ve Türkiye’de yapılan lisansüstü tezlere ulaşmak için Ulusal Tez Merkezi taranmıştır. Veri tabanlarında tarama yapmak için “TPACK” ve “mathematic”, “TPCK” ve “mathematic”, “MCK” ve “mathematic”, “TPAB” ve “matematik”, “ÖMB” ve

“matematik” kelimeleri birlikte taranmıştır. Veri tabanlarında arama yapılırken çalışmaların güncel olması için tarama işlemi 2013-2023 yılları ile sınırlandırılmıştır. Ayrıca araştırmacıların rahat anlayabilmesi için diller Türkçe ve İngilizce ile sınırlandırılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda 536 çalışmaya ulaşılmıştır. Çalışmanın dahil etme kriterleri 2013-2023 yılları arasında yayınlanma, yayın dilinin İngilizce veya Türkçe olması, öğretmen adayları ile çalışılmış olması, çalışmanın yönteminin nitel yaklaşıma dayanması veya çalışmanın nitel bulgular içermesidir. Çalışmanın hariç tutma kriterleri, matematik dışındaki branşlardaki öğretmen adayları ile yapılan çalışmalar, öğretmenlerle yapılan çalışmalar ve nicel çalışmalar olarak belirlenmiştir. Elde edilen 536 çalışma dahil etme ve hariç tutma kriterlerine göre incelenmiş ve nihayetinde 26 çalışma bu meta-sentez araştırmasında incelenmek üzere seçilmiştir. Bu çalışmalar [Tablo 1](#)’de belirtilmiştir.

Tablo 1. *Meta-Senteze Dahil Edilen Araştırmalar*

Yazar(lar)	Yayın Yılı	Çalışma Türü	Kavramsal Çerçeve
Erdoğan	2014	Tez	TPAB
Çıkrıkçı	2015	Tez	ÖMB
Akyüz	2016	Makale	TPAB
Dilek	2016	Tez	TPAB
Handal ve diğerleri	2016	Makale	TPAB
Karataş ve diğerleri	2016	Makale	TPAB
Kurt	2016	Tez	TPAB
Qian ve Youngs	2016	Makale	ÖMB
Saralar	2016	Tez	TPAB
Aldemir	2017	Tez	TPAB
Çetin	2017	Tez	TPAB
Durdu ve Dağ	2017	Makale	TPAB
Gill ve Dalgarno	2017	Makale	TPAB
Kartal	2017	Tez	TPAB
Yiğit-Koyunkaya	2017	Makale	TPAB
Seçir	2017	Tez	ÖMB
Koştur	2018	Tez	TPAB
Yazıcı	2019	Makale	ÖMB
Duman	2020	Tez	TPAB
Bonafini ve Lee	2021	Makale	TPAB
Casler-Failing	2021	Makale	TPAB
Çam ve Erdamar-Koç	2021	Makale	TPAB
Morales-López ve diğerleri	2021	Makale	TPAB
Arabacı ve Orbay	2022	Makale	TPAB
Umutlu	2022	Makale	TPAB
da Silva Bueno ve Niess	2023	Makale	TPAB

[Tablo 1](#)’de verilen çalışmalar yayın yılı en erken olandan en son olana doğru sıralanmıştır. Tabloda çalışmaların yazar/ yazarları, yayın yılları, makale veya tez olmak üzere hangi tür çalışma olduğu ve TPAB ya da ÖMB olmak üzere hangi kavramsal çerçeveye dayandığı belirtilmiştir.

2.3. Verilerin Analizi

Strauss (1987), nitel araştırmalarda üç tür veri analizinden söz eder: Açık, aksel ve seçici kodlama. Açık kodlama, verilerin ilk kez analiz edilerek başlangıç kodlarının ve temaların belirlendiği, esnek ve düşük soyutlama düzeyinde bir süreçtir. Aksel kodlama, veriler arasındaki ilişkileri belirlemek ve temaları derinleştirmek için yapılan ikinci düzey analizdir. Seçici kodlama ise verilerin son analiz aşamasında ana temaları belirlemek ve detaylandırmak

için önceki kodların yeniden düzenlenmesi ve örnek olaylar ile tartışılmasıdır (Strauss, 1987). Bu çalışmada üç aşamalı bu kodlama sistemi, meta-sentez bulgularını ayrıntılı değerlendirme ve sentezleme amacıyla tercih edilmiştir. Öncelikle literatürde toplanan veriler açık kodlama ile analiz edilerek iki ana tema oluşturulmuştur: TPAB ve ÖMB ile ilgili yaşanan zorluklar ve öğretmen yetiştirme programlarına yönelik öneriler. Veriler, tutarlılık sağlamak amacıyla matematik eğitimi alanında doktorasını tamamlamış bir uzman tarafından ikinci kez analiz edilmiş, uyumsuz kodlar gözden geçirilmiştir. Eksenel kodlama aşamasında ana temalar “sorunlar” ve “çözümler” olarak düzenlenmiş ve açık kodlamadan elde edilen bulgular bu eksenler etrafında toplanmıştır. Son aşama olan seçici kodlamada, bir tema çekirdek olarak seçilmiş ve diğer temalar bu merkeze göre şekillendirilmiştir. Çekirdek tema örnek olaylarla karşılaştırılarak analiz tamamlanmıştır.

3. Bulgular

Bu çalışmada, TPAB ve ÖMB teorik çerçevelerine dayanarak matematik öğretmen adaylarıyla yapılan araştırmalar, meta-sentez yöntemiyle incelenmiştir. Bulgular iki bölümde sunulmuştur. İlk bölümde, matematik öğretmen adaylarının TPAB ve ÖMB ile ilgili yaşadığı zorluklara dair bulgular sunulmuştur. İkinci bölümde ise incelenen çalışmalarda, öğretmen adaylarının TPAB ve ÖMB’lerini geliştirmek için sunulan önerilere dair bulgulara yer verilmiştir.

3.1. TPAB ve ÖMB Kavramsal Çerçeveleri ile İlgili Yaşanılan Eksiklik ve Zorluklar

Bu bölümde, önce TPAB kavramsal çerçevesine ilişkin çalışmalarda tespit edilen eksiklik ve zorluklara, ardından ÖMB kavramsal çerçevesine dair belirlenen eksiklik ve zorluklara yer verilmiştir.

3.1.1. TPAB Kavramsal Çerçeveleri ile İlgili Yaşanılan Eksiklik veya Zorluklar

Araştırmaya dahil edilen çalışmaların bulgularında tespit edilen TPAB kavramsal çerçevesi ile ilgili tespit edilen eksiklik ve zorluklara ait temalar, kategoriler ve kodlar [Tablo 2](#)’de verilmiştir.

Tablo 2. TPAB Kavramsal Çerçevesi ile İlgili Tespit Edilen Eksiklik veya Zorluklar

Kategori	Alt Kategori ve Kodlar
Entegrasyona yönelik zorluklar	<ul style="list-style-type: none"> ● Pedagoji bilgisini entegre edememe ● Teknoloji bilgisi ile alan bilgisini entegre edememe ● Pedagoji ve Alan bilgisini entegre edememe ● Temel bileşenlere hakim olsa bile nasıl entegre edeceğini bilmeme ● Entegrasyon içeren öğretim etkinliği oluşturamama
Bileşenlere yönelik zorluklar	<ul style="list-style-type: none"> ● Teknoloji bilgisi eksikliği <ul style="list-style-type: none"> ○ Teknoloji bilgisi eksikliği ○ Akıllı tahta kullanımı becerisinde eksiklik ● Alan bilgisi eksikliği <ul style="list-style-type: none"> ○ Yanlış veya eksik tanımlama ○ Kavramla ilgili yanlışlara sahip olma ● Pedagoji bilgisi ile ilgili eksiklik <ul style="list-style-type: none"> ○ Öğrenciyi yapılandırmacı yaklaşıma göre yönlendirmeme ● Pedagogik Alan Bilgisi eksikliği; <ul style="list-style-type: none"> ○ Öğrenciyi yanlış bilgiye yönlendirme ○ Öğrenci yanlışlarını farkedememe ○ Ayrıntılı yönergeler içeren ders planları oluşturamama ● TPB eksikliği; <ul style="list-style-type: none"> ○ Teknolojiyi öğretmen merkezli kullanma ● TAB eksikliği; <ul style="list-style-type: none"> ○ Konu anlatırken hangi teknolojiyi kullanacağı konusunda kafa karışıklığı yaşama

Tablo 2. TPAB Kavramsal Çerçevesi ile İlgili Tespit Edilen Eksiklik veya Zorluklar (devamı)

Kategori	Alt Kategori ve Kodlar
Algılardan kaynaklı zorluklar	<ul style="list-style-type: none"> ● Teknolojinin ders anlatırken çok gerekli olmadığını düşünme ● Teknoloji bilgisi ile ilgili düşük özyeterlik algısı ● Alan bilgisine yönelik düşük özyeterlik algısı ● Derslere teknolojiyi entegre etmenin sadece akıllı tahta ve tablet kullanımı olduğunu düşünme ● Teknolojik materyal eksikliğinden dolayı teknoloji kullanımı konusunda isteksiz olma ● Teknoloji entegrasyonunda düşük özyeterlik algısı
Öğrenme ortamlarına yönelik eksiklikler	<ul style="list-style-type: none"> ● Sınıf ortamında teknolojik donanım eksikliği ● İnternet bağlantısında sıkıntı yaşama ● Teknolojik araç (bilgisayar, tablet, telefon, vb.) eksikliği ● Teknolojik materyal eksikliği ● Kullanılan programların ücretli veya pahalı olması ● Projeksiyon veya akıllı tahta ile ilgili sorunlar ● Sabit sıraların grup etkinliklerine izin vermemesi ● Teknoloji ile ilgili teknik sorunların hızlı çözülememesi ● Sınıfların kalabalık oluşu
Deneyim eksiklikleri	<ul style="list-style-type: none"> ● Entegrasyon deneyiminde eksiklik ● Ders anlatımı deneyiminin azlığı ● Gerçek okul ortamında deneyim imkanı olmaması ● Hazırladığı TPAB içeriklerini nasıl uygulayacağını bilmeme (hazırlanan içeriklerin teorik kalması)
Öğretmen eğitimi programları ile ilgili eksiklikler	<ul style="list-style-type: none"> ● Lisans derslerinde teknoloji kullanılmaması ● Alan derslerinde teknoloji entegrasyonu olmaması ● Alan ve Teknoloji derslerini ayrı ayrı almak ● Öğretim üyelerinin derslerde sunum dışında (projeksiyon) teknoloji kullanmaması ● Öğretmen eğitimi programının entegrasyona uygun olmaması ● Teknoloji olarak genellikle sadece sunum araçlarının kullanılması
Diğer	<ul style="list-style-type: none"> ● Kullanılan programların veya materyallerin farklı dilde olması ● Müfredatın teknoloji entegrasyonuna uygun olmaması ● Uygulama yapılan öğrencilerin teknoloji bilgisinde eksiklik

İncelenen çalışmalarda, öğretmen adaylarının TPAB ile ilgili yaşadığı eksiklikler veya zorluklar **Tablo 2**'de sunulmuştur. **Tablo 2**'deki kodlar, yedi farklı tema altında toplanmıştır. Aşağıda, bu kategoriler ve kodlarla ilgili çalışmalardan doğrudan alıntılar yapılmıştır.

Ö1 ile yapılan görüşmede:

A: Ben senin ders planını incelediğimde teknolojiye ait ifadeler görmedim. Neden kullanmadın, bildiğin halde mi kullanmadın yoksa bilmediğin için mi?

Ö1: Bilmediğim için hocam. Teknolojiyi bu derste nasıl kullanacağıma dair bir bilgiye sahip değilim. O yüzden ders planında da daha çok kendi tasarladığım materyalleri kullanmaya çalıştım. Teknolojiyi hangi amaçla kullanacağımı bilmiyorum... Öğrencilerin anlamalarında teknoloji kullanımını bilmiyorum.. Materyalleri nasıl kullanacağımı bilmiyorum... Teknolojiyle nasıl öğreteceğimi bilmiyorum..

ifadelerini kullanmıştır (Aldemir, 2017, s.142).

Bu alıntıda öğretmen adayından TPAB içeren bir ders planı hazırlaması istenmiş ve neden teknolojiye yer vermediği sorulmuştur. Öğrencinin yanıtından anlaşıldığı üzere, teknoloji bilgisinde eksiklik yaşanmaktadır. Öğretmen adayı, “teknolojiyi geometri dersinde nasıl kullanacağımı bilmiyorum” diyerek teknoloji ile alan bilgisini entegre edemediğini belirtmiş, “öğrencilerin anlamalarında teknoloji kullanımını bilmiyorum” ifadesiyle de pedagojik alan

bilgisi ile teknolojiyi entegre etme konusunda yetersizliğini ifade etmiştir. Bu durum hem entegrasyon bilgisi hem de farklı alt kategorilerdeki bilgi eksikliğini açıkça ortaya koymaktadır.

Bir başka örnek olarak:

“...Sonuçta biz hep böyle gördük ya bunları şimdiye kadar. Bunun da etkisi var. Bizim hocalarımızda bize çok fazla bir şeyler göstererek öğretmediler. Belki bu biraz tembellik bilmiyorum ama hani biraz o tarafa iten bir şey de var sonuçta. Eğer kullanabileceğim teknoloji konusunda kendimi çok fazla yeterli görsem o zaman kullanmak isterim ama şu an kendimi yeterli görmediğim için kullanamam...” (Kartal, 2017, s.199).

Bu alıntıda, Hande isimli öğrenci, matematik öğretirken teknoloji kullanmadığını, kendisine matematiği sevdiren öğretmenin de düz anlatım yaptığını ve onu örnek aldığını belirtmiştir. Teknoloji entegrasyonuna mesafeli yaklaşan öğrenci, kendisini daha çok yapılandırmacı olmayan bir ders anlatımına yakın hissettiğini ifade etmiştir.

Diğer bir örnek; *“...Öyle bir kullandım hani ne oluyor, nasıl oluyor ama hani İngilizce olduğu için çok araştırmıyorsun. Belki Türkçe olsa belki hani daha şey yapabilirsin, kullanabilirsin...”* (Kartal, 2017, s. 209) şeklindedir. Bu alıntıda, öğretmen adayları programların pahalı ve farklı dillerde olmasını bir sorun olarak belirtmiştir. Ayrıca, öğretmenlik uygulaması sürecinde teknoloji kullanımında danışman öğretmenlerin etkili olduğu vurgulanmıştır. Aşağıdaki alıntı bu durumu ifade etmektedir:

“Birinci dönem öğretmenlik uygulamasındaki danışman öğretmen akıllı tahtayı kullanarak öğrencilere soru çözdürdü ama ikinci dönem öğretmenlik uygulamasındaki danışmanımız yalnızca düz anlatım soru cevap yöntemiyle dersi anlattı” (Dilek, 2016, s. 87).

Bir diğer öğretmen adayı ise öğrencilerin teknoloji kullanmak istemediğini belirtmiştir;

“... ders anlatımı için akıllı tahtayı açıp soruları yansıttım. Bir iki örnek çözdüm. Daha sonra diğer sorulara onları. Kaldırmak istedim ama tahtaya kalkmak istemediklerini fark ettim. Öğrenciler genelde teknolojik araçları kullanmaya yanaşmıyor. Tabii öğrenci profiline göre durum değişebilir...” (Dilek, 2016, s. 94).

Aynı çalışmada, başka bir öğretmen adayı da öğrencilerin akıllı tahta kullanmayı bilmediklerini belirtmiş ve öğrencilerin teknoloji bilgisi eksikliğinin öğretimde teknoloji kullanmaya engel olduğunu bildirmiştir.

İncelenen çalışmalarda, öğretmen adaylarının Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPAB) kullanımı konusunda bilgi eksikliği ve teknoloji entegrasyonunda yetersizlik yaşadığı görülmektedir. Teknolojiyi ders planlarına nasıl entegre edeceklerini bilmeyen adaylar, pedagojik alan bilgisi ile teknolojiyi bütünleştirme konusunda zorluk yaşamaktadır. Ayrıca, adayların teknolojiye mesafeli yaklaşmalarının, önceki deneyimlerine, pahalı veya yabancı dillerde olan programlara ve öğrencilerin teknoloji kullanma isteksizliğine bağlı olduğu belirtilmiştir. Öğretmenlik uygulaması öğretmenlerinin teknoloji kullanımı konusundaki tutumları da adayları etkileyen önemli bir faktör olarak öne çıkmaktadır.

3.1.2. ÖMB Kavramsal Çerçevesi ile İlgili Yaşanılan Eksiklik veya Zorluklar

Araştırmaya dahil edilen çalışmaların bulgularında tespit edilen ÖMB kavramsal çerçevesi ile ilgili tespit edilen eksiklik ve zorluklara ait temalar ve kodlar [Tablo 3](#)'te verilmiştir.

Tablo 3. ÖMB Kavramsal Çerçevesi İle İlgili Tespit Edilen Eksiklik veya Zorluklar

Kategoriler	Kodlar
Genel Alan Bilgisi ile ilgili Eksiklikler	<ul style="list-style-type: none"> ● Kavram tanımlarında eksiklik ● Kavramlara ilişkin notasyonları yanlış kullanma ● Kavramla ilgili yanlışlıklara sahip olma
Uzmanlık Alan Bilgisi ile ilgili Eksiklikler	<ul style="list-style-type: none"> ● Kavramla ilgili zayıf bilgi ● Kavramın tüm boyutlarını algıyamama ● Kavramsal anlamaya sahip olmama ● Kavramla ilgili ilişkilendirme yapamama ● Açıklama yaparken işlemsel düzeyde açıklamalar yapma ● Problem çözerken işlemsel düzeyde kalma ● Problem çözerken yanlış modeller kurma ● Problem çözerken matematiksel dili yanlış kullanma ● Problem çözerken eksik model çizme
Alan ve Öğrenci Bilgisi ile ilgili Eksiklikler	<ul style="list-style-type: none"> ● Öğrencilerin kavram yanlışlarını ve hatalarını farkedememe ● Öğrenciye soruların cevaplarını nedenleriyle açıklayamama ● Öğrenci seviyesine yönelik olmayan öğretim yapma
Alan ve Öğretimin Bilgisi ile ilgili Eksiklikler	<ul style="list-style-type: none"> ● Hedef kazanıma uygun ders planı hazırlayamama ● Hedef kazanıma yönelik soru sormada sıkıntı (kazanımla ilgili olmayan sorular sorma) ● Ders için uygun strateji, yöntem ve tekniklere karar vermede zorluk ● Hazırladıkları ders planını uygulamada zorluk yaşama

Tablo 3 incelendiğinde, matematik öğretmeni adaylarının ÖMB kavramsal çerçevesiyle ilgili yaşadıkları zorlukların dört ana tema altında toplandığı görülmektedir. Kodların anlamları doğrultusunda, bu temalar ÖMB'nin dört alt bileşeni olarak adlandırılmıştır. Meta-sentez kapsamında incelenen çalışmalardan doğrudan alıntılar ve örnekler verilmiştir.

Yazıcı (2019), çalışmasında öğretmen adaylarına temel geometrik kavramların tanımını sormuştur. Adayların açığı kavramına dair yanlış tanımlarına örnekler şunlardır:

K16: İki doğru parçası arasında kalan ölçüyü ifade eder.

K19: Paralel olmayan iki kenarın arasında kalan ölçüye...

K26: Ortak noktalardan çıkan doğruların arasındaki mesafenin derece türünden gösterimidir.

K29: Paralel olmayan iki ışın arasında kalan bir ölçüm...

K38: Kesişen iki doğru arasında kalan ölçü birimidir.

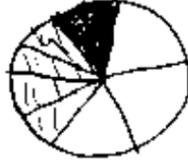
K44: İki kenar arasında oluşan bağlantıya açığı denir.

K49: İki doğru parçasının farklı yönlerde birleştirilmesiyle arada oluşan dereceye açığı denir. (Yazıcı, 2019, s. 146).

Öğretmen adaylarının verdiği cevaplardan açığı kavramının tanımı ile yanlışlıklara sahip olduğu görülmektedir. Yani öğretmen adaylarının genel alan bilgisinde eksiklik olduğu söylenebilir. Başka bir çalışmada öğretmen adaylarına bir kesir problemi verilmiş, ifade ettiği işlemin ne olduğu ve bu işlemi yansıtacak modeli çizmeleri istenmiştir. Çalışmada sunulan problem:

“Leyla Hanım, altın günü için gelen misafirlerine dikdörtgen şeklindeki bir kekten ikram etmiştir ve kekin 2/5 'i kalmıştır. Misafirler gittikten sonra Leyla Hanım'ın 3 çocuğu kekin kalanını eşit olarak paylaşmışlardır o halde çocukların her biri kekin ne kadarını yemiştir?” (Seçir, 2017, s. 137).

