

Teknoloji Destekli Matematik Öğretimi-II: Hesap Makinesinin Matematik Etkinliklerinde Kullanılması

Yaşar Ersoy

ODTÜ Eğitim Fakültesi Emekli Öğretim Üyesi, 06531 Ankara

Özet: Teknoloji destekli/yardımlı matematik öğretimi bakış noktasından her türlü hesap makinesi (HeMa)'ni, matematik öğretimi ve öğrenme etkinliklerinde yararlı ve etkin kullanma, yalnızca günümüzde ilginç bir araştırma alanı değil, okullarda matematik eğitimini iyileştirmek ve geliştirmek için yararlı bir uğraş, ayrıca sahip olduğu gizil güç nedeniyle gözardı edilmemesi gereken bir araçtır. Belirtilen uğraşlar için kağıt-kalem başta olmak üzere bazı kayıt araçlarına gereksinim duyulur; her türlü aracın yerinde, uygun koşullarda ve etkin kullanılması gerekir. Bunun en önemli bir nedeni, sözkonusu araçların kolaylıkla kayıtedilebilen ve yitmeyen bellek özelliklerinin olmasıdır. Ayrıca, sözkonusu konularda etkileşimli ve yararlı etkinlikleri düzenleme, edinilen bilgi ve becerilerden yararlanarak gerçek dünya problemlerini çözüme ileri HeMa'ni etkin kullanma, vd matematik eğitiminin temel amaçlarından biridir. İki kısımdan oluşan bir dizi çalışmanın birinci kısmında konuyla ilgili gelişmeler kısaca özetlenmekte; teknoloji destekli/yardımlı matematik öğretimi çerçevesinde başta HeMa'nin matematik öğretme-öğrenme etkinliklerinde ne sıklıkta kullanıldığı başta olmak üzere teknolojinin matematik öğretim programıyla bütünleştirilmesinin bir takım yararları açıklanmakta; ayrıca ulaşılabilecek grafik HeMa ile ilgili kaynakların ekte bir listesi sunulmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Bilişim teknolojisi (BiTe), Hesap makinesi (HeMa), Matematik öğretimi, Matematik etkinlikleri, Öğretmen eğitimi, Öğretmen görüşleri ve istekleri

1. GİRİŞ

Değişim sürekli ve kaçınılmazdır. Değişim, yalnızca bir doğa yasası değil, birey ve toplumlar için de geçerli evrensel bir kuraldır. Bu bağlamda, bilim ve teknolojideki gelişmeler, ülkeleri, çağdaş toplumları ve bireylerin yaşantılarını sürekli etkilemekte; varolan durumları ve bazı koşulları değiştirmeye zorlamaktadır. Bunun pek çok tipik örneklerine, geçen yüzyıllarda tanık olunmuş; bazı yeni düzenlemelerin ise kısa sürede bir takım olumlu etkileri görülmüştür. Dahası, 21. yüzyılda, daha da hızlı gelişeceği öngörülen ileri ve geliştirilmiş teknolojilerin, bireyin yaşantısının her yönünü ve çağdaş toplumları derinden etkileyeceği öngörülmekte; eğitim alanında köklü yenilikler ulusal ve uluslararası çeşitli bilimsel ve eğitim toplantılarında tartışma konusu olmaktadır (örneğin, [1-10]). Bu nedenle, her ülkede teknolojik, sosyal ve kültürel değişmeler, toplumun tüm gereksinimlerine yanıt verebilecek nitelikte ve sayıda bireylerin yetiştirilmesini gerektirmektedir. Bu durum, yalnızca bir özlem ve aşırı beklenti değil, yaşamın çıplak gözle görülmesi ve doğru algılanması gereken bir gerçeğidir. Nitekim, her çağdaş toplumda herkese yaşamboyu sürekli ve daha nitelikli eğitim, iş güvencesi ve daha fazla kazanç demek olduğundan gelişmiş ülkeler çocuk ve gençlerin eğitimine sürekli parasal kaynak ayırmakta ve ülkenin geleceğine yatırım yapmaktadır. Sözkonusu yatırımların her ülkede, örneğin OECD (*Organisation of Economic Co-operation and Development*: Ekonomik Gelişme ve İşbirliği Örgütü) ülkelerinde bile aynı düzeyde olmadığı, özellikle gelişmekte olan ülkelerin ulusal gelirlerinden gerekli payı ayırmadıkları, eğitimden kaynaklanan sorunlarını henüz çözemedikleri gözlemlenmektedir.

Sözkonusu beklentiyi gerçekleştirmek, aslında, belirtildiği kadar kolay ve kısa süreli bir uğraş, sıradan işler ve rastgele yapılacak bir görev değildir. Bu konularda yalnızca bilim insanları ve bazı uzmanların değil, tüm eğitimcilerin ve öğretmenlerin daha bilinçli olmaları gerekmektedir. Ayrıca, eğitim konularında kamuoyu bilgilendirilerek başta anne-babalar olmak üzere toplumun değişik kesimlerinin ve sivil toplum örgütlerinin, örneğin meslek

odaları, dernek ve vakıfların desteği sağlanmalıdır. Bu incelemede okullarda matematik öğretimi ve eğitimi (MÖvE) çerçevesinde genelde bilişim teknolojisi (BiTe)'nin, özellikle bilgisayar (BiSa) ve hesap makinesi (HeMa)'nin kullanılmasının yararları vurgulanarak; konunun alan yazınındaki (literatürde) yeri ve etkinliklerin önemi, bazı başlıklar altında açıklanmaktadır. Bunun başlıca nedeni, bilimsel ve teknolojik gelişmeler ve bir takım yenilikler, okullarda MÖvE çok yönlü etkilemekte, öğrenme-öğretme etkinliklere yeni boyutlar kazandırmaktadır. Örneğin, gerçek yaşamda karşılaşılan durumlardan yola çıkarak matematikte problem, problem kurma ve çözme yaklaşımın, BiTe'nin,1980'li yıllardan başlayarak okul matematiğinde önemli değişikliklere neden olduğu gözlenmektedir (örneğin, [11-15]). Konuyla ilgili daha ayrıntılı bilgiler ve bazı uygulama sonuçları, diğer çalışmalarımızda [8-10,14-22] rapor edilmiş olup burada yalnızca HeMa'nin kavram geliştirme ve problem çözmede sunduğu olanaklar, matematik öğretimine sağladığı kolaylıklarla birlikte bazı araştırma sonuçları ve meta analizlerde belirtilen bilgiler özetlenmekte; alıntılarının bir kısmı kısaca yorumlanmaktadır.

Daha açıkçası, çeyrek asır kadar önce elektronik HeMa ilk keşfedildiği zamanlarda Avrupa ülkelerinde ve Amerika'da da matematik öğretiminde HeMa'nin kullanımıyla ilgili bir çok kaygı ve yanıt bekleyen bir dizi sorular bulunmaktaydı. Bu kaygıların bir kısmı, günümüzde önemini yitirmiş olmasına karşın özellikle gelişmekte olan ülkelerde bazı sorunlarla karşılaşılmakta; bireylerin ve toplulukların bilişlendirilmesinde sıkıntılar yaşanmaktadır. Bu nedenle, gerek bazı kaygıları gidermek gerekse bir araç olarak HeMa'ni etkin kullanmak amacıyla pek çok ülkede HeMa'nin kullanılmasıyla ilgili uzun süreli çalışmaları da kapsayan nicel araştırma yapılmış, elde edilen sonuçlar rapor edilerek yayınlanmış; ayrıca karar organlarındaki kişiler bilgilendirilmiştir. Söz konusu araştırmaların sayısı ve niteliği son yıllarda çok artmış olup bir dizi olarak hazırlanan incelememizde, yalnızca HeMa'nin, bilişsel araç olarak matematik öğretiminde ve öğretmen eğitiminde kullanılması ile ilgili görüşlere, araştırma sonuçlarına ile ilgili düşünceler özetlenmektedir¹. Ayrıca, konuyla ilgili olarak bir süre önce Türkiye'de de eğitim etkinlikleri ve araştırma çalışmalarına başlanmış olup bu konuda da sağlanan gelişmeler hakkında özet bilgiler sunulacak ve ilgililerin yararlanabileceği kaynaklar adları belirtilecektir. Böylece, çok sayıda ülkede sürdürülmekte olan teknoloji destekli matematik öğretimi ve eğitimi (TeDeMÖvE) konusunda araştırmacıların, matematik eğitimcileri ve öğretmenlerin bilgi edinmelerine yardımcı olunmaktadır.

