

Beceri ve Yetkinlik Temelli Öğretim Programlarında Matematik Öğretimi ve Uluslararası Standartlar

Derya Yılmaz Gündüz¹

Özet

Bu bölümde, matematik eğitiminde geleneksel, pozitivist ve mekanik yaklaşımlardan beceri ile yetkinlik temelli çağdaş paradigmalara geçiş sürecini uluslararası standartlar bağlamında incelemektedir. Alanyazında uzun yıllar formüllerin ezberlenmesi ve algoritmik işlemlerin mekanik tekrarı olarak sınırlandırılan matematik öğretimi, günümüzde Endüstri 4.0 ve Toplum 5.0 gibi makro dönüşümlerin etkisiyle radikal bir felsefi değişime uğramıştır. Yeni paradigmada matematik, statik bir bilgi yığını olmaktan çıkarak, bireyin belirsizliklerle dolu gerçek dünya sorunlarına rasyonel çözümler üretebilmesini sağlayan esnek bir zihinsel örüntü ve dinamik bir eylemlilik dili olarak tanımlanmaktadır. Bu doğrultuda çalışma; OECD Öğrenme Pusulası 2030, PISA Matematik Okuryazarlığı Çerçevesi, TIMSS Bilişsel Alan Taksonomisi, NCTM Süreç Standartları ve Avrupa Yeterlilikler Çerçevesi (AYÇ) gibi uluslararası otoritelerin belirlediği temel göstergeleri, modelleri ve kuramsal çıktıları yapısal bir matris halinde analiz etmektedir. Türkiye bağlamında 2024 yılı itibarıyla kademeli olarak hayata geçirilen “Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Matematik Müfredatı” ele alınarak, modelin uluslararası standartlarla olan yapısal uyumu, alan becerileri (MAB) ve duyuşsal eğilimler ekseninde çok genel bir bakış açısıyla karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Son olarak çalışma, öğretmen yeterliliklerinin dönüştürülmesi ve ölçme ve değerlendirme mekanizmalarının süreç odaklı, otantik ve biçimlendirici araçlarla bütünsel olarak senkronize edilmesi gerekliliğini tartışarak alan yazına katkı sunmayı amaçlamaktadır.

1 Millî Eğitim Bakanlığı, Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, deryayilmazgunduz63@gmail.com, 000-0001-8565-115X

1. Bilişsel Kütüphanenin Ötesi

Modern matematik eğitiminin paradigmaları; Bilginin doğası, aktarım hızı ve bunu sağlayan tüm mekanizmalar günümüz eğitim politikalarında köklü bir değişimin sonucunda oluşmaya başlamıştır. Özellikle Endüstri 4.0 ve onun hemen ardından beliren Toplum 5.0 paradigma dönüşümünde önemli bir rol oynamıştır. Bu dönüşüm paradigması ile klasik matematik öğretimi arasında oluşan tezatlık alan yazını çözümün ne olabileceğine ilişkin argümanları düşünmeye itmiştir. Çünkü matematik pedagojisi uzun yıllar pozitivist ve mekanik yaklaşımı temele alarak yapılanmıştır. Matematiksel bilgiyi; formüllerin ezberlenmesi, algoritmik işlemlerin mekanik olarak tekrarlanması ve soyut sembollerin gerçek yaşamla ilişkilendirilmeden öğretilmesi olarak sınırlandırmıştır (Boaler, 2019; Schoenfeld, 1992; Skemp, 1976). Öğrencinin değişmez olarak kabul edilen bilgiyi edinen bir nesneden farklı göremeyen bu anlayış, günümüz beklentilerini karşılayamamaktadır. Özellikle de yapay zekanın insan bilişinin sınırlarını devraldığı 21. yüzyıl dünyasında, ‘bilgi işçiliği’ olarak kabul edilen öğretim süreci devre dışı kalmaktadır. Artık mesele, bireyin ne kadar matematiksel formül bildiği ya da ne hızda matematiksel işlem yaptığı değil; bu bilgiyi nasıl harekete geçirebildiğidir. Bu anlayış değişikliği matematik alanında bir paradigma dönüşümünün de kıvılcımı olmuştur. Matematik eğitiminde beceri edinimine odaklı, matematiği becerebilmeye (doing mathematics) doğru evrilen bu paradigma öğrencinin zihninde bilişsel bir kütüphane yaratmanın ötesini hedeflemektedir. Çünkü gerçekte matematiksel beceri bilişsel esneklik, eleştirel düşünme, soyutlama ve modelleme gibi üst düzey zihinsel süreçlerin dinamik bir bütünüdür (OECD, 2023). Bu bakış açısı ‘Matematik Okuryazarlığı’ kavramının ortaya çıkışına zemin hazırlamıştır. Matematik okuryazarlığı; bireyin değişen dünya şartlarında formüle etme, kullanma ve yorumlama gibi matematiksel süreçleri etkin ve üretken bir şekilde kullanabilme kapasitesidir (Niss & Jablonka, 2020). Bu kapasite gündelik yaşamın getirdiği belirsizlik ve karmaşalarda veri temelli, rasyonel kararlar alabilen aktif ve eleştirel vatandaşların inşasında da önemli görülmektedir (OECD, 2019; Steen, 2001).

DeneySEL araştırmalar, geleneksel yöntemlerle öğrenilen matematiksel bilginin, sinaptik budanma ve işlevsel sabitlik nedeniyle yeni durumlara transfer edilemediğini göstermektedir. Özellikle nöroegitimsel çalışmalar, ezber odaklı matematik öğretimi süreçlerinde beynin yalnızca kısa süreli bellek alanlarını aktif kılarken; kavramsal ve beceri temelli yaklaşımlarda ventral ve dorsal görsel akışlar ile uzun süreli bellek ağlarının devreye girdiğini kanıtlamaktadır (Sweller, 2011; Radford, 2021). Yani dinamik beceri edinimine dayalı süreçler nöral ağları kalıcı olarak yeniden yapılandırmaktadır. Bu bağlamda matematik okuryazarlığı, statik bir müfredatın çıktısı değil; aksine değişen durumlara

adapte olabilen esnek bir zihinsel örüntüdür. Bireyin zihinsel örüntüyü oluşturması için eğitim sistemlerinde yapısal bir reformu gerekli kılmaktadır. Bu noktada küresel ölçekte nelerin değiştiğini incelemek; uluslararası standartlara bakmak önemli ve kritiktir.

2. Uluslararası Standartlar Ekseninde Matematik Eğitiminde Beceri ve Yetkinlikler

İş gücünün küreselleşmesi, eğitim sistemlerini kendi içinde standardize edilmiş ve karşılaştırılabilir performanslarının belirlenmesi gerekliliğini beraberinde getirmiştir. Bu doğrultuda uluslararası ölçme ve değerlendirmeler geliştirilmiştir. Beceri temelli matematik eğitiminde uluslararası ölçekte; PISA (Program for International Student Assessment) ve TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) gibi uluslararası geniş ölçekli, güçlü ve geçerli olan başarı izleme çalışmaları ve NCTM (National Council of Teachers of Mathematics) gibi uluslararası standart belirleyici otoriteler olmuştur (Mullis & Martin, 2021; OECD, 2023).