Bir öğretmen adayı verilen problemin ifade ettiği işlemi; “ $2/5 \times 1/3$ ” olarak ifade etmiş ve modeli Şekil 5'teki gibi çizmiştir:

Şekil 5. Öğretmen Adaylarının Yanlış Model Çözümüne Yönelik Örnek (Seçir, 2017, s. 137)

Öğretmen adayının matematiksel ifadesi bölmeye yönelik değil çarpmaya yöneliktir ve “paylaştırma” kavramını yansıtmamaktadır. Bununla birlikte soruda dikdörtgen olduğu belirtilen şekli daire olarak modellemiştir. Burada öğretmen adayının hem bölme işleminin kavramsal anlayışıyla ilgili hem de modelle gösterme ile ilgili sıkıntı yaşadığı söylenebilir. Buradan hareketle öğretmen adayının uzmanlık alan bilgisinde eksiklik olduğu söylenebilir.

Meta-senteze dahil edilen diğer bir çalışmada öğretmen adaylarının ders anlatımları incelenmiştir. Cebirsel ifadeler dersini anlatan bir öğretmen adayı ikinci dereceden denklemlerin çözümlerini yapmak için iki örnek vermiştir ve çözüm yapmıştır. İlki x^2-6x+5 , ikincisi $3x^2-x-4$ olan denklemlerde çözüm yaparken;

ilk denklem için $\begin{array}{l} x \rightarrow -5 \\ x \rightarrow -1 \end{array}$ veya $\begin{array}{l} x \times -5 \\ x \times -1 \end{array}$ diye iki farklı çarpım gösterirken, ikinci denklem için $\begin{array}{l} 3x \times -4 \\ x \times 1 \end{array}$ şeklinde çözüm yaparak çarpma işlemi yaparak denklemin

köklerini bulmuştur. Bunun üzerine öğrenci ile arasında geçen diyalog aşağıda verilmiştir:

Öğretmen Adayı: 3x ile 1'i çarptık, evet 3x eder; yine çapraz çarptık 4x oldu. Topladığımız zaman ortadaki terimi buluyoruz -x. Tamam şimdi çapraz yazalım. Sonuç bu şekilde.

Öğrenci: Hocam, x^2-6x+5 örneğinde sonucu çapraz yazsak da, yan yana yazsak da aynı oluyordu burada sadece çapraz mı yazıyoruz?

Öğretmen Adayı: Her zaman çapraz yazmanız iyi olur, çapraz yazın.

Öğrenci: Peki, aralarında fark yok mu hocam?

Öğretmen Adayı: Hayır, çapraz olarak çarpıp ortadaki terimi bulduktan sonra bu şekilde yazabilirsiniz. (Çıkrıkçı, 2015, s. 64).

Öğretmen adayı bu soruda öğrenciye yaptığı işlemlerin nedenini açıklayamamıştır. Bu durum hem uzmanlık alan bilgisinde hem de öğrenci ve alan bilgisindeki eksikliği göstermektedir. Aynı çalışmada farklı bir öğretmen adayı da doğrunun eğimi ile denklemin arasındaki ilişki ile ilgili bir soru sormuştur. Bu soru ve çözümü sırasında öğretmen adayı ve öğrenci arasında gerçekleşen diyalog aşağıda verilmiştir:

Öğretmen adayı: Evet şimdi aylara göre ünlülerin takipçi sayılarını inceleyelim. Serenay'ın takipçi sayısı 1. ay 20, 2. ay 60, 3. ay 180 ve 4. ay 540 bin şeklinde ilerliyor. Ay ve takipçi sayısı arasındaki ilişkiyi denklemlerle gösterelim. Imm, evet 3 kat şeklinde artıyor. Ama burada ay değil de kat artışını sanırım göz önünde bulunduracağız. Denklem $y=20x$ şeklinde olur. X yerine sırasıyla 1, 3, 9, 27 yazalım. Tamam, grafiği çizip eğimi bulalım. 540'ı 4'e bölünce evet 135 buluyoruz.

Öğrenci: Hocam ama diğer yerlerde 135 çıkmıyor. Her aralık da eğimin eşit çıkması gerekiyor muydu?

Öğretmen adayı: Imm, evet ama biz burada kat artışına göre yazdık sanırım ondan. Büyük üçgeni kullanalım. (Çıkrıkçı, 2015, s.65).

Öğretmen adayı soruda verilenlerin $y=20x$ denklemini olduğunu söylemesine rağmen, sorudaki veriler $y=20.3^{x-1}$ denkleminde aittir. Bu denklem ise sınıf seviyesine uygun değildir. Yani öğretmen adayı sınıf seviyesine ve kazanıma uygun soru seçmemiştir. Bu da öğretmen adayının, ÖMB'nin öğretim ve öğrenci bilgisi bileşeninde zorluk yaşadığını göstermiştir.

Tablo 3'e göre, matematik öğretmeni adaylarının ÖMB kavramsal çerçevesinde dört temel alanda zorluk yaşadığı gözlemlenmiştir. Araştırmalar, adayların temel geometrik kavramlar, kesir problemleri, cebirsel ifadeler ve doğrusal eğim konularında yanlış tanımlamalar ve modeller sunduklarını, dolayısıyla genel alan bilgisi ve öğrenciye yönelik açıklamalarda eksiklik yaşadıklarını göstermektedir. Bu çalışmalar, adayların konuya hakimiyet, öğretim becerisi ve öğrenci bilgisi bileşenlerinde çeşitli zorluklarla karşılaştığını ortaya koymaktadır.

3.2. Öğretmen Adaylarının TPAB ve ÖMB Bilgilerini Geliştirmek için Literatürde Yer Alan Öneriler

Meta-senteze dahil edilen 26 çalışmada matematik öğretmen adaylarını TPAB ve ÖMB kavramsal çerçevelerine yönelik geliştirmek için yapılan öneriler içerik analizine tabi tutularak kodlar ve temalar elde edilmiştir. Bu bölümde ilk olarak TPAB ile ilgili, daha sonra ÖMB ile ilgili kodlar ve temalar ayrı başlıklarla verilecektir.

3.2.1. Öğretmen Adaylarının TPAB Bilgilerini Geliştirmek İçin Öneriler

TPAB'la ilgili bu çalışma kapsamında incelenen 22 makalede tespit edilen kodlar ve o kodların ait oldukları temalar **Tablo 4**'te verilmiştir.

Tablo 4. TPAB Kavramsal Çerçevesi İle İlgili Önerilere Ait Kodlar

Kategoriler	Kodlar
TPAB Deneyimi	<ul style="list-style-type: none"> • Öğretmenlik uygulaması ders saatleri artış • İlk sınıflardan itibaren deneyim imkanı • Uygulama okullarında pratik yapma teşvik edilmeli • Öğrenci ile daha fazla temas kurmanın katkısı • Geliştirilen materyal, öğretim etkinliği veya ders planlarını öğretmenlik uygulamasında deneyimleme imkanı • Materyal, öğretim etkinliği veya ders planı geliştirilmeli • Rutin olmayan problem tasarımı • Ders planlarına web 2.0 araçlarını entegre etme • TPAB bileşenlerini içeren ayrıntılı ders planları düzenleme • Mikroöğretim etkinlikleri
Geridönüt	<ul style="list-style-type: none"> • Entegrasyon aktiviteleri ile ilgili sağlıklı dönütler verme • Ders anlatımlarında, öğretim veya materyal geliştirmede eksiklerini keşfettirmek için yönlendirilme • Geribildirimde süreklilik
Öğretmen Yetiştirme Programına Yönelik	<ul style="list-style-type: none"> • Uzun vadeli TPAB öğretimi • Ders içeriklerinde TPAB • Alan derslerine teknoloji entegrasyonu • Öğretim yöntemlerinin öğretildiği derslere teknoloji entegre etme • Teknoloji derslerini alanla ilişkilendirme • Teknoloji derslerinin içeriğini geliştirme • Tasarım tabanlı dersler TPAB'ı destekleme • Erken sınıflardan itibaren TPAB'ı geliştirecek dersler
Akademisyenlere Yönelik	<ul style="list-style-type: none"> • TPAB eğiticinin eğitimi dersleri • Teknolojiyi alan derslerine entegre etme • Teknoloji eğitimi sırasında bireysel ve grup aktivitelerini destekleme • Teknoloji dersleri sırasında içerik alanı ile bağlantı kurma
Teknoloji Eğitimi Desteği	<ul style="list-style-type: none"> • Teknolojik araçları (bilgisayar, tablet, vb.) tanıtılmalı • Akıllı tahta kullanımına yönelik dersler • Geogebra vb. programları öğretme • Web 2.0 araçlarını tanıtmaya • SEM bünyesinde farklı teknoloji eğitimi dersleri • Teknolojiye yönelik çalıştay düzenleneme • Farklı uygulamaları tanıtmaya

Tablo 4. TPAB Kavramsal Çerçevesi İle İlgili Önerilere Ait Kodlar (devamı)

Kategoriler	Kodlar
Fakülte Donanımları	<ul style="list-style-type: none"> ● Teknolojik alt yapı ● Kesintisiz internet bağlantısı ve yaygın ağ ● Esnek oturma düzeni
Diğer	<ul style="list-style-type: none"> ● Farklı dillerdeki uygulamalar için İngilizce ● Ders kitaplarında DGY etkinlikleri ● Okulların teknoloji imkanı

Tablo 4 incelendiğinde meta-sentez kapsamında incelenen çalışmalarda matematik öğretmen adaylarının TPAB bilgilerini geliştirmek için yapılan önerilere ait kodlar yedi tema altında toplanmıştır.

Meta-sentez kapsamında incelenen çalışmalarda TPAB gelişimi için yapılan önerilerden birisi de öğretmen adaylarına farklı şekillerde TPAB deneyimi kazandırmaktır. Bonafini ve Lee (2021), yaptıkları çalışmada öğretmen adaylarına video ile matematik eğitimi yapmalarını istemişlerdir. Çalışmanın sonuçları kısmında şu ifadelerle TPAB gelişimi için deneyimin öneminden bahsetmektedirler;

“Öğretmen adaylarının henüz öğrenciyken kazandıkları deneyimler, sınıflarında ders anlatırken teknolojiyi dahil etme konusundaki gelecekteki kararlarını etkileyebilir. Öğretmen adaylarına ekran görüntüleri oluşturma deneyimi sağlamak, onların belirli matematiksel içerikleri öğretmek için hangi tür teknolojinin en etkili olacağına karar vermeleri gerekebilecek gelecekteki uygulamalarını taklit eder. Ayrıca öğretmen adaylarının teknolojik bilgilerini güçlendirmek için öğretmen eğitimcilerinin teknolojik matematik eğitimi araçlarının nasıl kullanılacağı hakkında daha fazla ders vermelerini öneriyoruz.” (Bonafini ve Lee, 2021, s. 316).

TPAB gelişimini için deneyimin öneminden başka bir makalede şu şekilde bahseder:

“Öğretmen adaylarının teknolojilerle matematik öğrenme ve öğretme için müfredat ve öğretim bilgileri, mikro öğretim ortamında ve öğretim sonrası tartışmalarla geliştirilebilir. Belki de pedagojinin, yöntemlerin ve teknoloji derslerinin saha deneyimi ile entegre edildiği, öğretmen adaylarının çeşitli pedagojik stratejilerle öğrencileri içeriği keşfetmeleri için teknolojilerle aktif olarak nasıl meşgul edebileceklerini uyguladıkları daha bütünlüklü bir dönem faydalı olabilir. Araştırmalar, öğretmen adaylarına teknoloji entegrasyonu hakkında bilgi edinme fırsatları sağlamanın, müfredat materyallerini tasarlarlarken veya yeniden düzenlerken makul olduğunu öne sürüyor.” (da Silva Bueno ve Niess, 2023, s. 11).

Yukarıdaki alıntılarda görüldüğü üzere öğretmen adaylarının TPAB bilgilerini artırmak için deneyimi artırmak gerektiği vurgulanmıştır. Deneyimi video dersleri hazırlamak veya mikroöğretim gibi uygulamalarla artırarak hem bileşenlerdeki bilgi eksiklikleri hem de entegrasyon eksikliklerinin giderilebileceğinden bahsedilmektedir. Öğretmen adaylarının eğitimleri sırasında kazandıkları tecrübelerin gelecekte öğretme stilleri üzerinde etkili olacağı vurgulanmıştır. Ayrıca akademisyenlerin derslerinde, matematik eğitiminde kullanılabilecek farklı teknolojik araçları tanıtmaları gerektiğinden bahsedilmiştir. Bununla birlikte pedagoji, yöntem ve teknoloji derslerinin öğretmenlik uygulaması ile entegre edildiği bir dönem yapılandırmanın öğretmen adaylarının TPAB gelişimi için daha faydalı olabileceğinden bahsederek, deneyimin önemi ve nasıl olması gerektiğinden de bahsedilmiştir.

“Bulgular, teknoloji eğitiminin yöntem derslerine dahil edilmesini, içerik, pedagoji ve teknolojinin üç bilgi alanının uzun bir süre boyunca anlamlı bir şekilde entegre edilmesi için bir araç olarak desteklemektedir, zira teknolojiyle ilgili tek seferlik eğitim seanslarının aksine daha uzun süreli entegrasyon gerekmektedir.....Öğretmen adaylarına, yöntem derslerinde belirli teknolojilerin öğretim araçları olarak kullanımı konusunda derinlemesine ve yapılandırılmış bir eğitim verilmelidir..... öğretmen adaylarına sadece farklı öğretim teknolojileri tanıtılmamalı, aynı zamanda bu teknolojilerle pratik yapma ve teknoloji entegrasyonu içeren dersler oluşturma fırsatı da sağlanmalıdır.” (Casler-Failing, 2021, s. 17).

“Yöntem profesörleri, içerik alanlarına entegre edilebilecek belirli sayıda teknolojik aracı dikkatlice seçerse, öğretmen adayları, teknolojiyi planlama ve öğretim bağlamında kullanarak içerik öğrenme fırsatına sahip olabilirler. Bu tür bir teknoloji entegrasyonunun, öğretmen adaylarının TPAB gelişimine ve nihayetinde gelecekteki öğrencilerine fayda sağlayacağını düşünüyorum.” (Casler-Failing, 2021, s. 18).

Yukarıda öğretmen adaylarına öğretmen adaylarına lego robotik araçları ile bir dönem boyunca eğitim verilen ve bu teknoloji ile matematik derslerini entegre ederek öğretim yapmaları istenen bir çalışmadan alıntılar verilmiştir. Çalışmada deneyimin, eğitimin ve entegrasyonun üzerinde durulurken, aynı zamanda bunların uzun vadeli planlanması ve derinlemesine yapılandırılması gerektiği üzerinde durulmuştur. Ayrıca bu çalışmada da akademisyenlerin ders içeriklerinde teknoloji araçlarını tanıtmaları ve alanla entegre etmeleri gerektiğini belirtmiştir.

Gill ve Dalgarno (2017), dört öğretmen adayının öğretmenlik uygulaması deneyimlerini dört yıl boyunca gözlemlemişlerdir. Öğretmen adayları bu sürede dört farklı okula gitmiştir. Süreç sonunda bazı öğretmen adaylarının TPAB gelişimlerinin diğerlerine göre daha zayıf olduğunu gözlemlemişlerdir. Yazarlar bu durumu ve olası nedenlerini aşağıdaki alıntıda belirtmişler ve yorumlamışlardır:

“Joan'ın durumu, okul kültürünün, öğretmen beklentilerinin ve yeterli okul kaynaklarının bilgi iletişim teknolojileri kullanımı ve TPAB gelişimi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir. Jack ve Judy'nin durumları ise, tersinin de önemli bir etkiye sahip olabileceğini göstermektedir. Onların TPAB gelişimi, bilgi iletişim teknolojileri kaynaklarına erişim eksikliği ve/veya okul uygulamalarının bilgi iletişim teknolojilerinin kullanımını en az seviyede içerdiği veya içermediği durumlar nedeniyle olumsuz yönde etkilenmiştir.”

“Öğretmenlik uygulaması sürelerinin uzunluğu ve bağımsızlık düzeyi de TPAB gelişiminde belirgin bir etkiye sahip gibi görünmektedir. Öğretmenlik uygulamasının daha uzun süreli olması, kendi derslerini geliştirme ve sunma gereksinimi, bilgi iletişim teknolojilerine erişim ve onları kullanan öğretmenlerle çalışma fırsatı, Judy'nin, Joan'ın ve Jack'in bilgi iletişim teknolojilerini öğrenme ve öğretme amaçlı kullanma bilgi ve becerilerine olumlu bir etkisi olmuştur.” (Gill ve Dalgarno, 2017, s. 452).

Yukarıda yer alan alıntıda açıkça belirtildiği gibi uzun süreli deneyim imkanı, deneyim sırasında kendi plan ve materyallerini kullanma, okullarının teknolojik donanım yeterliliği TPAB gelişiminde önemli katkıda bulunmaktadır.

Tablo 4'te, matematik öğretmen adaylarının TPAB gelişimlerini desteklemek amacıyla çeşitli çalışmalar tarafından önerilen yedi temel temanın yer aldığı görülmektedir. Bu çalışmalarda öğretmen adaylarına farklı TPAB deneyimleri kazandırmanın, onların teknolojiyi derslerinde kullanma becerilerini geliştirebileceği belirtilmiştir. Bonafini ve Lee (2021) ile da Silva Bueno ve Niess (2023), video ders hazırlama ve mikroöğretim gibi etkinliklerin adayların TPAB gelişiminde önemli olduğunu vurgularken, Casler-Failing (2021) ise teknoloji eğitimi yöntem derslerine entegre etmenin kalıcı etkiler yaratabileceğini savunmaktadır. Gill ve Dalgarno (2017) ise adayların öğretmenlik uygulaması deneyimlerinin süresi ve teknolojik imkanların TPAB gelişiminde etkili olduğunu gözlemlemişlerdir.

3.2.2. Öğretmen Adaylarının ÖMB Bilgilerini Geliştirmek İçin Öneriler

Çalışma kapsamında incelenen araştırmalarda matematik öğretmen adaylarının ÖMB'lerini geliştirmek için yapılan öneriler belirli kodlar nitelendirilmiş ve kategoriler altında toplanmıştır. **Tablo 5**'te bu kategoriler ve kodlar belirtilmiştir.

Tablo 5. ÖMB Kavramsal Çerçevesi İle İlgili Önerilere Ait Kodlar

Kategoriler	Kodlar
Deneyim	<ul style="list-style-type: none"> ● Gerçek öğrenme ortamında deneyim ● Mikroöğretim uygulamaları
Genel Alan Bilgisi	<ul style="list-style-type: none"> ● Kavramlara eleştirel bakabilme ● Kavram tanımlarında ve özelliklerinde derinleşebilme ● Kapsamlı matematiksel açıklamalar yapabilme
Uzmanlık Alan Bilgisi	<ul style="list-style-type: none"> ● Model çizme uygulamaları ● Problem oluşturma alıştırmaları ● Notasyon ve matematiksel ifade gösterimi ile ilgili pratik ● Gerekeçlendirme ve açıklama üzerine uygulamalar ● Kavramsal anlamayı geliştirme

Yazıcı (2019) öğretmen adaylarının genel alan bilgisini incelediği çalışmasında şunları belirtmiştir:

“Öğretmen adaylarının araştırmada ortaya konulan eksiklikleri kapatabilecekleri ilk yer eğitim fakülteleridir. Bunun için öğretmen adaylarına özeldir geometrideki temel kavramlar genelde matematikteki bütün kavramlara ilişkin, kavramlara eleştirel bakabilme, kavramların tanımları ve özelliklerinde derinleşebilme ve kapsamlı bir biçimde matematiksel açıklama yapabilecek seviyede yetişmesi noktasında eğitimler verilmesi önerilmektedir.” (Yazıcı, 2019, s. 151).

Bu çalışmada, öğretmen adaylarının genel alan bilgisindeki eksikliklerin giderilmesi ve kavramsal anlayışın sağlanması için ders içeriklerinin buna göre düzenlenmesi ve akademisyenlerin kavramsal anlayışı sağlayacak şekilde eğitim yapmalarının önemi vurgulanmıştır. Qian ve Youngs (2016) farklı ülkelerdeki matematik eğitimi yetiştirme programlarını incelemiş ve deneyim arttıkça ÖMB'nin geliştiğini vurgulamışlardır.

“Öğretmen adaylarının öğretim fırsatına sahip olduğu matematik yöntemleri konularının sayısı arttıkça, AB ve PAB düzeylerinin de arttığını göstermektedir. Çalışmamız, öğretimle ilgili konulara (örneğin ders planları geliştirme) maruz kalmanın, Çin Taipei, Singapur ve İsviçre'de AB ve Singapur, İspanya ve İsviçre'de PAB ile ilişkili olduğunu buldu... Öğretimle ilgili öğrenme fırsatlarının ve farklı türdeki pratik deneyimlerin sayısının, öğretmen adaylarının AB ve PAB ile ilişkili olduğunu gösteren bazı kanıtlar sağlamaktadır.” (Qian ve Youngs, 2016, s. 392).

Qian ve Youngs (2016), deneyim artışının ÖMB gelişimini pozitif etkilediğini belirtirken, ders planı geliştirme gibi etkinliklerin de önemli katkısı olduğunu ifade etmişlerdir. Bu benzer olarak Çıkrıkçı (2015) da eğer sahada deneyim imkanı yoksa mikroöğretimin katkısı olacağını belirtmiştir.