2. TEKNOLOJİ YARDIMLI/DESTEKLİ MATEMATİK ÖĞRETİMİ

Koşulları ve süresi ne olursa olsun eğitim süreci sonunda genel beklenti, tüm öğrencilerin, hızla değişen dünyada ve hızlıca artan bilgi birikimine erişebilmek; onu özümseyebilmek için problem çözme becerileri edinmesidir. Bu tür becerilerin, matematik öğretiminde özel bir yeri olup problem kurma ve çözme matematik eğitiminde temel bakış noktası olup bu süreçte teknoloji yeni olanaklar sunmaktadır.

2.1. Matematik Eğitiminin Genel Amacı: Genel Bir Bakış

İş dünyasında sorunlara analitik düşünce ile yaklaşan, problem durumlarını doğru algılayan ve problem çözebilen yaratıcı bireylere gereksinim duyulmaktadır. Matematikle ilgili bu düşünceler, her çağdaş ülkede matematiğin anlamını bilen ve gelişen dünyaya uyum sağlayabilmek için gerekli matematik bilgisine sahip bireyler yetiştirilmek istendiği için önem kazanmaktadır. Bu nedenle, herkesin matematik, bilim ve teknoloji okur yazarı olması konusunda genel bir eğilim, istek ve gereksinim olduğunun altı kalın çizgilerle çizilmektedir. Geçen çeyrek yüzyılda okullarda matematik eğitimini iyileştirmek ve geliştirmek için bazı ülkelerde bu yönde sürekli iyileştirme çalışmaları yapılmış olup sözkonusu çabalar günümüzde de sürmektedir (örneğin, [23-30]). Bu bağlamda, matematik eğitiminde

¹Bilgisayar destekli matematik öğretimiyle ilgili durum, diğer bir incelemenin konusu olacak kadar geniş kapsamlı olup konuyla ilgili gelişmeler, bulgular, görüş ve öneriler, bir dizi olarak hazırlanıp rapor edilecektir.

öğrencilerin edineceği kazanımlarla ilgili olarak tüm çağdaş ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de incelenmesi ve tartışılması gerekli bazı önemli sorunlar şunlardır:

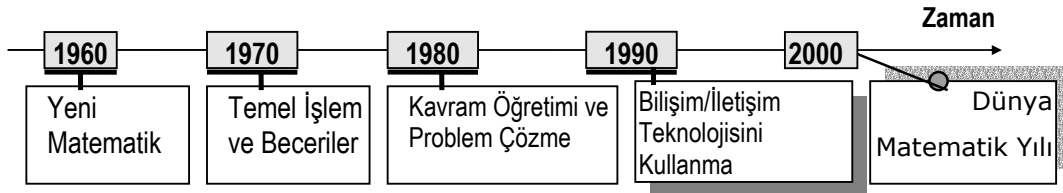
- Yalnızca işlemleri ezberleme yerine olası çözümleri arama;
- Yalnızca formülleri ezberleme yerine örüntüleri /desenleri araştırma;
- Yalnızca alıştırma yapma yerine varsayımlar oluşturma;
- Yalnızca verilen problemleri çözme yerine yeni problemler kurgulama ve çözmeyi denemedir.

Okul matematiğini iyileştirme çalışmalarının çoğu, programın içeriği ya problem çözmeye ya da temel işlemsel becerilere, elde edilen sonuçları açıklamaya ve yorumlamaya önem verir. Ancak, temel işlemsel beceriler ile karmaşık problem çözme becerilerinin kazanılması arasında sıkı bir ilişki vardır. Temel işlemsel becerilerinde eksiklik olan öğrenciler, başarılı problem çözücü olamazlar. Problem çözme öğretimi, temel beceriler öğretimine ek olarak yapılandırılmalıdır. Ayrıca, matematik öğretiminin problem çözme vasıtasıyla gerçekleştirilmesi yönünde görüşler de alan yazınında yer almaktadır. Bu bağlamda, teknolojiyen yararlanma ve hesaplama araçlarını etkin kullanma problem çözme becerilerini geliştirmede yararlı olabilecek düzenlemelerdir. Sözkonusu yeniliklerin ve iyileştirme çalışmalarının başta matematik ve fen bilimleri öğretimi olmak üzere Türk eğitim dizgesinde yerini alması, daha fazla gecikmeden öğretim programlarının bu yönde düzenlenmesi gerekmektedir.

2.2. Matematik Öğretiminde Hesap Makinesinin Kullanılması

Bazı ülkelerde, yükseköğretim ve ortaöğretim düzeyinde olmasa bile ilköğretim düzeyinde, matematik sınıflarında HeMa kullanma şu anda bile tartışılan ve sorgulanan bir konudur. Ancak, gelişmiş ülkeler artık HeMa’nin kullanılıp kullanılmayacağını değil, nerede ve nasıl kullanılması gerektiğini tartışmakta; bu konuda uygulamalar ve araştırmalar yapmaktadırlar. Örneğin, Wheatley ve Shumway [27], HeMa’nin, okul matematiğini, algoritmik yapısından, örüntü (pattern) ve ilişki bulmayı destekleyen bir yapıya dönüştüreceğini belirtmektedir. Belirtilen değişiklikler, temelde bir dizi birbirini izleyen yenilikler olup bir bütün olarak değerlendirilmelidir.

Daha açıkçası, okul MÖvE programlarında 1960’li yılların başında başlayan girişim ve planlanan eylemler doğrultusunda yenilikler ve alınan bir dizi önlemler sürmektedir (örneğin, [1-6, 11-13, 23-26]). Matematikle ilgili yapılagelen köklü değişiklikler ve yenilikler, genel çizgilerle Şema 1’de görülmektedir.



Şema 1. Okul Matematik Öğretim ve Eğitim (MÖvE) Programlarında Köklü Yenilikler

Program değişikliklerinde gerek bir evreden diğerine sıçrayış gerekse herbiri içinde bir düzeyden diğerine geçiş aşamalı süreçleri, birbiriyle uyumlu ve tutarlı düzenlemeleri gerektirmektedir. Bir başka nokta ise nitelikli insan kaynağı olup bunun daha önceden öngörülerek planlanması ve insan kaynaklarının iyi değerlendirilmesi zorunludur². Okullar için genelde her ders için program tasarlama ve geliştirme özelde MÖvE programları geliştirme etkinlikleri, sürekli bir süreç olup tasarlanan çalışmalarda gözardı edilmemesi gereken bazı önemli noktalar vardır. Bu konuda çok basit ve ileri düzeyde geliştirilmiş HeMa’nin kullanıldığı iki örnekle durumu açıklamak yararlı olacaktır.

²İnsan kaynakları ile ilgili olarak eğitim fakültelerinin yeniden yapılandırılması, alan eğitimine önem verilerek doktora yapmak üzere yurtdışına öğrenci gönderilmesi sevindiricidir. Yurtdışında de bazı konularda yüksekisans ve doktora çalışması yapma olasıdır ve kaynakların bir kısmı, bir program çerçevesinde yurtdışında birkaç üniversitelerde kullanılmalıdır.

(a) Doğal Sayılar Kavramını Geliştirme: Basit HeMa Kullanarak Yalnızca Verilen Sayılarla İşlemler

Etkinliğin Adı	Makinenin [-] Tuşu ve Verilen Doğal Sayılarla Çıkarma İşlemi
Amaç	Hesap Makinesinin yalnızca [-] tuşunu ve verilen bazı sayıları kullanarak istenilen bir sayıyı elde etme
Araç-Gereçler	<ul style="list-style-type: none"> Doğal sayıların yazılı olduğu küçük kartlar veya yazı tahtasına yazılan bir takım sayılar Hesap Makinesi Kağıt-Kalem
Sınıf (önerilen)	İlköğretim 1-3

- Aşağıdaki matematiksel işlemin doğru olması için hangi sayı tuşlarına basması gerekir.
Not: İlk önce tahminde bulun ve daha sonra hesap makinesi ile toplama işlemini kontrol ediniz.

$$\begin{array}{llll} \dots\dots\dots[-] & \dots\dots\dots [=] & 21 & \dots\dots\dots [-] & \dots\dots\dots [=] & 17 \\ \dots\dots\dots[-] & \dots\dots\dots [=] & 48 & \dots\dots\dots [-] & \dots\dots\dots [=] & 61 \end{array}$$