Ulusal eğilimler noktasından bakıldığında eğitim sistemini değerlendirecek evrensel bir değerlendirme aracı sayesinde ‘uluslararası eğitim standartları ve politikaları’ içerisinde nerede bulunduğu, standartları yakalayıp yakalayamadığı ve performans göstergeleri açısından nerede hizalandığını belirlemek gereklidir (Spring, 2014). Matematik eğitiminde, matematiğin bir ders olmaktan çıkıp hayatta kalma ve değer üretme dili olarak tanımlanması kıymetlidir. Örneğin PISA, matematiği “21. Yüzyıl Dünyasındaki Gerçek Durumlar” bağlamında ele almakta ve bireyin matematiksel muhakeme (mathematical reasoning) yeteneğini yeniden tanımlanmaktadır (OECD, 2023). Benzer şekilde, NCTM tarafından ortaya koyulan standartlar da süreç standartları (problem çözme, akıl yürütme ve ispat, iletişim, bağlantı kurma, temsil etme) aracılığıyla içeriğin nasıl işlenmesi gerektiğine dair uluslararası bir argüman sunmaktadır (NCTM, 2020). Bu sınavlarda iyi sonuçlar elde edebilmek için formül ezberinden sıyrılan ve beceri edinimine odaklanan bir matematik eğitimi gerekmektedir. Tüm bu gerekçelerle problem çözme ve üstbilişsel becerileri gibi becerileri geliştirmeye odaklı, somut performans göstergeleri olan bir matematik eğitimi anlayışı artık kabul gören ve zaruri olarak belirtilen bir yaklaşım olmuştur. Matematiksel beceri artık bilişsel esneklik, eleştirel düşünme, soyutlama ve matematiksel modelleme gibi üst düzey zihinsel süreçlerin dinamik bir bütünü olarak kabul edilmektedir (OECD, 2023).

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin uluslararası rekabette geride kalmamak adına müfredat mimarilerini “içerik odaklılıktan” (content-driven) “beceri odaklılığa” (competency-based) dönüştürmesi önemlidir (Young, 2013).

Örneğin; Singapur matematiğinin (Singapore Math) dünya çapındaki başarısı, müfredatında somut-görsel-soyut (CPA) döngüsünü kullanarak problem çözmeyi ve üstbilişsel stratejileri merkeze almasının bir sonucudur (Kaur, 2021). Benzer şekilde, Finlandiya Ulusal Eğitim Müfredatı (FNBE) da “Geniş Çaplı Yeterlilikler” yaklaşımıyla, matematiği disiplinlerarası bir düşünme aracı ve günlük yaşam pratiklerine transfer edilebilen esnek bir zihinsel örüntü olarak kurgulamıştır (Sahlberg, 2021). Avrupa’nın PISA lideri olan Estonya, ulusal müfredatını “Proge Tiger” gibi programlarla disiplinlerarası bir beceri mimarisine dönüştürmüş; dijital okuryazarlık, algoritmik düşünme ve problem çözme yetkinliklerini tüm öğrenme alanlarının merkezine yerleştirmiştir.

Ancak uluslararası standartlara programlarda yer vermiş olmak tam anlamıyla yeterli değildir. Ulusal pratikler ve ölçme ve değerlendirme arasındaki uyumsuzluk ve kabullenmeyişi dikkat edilmesi gereken bir husustur. Birçok ulusal eğitim sistemi, müfredat metinlerinde “beceri temelli”, “süreç odaklı” ve “vizyoner” kavramlara yer vermesine rağmen; ölçme ve değerlendirme mekanizmalarında, öğretmen yeterliliklerinde ve sınıf içi pedagojik iklimde halen statik bilgi paylaşımının alışkanlıklarını sürdürmektedir (Schmidt et al., 2022). Bu durum, uluslararası standartların ithal edilmesiyle yerel gerçekliklerin uyumsuzluğundan doğan bir “politika-uygulama boşluğuna” (policy-practice gap) neden olmaktadır. Dolayısıyla, uluslararası standartların ulusal eğitime sağlıklı bir şekilde yön verebilmesi için, yalnızca müfredatın söylemsel düzeyde değiştirilmesi yetmemekte; öğretimin felsefi, tasarimsal ve ölçme ve değerlendirme odaklı tüm bileşenlerinin bu yeni paradigmaya göre radikal bir biçimde senkronize edilmesi gerekmektedir.

Beceri odaklı eğitim vizyonu ile uygulama boşluğunu kapatmanın ilk ve en stratejik adımı ölçme ve değerlendirme mekanizmalarını süreç odaklı, otantik ve biçimlendirici (formative) araçlarla yeniden tasarlamaktır; zira ölçülme-yen beceri, sınıf ortamında karşılık bulamamaktadır. Bu da ancak “bütünsel senkronizasyon” stratejisiyle mümkündür. İkinci olarak, öğretmenler bu dönüşümün edilgen uygulayıcıları değil, etkin tasarımcıları olarak konumlandırılmalı; hizmet öncesi ve hizmet içi öğretmen eğitimi programları “teorik bilgi aktarımından”, “beceri odaklı pedagojik mentorluğa” evrilmelidir. Öğretmenlerin bu paradigma dönüşümüne ayak uydurması, kabullenmesi ve süreci yürütmesinin sağlanması titizlikle üzerinde durulması gereken bir konudur. Son olarak, okul kültürünü ve sınıf içi ekosistemi desteklemek adına, öğretmenlerin yeni yöntemleri deneyebileceği, hata yapmanın öğrenmenin bir parçası kabul edildiği esnek ders saatleri ve mesleki öğrenme toplulukları teşvik edilmelidir. Müfredatın öğretmen niteliğinden okul iklimine sirayet edecek olan çift yönlü bir reform anlayışının temel taşı olduğu unutulmamalıdır. Geleneksel müfredatların doğrusal ve konu merkezli taksonomilerinden çağdaş

sarmal ve süreç odaklı matris modellerine geçiş, yalnızca yapısal bir düzenleme değil, matematiksel bilginin doğasına yönelik epistemolojik bir devrimdir.



💡 Bu bağlamda bölüm, söz konusu politika-uygulama boşluğunu aşmak adına matematik eğitiminde ‘matematiği becerebilme’ paradigmasını kuramsal alt yapıya katkı sunmak amacıyla hazırlanmıştır.