“Öğretmen adaylarının gerçek sınıf ortamlarında sıkça öğretim deneyimi yaşamalarının mümkün olmadığı durumlarda, mikro öğretim çalışmalarından yararlanarak öğretim süreçlerinin ÖMB modeline göre incelenmesi sağlanabilir. Öğretmen adaylarının dersleri hakkında fikir sahibi olmaları sonraki öğretim süreçlerini planlarken dikkat edecekleri noktalar açısından önemlidir.” (Çıkrıkçı, 2015, s. 131).

Öğretmen adaylarının alan bilgisindeki eksikliklerini gidermeleri için eğitim fakültelerinde eleştirel ve derinlemesine kavramsal anlayış kazanmalarına yönelik eğitimlerin düzenlenmesi önem taşımaktadır. Araştırmalar, öğretim deneyimlerinin artmasıyla birlikte alan ve pedagojik alan bilgilerinin geliştiğini, özellikle ders planlama gibi faaliyetlerin bu gelişime katkı sağladığını ortaya koymaktadır. Sınıf içi deneyim imkanı sınırlı olan durumlarda ise mikroöğretim uygulamalarının, öğretmen adaylarına öğretim süreçlerini analiz etme ve sonraki planlamalarda dikkat edilecek noktaları belirleme açısından önemli bir deneyim sunduğu ifade edilmektedir.

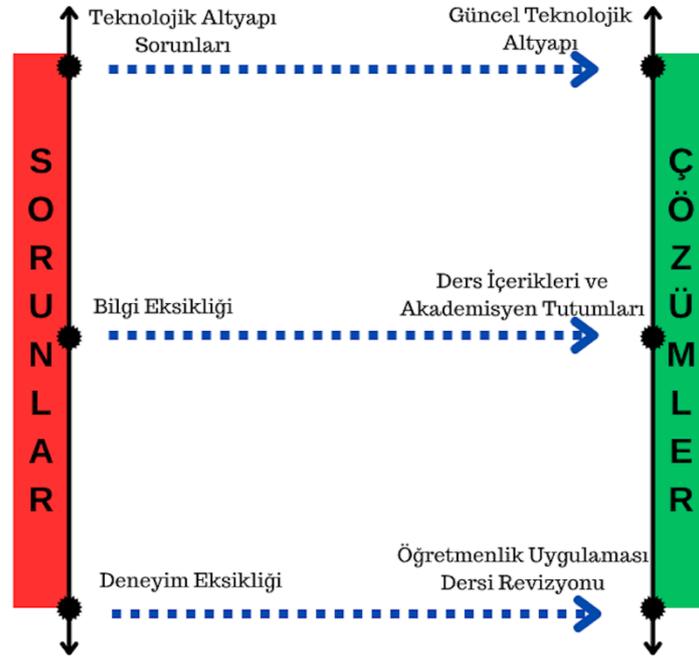
4. Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Bu bölümde, içerik analizi sonucunda elde edilen kod ve temalar, alanyazındaki ilgili bulgularla karşılaştırılarak bütüncül bir yaklaşımla tartışılmıştır. Tartışma süreci iki aşamalı olarak

yapılandırılmıştır: İlk aşamada, bulgular bölümünde sunulan sorunlar ve çözüm önerileri belirli temalar altında sınıflandırılarak ele alınmıştır. İkinci aşamada ise, çözüm önerilerinin odaklandığı çekirdek bir tema belirlenmiş; diğer temalar bu merkezi temanın etrafında yapılandırılarak, matematik öğretmeni yetiştirme programlarının geliştirilmesine yönelik öneriler sunulmuştur.

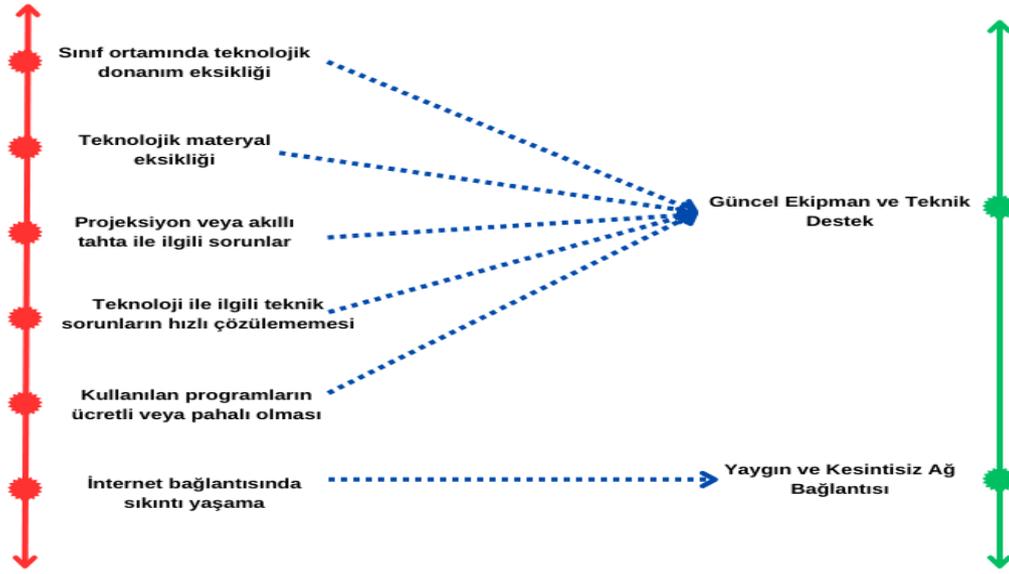
Bulgular bölümünde yer alan sorunlar ve çözüm önerileri, çalışmanın araştırma sorularına dayalı olarak iki ana eksen ve bu eksene bağlı temalar çerçevesinde gruplandırılmıştır. İlk araştırma sorusuna odaklanan eksiklikler ve zorluklar "sorunlar" eksenini; ikinci araştırma sorusuna odaklanan çözüm yolları ise "çözümler" eksenini oluşturmaktadır. Araştırmacılar, her iki eksen için yeni temalar geliştirmiş ve bu temaları, açık kodlama yoluyla analiz edilen verilerin yorumlanması ve sentezlenmesiyle yapılandırmıştır. Ayrıca, "sorunlar" eksenindeki her tema, "çözümler" ekseninde karşılık gelen bir öneriyle eşleştirilerek bütüncül bir yapı kurulmuştur. Meta-sentez süreci sonucunda ortaya çıkan eksenler Şekil 6'da görselleştirilmiştir.

Şekil 6. Meta-sentez İle Elde Edilen Eksenler (Sorunlar ve Çözümler Arasındaki İlişkiler)



Şekil 6'ya göre, "sorunlar" ekseninde üç ana tema belirlenmiş ve her bir tema için "çözümler" ekseninde karşılık gelen temalar tanımlanmıştır. Araştırmanın ilk alt sorusuna yanıt olarak oluşturulan "sorunlar" eksenini; "teknolojik altyapı sorunları," "bilgi eksikliği" ve "deneyim eksikliği" temalarından oluşmaktadır. Bu eksiklik ve zorluklara yönelik çözüm önerileri ise "çözümler" ekseninde sırasıyla "teknolojik altyapının güncellenmesi," "ders içeriklerinin ve akademisyen tutumlarının iyileştirilmesi" ve "öğretmenlik uygulamalarının revize edilmesi" temaları altında toplanmıştır.

Eğitim Fakülteleri ile uygulama okullarındaki donanım eksiklikleri ve altyapı yetersizlikleri, "teknolojik altyapı sorunları" teması kapsamında değerlendirilmiş; bu soruna karşılık olarak, "teknolojik altyapının güncellenmesi" çözüm teması geliştirilmiştir. Sorun temalarına karşılık gelen çözüm önerilerine ait kodlar, Şekil 7'de görselleştirilmiştir.

Şekil 7. *Teknolojik Altyapı Sorunları Sorunu ve Güncel Teknolojik Altyapı Çözümü İlişkisi*

Meta-sentez kapsamında incelenen çalışmalar, teknolojik altyapı sorunlarının çözümüne yönelik olarak genellikle teknik engellerin ortadan kaldırılmasını veya mevcut altyapının güncel tutulmasını önermektedir (Çam ve Erdamar-Koç, 2021; Dilek, 2016; Koştur, 2018). Ancak bu çalışmalarda teknik destek hizmetinin sağlanmasına yönelik somut bir öneriye rastlanmamıştır. Bu eksiklik, ekselen kodlama sürecinde araştırmacılar tarafından tespit edilmiş ve çalışmaya özgü bir öneri olarak geliştirilmiştir.

İlgili literatürde, teknoloji kaynaklı sorunlara çözüm olarak çoğunlukla eğitimcilere yönelik teknoloji eğitimi önerilmektedir (Aldemir, 2017; Arabacı ve Orbay, 2022; Casler-Failing, 2021; Çetin, 2017). Bu öneri, ekselen kodlama sürecinde “Bilgi Eksikliği” alt temasına karşılık gelen “Teknoloji Eğitimi Desteği” kodu ile temsil edilmiş ve özellikle eğitimcilerin dijital yeterliliklerinin artırılmasının önemi vurgulanmıştır. Ancak eğitimcilerin, karşılaşılan her teknolojik sorunu çözebilecek düzeyde teknik donanıma sahip olmalarının beklenemeyeceği göz önünde bulundurulduğunda, eğitim kurumlarında anlık sorunlara müdahale edebilecek teknik destek personeline ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda, teknik destek elemanlarının sayısının kurumun öğrenci kapasitesiyle orantılı olarak belirlenmesi; aynı zamanda bu personelin eğitim teknolojilerine hâkim ve yeni teknolojileri eğitimcilere tanıtmaya yetkinliğinde olmaları gerekmektedir. Literatürde, eğitim kurumlarında teknoloji kullanımını desteklemek amacıyla teknik destek personeli istihdam edilmesine yönelik herhangi bir öneriye rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çözüm önerisi, çalışmanın özgün katkılarından biri olarak değerlendirilmektedir.

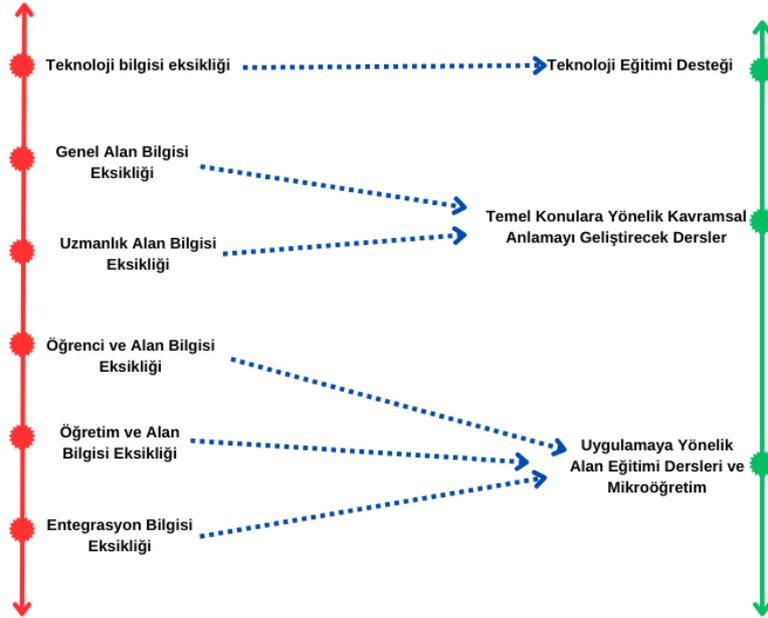
Bununla birlikte, bireysel kullanım için yüksek maliyetli olabilen pek çok eğitim teknolojisi, kurumlara toplu alımlarda daha uygun koşullarda sunulmaktadır. Bu nedenle, eğitim kurumlarının gerekli teknolojileri toplu ve uygun maliyetle temin etmesi, teknolojinin öğretim süreçlerine entegrasyonunu kolaylaştıracaktır. Ayrıca, internet bağlantısına ilişkin sorunlar da yöneticiler tarafından ele alınmalı ve kesintisiz, güçlü bir ağ altyapısı oluşturulmalıdır.

Özetle, teknolojinin eğitime etkin biçimde entegre edilebilmesi için öncelikle işlevsel ve sürdürülebilir bir teknolojik altyapının oluşturulması gerekmektedir. Yönetimlerin altyapıyı sürekli güncel tutması, ortaya çıkan teknik sorunlara hızlı müdahale edebilecek bir teknik ekip buldurması ve bu ekibin sayıca eğitimci sayısına uygun biçimde planlanması önem arz etmektedir. Aksi takdirde, teknolojik araçlar öğretmenler için bir yük haline gelebilir ve

eğitimde teknoloji kullanımına yönelik olumsuz tutumların oluşmasına neden olabilir. Ayrıca Kılıç (2022), öğretmen adaylarının görüşlerine dayalı olarak yürüttüğü çalışmada, öğretmen yetiştirme programlarının niteliğini artırmak için fiziki ve sosyal imkânların geliştirilmesi gerektiğini; öğretmen adaylarının etkili öğretim yöntem ve tekniklerini uygulayabilmeleri için somut öğrenme ortamlarına ve yeterli donanımına ihtiyaç duyduklarını vurguladıklarını belirtmiştir.

Bu çalışmada tespit edilen bir diğer sorun teması ise bilgi eksikliğidir. Bu soruna karşı geliştirilen çözüm teması, ders içeriklerinin bilgi eksikliklerini giderecek şekilde güncellenmesi, bu içeriklere yönelik uygulamaların zenginleştirilmesi ve akademisyenlerin derslerinde aktif öğrenme yöntemlerini kullanmalarını içermektedir. Söz konusu tema; teknoloji bilgisi, alan bilgisi, pedagojik bilgi ve entegrasyon bilgisini kapsamaktadır. Bu bilgiler, alan yazında TPAB (Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi) ve ÖMB (Öğretmen Mesleki Bilgisi) çerçeveleriyle ilişkilendirilmiştir. Özellikle öğrenci bilgisi ve alan bilgisiyle birlikte öğretim bilgisi, her iki kuramsal çerçevede de pedagojik alan bilgisi bileşeni altında değerlendirilmektedir. Bu kapsamda, söz konusu sorunlar ve çözüm temaları Şekil 8’de sunulmuştur.

Şekil 8. Bilgi Eksikliği Sorunu ve Ders İçerikleri ve Akademisyen Tutumu Çözümü İlişkisi



Eksenel kodlama süreci, öğretmen adaylarının teknoloji kullanımındaki eksikliklerin büyük ölçüde yetersiz teknoloji bilgisine dayandığını ve bu durumun “Teknoloji Bilgisi Eksikliği” olarak kavramsallaştırıldığını ortaya koymuştur. Bu eksikliğin giderilmesi için öğretmen adaylarına yönelik teknoloji eğitimi önerilmektedir (Aldemir, 2017; Arabacı ve Orbay, 2022). Ayrıca, öğretmen adaylarının teknoloji kullanımına ilişkin öz-yeterlik algılarının geliştirilmesi gerektiği vurgulanmaktadır (da Silva Bueno ve Niess, 2023). Teknoloji eğitiminin yalnızca bir döneme sıkıştırılmış bilişim teknolojileri dersleriyle sınırlı kalmaması; bunun yerine öğretmen adaylarına teknoloji okuryazarlığını kazandıracak bütüncül bir yaklaşım benimsenmesi önem taşımaktadır. Bununla birlikte, sadece teknoloji eğitimi sunmak yeterli olmayabilir; adayların Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi’nin (TPAB) doğasını anlamaları da gereklidir (Çam ve Erdamar-Koç, 2021). Bu bağlamda, öğretmen adaylarının teknolojiyi yalnızca bir araç olarak değil, yapılandırmacı bir anlayışla etkili bir öğretim aracı olarak nasıl kullanacaklarına dair uygulamalı bir eğitim almaları gerektiği belirtilmektedir (Casler-Failing, 2021).

Literatürde, öğretmen adaylarının yalnızca teknoloji değil, aynı zamanda alan bilgisi bakımından da çeşitli eksiklikler yaşadığı ifade edilmektedir (Aldemir, 2017; da Silva Bueno ve Niess, 2023; Karataş vd., 2016). Bu eksiklikler, genellikle temel kavramlara yönelik kavramsal anlayış yetersizlikleri şeklinde tanımlanmaktadır. Bu bağlamda, alan bilgisi derslerine teknolojinin entegre edilmesinin, kavramsal anlayışı geliştirme potansiyeline sahip olduğu belirtilmektedir (Çetin, 2017; Yiğit-Koyunkaya, 2017). Kavramsal gelişimi desteklemek amacıyla alan eğitimi derslerinde pratik uygulamalara, özellikle mikroöğretim temelli etkinliklere yer verilmesi önerilmektedir (Akyüz, 2016; da Silva Bueno ve Niess, 2023). Bu tür uygulamalar sayesinde öğretmen adaylarının ders planlama, etkinlik ve materyal tasarımı gibi alanlarda deneyim kazanmaları mümkün olacaktır. Ayrıca, matematiksel kavramlar arasında ilişki kurma, model geliştirme ve problem kurma gibi uygulamaların, alan bilgisinin derinleştirilmesine katkı sağladığı vurgulanmaktadır (Seçir, 2017).

Öğretmen adaylarının pedagojik alan bilgisi ve bu bilginin bileşenlerinin entegrasyonu konusunda yaşadıkları eksiklikler, çalışmalarda en sık rapor edilen sorunlardan biridir (Akyüz, 2016; Aldemir, 2017; Bonafini ve Lee, 2021). Bu noktada, eğitim fakültelerinde görev yapan akademisyenlerin derslerde yalnızca sunum temelli aktarımlarla yetinmeyip, öğretmen adaylarına teknoloji kullanımını deneyimleme fırsatı sunan uygulamalı yöntemlere öncelik vermeleri gerektiği ifade edilmektedir (Durdu ve Dağ, 2017). Deneyim kazanmanın, TPAB kapsamında entegrasyon bilgisi geliştirmede önemli bir rol oynadığı da çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (Akyüz, 2016; Aldemir, 2017; Erdoğan, 2014). Benzer şekilde Kılıç (2022), öğretmen adaylarının görüşlerine dayalı olarak yürüttüğü çalışmada, öğretmen yetiştirme programlarının niteliğini artırmak için derslerin teorik ağırlıktan çıkarılarak uygulamalı ve deneyim temelli öğretim yöntemleriyle yürütülmesi gerektiğinin vurgulandığını belirtmiştir.

Sonuç olarak, matematik öğretmeni yetiştirirken, alan derslerinde temel kavramların teknoloji ve pedagojik yaklaşımlarla ilişkilendirilmesine öncelik verilmelidir. Alan eğitimi derslerinde mikroöğretim temelli uygulamalarla TPAB ve Öğretmen Mesleki Bilgisi (ÖMB) çerçevesinde bütüncül bir entegrasyon sağlanmalıdır. Bu süreçte, akademisyenlerin yapılandırmacı yaklaşımları benimsemesi, öğretmen adaylarının bu iki önemli kuramsal çerçevenin doğasını anlamalarına önemli ölçüde katkı sunacaktır. Bu doğrultuda Kılıç (2022) da, öğretmen adaylarının görüşlerine dayalı olarak yürüttüğü çalışmada, öğretmen yetiştirme programlarının niteliğinin artırılabilmesi için öğretim elemanları ile öğrenciler arasında etkili ve destekleyici bir iletişim ortamının kurulması gerektiğini vurgulamıştır.

Deneyim eksikliğine ilişkin sorunlar ve bu sorunlara yönelik çözüm önerileri, Şekil 9'da sunulmaktadır.

Şekil 9. Deneyim Eksikliği Sorunu ve Öğretmenlik Uygulaması Revizyonu İlişkisi



Yapılan çalışmalar, “Deneyim Eksikliği” sorununun hem Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi (TPAB) hem de Öğretmen Mesleki Bilgisi (ÖMB) çerçevelerinde alt bileşenlerin yetersizliğine ve bu bileşenlerin entegrasyonunda yaşanan zorluklara neden olduğunu ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, öğretmen adaylarına daha fazla deneyim kazandırmanın bu sorunun çözümünde etkili olabileceği vurgulanmaktadır (Akyüz, 2016; Aldemir, 2017; Bonafini ve Lee, 2021; Casler-Failing, 2021; Çıkrıkçı, 2015; da Silva Bueno ve Niess, 2023; Duman, 2020; Durdu ve Dağ, 2017; Erdoğan, 2014; Kartal, 2017; Koştur, 2018; Qian ve Youngs, 2016; Saralar, 2016; Yiğit-Koyunkaya, 2017).

Türkiye’de matematik öğretmeni yetiştirme programlarında öğretmen adaylarına sunulan deneyim fırsatları, genellikle iki dönem süresince haftada 6 saatlik öğretmenlik uygulaması dersleriyle sınırlıdır (MEB, 2021). Adaylar, toplamda 24 haftalık süreçte uygulama okullarında öğretmenlik deneyimi kazanmakta, bu süreçte uygulama öğretmenlerinin rehberliğinde ders gözlemleri gerçekleştirmektedir. Ancak uygulama öğretmenlerinin haftalık 15 ila 21 saatlik ders yükü, öğretmen adaylarına yeterli düzeyde rehberlik etmelerini zorlaştırmakta ve adayların deneyim kazanma sürecini sınırlandırmaktadır. Bu durum yalnızca adayların gelişimini değil, aynı zamanda uygulama öğretmenlerinin müfredat takibini ve öğrencilerin temel kavramları edinme süreçlerini de olumsuz etkileyebilir. Ayrıca, velilerde eğitim kalitesine ilişkin endişeler oluşmasına neden olabilir. Meta-senteze dahil edilen çalışmalar, öğretmen adaylarının ilk sınıflardan itibaren sistemli ve zamana yayılmış biçimde daha fazla uygulama deneyimi edinmeleri gerektiğini ortaya koymaktadır (Durdu ve Dağ, 2017).