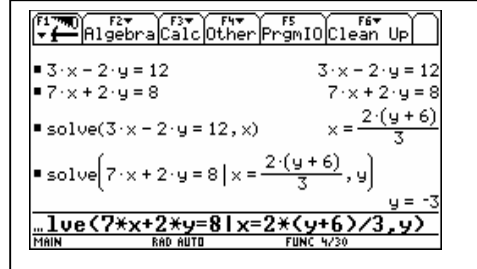
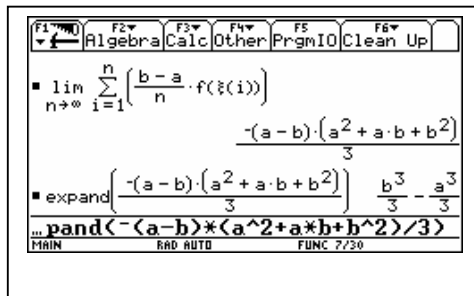
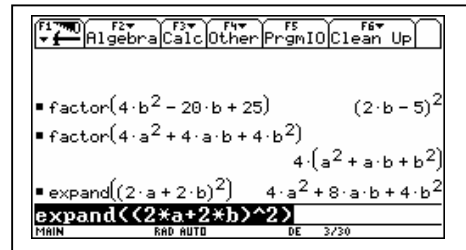
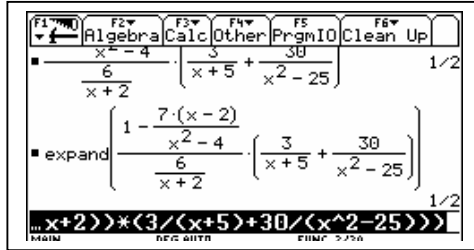
DİĞER ALIŞTIRMALAR:

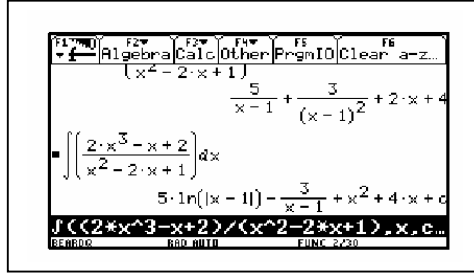
Benzer işlemleri, 237, 189, 122, 84 ve 105 için yapınız. (Bu sayıları iki sayının farkı olarak yazınız.)

- Bu sayıları yalnızca tek sayıların ya da çift sayıların farkı olarak elde etmek olanaklı mı?
- Bir tek sayı yalnızca iki tek sayının farkı yoksa bir çift ve bir tek farkı olarak mı yazılabilir?
- İki sayının farkının tek sayı olması için hangi seçenek olabilir?

(b) Matematiksel Kavramları Görselleştirme: İleri/Grafik HeMa Yapılabilen İşlemler:

Geleneksel ders kitaplarında işlemler kağıt-kalem kullanılarak yapılır. Dün kağıt-kalemle yapmak zorunda olduğumuz her türlü hesaplama, sayısal, grafiksel ve sembolik anlatımlar ileri HeMa ile yapılabilen ve ekranda görsel bir biçimde sunulmaktadır. Şekil 1'de sembolik işlemlerin yer aldığı bazı cebir problemlerinin Texas Instrument HeMa (TI-92) ve Derive yazılımı kullanılarak nasıl yapıldığı ve görselleştirildiği görülmektedir.





Şekil 1. TI-92/Derive Kullanılarak Yapılan Cebir ve Kalkülüs Hesapları

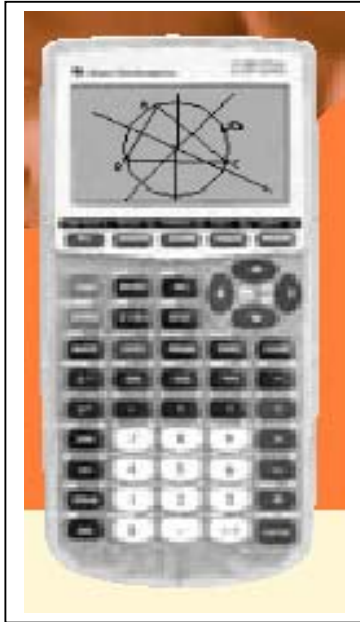
Cebir: Cebirsel ifadeleri basitleştirme; Bileşenlere ayırma, İki bilinmeyenli doğrusal denklem çözümü

Kalkülüs: Limit, İntegral hesabı

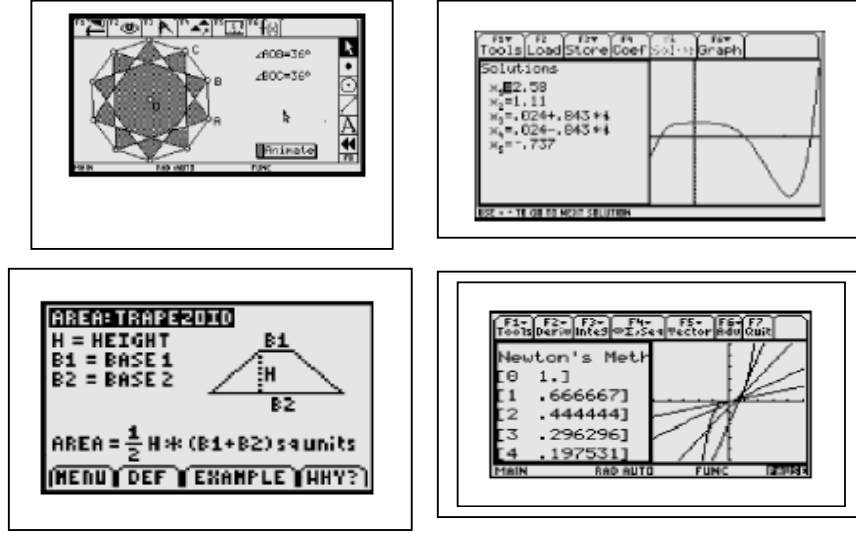
2.3. İleri HeMa ve Matematik Öğretimine Sağladığı Yeni Olanaklar

Oldukça basit yapıda, daha açıkçası yalnızca dört işlem yapan HeMa başlıyarak çok ileri düzeyde matematiksel işlem yapan, örneğin sayısal ve sembolik hesaplama (CAS: Computer Algebra System), verilerin ve şekillerin grafik gösterimi olanaklaştıran el-BiSa denecek yapıda HeMa geliştirilmiş olup herbiri farklı amaçlarla okullarda ve işyerlerinde kullanılmaktadır. Sözkonusu HeMa, fiyatları da markasına ve niteliğine bağlı olarak 1.00-150.00 USD arasında değişmektedir. Özellikle, grafik ve sembolik işlem yapan, BiSa, yazıcı, tepegöz, TV bağlantısı olan, donanımında "flash memory" kartı bulunup varolan açık ve hazır yazılımlara ek olarak İnternet veya CD'den sürekli yeni programlar yüklenebilen, bellekte hazır programların saklanabildiği ve istenildiğinde ise programların silinebildiği türde HeMa fiyatları, göreceli olarak daha pahalıdır, Şekil 2 ve Şekil 3.

Öte yandan, ileri HeMa, dünyada dört firma Sharp, Casio, Hewlet Packard ve Texas Instrument tarafından üretilmekte olup bunlar içinde de Casio ve Texas Instrument ürünleri teknolojik olarak daha ileri düzeyde, Texas Instrument'ın ise ürün çeşiti Casio'ya göre daha fazladır. Casio ve Texas Instrument firmaları, HeMa destekli/yardımlı matematik ve fen bilimleri öğretimi için bir dizi öğretim materyalleri geliştirmiş olup birçoğuna web-siteleri vasıtasıyla ulaşmak, ayrıca öğretmenler için düzenlenen değişik düzeyde yetiştirme kurslarına katılmak olasıdır (örneğin, [31]). Gerek örnek öğretim materyali gerekse hizmetöncesi ve hizmetiçi öğretmen eğitimi konularında Türkiye'de bazı denemeler yapılmış ise de düzenlenen etkinlikler yeterli değildir [8, 17-22]. Sözkonusu etkinliklerin Türkiye artırılması ve uygun bir program çerçevesinde yaygınlaştırılması gerekir.