2.1. Uluslararası Standartlar, Modeller ve Temel Göstergeler

Eğitimdeki paradigma dönüşümü ve ulusal-uluslararası alanlarda uyum arayışı, müfredat mimarilerinin köklü biçimde yeniden tasarlanmasını zorunlu kılmıştır. Geleneksel müfredat yapıları, “doğrusal ve konu merkezli” bir taksonomiye dayanırken; beceri temelli müfredat yapıları, “sarmal ve süreç odaklı” bir matris modelini benimsemektedir. Bu yaklaşım, matematiksel bilgiyi hiyerarşik bir işlem basamakları yığını olarak değil, birbiriyle ilişkili ağlar ve örüntüler bütünü olarak konumlandırır. Uluslararası standart belirleyici otoritelerin (OECD, NCTM, IEA) üzerinde uzlaştığı en temel ilke, müfredatın “derinlik ve genişlik” dengesidir. Bunu sağlamanın yolu da az sayıda kavrama odaklanarak ‘*derinlemesine, ilişkisel ve transfer edilebilir*’ bir öğrenmeyi hedeflemekten (Wiggins & McTighe, 2005) geçmektedir. Bu anlamdaki bir öğrenme de beceri edinimi odaklıdır. Freudenthal (1991) tarafından kavramsallaştırılan Gerçekçi Matematik Eğitimi (Realistic Mathematics Education-RME) kuramına göre matematik programlarının kilit noktası ‘matematikselleştirme’ diğer bir deyişle ‘matematik diliyle ifade edebilme’ olmalıdır. Öğrencinin matematiksel yapıların, gerçek dünya problemlerinin çözümü esnasında ve bu problemler aracılığıyla inşa edilmesi gerektiğini savunmaktadır. Dolayısıyla, öğretim tasarımında üniteleri matematiksel konulara göre değil, büyük fikirler ve disiplinlerarası problematik alanlar etrafında örmesi öncelenmektedir (Charles, 2005). Bu sayede öğrencinin bilişsel şemalarında bilginin esnek, geçirgen ve yeni durumlara uyarlanabilir bir ağ yapısında depolanmasını sağlar.

Kavramsal çerçeveden hareketle baktığımızda uluslararası standartlar ışığında inşa edilen beceri temelli bir matematik müfredatının yapısı üç temel boyuttan oluşması beklenir (Şekil 1).



Şekil 1. Matematik Müfredatının Temel Boyutları

Bu üç boyutun kesişim kümesi, öğrencinin matematiksel bilgiyi statik bir depolama nesnesi olmaktan çıkarıp, dinamik bir yapıya dönüştürmesidir.

Uluslararası Standartlar

Genel anlamda baktığımızda uluslararası standartlar ve kavramsallaştırılmaları arasında farklılıklar bulunsa da ulaşmak istediği nihai hedef noktasında bakış açısının aynı olduğunu görebiliriz. Her birinin beslendiği temel kaynak beceri ve yetkinlik odaklı bir matematik eğitimi anlayışıdır. Uluslararası standartlar ve otorite olarak kabul edilenler:

- 🔑 OECD Learning Compass 2030
- 🔑 PISA Matematik Okuryazarlığı Çerçevesi (Mathematization)
- 🔑 TIMMS (Trends in International Mathematics and Science Study)
- 🔑 NCTM (National Council of Teachers of Mathematics) Süreç Standartları
- 🔑 **OECD (Learning Compass); Öğrenme Pusulası 2030**

OECD'nin 2015 yılında başlattığı "Eğitim ve Becerilerin Geleceği 2030" (Future of Education and Skills 2030) projesinin en somut ve makro düzeydeki felsefi çıktısı, bu öğrenme pusulası raporudur. Uluslararası akreditasyon bağlamında beceri temelli matematik programlarına bakıldığında en güncel, en vizyoner ve kapsamlı harita OECD Öğrenme Pusulası 2030 çerçevesidir. Bu çerçeve, öğrenmeyi bireyin belirsiz, karmaşık ve hızla değişen her şeye karşın gelecekte yolunu bulmasını sağlayan bir araç olarak kavramsallaştırmaktadır (OECD, 2019). Matematik eğitimi, bu pusulanın merkezinde yer alan "Temel Okuryazarlıklar" kategorisinin en stratejik alanlarından biridir. Bu öğrenme

pusulası bağlamında matematik programları, artık sadece bilişsel yeterlilikleri değil; öğrencinin kendi öğrenme sürecini sağlamasının yanı sıra toplumsal dönüşümün de önemli bir parçası haline gelen ‘matematiksel eylemlilik’ (Boaler & Greeno, 2000; OECD, 2023) becerisini edinmesi de ön plana çıkmaktadır.

OECD Öğrenme Pusulası 2030 beceri temelli bir matematik programı, üç yetkinliği sınıflara ve müfredatın özüne yerleştirmektedir:

a) Yeni Değerler Yaratmak: Öğrencinin matematiksel modelleme ve veri analitiği yeteneğini kullanarak toplumsal, ekonomik ya da çevresel sorunlara inovatif, sürdürülebilir ve rasyonel çözümler üretebilmesi.

b) Gerilimleri ve İkilemleri Uzlaştırmak: Büyük veri setleri, çelişkili veri setleri ve yapay zekâ karşısında eleştirel düşünme ve matematiksel muhakeme yoluyla kararlar alabilmesi, rasyonel ve dengeli analizler yapabilmesi.

c) Sorumluluk Almak: Matematiksel çıktılarının etik, sosyal ve algoritmik sonuçlarını değerlendirebilen eleştirel bir matematiksel okuryazarlık düzeyine erişme

OECD 2030, bir sınav standardı değil; bir müfredat felsefesi ve insan profili standardı ortaya koymuştur.

Matematik eğitimi özelinde öğrenme pusulasının belirlediği uluslararası standartlar üç ana başlıkta somutlaşır:

- 1) Matematiksel eylemlilik,
- 2) Dört boyutlu bilgi (disipliner, disiplinlerarası, epistemik, yöntemsel bilgi),
- 3) Dönüştürücü yetkinlikler ve Beklenti-Eylem-Yansıtma

Bu dönüştürücü yetkinlikler; matematik eğitiminde bilgi, beceri, tutum ve değerler arasındaki statik ayrımı ortadan kaldırarak, bunları eylem anında birleştiren bir “Beklenti-Eylem-Yansıtma” (Anticipation-Action-Reflection - AAR) döngüsüne dönüştürmektedir. Öğrenci bir matematik problemini çözerken sadece formül uygulamaz; o problemin toplumsal bağlamını öngörür, matematiksel araçlarla eyleme geçer ve elde ettiği sonuçların geçerliliğini üstbilişsel olarak sorgular.

Bu vizyoner çerçeve, uluslararası akreditasyon standartları (IB-International Baccalaureate, Cambridge International Examinations vb.) ile ampirik ve operasyonel bir zeminde doğrudan buluşmaktadır. Örneğin, IB Matematik müfredat yapısı (Applications and Interpretation / Analysis and Approaches), OECD’nin bu eylemlilik ve dönüştürücü (transfer etme) yetkinlik ilkelerini (AAR) doğrudan yansıtmaktadır. Matematiksel araçları “Keşif” (Exploration)

projeleri üzerinden gerçek dünya sorunlarını çözmek ve küresel vatandaşlık bilinci geliştirmek üzere konumlandırır (IBO, 2019). Uluslararası akreditasyon standartları, matematik dersini formel bir disiplin olmaktan çıkarıp, öğrencilerin “Öğrenmeyi Öğrenme” (metacognition) süreçlerini yönettikleri bir laboratuvar olarak kurgulamaktadır. Aksi takdirde matematik dersi yalnızca zihni çalıştıran ve disipline eden bir alan olarak ele alınır. Çünkü formel disiplinde öğrenilen konunun içeriği veya günlük hayatta bir işe yarayıp yaramadığı önemli değildir; önemli olan o konunun zihni ne kadar “çalıştırdığı” ve disipline ettiği. Bu matematik disiplini için yeterli bir bakış açısı olmamakla birlikte makul düzeyde de gözetilmesi gereken bir husustur. Sonuçta matematik dersindeki her konunun her noktada günlük hayatla ilişkisini kurmak mümkün olmayabilir, zor ve soyut bir konuyu çalışırken zihinsel kasları çalıştırdığımızı dolayısıyla ‘mantık ve analiz’ yapabilme becerimizi geliştirdiğimizi bilmemiz önemlidir. Bu sayede ileride hiç bilmediğimiz bir iş alanında ya da günlük bir problemle karşılaştığımızda çok daha rahat akıl yürütebiliriz.