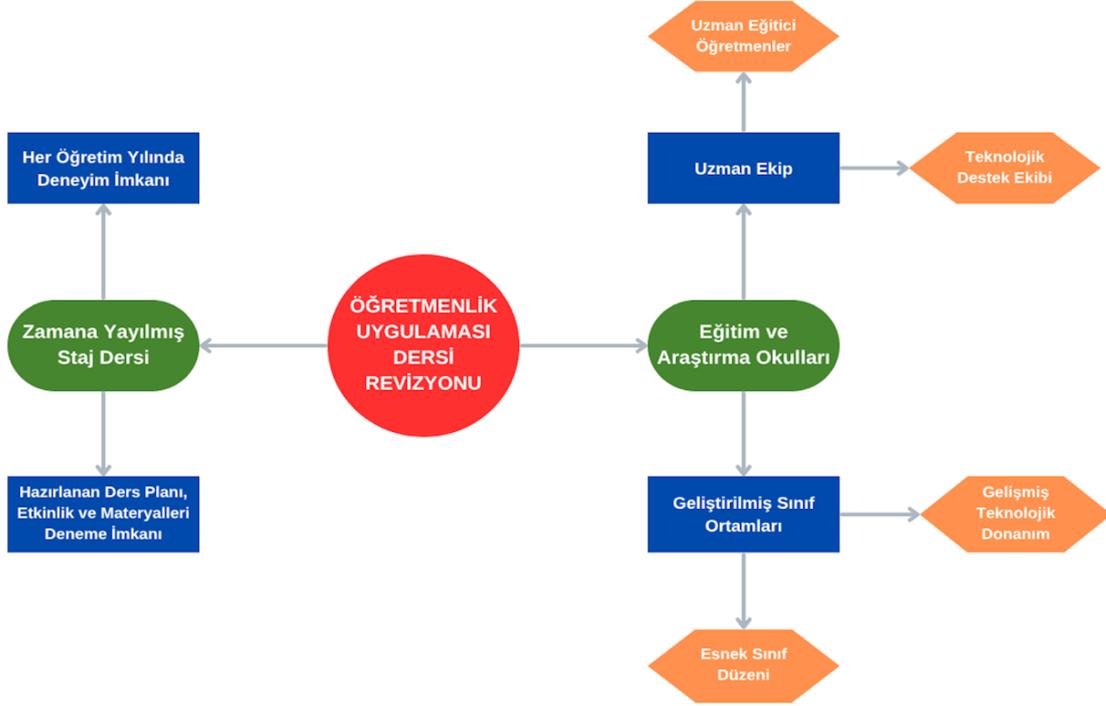
Bazı çalışmalar, öğretmen adaylarının sabit sınıf düzeninde TPAB ve ÖMB’yi etkili biçimde uygulamakta zorlandığını belirtmiş (Aldemir, 2017) ve çözüm olarak daha esnek sınıf düzenlerinin benimsenmesini önermiştir (Çetin, 2017). Deneyim eksikliği teması kapsamında, öğretmen adaylarının teknolojiyi sınıf içi uygulamalarda kullanma konusunda isteksizlik gösterdikleri veya sınırlı kullanım gerçekleştirdikleri gözlemlenmiştir (Çam ve Erdamar-Koç, 2021; Dilek, 2016; Kartal, 2017). Bu duruma karşılık, eksenel kodlama sürecinde "teknoloji kullanımını teşvik etme" kategorisi çözüm olarak geliştirilmiştir. Ancak bu teşvikin nasıl somutlaştırılacağına dair literatürde net bir yöntem ya da yol haritası bulunmamaktadır.

Öğretmenlik uygulaması sürecinde öğretmen adayları çoğunlukla uygulama öğretmenlerinin yönlendirmelerine bağımlı kalmakta ve bu da deneyim eksikliklerinin telafisinde uygulama öğretmenlerinin rolünü daha da önemli hâle getirmektedir. Bu bağlamda, uygulama öğretmenlerine belirli aralıklarla hizmet içi eğitim verilmesi önerilmekte; ancak bu önerinin yeterli olup olmayacağı sorgulanmaktadır. Ayrıca, Milli Eğitim Bakanlığı’nın hem öğretmen adaylarına yeterli deneyimi sağlayacak yapılar oluşturması hem de uygulama öğretmenlerini bu hedef doğrultusunda eğitime sorumluluğu da gündeme gelmektedir. Ancak birçok paydaşın yer aldığı bu sistemin etkili ve sürdürülebilir şekilde çalışabilmesi için daha bütüncül ve yapısal yaklaşımlar gereklidir.

Seçici kodlama sürecinde, deneyim eksikliği sorununa yönelik olarak “öğretmenlik uygulaması revizyonu” çekirdek teması belirlenmiştir. Meta-sentez bulgularına dayalı olarak geliştirilen çözüm önerileri, bu çekirdek tema etrafında yapılandırılmıştır. Bu doğrultuda, hem öğretmenlik uygulaması derslerinin hem de öğretmen yetiştirme programlarının iyileştirilmesine yönelik kapsamlı öneriler sunulmuştur.

Şekil 10’da, seçici kodlama sonucunda oluşturulan “öğretmenlik uygulaması revizyonu” temasına ilişkin çözüm şeması sunulmaktadır. Bu tema, iki alt temaya ayrılarak yapılandırılmıştır: “zamana yayılmış öğretmenlik uygulaması dersi” ve “eğitim ve araştırma okulları”.

Şekil 10. Öğretmenlik Uygulaması Dersi Revizyonu Çekirdek Teması Etrafında Yapılan Seçici Kodlama Şeması



Öğrenilen bilgilerin kalıcılığı, bu bilgilerin uygulamaya aktarılmasıyla doğrudan ilişkilidir (Rohrer ve Pashler, 2010). Özellikle TPAB (Teknolojik Pedagojik Alan Bilgisi) ve ÖMB (Öğretmen Mesleki Bilgisi) gibi kuramsal çerçevelerin öğretmen adayları tarafından anlamlı ve işlevsel biçimde içselleştirilebilmesi, bu bilgilerin öğretim ortamlarında uygulama yoluyla pekiştirilmesine bağlıdır. Ancak öğretmen adaylarının, kısa süreli öğretmenlik uygulamaları çerçevesinde bu çerçeveleri etkili biçimde uygulamaları beklenmemelidir.

Meta-sentez kapsamında incelenen çalışmalar, TPAB ve ÖMB'nin öğretim süreçlerine etkin bir biçimde entegre edilebilmesi için öğretmen adaylarının daha uzun süreli, sistemli ve çeşitli deneyimlere ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır (Akyüz, 2016; Bonafini ve Lee, 2021; Casler-Failing, 2021; Durdu ve Dağ, 2017; Gill ve Dalgarno, 2017; Yiğit-Koyunkaya, 2017).

Mevcut sistemde öğretmen adayları, yalnızca son sınıfta olmak üzere iki dönem boyunca haftada 6 saatlik öğretmenlik uygulaması dersi almaktadır. Her dönem 12 haftadan oluşmakta ve toplamda 144 saatlik bir uygulama süreci yürütülmektedir. Ancak bu sürenin, adayların kuramsal bilgilerini etkin bir biçimde pratiğe aktarabilmeleri için yetersiz olduğu görülmektedir. Bu nedenle, öğretmenlik uygulaması dersinin zamana yayılması ve öğretmenlik deneyiminin öğretim programının farklı evrelerine entegre edilerek yeniden yapılandırılması gerekmektedir.

Bu kapsamda geliştirilen ve öğretmenlik uygulamasının zamana yayılarak yeniden düzenlenmesine yönelik öneri şablonu [Tablo 6](#)'da sunulmuştur.

Tablo 6. Öğretmenlik Uygulaması Dersini Zamana Yayılmış Şekilde Revize Etmek için Öneri Şablonu

Yıl / Dönem	Haftalık Önerilen Saat	Uygulama Türü
1.Sınıf/ Bahar	2 saat	Gözlem
2.Sınıf/ Bahar	2 saat	Gözlem
3.Sınıf/ Bahar	4 saat	Ders Anlatımı
4.Sınıf/ Bahar	4 saat	Ders Anlatımı

Tablo 6'da sunulan model, öğretmen adaylarına dört yıllık lisans eğitimi sürecinde kademeli olarak artan bir deneyim kazandırmayı amaçlamaktadır. Model kapsamında, ilk iki yılda gözlem temelli ve okul kültürüne uyum odaklı uygulamalara, son iki yılda ise ders anlatımı ve uygulamalı öğretim deneyimlerine ağırlık verilmektedir. Bu çerçevede, adaylar birinci ve ikinci sınıfta haftada iki saat; üçüncü ve dördüncü sınıfta ise haftada dört saat öğretmenlik uygulaması yapacak şekilde yapılandırılacaktır. Böylece toplam uygulama süresi yine 144 saat olarak korunmakta; ancak bu sürenin zamana yayılması, öğretmen adaylarının her öğretim yılında sınıf içi deneyim kazanmalarına ve teorik bilgilerini uygulamaya geçirmelerine olanak sağlamaktadır.

“Öğretmenlik Uygulaması Revizyonu” çekirdek temasının bir diğer alt teması ise “Eğitim ve Araştırma Okulları”dır. Bu kapsamda, tıp ve diş hekimliği fakültelerinde uygulanan modele benzer biçimde, eğitim fakültelerine bağlı “eğitim ve araştırma okulları”nın kurulması önerilmektedir. Nasıl ki tıp öğrencileri eğitim ve araştırma hastanelerinde, diş hekimliği öğrencileri ise ağız ve diş sağlığı merkezlerinde deneyim kazanmaktaysa; öğretmen adaylarının da eğitim fakülteleriyle koordineli çalışan belirli okullarda öğretim uygulamalarını gerçekleştirmeleri mümkündür. Bu sistemde, hem öğretmen adayları hem de veliler, söz konusu okulların bir eğitim ortamı olduğu konusunda bilgilendirilmiş olacağından, adayların derse aktif katılımı doğal karşılanacaktır.

Bu model, tüm okulların uygulama okulu haline getirilmesi zorunluluğunu ortadan kaldırmakta; yalnızca belirli okulların öğretmen adayları için özel olarak düzenlenmesiyle uygulama yükünü azaltmayı ve kaliteyi artırmayı hedeflemektedir. Eğitim ve araştırma okullarında, “Uzman Ekipler” ve “Geliştirilmiş Sınıf Ortamları” oluşturulması önerilmektedir. Bu okullarda görev alacak öğretmenlerin, lisansüstü eğitim almış, öğretmen yetiştirme konusunda deneyimli ve araştırma temelli çalışan uzmanlar arasından seçilmesi, öğretmen adaylarının güncel ve kuramsal olarak temellendirilmiş bir yönlendirme süreci geçirmesini sağlayacaktır.

Çalışmalarda sınıflarda yaşanan teknik sorunların öğretimde teknoloji kullanımını engellediği ve bu sorunların hızlıca çözülmesi gerektiği ifade edilmiştir (Dilek, 2016). Bu bağlamda, eğitim kurumlarında teknik destek personeli istihdam edilmesi gerekliliği vurgulanmıştır. Eğitim ve araştırma okullarında, eğitim teknolojileri konusunda uzman personelin görev alması bu ihtiyaca etkili bir çözüm sunabilir. Böylece Milli Eğitim Bakanlığı'nın tüm okullarda teknik uzman bulundurmasına gerek kalmadan, yalnızca bu özel okullarda uzman desteği sağlanarak öğretmen adaylarına daha etkin bir öğrenme ortamı sunulabilir.

Araştırmalar, öğretmen adaylarının yapılandırmacı öğretim yöntemlerini ve teknoloji kullanımını daha etkin biçimde benimseyebilmeleri için sınıf ortamlarının bu yaklaşıma uygun biçimde düzenlenmesi gerektiğini belirtmektedir. Bu kapsamda, sınıfların güncel teknolojik donanımlarla desteklenmesi (Kurt, 2016), kesintisiz internet bağlantısının sağlanması (Çam ve Erdamar-Koç, 2021) ve esnek oturma düzenine olanak verecek biçimde yeniden tasarlanması gerektiği vurgulanmaktadır (Çetin, 2017). Öğretmenlik uygulaması revizyonu kapsamında önerilen eğitim ve araştırma okullarında, sınıfların hem yapılandırmacı öğretim tekniklerini hem de teknoloji entegrasyonunu destekleyecek şekilde tasarlanması, öğretmen adaylarının kuramsal bilgilerini uygulamada kullanmalarını kolaylaştıracaktır. Ancak bu tür sınıf ortamlarının her okulda oluşturulması, MEB için önemli bir maliyet oluşturabilir. Bu nedenle, yalnızca eğitim ve araştırma okullarında bu sınıf düzenlemelerinin yapılması, daha sürdürülebilir ve uygulanabilir bir çözüm olarak öne çıkmaktadır.

Ek olarak, çocuklarını bu uygulama okullarına gönderen veliler, bu okulların bir öğretmen yetiştirme sürecine hizmet ettiğinin farkında olacağından, öğretmen adaylarının ders anlatımına katılmasını doğal karşılayacaktır. Ayrıca, eğitim fakültelerinde görevli akademisyenlerin bu okullarda yenilikçi öğretim yöntemlerini doğrudan uygulama imkânı bulmaları, bu kurumları

hem öğrenci hem veli açısından cazip hâle getirecek; aynı zamanda öğretmen yetiştirme sürecine nitelikli katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada geliştirilen “öğretmenlik uygulaması revizyonu” önerisi, literatürde sıklıkla vurgulanan “deneyim eksikliği” sorununun ötesine geçerek, bu eksikliğin yapısal nedenlerini bütüncül bir bakış açısıyla ele almaktadır. Uygulama süresinin sınırlılığı, okul ortamlarının yapılandırıcı öğretime uygun olmaması, teknolojik altyapı eksiklikleri ve uygulama öğretmenlerinin geleneksel yaklaşımları gibi çoklu etkenler, yalnızca bireysel değil, sistemsel bir sorun olarak değerlendirilmiştir. Bu çerçevede geliştirilen model, öğretmenlik uygulamasının ilk sınıftan itibaren zamana yayılmasını ve yalnızca eğitim ve araştırma okullarında yürütülmesini öngörerek, öğretmen yetiştirme sisteminin yeniden yapılandırılmasına yönelik somut ve uygulanabilir bir çerçeve sunmaktadır. Söz konusu öneri, sadece öğretmen adaylarının mesleki yeterliklerini geliştirmeyi değil, aynı zamanda öğretmen yetiştirme süreçlerini yönlendiren politika yapıcılar ve program geliştiricilere veri temelli, uygulamaya dönük bir çözüm modeli sunmayı amaçlamaktadır. Bu yönüyle çalışma, yalnızca mevcut sorunları ortaya koymakla kalmamakta, aynı zamanda yapısal dönüşüm potansiyeli taşıyan özgün bir çözüm önerisi getirmektedir.

Bilgilendirme

Bu makalenin bir bölümü, 6. Uluslararası Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi (TÜRKBİLMAT-6) Sempozyumunda özet bildiri olarak sunulmuştur.

Etik Kurul İzin Bilgisi

Bu araştırmada meta-sentez yöntemi kullanıldığından etik kurul izni gerektirmemektedir.

Yazar Çıkar Çatışması Bilgisi

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yazar Katkısı

İşbirliği ve dayanışma sayesinde, her üç yazar da adil bir şekilde katkıda bulunmuştur.

Orcid

Sema Nacar  <https://orcid.org/0000-0001-9176-9947>

Murat Akarsu  <https://orcid.org/0000-0002-5883-5911>

Kübra İler  <https://orcid.org/0000-0002-3052-0256>

KAYNAKÇA

**ile işaretlenen kaynaklar meta-senteze dahil edilen kaynaklardır.*

*Akyüz, D. (2016). Farklı öğretim yöntemleri ve sınıf seviyesine göre öğretmen adaylarının TPAB analizi. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 7(1), 89-111. <https://doi.org/10.16949/turcomat.75768>

*Aldemir, R. (2017). *Mikro öğretim ders imecesi yöntemiyle matematik öğretmeni adaylarının teknolojik pedagojik alan bilgilerinin gelişimlerinin incelenmesi: Geometrik cisimler örneği*. [Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. <https://avesis.atauni.edu.tr/yonetilen-tez/fb31c522-b931-4b31-a3af-a9bdd7076c21/mikro-ogretim-ders-imecesi-yontemiyle-matematik-ogretmeni-adaylarinin-teknolojik-pedagojik-alan-bilgilerinin-gelisimlerinin-incelenmesi-geometrik-cisimler-ornegi>

*Arabacı, A. ve Orbay, K. (2022). Impact of experiencing event design with Web 2.0 tools on prospective mathematics teachers. *Problems of Education in the 21st Century*, 80(1), 52-68. <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=1021695>

- Aslan-Tutak, F. (2009). *A study of geometry content knowledge of elementary preservice teachers: The case of quadrilaterals*. [Doctoral dissertation, University of Florida]. Gainesville, Florida. <https://www.proquest.com/dissertations-theses/study-geometry-content-knowledge-elementary/docview/849720608/se-2?accountid=16268>
- Ball, D. L., Hill, H.C, & Bass, H. (2005). Knowing mathematics for teaching: Who knows mathematics well enough to teach third grade, and how can we decide? *American Educator*, 29(1), pp. 14-17, 20-22, 43-46. <http://hdl.handle.net/2027.42/65072>
- Ball, D., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching: What Makes It Special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407. <https://doi.org/10.1177/0022487108324554>
- *Bonafini, F. C., & Lee, Y. (2021). Investigating prospective teachers' TPACK and their use of mathematical action technologies as they create screencast video lessons on iPads. *TechTrends*, 65(3), 303-319. <https://doi.org/10.1007/s11528-020-00578-1>
- *Casler-Failing, S. (2021). Learning to teach mathematics with robots: Developing the 'T' in technological pedagogical content knowledge. *Research in Learning Technology*, 29. <https://doi.org/10.25304/rlt.v29.2555>
- *Çam, Ş. S., & Erdamar-Koç, G. (2021). Technological pedagogical content knowledge practices in higher education: First impressions of preservice teachers. *Technology, Knowledge and Learning*, 26(1), 123-153. <https://doi.org/10.1007/s10758-019-09430-9>
- *Çetin, İ. (2017). *Ortaöğretim matematik öğretmen adaylarının teknolojik pedagojik alan bilgisi (TPAB) yeterliklerindeki ve düzeylerindeki değişimin incelenmesi* [Doktora tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. <https://www.proquest.com/dissertations-theses/ortaogretim-matematik-ogretmeni-adaylarinin/docview/2572324333/se-2?accountid=16268>
- *Çıkrıkçı, F. H. (2015). *Ortaokul matematik öğretmen adaylarının cebir öğrenme alanına ilişkin alan ve pedagojik alan bilgilerinin incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/570656>
- *da Silva Bueno, R. W., & Niess, M. L. (2023). Redesigning mathematics preservice teachers' preparation for teaching with technology: A qualitative cross-case analysis using TPACK lenses. *Computers & Education*, 205, 104895. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104895>
- *Dilek, A. (2016). *Matematik öğretmen adaylarının teknolojik pedagoji (TPAB) alan bilgisi yeterliliklerinin incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. <https://www.proquest.com/dissertations-theses/matematik-ogretmen-adaylarinin-teknolojik/docview/2925402666/se-2?accountid=16268>
- *Duman, H. (2020). *Matematik öğretmen adaylarının integral kavramına ilişkin teknolojik pedagojik alan bilgilerinin senaryo tekniği ile incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/472997>
- *Durdu, L. ve Dağ, F. (2017). Pre-service teachers' TPACK development and conceptions through a TPACK-based course. *Australian Journal of Teacher Education (Online)*, 42(11), 150-171. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.245910712701186>
- *Erdoğan, N. (2014). *Pre-service mathematics teachers TPACK development in a computer-assisted mathematics instruction course*. [Yüksek lisans tezi, Boğaziçi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=Lrm9rydUI9VdMfncAg3J_w&no=r0_e5e5JBgvbN4-D0SrZSw
- *Gill, L., & Dalgarno, B. (2017). A qualitative analysis of pre-service primary school teachers' TPACK development over the four years of their teacher preparation programme. *Technology, Pedagogy and Education*, 26(4), 439-456. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2017.1287124>
- *Handal, B., Campbell, C., Cavanagh, M., & Petocz, P. (2016). Characterising the perceived value of mathematics educational apps in preservice teachers. *Mathematics Education Research Journal*, 28, 199-221. <https://doi.org/10.1007/s13394-015-0160-0>