Şekil 2. İleri/Grafik Hesap Makinesi ve Bilgi Aktarımı ve Yazıcıdan Çıktı Almak için Bilgisayarla Bağlantı



Şekil 3. İleri/Grafik Hesap Makinesi Ekranlarından Bazı Görüntü Örnekleri

3. MATEMATİK ÖĞRETİMİNDE TEKNOLOJİ KULLANMADA GELİŞMELER VE EĞİLİMLER

BiTe'nin başta matematik ve fen bilimleri dersleri olmak üzere okullarda ne ölçüde ve nasıl kullanıldığı, ne denli etkili ve yararlı olduğu eğitim dünyasında araştırma alanıdır. Başta, sözkonusu teknolojiyi üreten ileri endüstri ülkeleri olmak üzere pek çok ülkede araştırmalar yapılmakta, gelişmeler sürekli izlenmekte ve değerlendirilmektedir. Bu bölümde konuyla ilgili bazı ülkelerdeki gelişmeler özetlenerek genel bir değerlendirme yapılmaktadır.

3.1. Ülkelerinden Bazı Örnekler

Uluslararası karşılaştırmalı eğitim araştırmaları sayıca çok değildir. Bunun başlıca bir nedeni, geniş boyutlarda ve ülkeler bazında çok katımlı araştırmaların gerçekleştirilebilmesi için uygun çalışma takımlarını oluşturmak, gönüllü katılımı sağlamak ve etkinlikler için parasal kaynak bulmak kolay değildir. Bununla birlikte, UNESCO'nun girişimi ile OECD ülkelerinin katıldığı, Dünya Bankası'nın destek sağladığı bazı araştırmalar bulunmaktadır. Örneğin, 1995 ve 1999'da yapılan TIMSS etkinliklerine sırayla 45 ve 38 ülke katılmış; öğrencilerin yalnızca matematik ve fen bilgisi/bilimlerinde başarıları değil okullarda ve evlerde bulunan eğitim olanakları sorgulanmış, okul yöneticilerinin, öğretmenlerin ve öğrencilerin görüşlerine başvurulmuştur (örneğin, [32,33]). İnceleme sonuçlarına bakıldığında öğrenci başarısı ile okulların sahip olduğu olanaklar, evde öğrenciye sağlanan uygun ortam arasında doğrudan ilişki olup öğrencilerin öğrenme koşullarının iyileştirilmesi gerekmektedir.

Konumuzla ilgili olarak seçilen 6 ülkede öğrencilerin matematik ve fen bilgisi derslerinde HeMa kullanmalarıyla ilgili bilgiler Çizelge 1'de görülmektedir.

Çizelge 1. İlköğretim 8. Sınıf Öğrencileri ve Matematik Öğretmenleri (%)/TIMSS-R (1999)

Ülkeler	US	UK	NL	JA	IR	TR	Orta.
• Öğrencinin matematik derslerinde HeMa kullanması	72	82	97	4	10	10	39
• Öğrencinin fen bilgisi derslerinde HeMa kullanması	23	14	-	1	9	10	13

US: Amerika Birleşik Devletleri, UK: Birleşik Krallık (İngiltere), NL: Hollanda, JA: Japonya, IR: İran, TR: Türkiye, Orta. TIMSS-R ülkeleri ortalaması

Çizelge 1'den açıkça görüldüğü gibi 13+ yaş grubundaki ilköğretim öğrencilerinin matematik ve fen bilgisi derslerinde HeMa kullanma yüzdeleri Japonya hariç ileri endüstri ülkelerinde oldukça yüksek iken İran ve Türkiye'de ölçü %10 dur. 1999'da gerçekleştirilen TIMSS-R'ye katılan 38 ülke ortalaması, US (ABD), UK (İngiltere) ve NL (Hollanda) ortalamasının çok altında, İran ve Türkiye ortalamalarının üzerindedir. Teknolojik olarak çok gelişmiş bir ülke olan Japonya'daki HeMa kullanımını ise oldukça farklı ve ilginç bir durumu yansıtmaktadır. Öğrencilerin matematik derslerinde HeMa kullanma yüzdeleri, fen bilgisi dersine göre oldukça yüksek olup 13+ yaş grubundaki Hollandalı öğrencilerin nerdeyse tümü (%97) matematik derslerinde uygun HeMa kullanmaktadır.

3.2. Türkiye'de Öğrencilerin ve Öğretmenlerin HeMa ve BiSa Teknolojisini Kullanma Durumu

ABD ve diğer bazı ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de matematik ve fen bilimleri eğitim araştırmaları aynı ölçüde, nitelikte ve sıklıkta yapılmamakta veya yapılamamaktadır. Örneğin, okullarda bulunan teknik olanaklar ve donanımların listesini edinmek zor olmasa bile bunların hangi amaçla ve ne şekilde kullanıldığı konularında sağlıklı ve güvenilir veri elde etme kolay olmadığı gibi beyana dayanan bu verilerin bir kısmı yanıltıcı bile olabilmektedir. Matematik eğitimiyle doğrudan ilgili olan ve öğrencilerin ev ortamlarında bulunan olanaklar ve araçlar ise genelde bir inceleme konusu olmamıştır. Ancak, 1999'da Türkiye'nin de katıldığı TIMSS-R çalışmalarında konuyla ilgili bazı veriler derlenmiş olup bununla ilgili özet bilgiler aşağıda sunulacaktır.

25 Mayıs 1999'da Ankara Atatürk Anadolu Lisesi İlköğretim 8. sınıfta 8 şubede okuyan toplam 288 öğrenci arasında rastgele seçilen 2 şubede (8-F ve 8-H) okuyan 71 öğrenci (%25) evlerinde HeMa ve BiSa sahip olup olmadıkları, bu araçları kullanma durumları sorulduğunda öğrencilerin %94'ü HeMa, %63'ü ise BiSa sahip olduklarını bildirmişlerdir. Kuşkusuz, bu araçların genel niteliklerinin ne olduğu bilinmemekle birlikte HeMa'nin ileri düzeyde, yani grafik ve sembolik işlem yapan türden olmadıkları öngörülmektedir. Bu öğrenci grubunun araçları kullanma durumları ise şöyledir: Bilgisine başvuru olan 71 öğrencilerin %49'u HeMa'ni, %61'i ise BiSa kullandığını belirtmektedir. Sahip olma ve kullanma yönünden yüzdelerle bakıldığında, HeMa kullanmanın beklenenin altında olduğu, öğrencilerin bir kısmının hem HeMa hemde BiSa kullandığı, fakat her iki araçta hangi derslerde, ne tür amaçla ve ne sıklıkla kullanıldıkları incelemeye değer durumlar olarak görülmektedir.

Aynı soru, 1999-2000 öğretim yılında Ankara'da özel bir dershaneye giden fen ve anadolu liseleri hazırlık kurslarına katılan 53 öğrenciye (%62 erkek, %38 kız) sorulduğunda alınan yanıtlar ise şöyledir: Anadolu ve fen liseleri hazırlık kurslarına katılan erkek öğrencilerin %92'si HeMa'ne, %80'i ise BiSa olup bu öğrencilerin %25'i HeMa, %100'ü ise BiSa kullanmak istediklerini belirtmiştir. Aynı kursta kız öğrencilere aynı sorular yöneltildiğinde %96'sı HeMa'ne, %44'ü ise BiSa olup bu öğrencilerin %40'ı HeMa, %93'ü ise BiSa kullanmak istediklerini belirtmiştir. Erkek öğrenciler daha çok BiSa kullanmaya istekli iken kız öğrenciler, belkide erkekler kadar BiSa sahip olmadıklarından daha çok sahip oldukları HeMa etkinliklerde kullanmayı istemektedirler.

HeMa ve BiSa kullanma konusunda öğretmenlere yönelik yapılan iki durum değerlendirmesi çalışmada elde edilen bulgular, konunun bazı yönlerini aydınlatmada araştırmacılara yol gösterici olabilir. Sözkonusu çalışmalardan biri, 4-6 Mayıs 2002 günlerinde ODTÜ düzenlenen MESEM: BiTeMES-1 etkinliklerine katılan, sormacayı (anketi) gönüllü olarak yanıtlayan bir grup özel okul matematik öğretmenleri iken diğer grup 2001 yaz aylarında fen liseleri öğretmenleri için ODTÜ'de düzenlenen hizmetiçi eğitim kursuna katılan ve sormacayı gönüllü olarak yanıtlayan bir grup matematik öğretmenidir. Özel okul öğretmenleri, MESEM:BiTeMES-1 etkinliklerinde HeMa'nın matematik öğrenme-öğretme etkinliklerinde kullanılması konusunda temel bilgi ve bazı deneyim edinmişken fen lisesi öğretmenlerinin bu konularda ne denli bir bilgi ve deneyim sahibi oldukları henüz açıkça bilinmemektedir [17,18]. Öğretmenlerden edililen bilgiler Çizelge 2'de özetlenmiştir.