Ampirik araştırmalar, OECD 2030 felsefesiyle senkronize edilmiş ve uluslararası standartlara göre akredite edilmiş matematik programlarında öğrenim gören öğrencilerin, bilişsel esneklik (cognitive flexibility) ve matematik kaygısının (math anxiety) yönetimi konularında geleneksel ve davranışçı programlardaki akranlarına kıyasla anlamlı derecede daha yüksek performans gösterdiklerini ortaya koymaktadır (Baroody ve diğerleri, 2016). Problem çözme süreçlerinde alternatif stratejiler geliştirmeyi teşvik eden ve hata yapmayı öğrenmenin doğal bir parçası olarak kabul eden eylem odaklı pedagojik yaklaşımlar, öğrencilerin matematiksel durumlar karşısında bilişsel esneklik göstermelerini ve duyuşsal bariyerleri aşmalarını sağlamaktadır (Boaler, 2019; Verschaffel ve diğerleri, 2020). Nitekim nöroedümsel ve boylamsal araştırmalar, OECD 2030 Pusulası’nda vurgulanan “Beklenti-Eylem-Yansıtma” döngüsüyle paralellik gösteren zenginleştirilmiş öğrenme ortamlarının, öğrencilerin matematiksel öz-yeterlilik algularını yükselttiğini ve amigdala aktivasyonuna bağlı gelişen performans kaygısını baskılayarak bilişsel kontrol ağlarını optimize ettiğini kanıtlamaktadır (Dowker ve diğerleri, 2016; Lyons & Beilock, 2012).

OECD Öğrenme Pusulası 2030 ve uluslararası akreditasyon standartları, matematik eğitimini teknik bir zanaat olmaktan çıkarıp, karmaşık dünya sistemlerini anlamlandırma, manipüle etme ve dönüştürme becerisi olarak yeniden kodlamaktadır. Bu uluslararası standartlar, ulusal programların “içerik yığılımı” tuzağından kurtulması ve eylem odaklı bir pedagojiye geçmesi için evrensel bir kaldıraç görevi görmektedir (Coburn, 2016). Uluslararası düzeydeki bu kuramsal, felsefi ve akreditasyon odaklı makro yapı, somut bir müfredat

tasarımında ve sınıf içi pedagojik uygulamalarda nasıl hayata geçirileceği sorusuna nitelikli ve yapılandırmada yön gösterici yanıtlar vermektedir.

🔑 PISA (Programme for International Student Assessment); Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı

OECD tarafından yürütülen PISA, geleneksel ölçme yöntemlerinin aksine matematik eğitimini teknik bir zanaat olmaktan çıkarıp, 21. yüzyılın gerçek becerilerine odaklanan bütüncül bir okuryazarlık çerçevesi olarak kurgular. Bu vizyon doğrultusunda süreç ve performans değerlendirmesini temel alan PISA, öğrencilerin ezber bilgilerini değil, karmaşık dünya sistemlerini anlamlandırma yeteneği olan “matematiksel muhakeme” becerisini ölçer. Bu yaklaşım, bireyin statik bilgi yığınları yerine, karşılaştığı dinamik sorunları çözebilecek bir eylemlilik ve dönüştürücü yetkinlik kazanmasını hedefler. Nihai amaç; günlük yaşamın getirdiği karmaşayı, belirsizliği ve ham verileri nitelikli bir şekilde matematik diliyle ifade edebilen, kararlarının sorumluluğunu alan ve dünyayı aktif olarak biçimlendirebilen rasyonel bireyler yetiştirmektir (OECD, 2019).

🔑 TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study); Uluslararası Matematik ve Fen Eğilimleri Araştırması

Uluslararası Eğitim Başarılarını Değerlendirme Kuruluşu (IEA) tarafından yürütülmektedir. PISA'nın günlük yaşam odaklı okuryazarlık yaklaşımından farklı olarak, doğrudan okul müfredatına dayalı bir başarı ölçüm modeli sunar (Mullis & Martin, 2021). Bu vizyon doğrultusunda TIMSS, ulusal müfredatların hedeflediği akademik içeriğin öğrenciler tarafından ne derece edinildiğini uluslararası ölçekte izlemeyi amaçlar (IEA, 2023). Sistem, öğrencilerin kazanımlarını sayılar, cebir, geometri ve veri gibi temel matematik öğrenme alanlarıyla doğrudan eşleşen yapısal bir bütünlük içinde test eder (Mullis & Martin, 2021).

Söz konusu akademik takibin merkezinde ise “Bilme, Uygulama ve Akıl Yürütme” adımlarından oluşan üçlü bilişsel alan hiyerarşisi yer alır (Blömeke ve diğerleri, 2015; Garden ve diğerleri, 2006; IEA, 2023). TIMSS bu bilişsel mimari aracılığıyla, olgusal bilgiyi hatırlama düzeyinden başlayarak, rutin problemlerin operasyonel çözümüne ve nihayetinde soyut durumlar arasındaki izomorfik ilişkileri kurabilen üst düzey akıl yürütme kapasitesine kadar uzanan hiyerarşik bir spektrumunu ölçer (Blömeke ve diğerleri, 2016; Shvarts & Bakker, 2019). Bu yönüyle sistem, makro-eğitim politikalarının akademik çıktılarını ampirik verilerle rasyonalize eden ve ulusal programların yapısal optimizasyonuna yön veren kuramsal bir mihenk taşıdır (Clarke, 2021).

Nihai amaç; ulusal programların akademik etkinliğini ölçmek, öğretim programlarındaki güçlü ve zayıf yönleri somut verilerle ortaya koyarak eğitim

sistemlerinin bilimsel gelişimine katkı sağlamaktır (IEA, 2023; Mullis & Martin, 2019).