- Hill, H. C., Rowan, B., & Ball, D. L. (2005). Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal*, 42(2), 371-406. <https://doi.org/10.3102/00028312042002371>
- Hill, H. C., Ball, D. L., & Schilling, S. G. (2008). Unpacking pedagogical content knowledge: Conceptualizing and measuring teachers' topic-specific knowledge of students. *Journal for Research in Mathematics Education*, 39(4), 372-400. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.39.4.0372>
- *Karataş, İ., Tunç, M. P., Demiray, E. ve Yılmaz, N. (2016). Öğretmen adaylarının matematik öğretiminde teknolojik pedagojik alan bilgilerinin geliştirilmesi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16(2), 512-533. <https://doi.org/10.17240/aibuefd.2016.16.2-5000194940>
- *Kartal, B. (2017). *İlköğretim matematik öğretmen adaylarının teknolojik pedagojik alan bilgisi gelişimlerinin incelenmesi: Çokgenler örneği*. [Doktora tezi, Gazi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Kılıç, M. Y. (2022). Öğretmen adaylarının öğretmenlik mesleğini seçme nedenleri, beklentileri ve öğretmenlik programının niteliğinin artırılmasına yönelik görüşleri. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 56, 35–65. <https://doi.org/10.9779/pauefd.1031456>
- Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)?. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70. <https://www.learntechlib.org/primary/p/29544/>
- *Koştur, M. (2018). *Promoting and investigating pre-service middle school mathematics teachers' TPACK-practical development in the context of an undergraduate course*. [Doktora tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. <https://hdl.handle.net/11511/27708>
- *Kurt, G. (2016). *Technological pedagogical content knowledge (TPACK) development of preservice middle school mathematics teachers in statistics teaching: A microteaching lesson study*. [Doktora tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. <https://hdl.handle.net/11511/25514>
- MEB (2021). Öğretmenlik uygulaması yönergesi. https://oygm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2018_06/25172143_YYnerge.pdf
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- *Morales-López, Y., Chacón-Camacho, Y., & Vargas-Delgado, W. (2021). TPACK of prospective mathematics teachers at an early stage of training. *Mathematics*, 9(15), 1741. <https://doi.org/10.3390/math9151741>
- Noblit, G. W., & Hare, R. D. (1988). *Meta-ethnography: Synthesizing qualitative studies*. Stage Publication.
- Rohrer, D., & Pashler, H. (2010). Recent research on human learning challenges conventional instructional strategies. *Educational Researcher*, 39(5), 406-412. <https://doi.org/10.3102/0013189X10374770>
- *Qian, H., & Youngs, P. (2016). The effect of teacher education programs on future elementary mathematics teachers' knowledge: A five-country analysis using TEDS-M data. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 19, 371-396. <https://doi.org/10.1007/s10857-014-9297-0>
- *Saralar, İ. (2016). *A pre-service mathematics teacher's technological pedagogical content knowledge regarding different views of 3-D figures in geometry* [Yüksek lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. <https://hdl.handle.net/11511/25620>
- Sarı, A. A., Bilici, S. C., Baran, E. ve Özbay, U. (2016). Farklı branşlardaki öğretmenlerin teknolojik pedagojik alan bilgisi (TPAB) yeterlikleri ile bilgi ve iletişim teknolojilerine yönelik tutumları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 6(1), 1-21. <https://doi.org/10.17943/etku.11643>

- *Seçir, S. (2017). *İlköğretim matematik öğretmen adaylarının kesirlerle çarpma ve bölme işlemlerine ilişkin özelleştirilmiş alan bilgilerinin gelişiminin incelenmesi*. [Doktora tezi, Gazi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Strauss, A. L. (1987). *Qualitative analysis for social scientists*. Cambridge University Press.
- *Umutlu, D. (2022). TPACK leveraged: A redesigned online educational technology course for STEM preservice teachers. *Australasian Journal of Educational Technology*, 38(3), 104-121. <https://doi.org/10.14742/ajet.4773>
- *Yazıcı, N. (2019). Temel Geometri Kavramlarına İlişkin Matematik Öğretmen Adaylarının Genel Alan Bilgisi. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(1), 135-155. <https://doi.org/10.17556/erziefd.425538>
- Yılmaz, K. (2021). Sosyal bilimlerde ve eğitim bilimlerinde sistematik derleme, meta değerlendirme ve bibliyometrik analizler. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(2), 1457-1490. <https://doi.org/10.33206/mjss.791537>
- *Yiğit-Koyunkaya, M. (2017). Matematik öğretmeni adaylarının teknolojik pedagojik alan bilgilerinin gelişimini amaçlayan bir öğretim deneyi. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 8(2), 284-322. <https://doi.org/10.16949/turkbilmat.293220>

A Meta-Synthesis Study on Preservice Mathematics Teacher Education Programs and Teaching Practicum through the Lenses of TPACK and MKT Frameworks

Sema NACAR¹, Murat AKARSU^{2*}, Kübra İLER³

¹ İnönü University, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, Türkiye

² Ağrı İbrahim Çeçen University, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, Türkiye

³ Süleyman Demirel University, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, Türkiye

Abstract: *The purpose of this study is to examine research conducted with preservice mathematics teachers based on the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) and Mathematical Knowledge for Teaching (MKT) frameworks through a meta-synthesis approach. Accordingly, a total of 26 qualitative studies were identified and subjected to a detailed analysis process. The data analysis involved a three-phase coding procedure. In the first phase, preservice teachers' deficiencies, challenges, and suggested recommendations regarding TPACK and MKT were identified. In the second phase, the findings were organized into two main axes: problems and solutions. Within this phase, three themes were established under the problems axis (technological infrastructure issues, lack of knowledge, and lack of experience), while three themes emerged under the solutions axis (updated technological infrastructure, redesign of course content and academic attitudes, and revision of the teaching practicum). In the third phase, the theme of "revision of the teaching practicum" was identified as the core theme, and a proposal was put forward based on this theme to improve teacher education programs.*

Article Details

Meta-Synthesis

Article

Received

05/12/2024

Accepted

24/10/2025

Keywords

TPACK,

MKT,

preservice teachers,

difficulty,

teaching practicum,

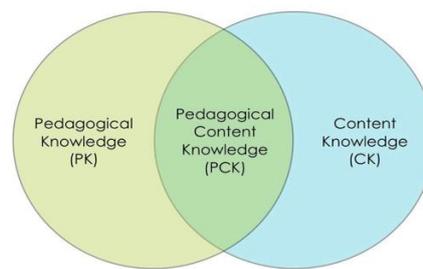
meta-synthesis.

1. Introduction

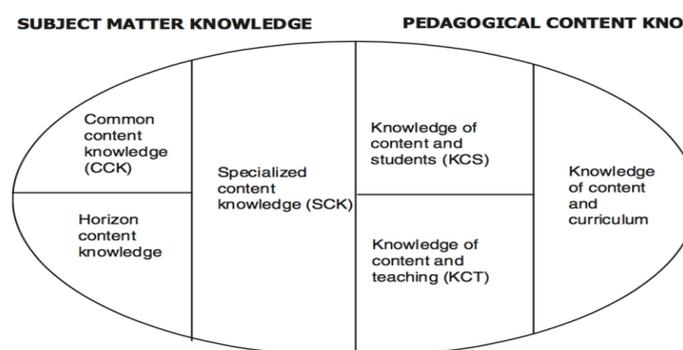
For preservice teachers, knowing not only what to teach but also how to teach is critically important. In the context of school mathematics, students' prejudices and negative attitudes further underscore the significance of the question, "How should it be taught?" In response to such questions, Shulman (1986) developed the concept of Pedagogical Content Knowledge (PCK). This framework emphasizes that PCK, which teachers must possess, emerges at the intersection of Content Knowledge (CK) and Pedagogical Knowledge (PK). Shulman's (1986) PCK schema is presented in Figure 1.

* *Corresponding Author:* Murat Akarsu E-mail: drmuratakarsu@gmail.com Address: Ağrı İbrahim Çeçen University, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, Türkiye

The copyright of the published article belongs to its author under CC BY 4.0 license. To view a copy of this licence, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Figure 1. *The PCK Model (adapted from Shulman, 1986)*

In recent years, Ball et al. (2005) extended Shulman's PCK framework and introduced the Mathematical Knowledge for Teaching (MKT) framework. This framework was designed to understand and structure the complex relationship between teachers' mathematical knowledge and instructional practices. While providing a foundation for guiding teacher education and professional development programs, it also aimed to enhance student achievement (Ball et al., 2008). Hill et al. (2005) emphasized that focusing solely on pedagogical skills in teacher education could lead to inadequate practices that negatively affected learning outcomes. Unlike approaches concentrating only on pedagogical knowledge, the MKT framework enabled teachers to strengthen their mathematical content knowledge and designed effective lessons that promoted conceptual understanding and problem-solving skills (Aslan-Tutak, 2009). Ball et al. (2008) further categorized the MKT framework into two main domains—Content Knowledge (CK) and Pedagogical Content Knowledge (PCK)—and identified six subdomains. The components of the MKT framework developed by Ball et al. (2008) are presented in Figure 2.

Figure 2. *The Components of the MKT Framework (adapted from Ball et al., 2008, p.403)*

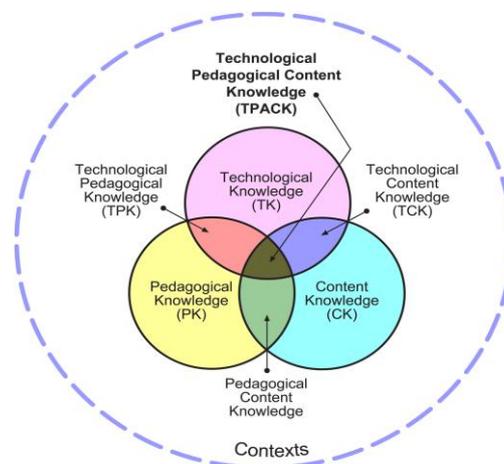
Among these components, Common Content Knowledge (CCK) refers to a basic understanding of mathematical concepts, whereas Specialized Content Knowledge (SCK) involves a deeper mathematical comprehension and the ability to address misconceptions. Horizon Content Knowledge (HCK) represents an understanding of the connections and developmental progressions among mathematical concepts. Knowledge of Content and Students (KCS) accounts for factors such as students' developmental stages and misconceptions, while Knowledge of Content and Teaching (KCT) involves evaluating instructional strategies for their pedagogical effectiveness. Finally, Knowledge of Content and Curriculum (KCC) encompasses the structuring of mathematical content in alignment with the curriculum (Ball et al., 2008).

The MKT framework aims to improve the quality of mathematics instruction by enabling teachers to achieve better student learning outcomes. Research indicates that teachers with high MKT levels deliver effective lessons fostering students' conceptual understanding and problem-solving skills, while also diagnosing students' errors and providing individualized

solutions (Hill et al., 2005). Studies on the development of preservice mathematics teachers' MKT have identified deficiencies in CCK, SCK, and KCS, and have proposed various strategies to address these gaps (Çıkırıkçı, 2015; Qian & Youngs, 2016; Seçir, 2017; Yazıcı, 2019).

Beyond the MKT framework, efforts to improve teacher education have been shaped by advances in technology, making it essential to incorporate technological knowledge into teachers' professional knowledge base. Mishra and Koehler (2006) extended Shulman's PCK framework by adding Technological Knowledge (TK), thereby introducing the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) framework. TPACK encompasses three core domains—Content Knowledge (CK), Pedagogical Knowledge (PK), and Technological Knowledge (TK)—as well as four intersectional knowledge types: Pedagogical Content Knowledge (PCK), Technological Content Knowledge (TCK), Technological Pedagogical Knowledge (TPK), and Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK). [Figure 3](#) illustrates the relationships among these components.

Figure 3. *The Components of the TPACK Framework (Koehler & Mishra, 2009, p.63)*



According to Mishra and Koehler (2006), CK refers to the essential knowledge of the subject matter to be taught; PK encompasses knowledge of learning and teaching processes, methods, and educational goals; and TK includes the skills and understanding required to effectively use both standard (e.g., chalk and board) and advanced (e.g., the internet and digital video) technologies. The intersection of these core components gives rise to PCK, which reflects the overlap between pedagogy and content knowledge, enabling teachers to determine the most appropriate instructional approach for presenting a given topic. PCK involves adapting instructional materials to students' prior knowledge and needs, addressing misconceptions, and employing alternative pedagogical strategies (Koehler & Mishra, 2009; Mishra & Koehler, 2006).

TCK emerges from the integration of technology knowledge with content knowledge and emphasizes incorporating technology into instructional processes. TCK enables teachers to customize learning experiences, accommodate individual differences, and promote 21st-century skills (Koehler & Mishra, 2009; Mishra & Koehler, 2006). TPK refers to the understanding of how technology can transform teaching and learning, focusing on the effective selection and use of digital tools to achieve pedagogical objectives (Mishra & Koehler, 2006). Finally, TPACK results from the interaction of all three domains, equipping teachers with the ability to creatively and productively use technology in developing innovative teaching methods. TPACK fosters critical thinking, problem-solving, and digital literacy, while also supporting teachers' continuous learning and professional development (Koehler & Mishra, 2009; Mishra & Koehler, 2006).

In the literature, various studies have examined the TPACK levels of preservice mathematics teachers. Some studies report a lack of CK among preservice mathematics teachers (Aldemir, 2017; da Silva Bueno & Niess, 2023; Kartal, 2017; Yiğit-Koyunkaya, 2017), while others indicate a lack of PK (Akyüz, 2016; Karataş et al., 2016). Several studies highlight deficiencies in TK and a lack of confidence in its use (Aldemir, 2017; Arabacı & Orbay, 2022; Bonafini & Lee, 2021; Çam & Erdamar-Koç, 2021; Gill & Dalgarno, 2017; Karataş et al., 2016; Morales-López et al., 2021), as well as challenges in integrating TPACK components (Akyüz, 2016; Bonafini & Lee, 2021; da Silva Bueno & Niess, 2023; Duman, 2020; Durdu & Dağ, 2017; Erdoğan, 2014; Handal et al., 2016; Morales-López et al., 2021). Furthermore, some research emphasizes that technical problems are a hindering factor in preservice teachers' use of TPACK (Bonafini & Lee, 2021; Çam & Erdamar-Koç, 2021; Dilek, 2016). Other studies report that mathematics teacher education programs are not fully aligned with instructional practices that integrate TPACK components (Umutlu, 2022). Suggestions offered in the literature to overcome these challenges include providing preservice teachers with more practice opportunities (Bonafini & Lee, 2021; da Silva Bueno & Niess, 2023), resolving technological issues (Çam & Erdamar-Koç, 2021; Casler-Failing, 2021; Kurt, 2016), and introducing technological tools through targeted training (Arabacı & Orbay, 2022; Gill & Dalgarno, 2017; Kartal, 2017).

Both the TPACK and MKT theoretical frameworks have identified different challenges and proposed various solutions. Each framework offers valuable roadmaps for mathematics teacher education. However, to date, no study in the literature has addressed both frameworks together to provide a holistic perspective on their associated challenges and to propose solutions in the context of improving teacher education programs. To address these gaps, the purpose and research questions of this study were formulated as follows:

1.1. Purpose of the Study

The purpose of this study is to examine research on preservice mathematics teachers based on the TPACK and MKT frameworks using meta-synthesis. Specifically, the study aims to:

- Identify deficiencies or challenges related to preservice teachers' TPACK components reported in the literature.
- Identify deficiencies or challenges related to preservice teachers' MKT components reported in the literature.
- Determine literature-based suggestions to address preservice teachers' deficiencies in TPACK components.
- Determine literature-based suggestions to address preservice teachers' deficiencies in MKT components.
- Synthesize reported challenges and suggestions from the TPACK and MKT literature to propose recommendations for improving mathematics teacher education programs.

1.2. Research Questions

1. What deficiencies or challenges of preservice mathematics teachers regarding TPACK and MKT components have been reported in the literature?
2. What suggestions have been proposed to address these deficiencies or challenges?
3. Based on the challenges identified in TPACK and MKT literature, how can mathematics teacher education programs be improved?

2. Method

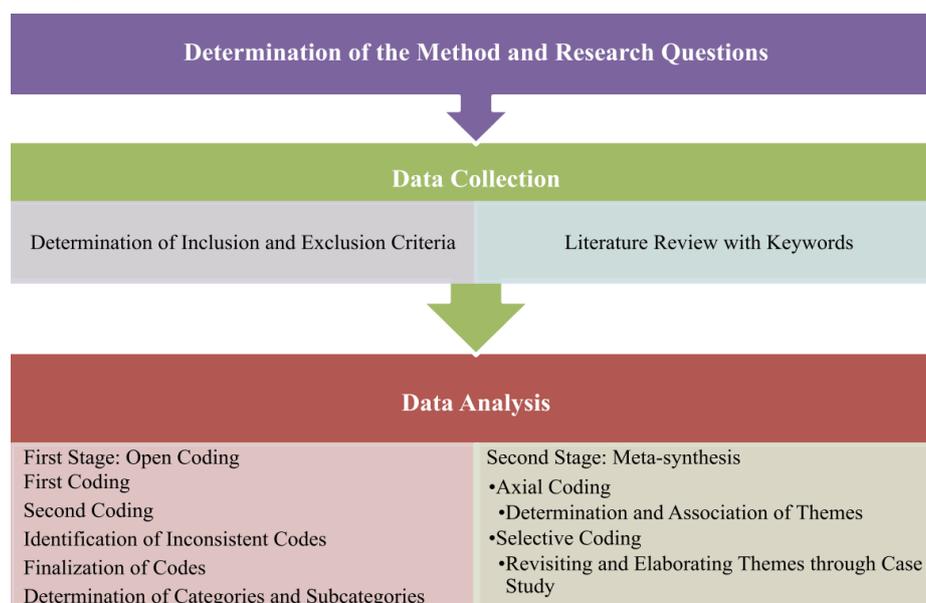
This section outlines the research method, the studies examined, and the procedures followed during data analysis.

2.1. Research Method

The purpose of this study is to examine research conducted with preservice mathematics teachers within the frameworks of TPACK and MKT, in order to identify the challenges preservice teachers face with respect to the subcomponents of TPACK and MKT, as well as the recommendations provided in the literature to address these challenges. Furthermore, by synthesizing these challenges and recommendations, the study aims to propose ways to improve teacher education programs.

For this purpose, the research method was determined as meta-synthesis. Meta-synthesis refers to a type of research synthesis that interprets the qualitative findings of studies focused on similar topics, aiming to understand, explain, and compare phenomena rather than merely summarizing data (Yılmaz, 2021). According to Noblit and Hare (1988), meta-synthesis is an interpretive synthesis rather than a summary of data. The steps of the meta-synthesis process are presented in Figure 4.

Figure 4. *The Steps of the Meta-Synthesis Process*



In the first stage, the research questions and the corresponding methodology were first determined. Subsequently, data were collected. For data analysis, the initial stage involved open coding through which the first codes and categories were identified. These codes and categories were then synthesized to form new themes and categories, which were subsequently interrelated. The processes of data collection and analysis are described in detail under the relevant sections.

2.2. Data Collection (Selection of the Studies for Review)

After the research questions were determined, six keywords were identified: “TPACK, TPCK, TPAB, MCK, ÖMB, mathematic, and matematik.” To access qualified studies worldwide, the Web of Science database was used; to reach qualified articles in Turkey, TR Index was searched; and to access graduate theses conducted in Turkey, the National Thesis Center was utilized. For database searches, the following keyword combinations were used: “TPACK” and

“mathematic,” “TPCK” and “mathematic,” “MCK” and “mathematic,” “TPAB” and “matematik,” and “ÖMB” and “matematik.” To ensure the studies were up-to-date, the search was limited to the years 2013–2023. Furthermore, the search was restricted to studies written in Turkish or English to ensure accessibility for researchers.

As a result of these searches, 536 studies were identified. The inclusion criteria for this study were: (a) published between 2013–2023, (b) written in either English or Turkish, (c) conducted with preservice teachers, and (d) designed with a qualitative methodology or containing qualitative findings. The exclusion criteria were: (a) studies conducted with preservice teachers in fields other than mathematics, (b) studies conducted with in-service teachers, and (c) quantitative studies. After reviewing the 536 studies according to these criteria, a total of 26 studies were selected for analysis in this meta-synthesis. These studies are presented in [Table 1](#).

Table 1. *Studies Included in the Meta-Synthesis*

Author(s)	Publication Year	Type of Study	Conceptual Framework
Erdoğan	2014	Thesis	TPACK
Çıkrıkçı	2015	Thesis	MKT
Akyüz	2016	Article	TPACK
Dilek	2016	Thesis	TPACK
Handal et al.	2016	Article	TPACK
Karataş et al.	2016	Article	TPACK
Kurt	2016	Thesis	TPACK
Qian & Youngs	2016	Article	MKT
Saralar	2016	Thesis	TPACK
Aldemir	2017	Thesis	TPACK
Çetin	2017	Thesis	TPACK
Durdu & Dağ	2017	Article	TPACK
Gill & Dalgarno	2017	Article	TPACK
Kartal	2017	Thesis	TPACK
Yiğit-Koyunkaya	2017	Article	TPACK
Seçir	2017	Thesis	MKT
Koştur	2018	Thesis	TPACK
Yazıcı	2019	Article	MKT
Duman	2020	Thesis	TPACK
Bonafini & Lee	2021	Article	TPACK
Casler-Failing	2021	Article	TPACK
Çam & Erdamar-Koç	2021	Article	TPACK
Morales-López et al.	2021	Article	TPACK
Arabacı & Orbay	2022	Article	TPACK
Umutlu	2022	Article	TPACK
da Silva Bueno & Niess	2023	Article	TPACK

[Table 1](#) provides information on the authors, year of publication, type of study (article or thesis), and the conceptual framework used (TPACK or MKT).