Çizelge 2'nin sağ tarafında yer alan sütunlarda E (evet), H (hayır) ve FK (fikrim yok) başlıkları altında sayısal değerlere (%) bakıldığında fen lisesi ve özel okul matematik

öğretmenlerinin HeMa kullanılması konusunda görüş ve önerileri arasında belirgin farkların olduğu kolaylıkla görülür. Örneğin, fen lisesi matematik öğretmenlerinin %29'u günlük işlerinde HeMa'ni kullanırken MESEM: BiTeMES-1'e katılan özel okul öğretmenlerinin %56'sı, aşağı yukarı fen lisesi öğretmenlerinin yüzde olarak iki katı, HeMa çalışmalarında/işlerinde kullanılmaktadır. "Matematik öğretilmede HeMa'nı kullanır mısınız?" sorusuna her iki öğretmen grubunun vermiş olduğu olumlu yanıt sırayla %4 ve %15 olup genel olarak HeMa matematik öğretiminde kullanılması oldukça düşük düzeydedir. HeMa ve BiSa ile ilgili gelişmeler her iki grubu oluşturan öğretmenlerin büyük ölçüde ilgisini çekmekte; ayrıca konuyla ilgili düzenlenecek seminer türü etkinliklerden öğretmenler yararlanmak istemektedirler.

Çizelge 2. Özel Okullarda ve Fen Liselerinde Görevli Bir Grup Öğretmenlerinin HeMa Kullanmayla İlgili Görüş ve İstekleri (%)

HeMa'nın Kullanılmayla İlgili Görüş ve İstekler	Fen Lisesi Mat. Öğret. (N _f = 47)			Özel Okullar Mat. Öğret. (N _o = 79)		
	E	H	FY	E	H	FY
Günlük çalışmalarınızda/işinizde HeMa'nı kullanır mısınız?	29	65	-	56	46	3
Matematik öğretilmede HeMa'nı kullanır mısınız?	4	90	-	15	75	8
HeMa'nı kulanmada yeterli bilgi/deneyiminiz var mı?	63	26	-	28	62	9
HeMa ve BiSa konusunda yayınları okur musunuz?	41	49	6	41	54	3
HeMa ve BiSa ile ilgili gelişmeler ilginizi çeker mi?	82	4	10	92	4	4
Bazı HeMa ile ilgili olarak bilgi edinmek ister misiniz?	74	18	2	94	4	3
Kendinizin bir HeMa olsun ister misiniz?	74	14	6	93	4	1
HeMa ile ilgili seminere katılmayı düşünür müsünüz?	41	49	6	92	4	3
HeMa ortaöğretim Matematik derslerinde kullanılsın mı?	20	67	8	61	17	20
Matematik derslerinde HeMa'nin kullanılması, öğrencilerin matematiksel kavramları öğrenmelerine yardım eder mi?	14	71	10	52	24	20

Kısaltmalar: E: Evet; H: Hayır; FK: Fikrim Yok

"HeMa ortaöğretim Matematik derslerinde kullanılsın mı?" sorusuna fen lisesi matematik öğretmenlerinin %20'si "evet" derken özel okul öğretmenlerinin %61'i olumlu yanıt vermektedir. Fikri olmayan özel okul öğretmenlerinin oranı fen lisesi öğretmenlerine göre daha fazladır. "Matematik derslerinde HeMa'nin kullanılması, öğrencilerin matematiksel kavramları öğrenmelerine yardım eder mi?" sorusu okullarda matematik öğretimiyle ilgili oldukça kritik bir soru olup öğretmenlerden alınan yanıtlara bakıldığında fen lisesi matematik öğretmenlerinin %14'ü "evet" derken özel okul öğretmenlerinin %52'si olumlu yanıt vermektedir. Aradaki farkın önemli bir nedeni, özel okul matematik öğretmenlerinin az da olsa konu hakkında temel bilgi ve bazı deneyimler edinmiş olmalarıdır. Ayrıca, bazı özel okullarda matematik öğretiminde HeMa kullanılmakta olup fen liselerinde bu tür olanaklar henüz bulunmamaktadır. Oysa, yapılan sınavlarda kendi yaşlarına göre matematik başarı puanları ve ilgileri daha yüksek olan fen lisesi öğrencilerinin derslerde ileri HeMa kullandıklarında matematiğe yönelik ilgilerinin ve yaratıcılık güçlerinin daha fazla artacağı öngörülmektedir.

3.3. ABD HeMa Kullanma Durumu

ABD, bilindiği gibi, eğitim araştırmalarına sürekli ve düzenli kaynak ayrılmakta, yüzlerce bilim insanı, binlerce araştırmacı ve eğitimci okullarda matematik ve fen bilimleri eğitimi iyileştirme yönünde çaba harcamaktadır. Bu bağlamda, bilişim teknolojileri ürünlerinden HeMa'nin matematik öğretimi etkinliklerinde bir hesaplama, kavram geliştirme veya problem çözmede yardımcı araç olması konularında da tarama biçiminde olduğu gibi diğer yöntemleri de kullanarak çeşitli araştırmalar yapılmaktadır. Bu konuda yapılan düzenli bir araştırmada, açıkcası NAEP (*National Assessment of Educational Process*) elde edilen bulgular Çizelge 3 ve Çizelge 4'de açıklanmaktadır [34,35].

Çizelge 3. HeMa Kullanımıyla ilgili ABD-NAEP Bulguları (%)

Sorular / Yanıtlar/	Sınıflar Yıllar	4. Sınıflar			8. Sınıflar		
		1992	1996	2000	1992	1996	2000
Öğrencileriniz HeMa'ni hangi sıklıkla kullanırlar? Hergün-Haftada Ayda-Çok Nadir/Asla		1- 15 32-51	5- 28 42-26	5- 21 37-37	34- 22 21-24	55- 21 14-9	48-23 15-14
HeMa kullanmayı öğrencilere öğretir misiniz? Evet/Hayır		62/38	81/19	75/25	-	83/17	80/20
Bir sınırlama olmadan HeMa'nin kullanılmasına izin verir misiniz? Evet/Hayır		5/95	13/87	12/88	30/70	47/53	33/67
SınavlardaHeMa'nin kullanılmasına izin verir misiniz? Evet/Hayır		5/95	10/90	11/89	48/52	67/33	65/35
HeMa'nin matematik derslerinde kullanılması Hergün-Haftada Ayda-Çok Nadir/Asla			48-26 14-12	48-25 13-13		48-26 14-12	48-25 13-13

ABD İlköğretim 4. sınıflarda sınıfıçi etkinliklerde HeMa'nin bulundurulma yüzdeleri 1992, 1996 ve 2000 yıllarında sırayla %46, %62 ve %55 dir. ABD okullarında 8. sınıflarda (ortaokul son sınıf) 1996 (2000) yıllarında kullanılan bilimsel, grafik ve sembolik işlemci türünden HeMa'nin yüzdesi sırayla %61 (%67), %11 (%18) ve %0 (%9) olup bu tür HeMa'nin 12. sınıflarda (lise son sınıflar) kullanma yaygınlığı sırayla %70 (%68), %51 (%62) ve %0 (15) dir. 1992 yılında sembolik işlemli HeMa'nin kullanılmamasının nedeni, o yıllarda bu tür hesaplama yapan makinelerin olmamasıdır.