🔑 NCTM (National Council of Teachers of Mathematics); Ulusal Matematik Öğretmenleri Konseyi

Ulusal Matematik Öğretmenleri Konseyi (NCTM) tarafından konsolide edilen vizyon, matematik eğitimini teknik bir zanaat veya mekanik bir formül ezberi olmaktan çıkarmaktır. Amaç, sınıfları öğrencilerin birlikte düşündüğü, tartıştığı ve ortaklaşa bilgi ürettiği “matematiksel topluluklara” dönüştürmektir (Goos, 2004; NCTM, 2000, 2020). Bu yapıda matematik, öğretmen tarafından doğrudan aktarılan statik bir bilgi değil; öğrencinin aktif olarak deneyimlediği canlı bir süreçtir (Schoenfeld, 2016). NCTM bu dönüşümün merkezine; problem çözme, akıl yürütme ve ispat, iletişim, ilişkilendirme/bağlantı kurma ile temsil etme mekanizmalarından oluşan beş temel “Süreç Standardı” yerleştirir (NCTM, 2000). Bu standartlar sayesinde öğrenciler, soyut matematiksel kavramlar arasında bağlar kurmayı ve fikirlerini topluluk önünde savunmayı öğrenirler (Yackel & Cobb, 1996). Nihai hedef; ezbercilikten uzak, matematiği bir iletişim dili olarak kullanabilen ve günlük hayattaki problemleri farklı çözüm yollarıyla kontrol edebilen rasyonel bireyler yetiştirmektir (Ball ve diğerleri, 2008; NCTM, 2020).

🔑 Avrupa Birliği (Key Competences for Lifelong Learning); Hayat Boyu Öğrenme İçin Anahtar Yetkililikler

Hayat boyu öğrenme için anahtar yetkinlikler; Avrupa’daki birçok müfredat reformunun ve dolayısıyla Türkiye’deki ulusal yeterlilik çerçevelerinin temelini oluşturur. İlk olarak 2006 yılında kabul edilen ve 2018 yılında günümüzün dijital ve ekolojik dönüşüm gereksinimlerine göre revize edilen bu referans çerçevesi, bireylerin kişisel gelişim, istihdam edilebilirlik, sosyal entegrasyon ve etkin-aktif vatandaşlık için ihtiyaç duyduğu 8 anahtar yetkinliği belirler.

Bu yetkinlikler şu şekildedir:

- ☐ Okuryazarlık yetkinliği,
- ☐ Dil yetkinliği,
- ☐ Matematiksel yetkinlik ile bilim, teknoloji ve mühendislikte yetkinlik,
- ☐ Dijital yetkinlik,
- ☐ Kişisel, sosyal ve öğrenmeyi öğrenme yetkinliği,
- ☐ Vatandaşlık yetkinliği,
- ☐ Girişimcilik yetkinliği,

☐ Kültürel farkındalık ve ifade yetkinliği.

Bu çerçevenin matematik eğitimi açısından önemi, matematiği yalıtılmış bir akademik disiplin olmaktan çıkarıp farklı anahtar yetkinliklerle geçiş bir matrise oturtmasıdır. Özellikle “öğrenmeyi öğrenme” yetkinliği öğrencinin matematiksel süreçlerde hata yapmayı bir öğrenme stratejisine dönüştürmesini sağlayan üstbilişsel esnekliği sağlarken; “girişimcilik ve dijital yetkinlikler” matematiksel modelleme araçlarının gerçek dünya sorunlarına ve inovatif süreçlere transfer edilmesine olanak tanır.

Bu çerçeve; dijital yetkinlik, kültürel farkındalık, girişimcilik ve üstbilişsel bir zırh niteliğindeki ‘öğrenmeyi öğrenme’ dahil olmak üzere, bireyin yaşam boyu ihtiyaç duyacağı sekiz anahtar yeterliliği standardize etmektedir. Matematik eğitimi pedagojisi özelinde bu vizyon, disiplinin sınırlarını radikal bir biçimde genişletmektedir. Matematiksel yetkinlik artık salt formel formüllerin işletilmesi değil; bireyin karmaşık yaşam durumlarında, dijital ekosistemlerde ve girişimcilik süreçlerinde karşılaştığı rasyonel/analitik problemleri teşhis etme, çözme ve bu süreçleri kendi öğrenme eğrisine entegre etme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır (European Commission, 2019; Halász & Michel, 2011). Bu bağlamda, uluslararası standartlara göre akredite edilen matematik programları, disiplini yalıtılmış bir konu yığını olmaktan kurtararak, hayat boyu öğrenme yetkinlikleriyle yatay olarak kesişen ve öğrenciye bütünsel bir eylemlilik kazandıran disiplinler üstü bir köprü olarak konumlandırmaktadır (Pepper, 2011).

🔗 Adding It Up” (2001) Raporu

National Research Council (Milli Araştırma Konseyi) tarafından yayımlandığından beri matematik eğitiminde “beceri edinimine dönük” paradigmasının en güçlü teorik manifestosu olarak kabul edilir. Raporda matematiksel yeterlilik, tek tek ayrılmış beceriler yerine, bir halatın birbirine sıkı sıkıya sarılmış beş örgüsü (five intertwined strands) olarak betimlenir.

Bilişsel ve Bütünsel Yeterlilik Modeli, Matematiksel Yeterliliğin 5 Örgüsü:

1. Kavramsal Anlama (Conceptual Understanding)
2. İşlemsel Akıcılık (Procedural Fluency)
3. Stratejik Yetkinlik (Strategic Competence)
4. Adaptif Akıl Yürütme (Adaptive Reasoning)
5. Üretken Eğilim (Productive Disposition)

Eğer bu örgülerden biri eksik kalırsa, halat kopar ve gerçek anlamda matematik “becerisi” imkânsız hale gelir.

Bu uluslararası otoriteleri ve temel raporları aynı matriste buluşturan Uluslararası Standartları Matematik Eğitimi süreçleri özelinde tasarlarken kullandıkları standartlara ilişkin tablo aşağıda sunulmaktadır.

Tablo 1. Küresel Standartlar, Raporlar ve Ulusal Çerçevesel İşığında Matematik Eğitimi Matrisi

Otorite / Kurum / Rapor	Temel Yaklaşımı	Getirdiği Temel Standartlar ve Kavramlar	Matematikteki Nihai Hedefi
OECD 2030 (Öğrenme Pusulası)	Müfredat ve İnsan Felsefesi	§ <i>Matematiksel Eylemlilik</i> § <i>Dört Boyutlu Bilgi</i> § <i>Beklenti-Eylem-Yansıtma (AAR) Döngüsü</i>	Geleceğin belirsiz dünyasında yönünü bulabilen, üreten ve etkin vatandaş yetiştirmek
PISA (OECD) (Okuryazarlık Çerçevesi)	Süreç ve Performans Değerlendirmesi	§ <i>Matematiksel Muhakeme</i>	Günlük yaşamın karmaşasını, belirsizliğini ve verilerini matematik diliyle ifade edebilen rasyonel bireyler
TIMSS (IEA)	Müfredat Tabanlı Başarı Ölçümü	Üçlü Bilişsel Alan: § <i>Bilme,</i> § <i>Uygulama,</i> § <i>Akul Yürütme</i>	Ulusal müfredatların hedeflediği akademik içeriğin öğrenciler tarafından ne derece edinildiğini uluslararası ölçekte izlemek
NCTM (2000, 2020)	Pedagojik ve İçeriksel Tasarım Standartları	Süreç Standartları: § <i>Problem Çözme,</i> § <i>Akul Yürütme ve İspat, İletişim,</i> § <i>İlişkilendirme-Bağlantı Kurma,</i> § <i>Temsil Etme</i>	Matematik öğretiminin kalitesini artırmak; sınıfları formül ezberinden kurtarıp matematiksel topluluklara dönüştürmek.
Adding It Up Raporu	Bilişsel ve Bütünsel Yeterlilik Modeli	Matematiksel Yeterliliğin 5 Örgüsü: 1. <i>Kavramsal Anlama</i> 2. <i>İşlemsel Akıcılık</i> 3. <i>Stratejik Yetkinlik</i> 4. <i>Adaptif Akul Yürütme</i> 5. <i>Üretken Eğilim</i>	Matematiği sadece bilişsel bir süreç değil; inanç, tutum, esneklik ve akıcılığın birbirine örüldüğü bütüncül bir güç olarak inşa etmek.