2.3. Data Analysis

Strauss (1987) identifies three types of data analysis in qualitative research: open, axial, and selective coding. Open coding is the initial stage of data analysis in which preliminary codes and themes are identified; it is a flexible process with a low level of abstraction. Axial coding represents the second level of analysis, aimed at identifying relationships among the data and deepening the themes. Selective coding, as the final stage of data analysis, involves

reorganizing the previous codes and discussing them through case examples to identify and elaborate on the core themes (Strauss, 1987).

In this study, this three-step coding system was employed to conduct a detailed evaluation and synthesis of the meta-synthesis findings. First, the data collected from the literature were analyzed through open coding, resulting in two main themes: challenges related to TPACK and MKT, and recommendations for teacher education programs. To ensure consistency, the data were reanalyzed by an expert with a doctoral degree in mathematics education, and any inconsistencies in the codes were reviewed. During the axial coding stage, the main themes were organized under two categories, “problems” and “solutions,” and the findings from open coding were grouped around these axes. Finally, in the selective coding stage, one theme was chosen as the core theme, and the other themes were shaped around it. The core theme was compared with case examples, and the analysis was completed.

3. Findings

This study examined research conducted with preservice mathematics teachers based on the TPACK and MKT frameworks through a meta-synthesis approach. The findings are presented in two sections. The first section reports the challenges experienced by preservice mathematics teachers regarding TPACK and MKT. The second section presents the suggestions identified in the reviewed studies for improving preservice teachers’ TPACK and MKT.

3.1. Deficiencies and Challenges Related to the TPACK and MKT Conceptual Frameworks

This section first presents deficiencies and challenges identified in studies concerning the TPACK framework, followed by those related to the MKT framework.

3.1.1. Deficiencies or Challenges Related to the TPACK Conceptual Framework

The themes, categories, and codes corresponding to the deficiencies and challenges identified in the reviewed studies regarding the TPACK framework are summarized in [Table 2](#).

Table 2. *Deficiencies or Challenges Identified in the TPACK Conceptual Framework*

Category	Subcategory and Codes
Challenges Related to Integration	<ul style="list-style-type: none"> ● Inability to integrate pedagogical knowledge ● Inability to integrate technological knowledge with content knowledge ● Inability to integrate pedagogical and content knowledge ● Lack of knowledge on how to integrate components, even when the basics are understood ● Inability to design instructional activities that involve integration
Challenges Related to Components	<ul style="list-style-type: none"> ● Deficiency in Technological Knowledge <ul style="list-style-type: none"> ○ Lack of Technological Knowledge ○ Insufficient skills in using interactive whiteboards ● Deficiency in Content Knowledge <ul style="list-style-type: none"> ○ Providing incorrect or incomplete definitions ○ Holding misconceptions about concepts ● Deficiency in Pedagogical Knowledge <ul style="list-style-type: none"> ○ Failure to guide students according to the constructivist approach ● Deficiency in Pedagogical Content Knowledge <ul style="list-style-type: none"> ○ Leading students toward incorrect information ○ Inability to identify students’ misconceptions ○ Inability to design lesson plans with detailed instructions ● Deficiency in Technological Pedagogical Knowledge; <ul style="list-style-type: none"> ○ Using technology in a teacher-centered manner ● Deficiency in Technological Content Knowledge; <ul style="list-style-type: none"> ○ Experiencing confusion about which technology to use when teaching a topic

Table 2. *Deficiencies or Challenges Identified in the TPACK Conceptual Framework (continued)*

Category	Subcategory and Codes
Perception-Related Challenges	<ul style="list-style-type: none"> ● Believing that technology is not highly necessary in lesson delivery ● Low self-efficacy perception regarding technological knowledge ● Low self-efficacy perception regarding content knowledge ● Considering technology integration in lessons to be limited only to the use of interactive whiteboards and tablets ● Unwillingness to use technology due to lack of technological materials ● Low self-efficacy perception in technology integration
Deficiencies Related to Learning Environments	<ul style="list-style-type: none"> ● Lack of technological equipment in the classroom ● Experiencing problems with internet connectivity ● Insufficient access to technological devices (e.g., computers, tablets, smartphones) ● Shortage of technological materials ● Educational software being paid or expensive ● Problems with projectors or interactive whiteboards ● Fixed seating arrangements that do not allow for group activities ● Technical problems related to technology not being resolved promptly ● Overcrowded classrooms
Experience-Related Deficiencies	<ul style="list-style-type: none"> ● Lack of experience in integration ● Limited experience in lesson delivery ● No opportunity for experience in real school environments ● Lack of knowledge on how to implement prepared TPACK content (materials remain at a theoretical level)
Deficiencies Related to Teacher Education Programs	<ul style="list-style-type: none"> ● Lack of technology use in undergraduate courses ● Absence of technology integration in content courses ● Taking content and technology courses separately ● members using technology in courses only for presentations (e.g., projectors) ● Teacher education programs not being aligned with integration ● Technology use being limited mostly to presentation tools
Other(s);	<ul style="list-style-type: none"> ● Educational software or materials being available in different languages ● Curriculum not being suitable for technology integration ● Students in practicum settings lacking technological knowledge

In the reviewed studies, the deficiencies or challenges experienced by preservice teachers regarding TPACK are presented in Table 2. The codes in Table 2 are organized under seven distinct themes. Below, selected direct quotations from the studies are provided to illustrate these categories and codes.

In the interview with P1:

A: When I reviewed your lesson plan, I did not see any references to technology. Why didn't you use it—was it because you knew but chose not to, or because you didn't know how to?

PI: Because I didn't know, sir. I don't have any knowledge about how to use technology in this lesson. That's why I mostly tried to use materials I designed myself in the lesson plan. I don't know for what purpose I should use technology... I don't know how to use it to support students' understanding... I don't know how to use the materials... I don't know how to teach with technology....

used such expressions (Aldemir, 2017, p.142).

In this excerpt, the preservice teacher was asked to prepare a lesson plan incorporating TPACK and was questioned about the absence of technology. The teacher's response indicates a deficiency in technological knowledge. Specifically, the statement, "I don't know how to use technology in a geometry lesson," reflects an inability to integrate technology with content knowledge. Furthermore, the comment, "I don't know how to use technology to support students' understanding," reveals an inadequacy in integrating technology with pedagogical content knowledge. This example clearly illustrates not only a lack of integration skills but also deficiencies across multiple TPACK subdomains.

Another example is as follows:

“...After all, this is how we have always seen it until now. That also has an effect. Our instructors did not really teach us by showing us much, either. Maybe this is a bit of laziness, I don’t know, but still, there is something that pushes us in that direction. If I felt sufficiently competent about the technology I could use, then I would want to use it; but right now, since I do not see myself as competent enough, I cannot use it...” (Kartal, 2017, p. 199).

In this excerpt, a student named Hande reported that she did not use technology while teaching mathematics and that she modeled her teaching practices after the teacher who had inspired her interest in the subject, as that teacher primarily employed direct instruction. Hande’s reluctance to integrate technology reflects a preference for a more traditional, non-constructivist approach to teaching.

A further example:

“...I used it just to see what happens and how it works, but since it is in English, you can’t really explore it much. Maybe if it were in Turkish, you could do more with it, you could use it better...” (Kartal, 2017, p. 209).

In this excerpt, preservice teachers highlighted that the high cost of software programs and the use of different languages presented significant challenges. Additionally, they emphasized the influential role of mentor teachers in shaping their use of technology during the teaching practicum. The following quotation exemplifies this situation:

“In the first-term teaching practicum, the mentor teacher used the smartboard to have students solve questions, but in the second-term practicum, our mentor taught the lesson only through the direct instruction and question–answer method.” (Dilek, 2016, p. 87).

Another preservice teacher, however, stated that students did not want to use technology:

“...I turned on the smartboard and projected the questions for the lesson. I solved one or two examples. Afterwards, I wanted to invite them to solve the other questions, but I realized that they did not want to come to the board. Students generally do not prefer to use technological tools. Of course, the situation may vary depending on the student profile...” (Dilek, 2016, p. 94).

In the same study, another preservice teacher reported that students did not know how to use the smartboard, indicating that students’ limited technological knowledge posed a barrier to technology integration in instruction.

Across the reviewed studies, it was observed that preservice teachers exhibited deficiencies in their TPACK and faced challenges in integrating technology into their teaching. Candidates who lacked the skills to incorporate technology into lesson plans struggled particularly with combining technology and pedagogical content knowledge. Furthermore, preservice teachers’ reluctance to adopt technology was associated with their prior experiences, the high cost or foreign-language nature of certain software programs, and students’ hesitancy to engage with technological tools. The attitudes and practices of mentor teachers regarding technology use also emerged as a significant factor influencing preservice teachers’ integration of technology.

3.1.2. Deficiencies or Challenges Related to the MKT Conceptual Framework

The themes and codes corresponding to the deficiencies and challenges identified in the reviewed studies regarding the MKT framework are summarized in [Table 3](#).

Table 3. *Deficiencies or Challenges Identified in the MKT Conceptual Framework*

Categories	Codes
Deficiencies in Common Content Knowledge	<ul style="list-style-type: none"> ● Deficiencies in defining concepts ● Incorrect use of notations related to concepts ● Holding misconceptions about concepts

Table 3. *Deficiencies or Challenges Identified in the MKT Conceptual Framework (continued)*

Categories	Codes
Deficiencies in Specialized Content Knowledge	<ul style="list-style-type: none"> ● Weak knowledge of the concept ● Inability to perceive all dimensions of the concept ● Lack of conceptual understanding ● Inability to establish connections related to the concept ● Providing explanations at a procedural rather than conceptual level ● Remaining at the procedural level when solving problems ● Constructing incorrect models when solving problems ● Using mathematical language inaccurately when solving problems ● Drawing incomplete models when solving problems
Deficiencies in Knowledge of Content and Students	<ul style="list-style-type: none"> ● Inability to identify students' misconceptions and errors ● Inability to explain the answers to questions with underlying reasoning ● Delivering instruction that is not aligned with students' level
Deficiencies in Knowledge of Content and Teaching	<ul style="list-style-type: none"> ● Inability to prepare lesson plans aligned with the targeted learning outcomes ● Difficulty in posing questions related to the targeted outcomes (asking questions unrelated to the outcomes) ● Challenges in selecting appropriate strategies, methods, and techniques for the lesson ● Difficulties in implementing the lesson plans they have prepared

As shown in Table 3, the challenges experienced by preservice mathematics teachers regarding the MKT framework are organized under four main themes. Based on the meanings of the codes, these themes correspond to the four subcomponents of MKT. Direct quotations and examples from the studies reviewed in this meta-synthesis are provided to illustrate these challenges.

For example, in his study, Yazıcı (2019) asked preservice teachers to define basic geometric concepts. Examples of candidates' incorrect definitions of the concept of an angle are presented below:

K16: It refers to the measure between two-line segments.

K19: The measure between two non-parallel sides...

K26: The representation in degrees of the distance between lines that share common points.

K29: A measurement between two non-parallel rays...

K38: The unit of measure between two intersecting lines.

K44: The connection formed between two sides is called an angle.

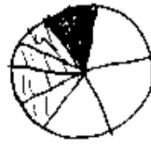
K49: When two-line segments are joined in different directions, the degree formed between them is called an angle. (Yazıcı, 2019, p. 146)

From the responses given by the preservice teachers, it is evident that they hold misconceptions regarding the definition of the concept of an angle. In other words, it can be stated that preservice teachers demonstrate deficiencies in their common content knowledge.

In another study, preservice teachers were given a fraction problem and asked to identify the operation represented as well as to draw a model that would illustrate this operation. The problem presented in the study was as follows:

"Leyla prepared a rectangular cake for her guests at a social gathering, and $2/5$ of the cake remained after serving. After the guests left, her three children shared the remaining cake equally. How much of the entire cake did each child eat?" (Seçir, 2017, p.137)

One preservice teacher expressed the operation represented by the problem as " $2/5 \times 1/3$ " and drew the model as shown in Figure 5.

Figure 5. Example of an Incorrect Model Drawing by a Preservice Teacher (Seçir, 2017, p. 137)

The mathematical expression provided by the preservice teacher reflects multiplication rather than division and does not convey the concept of “sharing.” Moreover, although the problem explicitly stated that the figure was rectangular, the teacher candidate modeled it as a circle. This indicates that the preservice teacher experienced difficulties both in terms of the conceptual understanding of division and in representing the problem through modeling. Accordingly, it can be concluded that the preservice teacher demonstrated a deficiency in specialized content knowledge.

In another study included in the meta-synthesis, the lesson presentations of preservice teachers were examined. One preservice teacher, who was teaching the topic of algebraic expressions, presented two examples to solve quadratic equations and carried out the solutions. During the solution of the quadratic equations x^2-6x+5 and $3x^2-x-4$ the participant presented two

alternative factorizations for the first equation as $\begin{array}{l} x \rightarrow -5 \\ x \rightarrow -1 \end{array}$ and $\begin{array}{l} x \times -5 \\ x \times -1 \end{array}$. In contrast,

for the second equation, the participant employed a solution in the form of $\begin{array}{l} 3x \times -4 \\ x \times 1 \end{array}$ and

determined the roots of the equation through multiplication. The dialogue between the preservice teacher and the student is presented below:

Preservice Teacher: When we multiply $3x$ by 1 , yes, it becomes $3x$; again, when we cross-multiply, it becomes $4x$. When we add them, we find the middle term $-x$. Okay, now let's write it diagonally. That's the result.

Student: Teacher, in the example x^2-6x+5 , whether we wrote it diagonally or side by side, the result was the same. Here, do we only write it diagonally?

Preservice Teacher: It's always better to write it diagonally, so write it diagonally.

Student: Well, isn't there any difference, teacher?

Preservice Teacher: No, after you cross-multiply and find the middle term, you can write it this way. (Çıkrıkçı, 2015, p. 64)

In this example, the preservice teacher was unable to explain the rationale behind the mathematical operations to the student, indicating deficiencies not only in Specialized Content Knowledge (SCK) but also in Knowledge of Content and Students (KCS). In the same study, another preservice teacher posed a question regarding the relationship between the slope of a line and its equation. The dialogue between the preservice teacher and the student during this interaction is presented below:

Preservice Teacher: Yes, now let's examine the number of followers of celebrities by month. Serenay's number of followers progresses as follows: in the 1st month 20, in the 2nd month 60, in the 3rd month 180, and in the 4th month 540 thousand. Let's represent the relationship between month and number of followers with an equation. Umm, yes, it increases by a factor of 3. But here, I think we should consider the multiplicative increase rather than the months. The equation would be $y=20xy = 20xy=20x$. We substitute 1, 3, 9, and 27 for xxx , respectively. Okay, let's draw the graph and find the slope. If we divide 540 by 4, yes, we get 135.

Student: Teacher, but in the other intervals it doesn't come out as 135. Shouldn't the slope be equal in every interval?

Preservice Teacher: Umm, yes, but I think we wrote it according to the multiplicative increase here, that's why. Let's use the larger triangle. (Çıkrıkçı, 2015, p. 65)

Although the preservice teacher stated that the given data corresponded to the equation $y=20x$, the correct equation for the problem was $y=20 \cdot 3^{x-1}$. Moreover, this equation was not suitable for the students' class level. In other words, the preservice teacher was unable to select a problem aligned with the class level and the intended learning outcomes, indicating difficulties in the KCS component of MKT.

As shown in Table 3, preservice mathematics teachers encountered challenges in four key areas of the MKT framework. Research indicates that candidates provided incorrect definitions and models for basic geometric concepts, fraction problems, algebraic expressions, and linear slope, revealing deficiencies in both their CCK and their ability to explain concepts to students. These findings demonstrate that preservice teachers face multiple challenges across content mastery, instructional skills, and knowledge of students.

3.2. Literature-Based Suggestions for Developing Preservice Teachers' TPACK and MKT

Across the 26 studies included in this meta-synthesis, suggestions for enhancing preservice mathematics teachers' knowledge within the TPACK and MKT frameworks were examined using content analysis, resulting in a set of codes and themes. In this section, the findings are presented under two headings: first, the codes and themes related to TPACK, followed by those concerning MKT.

3.2.1. Suggestions for Developing Preservice Teachers' TPACK Competence

In the 22 articles examined within the scope of this study related to TPACK, the codes identified and their corresponding themes are presented in Table 4.

Table 4. Codes of Suggestions Concerning the TPACK Conceptual Framework

Categories	Codes
TPACK Experience	<ul style="list-style-type: none"> ● Increasing the number of hours allocated to the teaching practicum course ● Providing opportunities for practicum experience from the first year onward ● Encouraging practice in designated practicum schools ● Emphasizing the benefits of increased interaction with students ● Allowing preservice teachers to implement the materials, instructional activities, or lesson plans they have developed during the practicum ● Developing materials, instructional activities, or lesson plans ● Designing non-routine problems ● Integrating Web 2.0 tools into lesson plans ● Preparing detailed lesson plans that incorporate TPACK components ● Conducting microteaching activities
Feedback	<ul style="list-style-type: none"> ● Providing constructive feedback on integration activities ● Guiding preservice teachers to recognize their shortcomings in teaching, instructional design, or material development ● Ensuring continuity in feedback
Related to Teacher Education Programs	<ul style="list-style-type: none"> ● Long-term instruction in TPACK ● Embedding TPACK within course content ● Integrating technology into content courses ● Incorporating technology into courses on teaching methods ● Relating technology courses to subject-matter content ● Enhancing the content of technology courses ● Supporting TPACK development through design-based courses ● Offering courses from the early years that foster TPACK development

Table 4. Codes of Suggestions Concerning the TPACK Conceptual Framework (continued)

Categories	Codes
Related with Academics	<ul style="list-style-type: none"> ● TPACK-focused teacher training courses ● Integrating technology into subject-matter courses ● Supporting both individual and group activities during technology training ● Establishing connections with content areas during technology courses
Technology Education Support	<ul style="list-style-type: none"> ● Introducing technological tools (e.g., computers, tablets, etc.) ● Courses on the use of interactive whiteboards ● Teaching software such as GeoGebra ● Introducing Web 2.0 tools ● Offering diverse technology education courses within the Continuing Education Center (CEC) ● Organizing workshops on technology ● Presenting various applications
Faculty Resources	<ul style="list-style-type: none"> ● Technological infrastructure ● Uninterrupted internet connection and widespread network access ● Flexible seating arrangement
Other(s)	<ul style="list-style-type: none"> ● English proficiency for using applications in different languages ● Dynamic Geometry Software (DGS) activities in textbooks ● Availability of technological resources in schools

As shown in Table 4, the codes related to suggestions for improving preservice mathematics teachers' TPACK knowledge are organized under seven themes. One prominent recommendation for developing TPACK across these studies is to provide preservice teachers with diverse TPACK-related experiences. For instance, Bonafini and Lee (2021) asked preservice teachers to conduct mathematics instruction via video. In the conclusion of their study, they emphasized the importance of practical experience for the development of TPACK, stating the following:

“The experiences preservice teachers gain while still students may influence their future decisions about incorporating technology into their own classrooms. Providing preservice teachers with the experience of creating screen recordings simulates the kinds of future practices in which they will need to decide what types of technology are most effective for teaching specific mathematical content. ... In addition, we recommend that teacher educators offer more courses on how to use technological tools for mathematics instruction in order to strengthen preservice teachers' technological knowledge.” (Bonafini & Lee, 2021, p. 316)

The importance of experience for the development of TPACK was also addressed in another study as follows:

“Preservice teachers' curriculum and instructional knowledge for learning and teaching mathematics with technologies can be developed through microteaching settings and post-teaching discussions. Perhaps a more integrated period would be beneficial—one in which pedagogy, methods, and technology courses are combined with field experience, and preservice teachers actively practice how to engage students with technologies in exploring content through various pedagogical strategies. Research suggests that it is reasonable to provide preservice teachers with opportunities to learn about technology integration when designing or redesigning curriculum materials.” (da Silva Bueno & Niess, 2023, p. 11)

As illustrated in the excerpts above, increasing preservice teachers' practical experiences has been emphasized as a key strategy for strengthening their TPACK knowledge. It has been suggested that engaging in activities such as preparing video lessons or participating in microteaching can help address both deficiencies in individual TPACK components and challenges in their integration. The experiences acquired during teacher training are highlighted as influential in shaping preservice teachers' future teaching practices.

Moreover, it has been recommended that faculty members introduce a variety of technological tools applicable to mathematics education within their courses. In addition, structuring a period

in which pedagogy, instructional methods, and technology courses are integrated with the teaching practicum has been argued to be particularly beneficial for the development of preservice teachers' TPACK. This approach underscores not only the importance of practical experience but also the need for its careful design and implementation.