Çizelge 4. Matematik Etkinliklerinde Hesap Makinesi (HeMa)'nin Kullanılması-NAEP(%)

Sorular / Yanıtlar/	Sınıflar Yıllar	4. Sınıflar		8. Sınıflar		12. Sınıflar	
		1996	2000	1996	2000	1996	2000
• Sınıfıçindeki Çalışmalarda Hergün-Haftada Ayda-Çok Nadir/Asla		33-17 17-34	24-14 17-44	58-21 9-13	44-25 12-18	68-14 4-14	68-14 3-14
• Ev Ödevlerinde Hergün-Haftada Ayda-Çok Nadir/Asla		30-16 14-40	24-16 15-45	52-24 10-14	41-26 13-21	61-16 5-18	61-15 5-18
• Sınavlarda (Test & Quizzes) Hergün-Haftada Ayda-Çok Nadir/Asla		5-17 18-60	4-15 13-68	Herzaman Ayda Asla	24 45 31	Herzaman Ayda Asla	58 29 13

4. OKULLARDA HeMa DESTEKLİ/YARDIMLI MATEMATİK ÖĞRETİMİ

Bir araç, daha doğrusu bilişsel araç olarak HeMa matematik öğrenme-öğretme etkinliklerinde değişik amaçlarla kullanılabilir (örneğin, [2-5, 11-13, 19-31, 36-40]). Bu bağlamda HeMa'nin problem çözme öğretimiyle ilgili kullanılması alanında incelemelerde

elde edilen bulgulara bakıldığında, öğretmen adayları ve öğretmenlerin problem ve problem çözme kavramlarında birtakım eksiklikleri olduğu belirlenmiştir (örneğin, [39, 40]). Matematik öğretiminde bilişsel araçları kullanmanın da etkili matematik öğrenmede önemli bir yeri olduğu yapılan çalışmalardan, yayınlanan rapor, makale vb kaynaklarda yer alan bilgilerden anlaşılmaktadır (Ek A, Ek B ve Ek C). Konuyla ilgili bazı bilgiler kısaca bu alt-bölümde özetlenmektedir.

4.1. HeMa Destekli/Yardımlı Matematik Öğretimi ve Öğrenme

ABD'de Matematik Öğretmenleri Ulusal Konseyi'nin (NCTM: *National Council of Teachers of Mathematics*) 1980'li yıllarda aldığı kararlar incelenirse (örneğin, [11, 13]) HeMa'nin her düzeyde okulda matematik öğretiminde kullanılması ile ilginç noktalara dikkat çekilmektedir:

- Hesaplama ve öğrenme sınıf içinde HeMa'nin kullanımının artırılması ve cesaretlendirilmesi gerekmektedir.
- HeMa öğrencilerin matematik bilimini öğrenmesinde ve problemleri çözmesinde yardımcı olur, öğretmenlere yeni kaynaklar ve uygulamalar sağlar.
- Hesaplamanın öğrenilmesi sürecinde gerekmedikçe HeMa'nin kullanımı terk edilmemelidir.
- HeMa bütün sınıflarda matematik öğretiminde kullanılabilir.

HeMa'nin matematik derslerinde neden kullanılabileceği ile ilgili olarak alan yazını (örneğin, [1-7, 9-15]) incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar ortaya çıkmıştır.

1. HeMa erişimi kolay, taşınabilir ve BiSa göre daha ucuz olan araçlardır. Ayrıca, işletim sistemlerinin basitliğinden ötürü derslerde sık kullanılmaya elverişlidir. Bu araçlarla, sınıflar istendiği anda bir laboratuvar haline getirilebilir.
2. Öğrenciler çok erken yaşlardan itibaren teknolojiyle tanışma fırsatını yakalar.
3. Öğrencilerin gerçek matematikle tanışmasını olanaklaştırır. Okulda öğrenilen matematiğin günlük yaşamla bağlantısının kurulmasını sağlar.
4. HeMa hesaplamanın elle yapılma yöntemine göre daha çabuk ve daha doğru yapılmasını sağlar. Öğrenme ve öğretme ortamında açık-uçlu, günlük yaşamdan seçilmiş problemlerin çözülmesi önerilmektedir. Ancak, bu durumda kullanılması gerekli sayılarla işlem yapmak zaman alıcı olacağı için öğrenci sıkılabilir. Bu nedenle HeMa kullanılmaldır.
5. HeMa yardımı, gerekli hesaplamaların kolay olması için küçük sayıları içerecek şekilde basitleştirilmiş problemlerden değil, gerçeğe daha yakın sayıları içeren problemlerden yararlanma olanağı verir. Hesaplamanın yol açabileceği güçlükler ortadan kalkınca, öğrenciler dikkatlerini problem çözme sürecine yöneltebilirler. Öğrenciye, böylece, işleme nasıl yaklaşılması ve her aşama için hangi hesaplamaların yapılması gerektiği konusunda karar verme zamanı kalır.
6. Teknolojinin yaygın olarak kullanılması, matematiksel model kurma ve dönüşüm yapmayı öğretmek için yeterince zaman ayrılmasını sağlar. Kısacası, öğrencinin problem çözme yeteneği gelişir.
7. HeMa yardımıyla sayısal bilgilerin büyük bir kolaylıkla işlenebilmesi, alışlageldik yöntemlerle yapılması uzun ve bıktırıcı hesaplamalar gerektirmesi nedeniyle çok zor veya olanaksız olan bir çok araştırma ve hesaplamanın ele alınmasına olanak sağlar.
8. HeMa problem çözmenin en önemli bölümlerinden biri olan tahmin etme becerisinin gelişmesini de olanaklaştırır. Bu durum, öğrencinin bulduğu yanıtı kontrol etmesini ve doğruluğunu tartışmasını sağlar.
9. HeMa kavram öğrenimi için de uygun araçlardır. Daha açıkçası, HeMa:
 - ◆ Sayı kümeleri arasındaki farklı ilişkilerin keşfedilmesini sağlayan etkinlikler kullanılabilir;
 - ◆ Örüntülerin (pattern) öğretiminde kullanılabilir;
 - ◆ Geometri paket programı içeren HeMa, geometriyi daha iyi kavramak için araştırmalar yapılmasını sağlar. Analiz dersinin HeMa'de önce öğretiminde,

türevin uygulamaları öğrenilirken grafiklerin nasıl çizilmesi gerektiğinin açıklanması dersin temel hedefiydi. Şimdi ise grafiğin HeMa ile elde edilmesi, analiz kavramlarının çalışılmasına imkan vermektedir.

10. Matematik öğretimi ve öğrenimi matematik evi kurmaya benzetirsek, öğretilecek olan konular ve bu konular arasındaki bağıntı, evin katları gibi düşünülebilir. Evin ikinci katı inşa edilmeden önce, ilk katın tamamlanması gerekir [24]. Aynı şekilde, hemen hemen tüm matematik konularının işlenmesi, önceden öğrenilen konuların özümsemiş olmasını gerektirir.
11. Matematik öğretim programları (müfredat), öğretmeni diğer konuya devam etmesi için zorlar ve öğretmen öğrencilerin bireysel gelişiminden bağımsız olarak hareket eder. Teknolojinin geçici kullanımı, öğrenme yöntemini küçük parçalara ayırmaya yardımcı olabilir.

Yukarıda sıralanan görüşler ve verilen örnekler sayıca artırılabilir. Dahası, öngörülerini destekleyen bilimsel bulgulara yer vermek daha inandırıcı olacaktır.

4.2. Teknolojik Gelişmelerin Matematik Öğretim Programına Yansımaları ...

Yeni bilgi ve iletişim teknolojileri, kısaca BiTe, günlük yaşantımıza girmiş olmasına rağmen, okullarda matematik derslerinde BiTe'nin ürünleri olan bazı araçları nasıl ve etkin bir biçimde kullanılacağı konusunda ortak bir görüş birliğine, henüz varılamamıştır. Alan yazını incelendiğinde, örneğin HeMa kullanımıyla ilgili bazı kaygılar, önyargılar ve inançların olduğu belirtilmekte, hatta zararlı olduğuna yönünde bazı görüşler bulunmaktadır (örneğin, [6]). Bu görüşler içinde çoğu kişi geçmişte kendilerinin matematiği teknoloji kullanmadan öğrendiğini vurgulayarak, HeMa'nin zihinsel hesap yapmayı ve işlem becerilerini zayıflatacağı, bazı kavramları anlama ve kavrama ihtiyacını ortadan kaldıracacağı, onlarsız öğrencilerin hiçbir şey yapamayacağı ve böylece eğitime zarar vereceği kaygısını taşımaktadır (örneğin, [6,36, 37]).