Avrupa Yeterlilikler Çerçevesi TYÇ	Yaşam Boyu Öğrenme ve İstihdam Yetkinliği	8 Anahtar Yeterlilik § Okuryazarlık yetkinliği, § Dil yetkinliği, § Matematiksel yetkinlik ile bilim, teknoloji ve mühendislikte yetkinlik, § Dijital yetkinlik, § Kişisel, sosyal ve öğrenmeyi öğrenme yetkinliği, § Vatandaşlık yetkinliği, § Girişimcilik yetkinliği, § Kültürel farkındalık ve ifade yetkinliği.	Matematiksel düşünmeyi akademik bir duvarın arkasından çıkarıp, iş gücü ve sosyal hayatta hayatta kalma ve değer üretme dili kılmak.
------------------------------------	---	---	---

Tablo 1 incelendiğinde, matematik eğitimindeki beceri edinimine dönüşen paradigmasının tek bir kurumun dayatması olmadığı, aksine farklı epistemolojik odaklara sahip otoritelerin ortak bir paydaya doğru paradigma birliği sağlanmaya çalışıldığı ve kavramsal düzeyde farklılıklar bulunsa dahi ortaklaşan bakış açısı açıkça görülmektedir. Örneğin, dönüşümün ilk adımı sınıf içinde, öğretimin niteliğinde başlar. NCTM'in beş süreç standardı (problem çözme, akıl yürütme, iletişim, ilişkilendirme, temsil), bir öğretmenin sınıf içinde kuracağı pedagojik stratejilerin sınırlarını belirler. Ancak bu süreçlerin havada kalmaması ve öğrencinin zihninde organik birer yapıya dönüşmesi gerekir. İşte tam bu noktada, ABD Ulusal Araştırma Konseyi'nin (NRC) raporu "Adding It Up", bilişsel mimariyi kurar. Raporda tanımlanan beşli örgü (Mathematical Proficiency), matematiğin sadece "bilmekten" ibaret olmadığını; kavramsal anlama, işlem akıcılığı, stratejik yetkinlik, adaptif akıl yürütme ve üretken eğilim (matematiği yararlı ve yapılabilir görme) ile bir bütün oluşturduğunu gösterir (National Research Council, 2001). NCTM sınıfın atmosferini değiştirirken, Adding It Up bu atmosferin zihindeki kalıcı izini açıklar.

Sınıf içinde kazanılan bu güçlü bilişsel ve pedagojik birikim, okul duvarlarının dışına taşmadığı sürece formel disiplin tuzağına düşmeye mahkumdur. Matematiksel bilginin bir şekilde günlük hayatla ilişkilendirilen, günlük hayata aktarabilen yönlerinin vurgulandığı bir yapıda kurgulanması 21. yüzyıl öğrencileri

için vazgeçilmez bir gerekliliktir. PISA ve OECD Öğrenme Pusulası 2030, bu birikimi sınıfın dışındaki gerçek dünya ekosistemine tercüme eder (OECD, 2019, 2023). Matematik artık sadece kağıt üzerinde çözülen bir problem değil, sosyo-ekonomik krizleri, iklim verilerini veya yapay zekâ algoritmalarını manipüle etme gücüdür. OECD bu güce “matematiksel eylemlilik” der (Biesta, 2020). Öğrenci, Adding It Up raporunun vurguladığı adaptif akıl yürütme becerisini kullanarak günlük hayatın karmaşasını matematik diliyle ifade eder ve dünyayı aktif bir özne olarak dönüştürür.

Tüm bu pedagojik ve küresel vizyonun, sürdürülebilir ve denetlenebilir olması için yasal ve yapısal bir standarda kavuşması şarttır. Avrupa Yeterlilikler Çerçevesi (AYÇ) ve onun ulusal yansıması olan Türkiye Yeterlilikler Çerçevesi (TYÇ), bu dönüşümü yasalaştırır. TYÇ, matematiği sadece bir okul dersi olarak değil, her vatandaşın sahip olması gereken 8 anahtar yetkinlikten biri olarak tanımlar. Böylece süreç, yaşam boyu öğrenmenin, esnek iş gücü piyasasının ve modern ekonominin yapısal bir standardı haline gelir.

3. Ulusal Müfredat Reformu ile Uluslararası Çerçevenin Kesişimi: Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli

Eğitim bilimleri alan yazınında müfredat reformları, genellikle “yerel kültürel değerlerin muhafaza edilmesi “ ile “küresel ekonomik ve teknolojik gereksinimlere uyum” arasındaki hassas dengede şekillenir (Green, 1997; Spring, 2008). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli, bu dengeyi “bütüncül eğitim” ve “yetkinlik tabanlı yaklaşım” ile aşmayı hedefleyen bir sentez yapı olma iddiasındadır.

✿**Bütüncül Gelişim:** Bireyi sadece bilişsel değil, duyuşsal, sosyal ve değerler boyutuyla bir bütün olarak ele alır. Yetkinliklerin sadece bilgi düzeyinde kalmayıp eyleme dönüşmesi gerektiğini vurgular. Miller (2007)’in bütüncül eğitim teorilerine paralel bir bakış açısıdır.

✿**Yetkinlik-Beceri Entegrasyonu:** Maarif modeli, süreç odaklı beceriler edinimini merkeze alır. Bu yaklaşım, Weinert’in (2001) yetkinlik kuramına ve OECD’nin (2018) Future of Education and Skills 2030 projesinde ortaya koyduğu “Öğrenme Pusulası” (Learning Compass) ile teorik olarak örtüşmektedir.

Türkiye’de 2024 yılında kademeli olarak uygulamaya konulan “Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli”, ulusal ölçekte köklü bir müfredat reformu olmanın ötesinde, uluslararası eğitim paradigmalarıyla uyum iddiası taşıyan referans niteliğinde bir politika belgesidir.