“The findings support incorporating technology education into methods courses as a means of meaningfully integrating the three knowledge domains of content, pedagogy, and technology over an extended period of time, since one-off training sessions on technology are insufficient and longer-term integration is required. ... Preservice teachers should receive in-depth and structured instruction in methods courses on the use of specific technologies as teaching tools. ... Moreover, preservice teachers should not only be introduced to different instructional technologies but also be provided with opportunities to practice using them and to design lessons that incorporate technology integration.” (Casler-Failing, 2021, p. 17)

“If method professors carefully select a limited number of technological tools that can be integrated into content areas, preservice teachers may have the opportunity to learn content through the use of technology in planning and instructional contexts. I believe such integration of technology would contribute to the development of preservice teachers' TPACK and ultimately benefit their future students.” (Casler-Failing, 2021, p. 18)

The excerpts above are drawn from a study in which preservice teachers participated in a semester-long training program using Lego robotics tools and were asked to integrate this technology into mathematics instruction. The study highlighted the importance of practical experience, structured training, and integration, while also emphasizing the need for long-term planning and careful design of these elements. Furthermore, it was suggested that faculty members should introduce technological tools within course content and align them with the subject matter.

Gill and Dalgarno (2017) examined the teaching practicum experiences of four preservice teachers over a four-year period, during which the participants attended four different schools. At the conclusion of this process, the authors noted that the development of TPACK varied among preservice teachers, with some exhibiting weaker growth than others. They described and interpreted this situation, along with its potential causes, in the following excerpt:

“Joan's case demonstrates that school culture, teacher expectations, and adequate school resources can have a positive impact on the use of information and communication technologies (ICT) and the development of TPACK. In contrast, the cases of Jack and Judy show that the opposite can also exert a significant influence. Their TPACK development was negatively affected by a lack of access to ICT resources and/or school practices in which the use of ICT was minimal or absent.

The length and degree of independence of the teaching practicum also appear to have a considerable impact on TPACK development. A longer practicum, the requirement to design and deliver their own lessons, access to ICT, and opportunities to work with teachers who use such technologies positively influenced Judy's, Joan's, and Jack's knowledge and skills in using ICT for teaching and learning purposes.” (Gill & Dalgarno, 2017, p. 452)

As highlighted in the excerpt above, extended practicum experiences, the opportunity to use one's own lesson plans and materials during these experiences, and the adequacy of technological infrastructure in schools contribute significantly to the development of TPACK. [Table 4](#) presents seven core themes suggested by various studies to support preservice mathematics teachers' TPACK development.

These studies consistently emphasize that providing teacher candidates with diverse TPACK-related experiences enhances their ability to integrate technology effectively into lessons. For instance, Bonafini and Lee (2021) and da Silva Bueno and Niess (2023) underline the importance of activities such as preparing video lessons and engaging in microteaching for fostering TPACK development. Similarly, Casler-Failing (2021) argues that integrating technology training into methods courses may yield lasting benefits. Gill and Dalgarno (2017)

further observed that both the duration of practicum experiences and the availability of technological resources play a critical role in the development of preservice teachers' TPACK.

3.2.2. Suggestions for Developing Preservice Teachers' MKT Competence

In the studies examined within the scope of this research, the suggestions made to enhance preservice mathematics teachers' TPACK were coded, characterized, and organized under categories. These categories and codes are presented in Table 5.

Table 5. Codes of Suggestions Concerning the MKT Conceptual Framework

Categories	Codes
Experience	<ul style="list-style-type: none"> ● Experience in authentic learning environments ● Microteaching practices
Common Content Knowledge	<ul style="list-style-type: none"> ● Ability to think critically about concepts ● Ability to elaborate on definitions and properties of concepts in depth ● Ability to provide comprehensive mathematical explanations
Specialized Content Knowledge	<ul style="list-style-type: none"> ● Model-drawing exercises ● Problem-posing activities ● Practice with notation and mathematical expression ● Exercises focused on justification and explanation ● Developing conceptual understanding

Yazıcı (2019), in a study examining pre-service teachers' general content knowledge, expressed the following statements:

“The first place where pre-service teachers can address the deficiencies identified in the study is within faculties of education. For this purpose, it is recommended that they be provided with training that will enable them to critically examine concepts—specifically fundamental concepts in geometry and more generally across mathematics—deepen their understanding of definitions and properties of these concepts, and attain the ability to deliver comprehensive mathematical explanations.” (Yazıcı, 2019, p. 151)

In this study, the importance of structuring course content to address preservice teachers' deficiencies in general content knowledge and to promote conceptual understanding was emphasized. The role of faculty members in providing instruction that facilitates such understanding was also highlighted. Additionally, Qian and Youngs (2016) examined mathematics teacher education programs in various countries and noted that general content knowledge develops progressively with increased teaching experience, stating the following:

“It has been shown that as the number of mathematics methods topics in which pre-service teachers have the opportunity to teach increases, their CK and PCK levels also rise. Our study found that exposure to teaching-related topics (e.g., developing lesson plans) was associated with CK in Chinese Taipei, Singapore, and Switzerland, and with PCK in Singapore, Spain, and Switzerland... Some evidence suggests that the number of teaching-related learning opportunities and different types of practical experiences are linked to pre-service teachers' CK and PCK.” (Qian & Youngs, 2016, p. 392)

Qian and Youngs (2016) argued that increased practical experience positively influences the development of general content knowledge (CK) and highlighted the significant role of activities such as lesson plan development. Similarly, Çikrikçi (2015) emphasized that, in the absence of opportunities for field experience, microteaching can serve as a valuable alternative for enhancing preservice teachers' content knowledge and instructional skills.

“In situations where it is not possible for pre-service teachers to frequently gain teaching experience in real classroom settings, microteaching practices can be employed to examine instructional processes in accordance with the content knowledge (CK) model. It is important for pre-service teachers to develop a reflective awareness of their lessons, as this perspective helps shape the considerations they take into account when planning future instruction.” (Çikrikçi, 2015, p. 131)

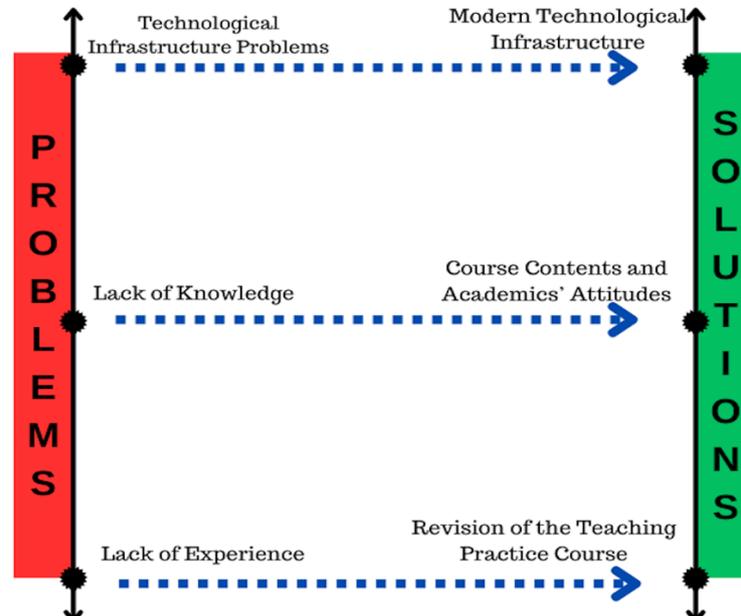
It is essential for faculties of education to provide training aimed at fostering critical and in-depth conceptual understanding to address preservice teachers' deficiencies in content knowledge. Research indicates that as teaching experience increases, both CK and PCK develop, with activities such as lesson planning contributing particularly to this growth. In contexts where opportunities for classroom experience are limited, microteaching practices offer preservice teachers a valuable opportunity to analyze instructional processes and to identify key considerations for subsequent lesson planning.

4. Discussion, Conclusion, and Suggestions

This section adopts a holistic approach by discussing the codes and themes derived from the content analysis in relation to relevant findings in the literature. The discussion was conducted in two stages: first, the problems and proposed solutions identified in the findings were categorized and examined under specific themes; second, a core theme was identified as the central focus of the proposed solutions, around which the other themes were organized, ultimately leading to recommendations for enhancing mathematics teacher education programs.

The problems and proposed solutions presented in the findings were organized along two main axes corresponding to the study's research questions, together with their associated themes. The deficiencies and challenges addressed in the first research question constituted the "problems" axis, while the solutions related to the second research question formed the "solutions" axis. For both axes, new themes were developed through the interpretation and synthesis of data analyzed via open coding. Furthermore, each theme within the "problems" axis was paired with a corresponding theme in the "solutions" axis, thereby constructing a holistic framework. The resulting axes from the meta-synthesis process are visualized in Figure 6.

Figure 6. Axes Derived from the Meta-Synthesis (Relationships Between Problems and Solutions)

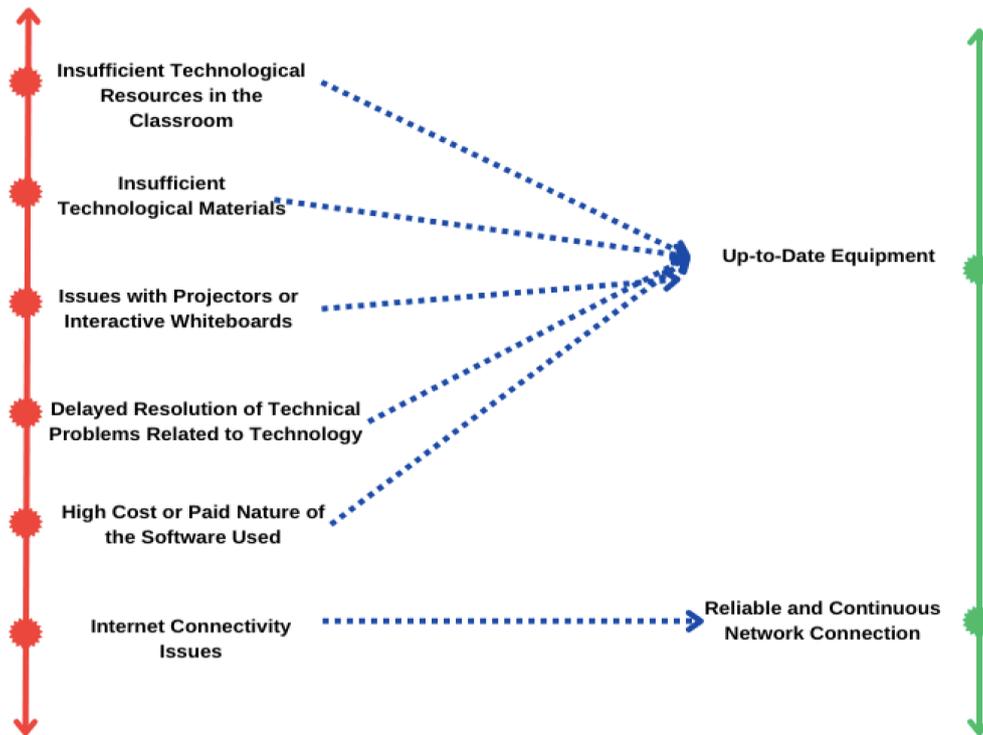


According to Figure 6, three main themes were identified under the "problems" axis, with corresponding themes defined within the "solutions" axis for each. In response to the first sub-research question, the "problems" axis comprised the themes "technological infrastructure problems," "lack of knowledge," and "lack of experience." The proposed solutions to these deficiencies and challenges were organized under the "solutions" axis as "updating

technological infrastructure,” “enhancing course content and faculty attitudes,” and “revising the teaching practicum,” respectively.

Deficiencies in equipment and inadequacies in infrastructure observed in faculties of education and practicum schools were categorized under the theme of “technological infrastructure problems.” In response, the solution theme of “updating technological infrastructure” was developed. The codes corresponding to the proposed solutions aligned with the problem themes are visualized in Figure 7.

Figure 7. *The Relationship Between Technological Infrastructure Problems and Updated Technological Infrastructure Solutions*



Within the scope of this meta-synthesis, the reviewed studies generally recommend eliminating technical barriers or continuously updating existing infrastructure as solutions to technological infrastructure problems (Çam & Erdamar-Koç, 2021; Dilek, 2016; Koştur, 2018). However, no explicit proposals regarding the provision of technical support services were encountered in these studies. This gap was identified during the axial coding process and has been developed as a study-specific recommendation.

In the literature, technology-related challenges are most frequently addressed through the recommendation of technology training for educators (Aldemir, 2017; Arabacı & Orbay, 2022; Casler-Failing, 2021; Çetin, 2017). Within the axial coding process, this recommendation was represented by the code “Technology Training Support,” corresponding to the sub-theme of “Lack of Knowledge,” and particularly emphasized the importance of enhancing educators’ digital competencies. However, given that it is unrealistic to expect educators to possess the technical expertise necessary to resolve every technological issue, educational institutions require technical support staff who can intervene promptly. Accordingly, the number of technical support personnel should be proportional to the student capacity of the institution, and these staff members should be proficient in educational technologies and capable of introducing new tools to educators. Notably, the literature does not explicitly recommend employing

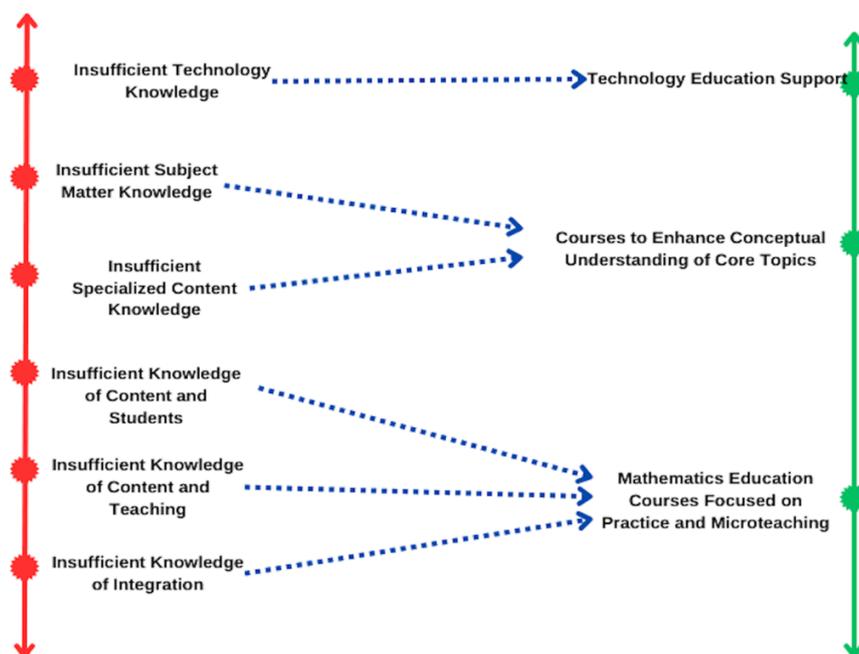
technical support staff to facilitate technology use in educational settings, making this suggestion an original contribution of the present study.

Furthermore, many educational technologies that may be costly for individual use are offered to institutions under more favorable conditions through bulk procurement. Thus, acquiring necessary technologies collectively and cost-effectively will facilitate their integration into teaching processes. Additionally, issues related to internet connectivity should be addressed by administrators, and a robust, uninterrupted network infrastructure must be established.

In summary, for technology to be effectively integrated into education, a functional and sustainable technological infrastructure must first be established. Administrations must ensure continuous updates to the infrastructure, provide a technical support team capable of promptly addressing emerging issues, and determine the team size in proportion to the number of educators. Otherwise, technological tools may become a burden for teachers and contribute to the development of negative attitudes toward technology use in education. In addition, Kılıç (2022) found that preservice teachers highlighted the importance of improving physical and social facilities in order to enhance the quality of teacher education programs, noting that effective teaching practices require access to well-equipped and tangible learning environments.

Another problem theme identified in this study is the lack of knowledge. The corresponding solution theme includes updating course content to remedy knowledge deficiencies, enriching practices related to this content, and encouraging faculty members to employ active learning methods in their teaching. This theme encompasses technological knowledge, content knowledge, pedagogical knowledge, and knowledge of integration. These dimensions are addressed in the literature through the TPACK and MKT frameworks. Specifically, instructional knowledge, along with student knowledge and content knowledge, is considered a core component of pedagogical content knowledge in both theoretical frameworks. The identified problems and solution themes within this scope are presented in [Figure 8](#).

Figure 8. *The Relationship Between the Lack of Knowledge and the Solution of Course Content and Academics' Attitudes*



The axial coding process revealed that deficiencies in preservice teachers' use of technology largely stem from insufficient technological knowledge, conceptualized as "Lack of Technological Knowledge." To address this deficiency, technology training for preservice teachers is recommended (Aldemir, 2017; Arabacı & Orbay, 2022). Furthermore, it has been emphasized that preservice teachers' self-efficacy perceptions regarding technology use should also be enhanced (da Silva Bueno & Niess, 2023). Technology education should not be confined to a single-semester information technology course; rather, a holistic approach is needed to enable preservice teachers to develop comprehensive technology literacy. However, providing technology training alone may not suffice; preservice teachers must also understand the nature of TPACK (Çam & Erdamar-Koç, 2021). Accordingly, it has been suggested that preservice teachers receive practical training on using technology not merely as a tool but as an effective instructional instrument within a constructivist framework (Casler-Failing, 2021).

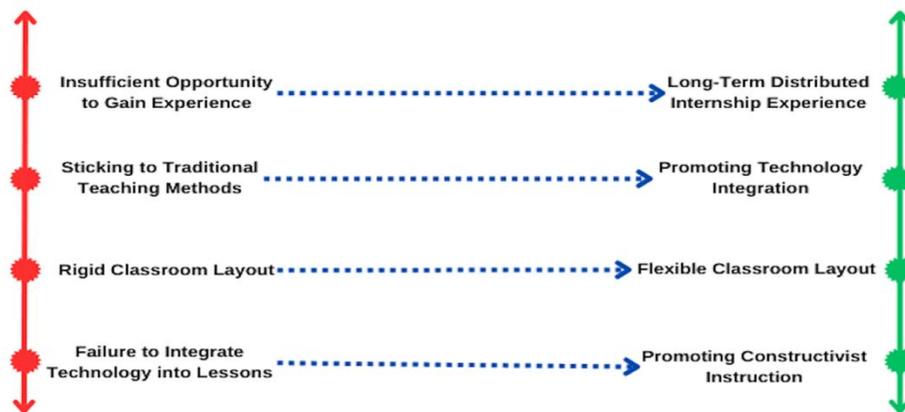
The literature further indicates that preservice teachers experience deficiencies not only in technology but also in content knowledge (Aldemir, 2017; da Silva Bueno & Niess, 2023; Karataş et al., 2016). These deficiencies are often described as insufficient conceptual understanding of fundamental concepts. Within this context, integrating technology into content courses has the potential to enhance conceptual understanding (Çetin, 2017; Yiğit-Koyunkaya, 2017). To support conceptual development, practical applications—particularly microteaching-based activities—should be incorporated into content pedagogy courses (Akyüz, 2016; da Silva Bueno & Niess, 2023). Such practices provide preservice teachers with valuable experience in lesson planning, activity design, and material development. Additionally, activities such as establishing relationships among mathematical concepts, developing models, and posing problems are emphasized as contributing to the deepening of content knowledge (Seçir, 2017).

Deficiencies in preservice teachers' pedagogical content knowledge and the integration of its components have been reported as one of the most frequent issues in the literature (Akyüz, 2016; Aldemir, 2017; Bonafini & Lee, 2021). It has been highlighted that academics in faculties of education should not rely solely on lecture-based instruction but should prioritize practical methods that allow preservice teachers to experience the use of technology firsthand (Durdu & Dağ, 2017). Such experiences have been shown in various studies to play a crucial role in developing integration knowledge within the TPACK framework (Akyüz, 2016; Aldemir, 2017; Erdoğan, 2014). Similarly, Kılıç (2022) reported that in a study based on preservice teachers' views, participants emphasized the need to replace theory-dominated instruction with practice-oriented and experience-based teaching methods to enhance the quality of teacher education programs.

In conclusion, teacher education programs should prioritize relating fundamental concepts in content courses to both technology and pedagogical approaches. Microteaching-based practices in content pedagogy courses can facilitate holistic integration within the frameworks of TPACK and MKT. The adoption of constructivist approaches by academics during this process will significantly contribute to preservice teachers' understanding of the nature of these two critical theoretical frameworks. In this regard, Kılıç (2022) also emphasized, based on preservice teachers' perspectives, that establishing effective and supportive communication between instructors and students is essential for improving the quality of teacher education programs.

The problems related to lack of experience and the proposed solutions to these issues are presented in [Figure 9](#).

Figure 9. *The Relationship Between the Problem of Lack of Experience and the Revision of Teaching Practice Course*



Studies have shown that the problem of “Lack of Experience” leads to deficiencies within the subcomponents of both TPACK and MKT, as well as difficulties in integrating these components. Accordingly, it has been emphasized that providing preservice teachers with more extensive and sustained practical experience can effectively address this issue (Akyüz, 2016; Aldemir, 2017; Bonafini & Lee, 2021; Casler-Failing, 2021; Çıkrıkçı, 2015; da Silva Bueno & Niess, 2023; Duman, 2020; Durdu & Dağ, 2017; Erdoğan, 2014; Kartal, 2017; Koştur, 2018; Qian & Youngs, 2016; Saralar, 2016; Yiğit-Koyunkaya, 2017).