Bu kaygıya ve gereksiz endişeye, ileri HeMa'nin, örneğin grafik veya CAS HeMa'nin özelliklerini, sağladığı olanakları ve HeMa'nin araç olarak kullanıldığında ne tür matematik etkinliklerinin yapılabileceğini bilmemenin neden olduğunu düşünmekteyiz. Bu nedenle, BiTe'nin sunduğu olanakları göz önünde bulundurarak problem çözme odaklı matematik etkinliklerinin tasarlanması, öğretmenin eğitiminde kullanılarak etkinliklerin ve öğretim materyallerinin geliştirilmesinin yararlı olacağını vurgulamak isteriz. Bu nedenle, öğrencilerin konuları kavramasını kolaylaştırmak, öğrenmeyi kalıcı ve etkin hale getirmek için uygun teknolojinin nezaman ve nerede kullanılacağını bilmek gerekmektedir. Bu konuda öğretmenlerin eğitime önem verilmelidir. Örneğin, NCTM [13], hizmet içi ve öncesi öğretmenlerin mesleki gelişim programlarının matematik öğrenmede teknoloji destekli öğrenme ortamları ile ilgili konuları da içermesini önermektedir.

Ülkelerin genel durumuna bakıldığında matematik öğretmenlerinin, matematik dersinde BiTe kullanımı konusunda ya çok az ya da hiç eğitim almadığı, bazılarının konuya çok yoğun ilgi duydukları görülmektedir [29-31, 38]. Türkiye'deki durum da bundan çok farklı değildir [18, 21,40]. Kullanımı oldukça kolay olan günümüz teknolojisini hiç kullanmamakta ya da olması gerektiği kadar etkin ve yaygın biçimde kullanamamaktadır. Örneğin, Harshbarger [38] araştırmasında, öğretmen adaylarının mesleğe başlayınca kadar öğrenme ortamında teknoloji kullanımının öneminin farkına varamadıklarını gözlemlemiştir. Öğretmenlerin göreve başladıktan sonra belirtilen konularda kendilerini yetiştirmek istediklerinde ise kaynak ve kendilerine ehberlik edecek uzman bulamamakta, örneğin üniversitenin olanaklarından yararlanamadıkları vurgulanmakta, bunun bir sonucu olarak öğrenmeleri eksik kalmakta, istekli öğretmenlerin bilgi ve deneyimleri olması gereken düzeye ulaşamamaktadır. Bu konunun ülkemizde de incelenmesi, uygun politika ve stratejilerin geliştirilerek öğretmen eğitime öncelik verilmesi gerekmektedir (örneğin, [8, 17-22, 40]). Türkiye'de hizmetiçi ve öncesi öğretmenler için Balıkesir Üniversitesi'nde 19-20 Ekim 2000 tarihinde yapılan iki günlük seminer ve işlik çalışmalarının sonuçları da söz konusu durumla benzerlikler içermektedir. Her iki grupta matematik öğretiminde HeMa'nin kullanımı için pozitif tutum sergilerken hizmetiçi matematik öğretmenleri istatistiksel olarak anlamlı bir farkla daha istekli olduğu sonucuna varılmıştır [39, 40].

5. SONUÇLAR VE BAZI ÖNERİLER

Bilim ve teknolojiye yeniliklerin birbirini izlediği, gelişmenin okullarda başta matematik öğretimi olmak üzere tüm derslerin öğretimini ve eğitimini etkilediği gözlemlenmektedir. Bu bağlamda, genelde teknoloji destekli özelde HeMa destekli/yardımlı MÖvE alanında bir dizi gelişme ve yenilikler olup bu konuda karar organlarında bulunan yöneticiler ve öğretim programı geliştiren uzmanlar başta olmak üzere eğitimciler ev öğretmenler bilinçli olmak zorundadır. Bu incelemede konuyla ilgili gelişmeler özetlenerek bazı ülkelerde, özellikle Türkiye'deki durum açıklanmış; ayrıca okurların yararlanabileceği kaynakların bir listesi sunulmuştur.

Teknoloji destekli/yardımlı matematik öğretimi ve öğrenme öğrencilerin zihinsel gelişimine bir engel olmayıp onların zihinsel gelişimi, işlem ağırlıklı alıştırmaları pekiştirme, kavramları anlama ve problem çözme becerilerini olumlu yönde etkilemektedir. Daha açıkçası, araştırma sonuçlarının büyük bir bölümü, HeMa'nin temel becerilerin gelişimini engellemediğini, aksine kavramsal anlayışı, problem çözmeye gerekli stratejik becerileri ve matematiğe yönelik olumlu tutum geliştirilmesine yardımcı olduğunu göstermektedir. ABD, İngiltere, Fransa, Hollanda, İsviçre, İsveç, Avusturya, Avusturalya, gibi pek çok gelişmiş ülke matematik öğretimi ile ilgili programlarına HeMa ile ilgili etkinlikleri de eklemişler ve öğrenme ortamını zenginleştirmişlerdir. Bu ülkeler içinde, örneğin Hollanda'da, 5. sınıf düzeyindeki matematik derslerinde ne zaman HeMa kullanımının gerekli ve yararlı olacağı ile ilgili uygulamalara yer verilmekte, 6. sınıfta ise problem çözme ile ilgili derslerde gerektiği yerde, öğrencilerin kendi kararları doğrultusunda HeMa kullanılmasına izin verilmektedir. İlköğretim düzeyinde 12 yaşından başlayarak, öğrencilerin gerektiği yerde HeMa kullanması ve teknolojinin gizil gücünden olabildiğince ve etkin bir yararlanması desteklenmektedir. Bazı ülkelerde, örneğin Avusturya, Fransa, İngiltere vd üniversite öncesi ileri ortaöğretim okullarında ileri HeMa'nin (grafik ve CAS hesap makineleri) kullanılması zorunlu olup bitirme sınavlarında bir kısım matematik soruları HeMa gücünden yararlanıldığında çözülecek biçiminde hazırlanmakta ve değerlendirme de bu çerçevede yapılmaktadır.

Özetle, matematikte problem kurma ve çözmeye bilişsel gelişim önemli olup bu süreçte BiTe'nin bir ürünü olan HeMa'den yararlanmak, bu aracın gizil gücünü işe koşmak olasıdır ve gereklidir. Bu alanda çok sayıda ülkede yapılan araştırmalar ve elde edilen bulgular, HeMa'nin öğrencilerin bilişsel ve duyuşsal gelişimine olumlu katkılarının olduğunu göstermektedir. Bu incelemede ele alınan konuyla ilgili olarak bir takım öneriler üç başlık altında: (a) öğretim materyali geliştirme, (b) öğretmeni eğitimi, (c) ilköğretim ve ortaöğretim okullarında uygulama, gruplamak olasıdır. Bu bağlamda, aşağıda sıralanan konularda proje ve takım çalışmalarını önerebiliriz.

- İlköğretim ve ortaöğretim düzeyinde hangi matematik konuların, özellikle öğrenme ve öğretme güçlüğü olan konuların, HeMa destekli/yardımlı öğretilmesi ve değerlendirileceği konularında bir dizi inceleme yapılmalı, öncelikler belirlenmelidir.
- Okullarda HeMa destekli/yardımlı matematik öğrenme-öğretme etkinliklerine yer verilmeli, bu yönde öğretim programları yenilenmeli ve geliştirilmelidir.
- HeMa'nin gerek kavram geliştirme gerekse problem çözme etkinliklerinde etkin kullanımıyla ilgili olarak matematik öğretmeyi zenginleştiren ve öğrenmeyi ise değerlendirme amaçlı yeni öğretim materyalleri geliştirilmeli, ayrıca programda var olanlar ise uyarlanmalıdır.
- Tasarlanan öğretim materyalleri eğitimsel (pedagojik) uygulanabilirliği, öğrencilerin içeriği kavramaları, öğrencilerin ve öğretmenlerin tutumları yönünden alanda sınanarak geliştirilmelidir.
- Okullarda kullanılmak üzere uygun özellikleri olan yeter sayıda HeMa satın alınarak hareketli (mobile) matematik öğretimi laboratuvarları oluşturulmalıdır.
- Eğitim fakültelerinde ve MEB-Hizmetiçi Eğitim Merkez/Enstitülerinde öğretmenler için kurslar düzenlenmeli, bir grup sınıf, ilköğretim ve ortaöğretim matematik öğretmenin HeMa destekli/ yardımcı matematik öğretimi alanında gerekli bilgi ve beceriler

edinmesi, daha sonra bu öğretmenlerin lider öğretmen eğitimcileri olarak görev yapmaları sağlanmalıdır.