3.1. Maarif Modeli Matematik Müfredatı ile Uluslararası Standartların Karşılaştırılması

Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Matematik Müfredatı, geleneksel sarmal yapıdan ziyade “Beceri Örgüsü Temelli” bir tasarım sunar. Model kapsamında, bir bireyin karşılaştığı matematiksel durumlarla başa çıkabilmesini ve matematiksel yetkinliğini geliştirmesini sağlayan 5 temel alan becerisi (MAB) ve süreç bileşenleri tanımlanmıştır:

- MAB1: Matematiksel Muhakeme: Bilgi veya varsayımlar kullanarak mantığa yatkın çıkarımlarda bulunma sürecidir.
- MAB2: Matematiksel Problem Çözme: Bireyin önceden karşılaşmadığı ya da farklı koşullarda karşılaştığı bir durumun içerdiği soruna matematiksel çözümler geliştirmesidir.
- MAB3: Matematiksel Temsil: Matematik diliyle ifade edilebilir bir durumu, problemi, çözümü ya da ispatı bireyin anlamlandırması ve çevresi ile paylaşarak tartışması için süreçleri, olguları ve düşünceleri sergileme araçlarıdır.
- MAB4: Veri ile Çalışma ve Veriye Dayalı Karar Verme: İstatistiksel bir problemi çözmek veya bir araştırma sorusuna yanıt bulmak için verilerden belirli süreç adımlarını takip ederek anlamlı sonuçlar çıkarmadır.
- MAB5: Matematiksel Araç ve Teknoloji ile Çalışma: Matematiği öğrenirken, bir problemi araştırırken veya paylaşırken uygun araç ve teknolojiden yararlanmadır.

Aşağıdaki matris, modelin TYMM matematik alan becerilerinin uluslararası standartlarla hangi noktalarda kesiştiğini ve ayrıştığını göstermektedir:

Tablo 2. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli ve Uluslararası Standartlar Karşılaştırması

Analiz Boyutu	Uluslararası Standartlar (NCTM, OECD-PISA, UNESCO)	Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Matematik Müfredatı	Uyum ve Kesişim Düzeyi
Süreç Becerileri	NCTM: Akıl yürütme, ispat ve ilişkilendirmeyi odağa alır. OECD: Gerçek dünya problemlerini formüle etme, yürütme ve değerlendirmeyi savunur.	§ Matematiksel Muhakeme § Matematiksel Problem Çözme § Matematiksel Modelleme	Model, NCTM’in süreç standartlarını doğrudan “Alan Becerileri” başlığı altında yapısal bir omurgaya dönüştürmüştür.

Düşünme Eğilimleri	OECD 2030: Üstbilişsel beceriler, eleştirel ve algoritmik düşünme ön plandadır. Adding It Up (National Research Council, 2001) “Productive Disposition” (Üretken Eğilim)	“Eğilimler” Azim, kararlılık, öz güven ve matematiksel merak gibi zihinsel ve duyuşsal özellikler müfredata entegre edilmiştir.	Matematiksel performansta duyuşsal faktörlerin rolünü vurgulayan güncel alan yazınla paralellik göstermektedir.
İçerik ve Yoğunluk	Uluslararası Eğilim “Teach Less, Learn More” felsefesi. Derinlemesine kavramsal öğrenme	Müfredat genelinde konu yoğunluğu azaltılmış, sadeleştirmeye gidilmiştir. Kavramsal anlamaya alan açılmıştır.	Yapısal sadeleşme uluslararası yapıya uygundur; ancak uygulamadaki derinlik öğretmen yeterliliklerine bağlıdır.
Bağlam ve Değerler	UNESCO: Sürdürülebilirlik, küresel vatandaşlık, etik ve disiplinlerarası bağlamlar.	“Değerler Eğitimi” ve “Milli/Manevi Entegrasyon” süreç içi öğeler olarak formüle edilmiştir.	Farklılaşan Sentez: Uluslararası modeller değerleri daha seküler/ küresel vatandaşlık ekseninde ele alırken, Maarif Modeli evrensel becerileri yerel/ ulusal değer aksıyla birleştirmeyi dener.

Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli, matematik eğitimi özelinde incelendiğinde, NCTM’in süreç standartları ve OECD’nin matematiksel okuryazarlık tanımlarıyla yapısal düzeyde güçlü bir uyum sergilemektedir. Formül ezberleten ve mekanik işlem becerisini ölçen geleneksel yaklaşımdan; muhakeme eden, modelleyen ve üstbilişsel stratejiler geliştiren bir öğrenci profilini hedeflemesi uluslararası matematik standartları doğrultusunda eğitimin hedeflendiğinin bir diğer kanıtıdır. Ancak alan yazındaki sistemik reform çalışmalarının (Fullan, 2007; Hargreaves & Shirley, 2012) altını çizdiği üzere, bir müfredatın başarısı metnin kalitesinden ziyade uygulama ekosistemine bağlıdır. Modelin başarısı için şu iki kritik eşik önem arz etmektedir:

☐ **Öğretmen İnanışları ve Yeterlilikleri:** Öğretmenlerin epistemolojik inanışları, bilgi kazandırma odaklı bakış açıları geleneksel yöntemlerden beceri temelli yaklaşıma evrilmedikçe ‘beceri edinimi’ odağındaki paradigmanın sınıfta karşılık bulması zordur (Ernest, 1989; Pajares, 1992). Öğretmenler müfredatın aktif tasarımcıları olduğundan, sınıftaki tüm süreçler öğretmenlerin inanış ve bakış açılarına göre şekillenir. Buradaki hayati unsur öğretmenlerin müfredatı uygulama eğiliminde olmalarını sağlamaktır. Örneğin; Finlandiya; Fen Bilimleri

ve Matematik: Finnish National Agency for Education (2016) tarafından hazırlanan programlarda içerik çok genel hatlarla sunulmuştur ve doğrudan hedef davranışlar içermemektedir. Öğrenme alanları üzerinden yeterlikler edindirmeye çalışan aynı zamanda içerikte öğretmene geniş esneklikler tanıyan bir yapıya sahiptir. Bu noktada ‘esneklik’ konusunun disiplin özelinde ya da genelde yapılandırmak tamamen öğretmenin yetkinliğine emanet edilmiştir.

☐ **Ölçme ve değerlendirme Paradoksu:** Süreç odaklı ve beceri temelli bir müfredatın, çoktan seçmeli merkezi sınav sistemleriyle uyumlu hale getirilmesi bir zorunluluktur. Diğer türlü ‘sınava yönelik öğretim’ baskısı, müfredatın beklediği ‘beceri edinimi’ önceliğini işlevsizleştiren bir sonucu güçlendirir.

Eğer ölçme ve değerlendirme sistemi, müfredatın felsefesine ve yaklaşımına göre değiştirilmezse, yeni müfredat sadece **“etkili bir kılavuz kitapçık”** olarak kalır.

Eğer öğrencilerin becerisini geliştirmek istiyorsak, merkezi sınavın da sadece şıkları işaretleten değil; açık uçlu, yoruma dayalı, süreçteki performansı da puanlayan bir yapıya evrilmesi gerekir. Aksi takdirde, eski ölçme sistemi yeni müfredatı yutar ve sistem eski ezberci yapısına geri döner. Bir eğitim sisteminde “neyi puanlıyorsanız, değerli olan odur.” Süreci puanlamıyorsanız, sadece sonucu diğer bir deyişle ‘doğru şıkkı’ puanlıyorsanız, beceri temelli müfredatın hayata geçirilmesi beklenemeyeceği açıktır. Bu noktada ivedilikle ulusal ölçme ve değerlendirme sisteminin ‘beceri edinimi odaklı’ müfredat ışığında ve yolunda yapılandırılması uygun olacaktır.