In Turkey, the opportunities for practice provided to preservice mathematics teachers are typically limited to teaching practicum courses conducted over two semesters, with six hours per week (MoNE, 2021). Over a 24-week period, candidates gain classroom experience in practice schools and conduct lesson observations under the guidance of mentor teachers. However, the heavy weekly teaching loads of mentor teachers, ranging from 15 to 21 hours, restrict their ability to provide sufficient guidance, thereby limiting candidates’ opportunities to gain meaningful experience. This situation not only affects the professional development of candidates but also constrains mentor teachers’ capacity to follow the curriculum effectively, potentially impeding students’ acquisition of fundamental concepts. Additionally, it may raise parental concerns regarding the quality of education. Studies included in this meta-synthesis highlight the need for preservice teachers to engage in more systematic and longitudinal practice experiences beginning in the early years of their education (Durdu & Dağ, 2017).

Some studies have reported that preservice teachers face difficulties in effectively applying TPACK and MKT within rigid classroom settings (Aldemir, 2017) and therefore recommend adopting more flexible classroom arrangements (Çetin, 2017). Within the theme of lack of experience, it has also been observed that preservice teachers tend to show reluctance or limited engagement in using technology during classroom practices (Çam & Erdamar-Koç, 2021; Dilek, 2016; Kartal, 2017). To address this issue, the axial coding process generated the category “encouraging technology use.” However, the literature lacks a clear method or roadmap for operationalizing such encouragement.

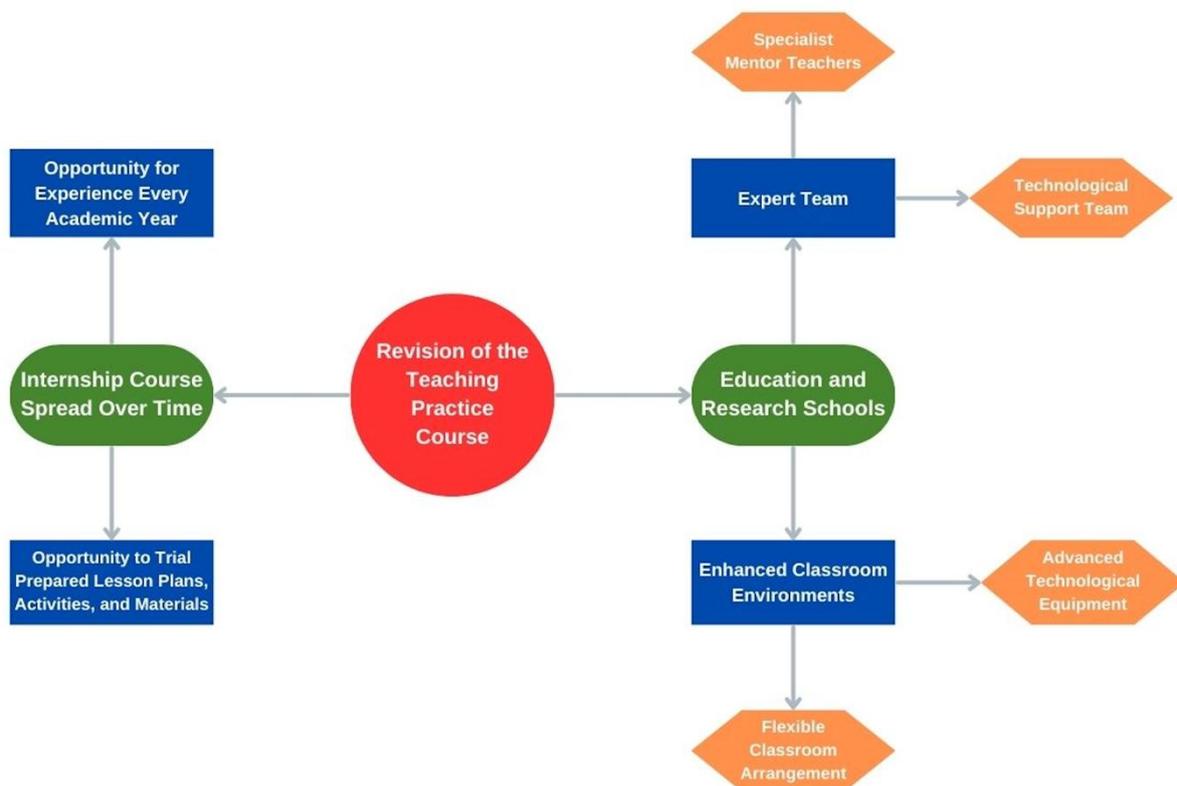
During the teaching practicum, preservice teachers often remain dependent on mentor teachers, further elevating the role of these mentors in compensating for the lack of experience. It has been proposed that mentor teachers receive regular in-service training; however, questions remain as to whether this alone is sufficient. Furthermore, the responsibility of the MoNE includes not only establishing structures that provide adequate experience for preservice teachers but also preparing mentor teachers to achieve this goal. Given the number of

stakeholders involved, more holistic and structural approaches are required to ensure the system operates effectively and sustainably.

In the selective coding process, “revision of teaching practice” was identified as the core theme addressing the problem of lack of experience. Solution proposals developed from the meta-synthesis findings were structured around this core theme. Accordingly, comprehensive recommendations have been presented for improving both teaching practicum courses and teacher education programs as a whole.

Figure 10 presents the solution schema developed through selective coding under the theme of “revision of teaching practice course.” This theme is further structured into two sub-themes: “internship course spread over time” and “education and research schools”.

Figure 10. Selective Coding Schema Constructed Around the Core Theme of Teaching Practicum Course Revision



The retention of learned knowledge is directly related to its transfer into practice (Rohrer & Pashler, 2010). In particular, for theoretical frameworks such as TPACK and MKT to be meaningfully and functionally internalized by preservice teachers, these forms of knowledge must be reinforced through practical applications in instructional settings. However, it should not be assumed that preservice teachers can effectively apply these frameworks within the limited time frames provided by short-term teaching practicum courses.

Studies included in this meta-synthesis indicate that, in order to effectively integrate TPACK and MKT into instructional processes, preservice teachers require longer-term, systematic, and varied practical experiences (Akyüz, 2016; Bonafini & Lee, 2021; Casler-Failing, 2021; Durdu & Dağ, 2017; Gill & Dalgarno, 2017; Yiğit-Koyunkaya, 2017).

Under the current system, preservice teachers undertake teaching practicum courses only in their final year, consisting of two semesters at six hours per week. Each semester lasts 12 weeks,

amounting to a total of 144 hours of practicum experience. However, this duration appears insufficient for candidates to effectively transfer theoretical knowledge into practice. Therefore, it is necessary to restructure the teaching practicum course by extending its duration and integrating teaching experiences across different stages of the teacher education curriculum. Within this scope, a proposed template for restructuring the teaching practicum course through longitudinal implementation is presented in [Table 6](#).

Table 6. *Proposal Plan for Revising the Teaching Practicum Course Over an Extended Period*

Grade / Semester	Recommended Weekly Duration (hour(s))	Type of Practicum
First Grade/ Spring	2	Observation
Second Grade/ Spring	2	Observation
Third Grade/ Spring	4	Teaching Practicum
Fourth Grade/ Spring	4	Teaching Practicum

The model presented in [Table 6](#) is designed to provide preservice teachers with gradually increasing experience throughout their four-year undergraduate education. Within this model, the first two years focus on observation-based practices and adaptation to school culture, while the final two years emphasize lesson delivery and hands-on teaching experiences. Accordingly, candidates would engage in two hours of practicum per week during the first and second years, and four hours per week in the third and fourth years. This structure maintains the total practicum time at 144 hours but, by distributing it across the program, allows preservice teachers to gain classroom experience each year and to effectively translate theoretical knowledge into practice.

Another subtheme of the core theme “Revision of Teaching Practice Course” is the establishment of “Education and Research Schools.” Similar to models implemented in medical and dental education—where students gain experience in teaching hospitals or oral health centers—it is proposed that teacher candidates conduct their practicum in designated schools coordinated with faculties of education. In this system, both preservice teachers and parents would be informed that these schools function as educational laboratories, thereby normalizing preservice teachers’ active participation in classroom instruction.

This model eliminates the need to designate all schools as practicum sites, reducing implementation burdens and enhancing quality by preparing only selected schools specifically for teacher training. Within such education and research schools, the establishment of “Expert Teams” and “Enhanced Classroom Environments” is recommended. Teachers assigned to these schools would be selected from among specialists with postgraduate qualifications, experience in teacher education, and research-based expertise, ensuring that preservice teachers receive guidance grounded in both current practice and theory.

Previous studies have shown that technical problems in classrooms hinder technology use in teaching and must be addressed promptly (Dilek, 2016). The employment of technical support staff in educational institutions is therefore emphasized as necessary. Education and research schools staffed with personnel specialized in educational technologies could offer an effective solution to this challenge. Rather than requiring the MoNE to provide technical experts in all schools, allocating such expertise exclusively to these designated schools would create more effective learning environments for preservice teachers.

Research further indicates that preservice teachers can more effectively adopt constructivist instructional methods and integrate technology when classroom environments are structured accordingly. This entails equipping classrooms with up-to-date technological tools (Kurt, 2016), ensuring uninterrupted internet access (Çam & Erdamar-Koç, 2021), and redesigning classrooms with flexible seating arrangements (Çetin, 2017). Within the proposed education

and research schools, designing classrooms to support both constructivist pedagogy and technology integration would facilitate preservice teachers' application of theoretical knowledge in practice. While creating such environments in every school would impose significant costs on the MoNE, limiting these enhancements to education and research schools provides a more sustainable and feasible solution.

Additionally, parents sending their children to these laboratory schools would be aware that the institutions serve the purpose of teacher preparation, increasing their acceptance of preservice teachers' involvement in instruction. At the same time, faculty members in faculties of education would have the opportunity to implement innovative teaching methods directly within these schools, enhancing the appeal of such institutions for both students and parents while contributing to higher-quality teacher education.

The "revision of teaching practice course" proposed in this study addresses the issue of "lack of experience," frequently emphasized in the literature, by moving beyond symptoms to examine structural causes through a holistic perspective. Factors such as limited practicum duration, classroom environments unsuited to constructivist teaching, deficiencies in technological infrastructure, and traditional approaches of mentor teachers are framed not merely as individual shortcomings but as systemic challenges. The model developed within this framework proposes extending practicum experiences from the first year onward and confining their implementation to laboratory schools, thereby offering a concrete and practicable framework for restructuring teacher education. This proposal not only aims to strengthen preservice teachers' professional competencies but also provides a data-driven, practice-oriented solution model for policymakers and program developers involved in teacher education processes. In this respect, the study goes beyond identifying existing problems and introduces an original proposal with the potential to generate structural transformation.

Notice

A section of this article was presented as a summary paper at the 6th International Turkish Symposium on Computer and Mathematics Education (TÜRKBİLMAT-6).

Ethics Committee Approval

Since the meta-synthesis method was used in this study, ethics committee approval was not necessary.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Author Contribution

Through collaboration and solidarity, all three authors contributed fairly to the study.

Orcid

Sema Nacar  <https://orcid.org/0000-0001-9176-9947>

Murat Akarsu  <https://orcid.org/0000-0002-5883-5911>

Kübra İler  <https://orcid.org/0000-0002-3052-0256>

REFERENCES

The sources marked with an asterisk (*) are those included in the meta-synthesis.

- *Akyüz, D. (2016). Farklı öğretim yöntemleri ve sınıf seviyesine göre öğretmen adaylarının TPAB analizi. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 7(1), 89-111. <https://doi.org/10.16949/turcomat.75768>
- *Aldemir, R. (2017). *Mikro öğretim ders imecesi yöntemiyle matematik öğretmeni adaylarının teknolojik pedagojik alan bilgilerinin gelişimlerinin incelenmesi: Geometrik cisimler örneği*. [Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. <https://avesis.atauni.edu.tr/yonetilen-tez/fb31c522-b931-4b31-a3af-a9bdd7076c21/mikro-ogretim-ders-imecesi-yontemiyle-matematik-ogretmeni-adaylarinin-teknolojik-pedagojik-alan-bilgilerinin-gelisimlerinin-incelenmesi-geometrik-cisimler-ornegi>
- *Arabacı, A., & Orbay, K. (2022). Impact of experiencing event design with Web 2.0 tools on prospective mathematics teachers. *Problems of Education in the 21st Century*, 80(1), 52-68. <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=1021695>
- Aslan-Tutak, F. (2009). *A study of geometry content knowledge of elementary preservice teachers: The case of quadrilaterals*. [Doctoral dissertation, University of Florida]. Gainesville, Florida. <https://www.proquest.com/dissertations-theses/study-geometry-content-knowledge-elementary/docview/849720608/se-2?accountid=16268>
- Ball, D. L., Hill, H.C, & Bass, H. (2005). Knowing mathematics for teaching: Who knows mathematics well enough to teach third grade, and how can we decide? *American Educator*, 29(1), pp. 14-17, 20-22, 43-46. <http://hdl.handle.net/2027.42/65072>
- Ball, D., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content Knowledge for Teaching: What Makes It Special? *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407. <https://doi.org/10.1177/0022487108324554>
- *Bonafini, F. C., & Lee, Y. (2021). Investigating prospective teachers' TPACK and their use of mathematical action technologies as they create screencast video lessons on iPads. *TechTrends*, 65(3), 303-319. <https://doi.org/10.1007/s11528-020-00578-1>
- *Casler-Failing, S. (2021). Learning to teach mathematics with robots: Developing the 'T' in technological pedagogical content knowledge. *Research in Learning Technology*, 29. <https://doi.org/10.25304/rlt.v29.2555>
- *Çam, Ş. S., & Erdamar Koç, G. (2021). Technological pedagogical content knowledge practices in higher education: First impressions of preservice teachers. *Technology, Knowledge and Learning*, 26(1), 123-153. <https://doi.org/10.1007/s10758-019-09430-9>
- *Çetin, İ. (2017). *Ortaöğretim matematik öğretmeni adaylarının teknolojik pedagojik alan bilgisi (TPAB) yeterliklerindeki ve düzeylerindeki değişimin incelenmesi* [Doktora tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. <https://www.proquest.com/dissertations-theses/ortaogretim-matematik-ogretmeni-adaylarinin/docview/2572324333/se-2?accountid=16268>
- *Çıkrıkçı, F. H. (2015). *Ortaokul matematik öğretmen adaylarının cebir öğrenme alanına ilişkin alan ve pedagojik alan bilgilerinin incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/570656>
- *da Silva Bueno, R. W., & Niess, M. L. (2023). Redesigning mathematics preservice teachers' preparation for teaching with technology: A qualitative cross-case analysis using TPACK lenses. *Computers & Education*, 205, 104895. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104895>
- *Dilek, A. (2016). *Matematik öğretmen adaylarının teknolojik pedagoji (TPAB) alan bilgisi yeterliliklerinin incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. <https://www.proquest.com/dissertations-theses/matematik-ogretmen-adaylarinin-teknolojik/docview/2925402666/se-2?accountid=16268>

- *Duman, H. (2020). *Matematik öğretmen adaylarının integral kavramına ilişkin teknolojik pedagojik alan bilgilerinin senaryo tekniği ile incelenmesi* [Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. <https://acikbilim.yok.gov.tr/handle/20.500.12812/472997>
- *Durdu, L., & Dağ, F. (2017). Pre-service teachers' TPACK development and conceptions through a TPACK-based course. *Australian Journal of Teacher Education (Online)*, 42(11), 150-171. <https://search.informit.org/doi/10.3316/informit.245910712701186>
- *Erdoğan, N. (2014). *Pre-service mathematics teachers TPACK development in a computer-assisted mathematics instruction course*. [Yüksek lisans tezi, Boğaziçi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezDetay.jsp?id=Lrm9rydUI9VdMfncAg3J_w&no=r0_e5e5JBgvbN4-D0SrZSw
- *Gill, L., & Dalgarno, B. (2017). A qualitative analysis of pre-service primary school teachers' TPACK development over the four years of their teacher preparation programme. *Technology, Pedagogy and Education*, 26(4), 439-456. <https://doi.org/10.1080/1475939X.2017.1287124>
- *Handal, B., Campbell, C., Cavanagh, M., & Petocz, P. (2016). Characterising the perceived value of mathematics educational apps in preservice teachers. *Mathematics Education Research Journal*, 28, 199-221. <https://doi.org/10.1007/s13394-015-0160-0>
- Hill, H. C., Rowan, B., & Ball, D. L. (2005). Effects of teachers' mathematical knowledge for teaching on student achievement. *American Educational Research Journal*, 42(2), 371-406. <https://doi.org/10.3102/00028312042002371>
- Hill, H. C., Ball, D. L., & Schilling, S. G. (2008). Unpacking pedagogical content knowledge: Conceptualizing and measuring teachers' topic-specific knowledge of students. *Journal for Research in Mathematics Education*, 39(4), 372-400. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.39.4.0372>
- *Karataş, İ., Tunç, M. P., Demiray, E., & Yılmaz, N. (2016). Öğretmen Adaylarının Matematik Öğretiminde Teknolojik Pedagojik Alan Bilgilerinin Geliştirilmesi. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 16(2), 512-533. <https://doi.org/10.17240/aibuefd.2016.16.2-5000194940>
- *Kartal, B. (2017). *İlköğretim matematik öğretmen adaylarının teknolojik pedagojik alan bilgisi gelişimlerinin incelenmesi: Çokgenler örneği*. [Doktora tezi, Gazi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Kılıç, M. Y. (2022). Öğretmen adaylarının öğretmenlik mesleğini seçme nedenleri, beklentileri ve öğretmenlik programının niteliğinin artırılmasına yönelik görüşleri. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 56, 35-65. <https://doi.org/10.9779/pauefd.1031456>
- Koehler, M., & Mishra, P. (2009). What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)?. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70. <https://www.learntechlib.org/primary/p/29544/>
- *Koştur, M. (2018). *Promoting and investigating pre-service middle school mathematics teachers' TPACK-practical development in the context of an undergraduate course*. [Doktora tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. <https://hdl.handle.net/11511/27708>
- *Kurt, G. (2016). *Technological pedagogical content knowledge (TPACK) development of preservice middle school mathematics teachers in statistics teaching: A microteaching lesson study*. [Doktora tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. <https://hdl.handle.net/11511/25514>
- MEB (2021). Öğretmenlik uygulaması yönergesi. https://oygm.meb.gov.tr/meb_iys_dosyalar/2018_06/25172143_YYnerge.pdf
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017-1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- *Morales-López, Y., Chacón-Camacho, Y., & Vargas-Delgado, W. (2021). TPACK of prospective mathematics teachers at an early stage of training. *Mathematics*, 9(15), 1741. <https://doi.org/10.3390/math9151741>

- Noblit, G. W., & Hare, R. D. (1988). *Meta-ethnography: Synthesizing qualitative studies*. Stage Publication.
- Rohrer, D., & Pashler, H. (2010). Recent research on human learning challenges conventional instructional strategies. *Educational Researcher*, 39(5), 406-412. <https://doi.org/10.3102/0013189X10374770>
- *Qian, H., & Youngs, P. (2016). The effect of teacher education programs on future elementary mathematics teachers' knowledge: A five-country analysis using TEDS-M data. *Journal of Mathematics Teacher Education*, 19, 371-396. <https://doi.org/10.1007/s10857-014-9297-0>
- *Saralar, İ. (2016). *A pre-service mathematics teacher's technological pedagogical content knowledge regarding different views of 3-D figures in geometry* [Yüksek lisans tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi. <https://hdl.handle.net/11511/25620>
- Sarı, A. A., Bilici, S. C., Baran, E., & Özbay, U. (2016). Farklı branşlardaki öğretmenlerin teknolojik pedagojik alan bilgisi (TPAB) yeterlikleri ile bilgi ve iletişim teknolojilerine yönelik tutumları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, 6(1), 1-21. <https://doi.org/10.17943/etku.11643>
- *Seçir, S. (2017). *İlköğretim matematik öğretmen adaylarının kesirlerle çarpma ve bölme işlemlerine ilişkin özelleştirilmiş alan bilgilerinin gelişiminin incelenmesi*. [Doktora tezi, Gazi Üniversitesi]. Ulusal Tez Merkezi.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Strauss, A. L. (1987). *Qualitative analysis for social scientists*. New York: Cambridge University Press.
- *Umutlu, D. (2022). TPACK leveraged: A redesigned online educational technology course for STEM preservice teachers. *Australasian Journal of Educational Technology*, 38(3), 104-121. <https://doi.org/10.14742/ajet.4773>
- * Yazıcı, N. (2019). Temel Geometri Kavramlarına İlişkin Matematik Öğretmen Adaylarının Genel Alan Bilgisi. *Erzincan Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(1), 135-155. <https://doi.org/10.17556/erziefd.425538>
- Yılmaz, K. (2021). Sosyal bilimlerde ve eğitim bilimlerinde sistematik derleme, meta değerlendirme ve bibliyometrik analizler. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(2), 1457-1490. <https://doi.org/10.33206/mjss.791537>
- *Yiğit-Koyunkaya, M. (2017). Matematik öğretmeni adaylarının teknolojik pedagojik alan bilgilerinin gelişimini amaçlayan bir öğretim deneyi. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 8(2), 284-322. <https://doi.org/10.16949/turkbilmat.293220>