Kaynakça

- Ball, D. L., Thames, M. H., & Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special?. *Journal of Teacher Education*, 59(5), 389-407.
- Baroody, A. J., Purpura, D. J., Eiland, M. D., Reid, E. E., & Paliwal, V. (2016). Does fosters subitizing fluency improve turn-of-the-century mathematical proficiency?. *Journal for Research in Mathematics Education*, 47(5), 456-475.
- Biesta, G. (2020). Risking ourselves in education: Qualification, socialization, and subjectification revisited. *Educational Theory*, 70(1), 89-104.
- Blömeke, S., Gustafsson, J. E., & Shavelson, R. J. (2015). Beyond dichotomies: Competence viewed as a continuum. *Zeitschrift für Psychologie*, 223(1), 3-13.
- Blömeke, S., Busse, A., Kaiser, G., König, J., & Sühl, U. (2016). Teacher competence as a nonlinear continuum. *Zeitschrift für Psychologie*, 224(2), 1-13.
- Boaler, J. (2019). *Limitless mind: Learn, lead, and live without barriers*. HarperOne.
- Boaler, J., & Greeno, J. G. (2000). Identity, agency, and knowing in mathematics worlds. In J. Boaler (Ed.), *Multiple perspectives on mathematics teaching and learning* (pp. 171-200). Ablex Publishing.
- Charles, R. I. (2005). Big ideas and understandings as the foundation for elementary and middle school mathematics. *Journal of Mathematics Education Leadership*, 7(3), 9-24.
- Clarke, M. (2021). The education policy-practice gap: An international perspective on structural optimization. *Educational Assessment, Evaluation and Accountability*, 33(2), 145-167.
- Coburn, C. E. (2016). Policy implementation and instruction. In M. A. Peters (Ed.), *Encyclopedia of educational philosophy and theory* (pp. 1-6). Springer.
- Dowker, A., Sarkar, A., & Looi, C. Y. (2016). Mathematics anxiety: What have we learned in 60 years?. *Frontiers in Psychology*, 7, Article 508.
- Ernest, P. (1989). The impact of beliefs on the teaching of mathematics. In P. Ernest (Ed.), *Mathematics teaching: The state of the art* (pp. 249-254). Falmer Press.
- European Commission. (2019). *Key competences for lifelong learning*. Publications Office of the European Union.
- Freudenthal, H. (1991). *Revisiting mathematics education: China lectures*. Kluwer Academic Publishers.
- Fullan, M. (2007). *The new meaning of educational change* (4th ed.). Teachers College Press.
- Garden, R. A., Lie, S., Robitaille, D. F., Rey, K., Arora, A., Olson, J. F., & Lam, A. (2006). *TIMSS advanced 2008 assessment frameworks*. International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).
- Goos, M. (2004). Learning mathematics in a classroom community of inquiry. *Journal for Research in Mathematics Education*, 35(4), 258-291.

- Green, A. (1997). *Education, globalization and the nation state*. Palgrave Macmillan.
- Halász, G., & Michel, A. (2011). Key competences in Europe: Interpretation, policy formulation and implementation. *European Journal of Education*, 46(3), 289-306.
- Hargreaves, A., & Shirley, D. (2012). *The global fourth way: The quest for educational excellence*. Corwin Press.
- International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA). (2023). *TIMSS 2023 assessment frameworks*. IEA Secretariat.
- International Baccalaureate Organization. (2019). *Mathematics: Applications and interpretation guide*. IBO.
- Kaur, B. (2021). The Singapore mathematics curriculum. In C. P. Vistatro & R. G. Almeida (Eds.), *Mathematics education in the Asian region: A comparative study of syllabi and teacher competencies* (pp. 45–68). Springer.
- Lyons, I. M., & Beilock, S. L. (2012). When math hurts: Neurological predictors of naturally occurring math anxiety. *PLoS ONE*, 7(10), Article e48076.
- Miller, J. P. (2007). *The holistic curriculum* (2nd ed.). University of Toronto Press.
- Mullis, I. V. S., & Martin, M. O. (Eds.). (2019). *TIMSS 2019 assessment frameworks*. International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).
- Mullis, I. V. S., & Martin, M. O. (Eds.). (2021). *TIMSS 2023 assessment frameworks*. International Association for the Evaluation of Educational Achievement (IEA).
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Author.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2020). *Catalyzing change in high school mathematics: Initiating critical conversations*. Author.
- National Research Council. (2001). *Adding it up: Helping children learn mathematics*. J. Kilpatrick, J. Swafford, and B. Findell (Eds.). Mathematics Learning Study Committee, Center for Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. National Academy Press.
- Niss, M., & Jablonka, E. (2020). Mathematical literacy. In S. Lerman (Ed.), *Encyclopedia of mathematics education* (pp. 590-596). Springer.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2018). *The future of education and skills: Education 2030*. OECD Publishing.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2019). *OECD learning compass 2030: A series of concept notes*. OECD Publishing.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2023). *PISA 2022 mathematics framework*. OECD Publishing.
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307-332.

- Pepper, A. (2011). Assessing key competences across the curriculum—and Europe. *European Journal of Education*, 46(3), 335-353.
- Radford, L. (2021). The emergence of algebraic thinking: A semiotic and cultural perspective. *Educational Studies in Mathematics*, 106(3), 325-341.
- Sahlberg, P. (2021). *Finnish lessons 3.0: What can the world learn from educational change in Finland?* (3th ed.). Teachers College Press.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. In D. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 334-370). Macmillan.
- Schoenfeld, A. H. (2016). Learning to think mathematically: An update. *The Journal of Mathematical Behavior*, 43, 11-20.
- Shvarts, A., & Bakker, A. (2019). The concept of grounding in mathematics education: From embodiment to isomorphism. *Educational Studies in Mathematics*, 102(3), 345-363.
- Skemp, R. R. (1976). Relational understanding and instrumental understanding. *Mathematics Teaching*, 77, 20-26.
- Spring, J. (2008). *Research on globalization and education*. Routledge.
- Spring, J. (2014). *Globalization of education: An introduction* (2nd ed.). Routledge.
- Steen, L. A. (Ed.). (2001). *Mathematics and democracy: The case for quantitative literacy*. National Council on Education and the Disciplines.
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. *Psychology of Learning and Motivation*, 55, 37-76.
- Verschaffel, L., Schukajlow, S., Star, J., & Van Dooren, W. (2020). Word problems in mathematics education: A survey. *ZDM – Mathematics Education*, 52(1), 1-16.
- Weinert, F. E. (2001). Concept of competence: A conceptual clarification. In D. S. Rychen & L. H. Salganik (Eds.), *Defining and selecting key competencies* (pp. 45-65). Hogrefe & Huber Publishers.
- Wiggins, G., & McTighe, J. (2005). *Understanding by design* (2nd ed.). Association for Supervision and Curriculum Development (ASCD).
- Yackel, E., & Cobb, P. (1996). Sociomathematical norms, argumentation, and autonomy in mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 27(4), 458-477.
- Young, M. (2013). Overcoming the crisis in curriculum theory: A knowledge-based approach. *Journal of Curriculum Studies*, 45(2), 101-118.