Genelde BiTe'nin tüm ürünlerinin özelde HeMa'nin her düzeyde okulda matematik öğretimi etkinliklerinde kullanılarak öğretim ortamının zenginleştirilmek, yaparak öğrenmenin gerçekleştirilmek, kavram öğretimi ve problem çözme odaklı etkinlikleri uygulamak büyük ölçüde olasıdır. Bu özlem ve beklentinin gerçekleştirilmesinde, her şeyden önce, bilinçli ve planlı hareket etmek gerekli olup bu konuda Türkiye'de matematik eğitimcilerini, MEB yetkililerini ve öğretmenleri bir takım yeni görevler ve sorumluluklar beklemektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Howson, A.G. & Kahane, J.P. (eds). *The Influence of Computers and Informatics on Mathematics and Its Teaching*. ICMI Study Series. Cambridge: Cambridge University Press (1986).
- [2] Fey, J. (ed). *Calculators in Mathematics Education: 1992 Yearbook of NCTM*, Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics (1992).
- [3] Graf, K. -D., Malara, N.A. Zehavi, N. & Ziegenbalg, J. (eds). *Technology in the Service of the mathematics curriculum*. Berlin: Frei Universität Berlin Pub. (1994).
- [4] Laughbaum, E. D. (ed). *Hand-Held Technology in Mathematics and Science Education: A Collection of Papers*. Ohio, USA: The Ohio State University Pub. (2000).
- [5] NCTM, *The Use of Technology in the Learning and Teaching of Mathematics*. http://www.nctm.org/about/use_of_technology.htm (1998).
- [6] Pomerantz, H. (çeviri/ uyarlama: Y. Ersoy), Matematik Eğitiminde Hesap Makinesinin Rolü. *Istanbul: EMV Ltd Yay.* (1999).
- [7] Waits, B.K., Demana, F., "Calculators in mathematics teaching and learning: Past, present and future", *2000 Yearbook of NCTM*, Reston,VA: National Council of Teachers of Mathematics (2000).
- [8] AFP-01.05.01.01- HeMaDME: Hesap Makinesi Destekli Matematik Eğitimi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi Raporu, Ankara (2001).
- [9] Ersoy, Y. "Bilişim teknolojileri ve eğitim-I: Okullarda matematik öğretimine yansımalar". *Çağdaş Eğitim*, Kasım 2001/281; 8-12.
- [10] Ersoy, Y. "Bilişim teknolojileri ve eğitim-II: Matematik öğretim programlarında değişiklikler". *Çağdaş Eğitim*, Aralık 2001/282; 6-13.
- [11] NCTM, *An Agenda for Action: Recommendations of School Mathematics of the 1980s*. Reston,VA: National Council of Teachers of Mathematics Pub. (1980).
- [12] Cockroft, W. H., *Mathematics Counts*. London: Her Majesty's Stationary Office (1982).
- [13] NCTM *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston,VA: National Council of Teachers of Mathematics Pub. (1989).
- [14] Ersoy, Y. "Bilişim teknolojileri ve matematik eğitimi-II: Köklü yenilikler ve bilişsel araçların etkileri". *Matematik Sempozyumu Bildiriler Kitabı-2001* (Düzenleme: O. Çelebi, Y. Ersoy, G. Önel); ss: 7-26; Ankara: Matematikçiler Derneği Yay. (2002).
- [15] Ersoy, Y., "Bilgisayar destekli matematik öğretimi". (Düzenleme: A. Baki, A. Bell), *Ortaöğretim Matematik Öğretimi II*, MEGP, Ankara: YÖK Yay. (1997).
- [16] Ersoy Y., "Use of calculators in mathematics education in Turkey: Impacts, integration, implementation and issues", in *Abstract Book of 4th International Conference on Teaching Mathematics with Technology*, Plymouth, England (1999).
- [17] Ersoy, Y. "Hesap makinesi destekli matematik öğretimi: Görüşler, genel eğilimler ve istekler". *V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi (UFBMEK-5) Bildiriler Kitabı* (16-18 Eylül 2002, ODTÜ, Ankara) Ankara: MEB Yay. (2003) (*basımda*).
- [18] Ersoy, Y. "Bilişim teknolojisi ve matematik eğitimi (BiTeME): Matematik öğretimi ve öğretmen eğitimi". *V. Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi*

- (UFBMEK-5) Bildiriler Kitabı (16-18 Eylül 2002, ODTÜ, Ankara) Ankara: MEB Yay. (2003) (basımda).
- [19] Ersoy, Y. “Teknoloji destekli matematik eğitimi-I: Gelişmeler, politikalar ve stratejiler”. [http://ilkogretim-online.org.tr/](http://ilkogretim-online.org.tr) ilkogretim-online, 2(1), 2003, ss: 18-27.
- [20] Ersoy, Y. “Bilişim çağı eşiğinde sınıf ve matematik öğretmenlerinin yeni işlevler ve roller edinmeleri”. [http://ilkogretim-online.org.tr/](http://ilkogretim-online.org.tr) ilkogretim-online, 1(2), 2002, ss: 52-61.
- [21] Ersoy, Y. “Hesap makinesi destekli matematik öğretimi-I: Öğretmen görüşleri ve hizmetiçi eğitimden izlenimler”. *DEÜ Buca Eğitim Fakültesi Dergisi* (2002) (basımda).
- [22] Ersoy, Y. “Hesap makineleri ve ilköğretim matematiği: Sınıfında bazı gözlemler ve öğretmen görüşleri”. *DEÜ Buca Eğitim Fakültesi Dergisi* (2002) (basımda).
- [23] Laborde, C. “Usage of IT on the teaching of mathematics in France”. Generoble, France: Laboratoire IMAG-Leibniz, Uni. of J. Fourier Pub. (2000).
- [24] Kutzler, B. “The algebraic calculator as a pedagogical tool for teaching mathematics”. <http://www.kutzner.com> or in Laughbaum, E. D. (ed). *Hand-Held Technology in Mathematics and Science Education: A Collection of Papers*, pp: 98-109. Ohio, USA: The Ohio State University Pub.(2000).
- [25] Oldknow, A. “Personal computing technology: Use and possibilities”. In Laughbaum, E. D. (ed). *Hand-Held Technology in Mathematics and Science Education: A Collection of Papers*, pp: 33-37. Ohio, USA: The Ohio State University Pub.(2000).
- [26] Dunham, P.H. “Hand-held calculators in mathematics education: A research perspective”. In Laughbaum, E. D. (ed). *Hand-Held Technology in Mathematics and Science Education: A Collection of Papers*, pp:39-47. Ohio, USA: The Ohio State University Pub. (2000).
- [27] Wheatley, G.H., Shumway, R., "The potential for calculators in transform elementary school mathematics", in *Calculators in Mathematics Education: 1992 Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics*, James T. Fey (ed.),1-8, Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics (1992).
- [28] Bitter, G.G., “Educational technology and the future of mathematics education”, *School Science and Mathematics*, **87** (6), (1987), p.454
- [29] Kimmins, D., "Technology in school mathematics: A course for prospective secondary mathematics teachers", dkimmins@frank.mtsu.edu
- [30] Shuard, "CAN: Calculator use in the primary grades in England and Wales", in J.T. Fey and C.R. Hirsch (eds), *Calculators in Mathematics Education: 1992 Yearbook* pp. 33-45, Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics (1992).
- [31] T³ Project, <http://www.t3ww.org/t3>
- [32] Beaton, A.E., Mullis, I.V.S., Martin, M.O., Gonzalez, E.J., Smith, T.A., and Kelly, D.L. (1996a). *Mathematics Achievement in the Middle School Years: IEA's Third International Mathematics and Science Study*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
- [33] Mullis, I.V.S., Martin, M.O., Gonzalez, E.J., Gregory, K.D., Garden, R.A., O'Connor, K.M., Chrostowski, S.J., and Smith, T.A. (2000). *TIMSS 1999 International Mathematics Report: Findings from IEA's Repeat of the Third International Mathematics and Science Study at the Eighth Grade*. Chestnut Hill, MA: Boston College.
- [34] National Center for Education Statistics, U.S. Department of Education. (1997). *NAEP 1996 Mathematics Report Card for the Nation and the States: Findings from the National Assessment of Educational Progress* (NCES 97-488). C.M. Reese, K.E. Miller, J. Mazzeo, and J.A. Dossey. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- [34] National Center for Education Statistics, U.S. Department of Education. (2000). *NAEP 1999 Trends in Academic Progress: Three Decades of Student Performance* (NCES 2000-469). J.R. Campbell, C.M. Hombo, and J. Mazzeo. Washington, DC: U.S. Government Printing Office.
- [36] Kutzler, B., "Two-tier exams as a way to let technology" in <http://www.kutzner.com>

- [37] Lokar, M., "Some questions about technology and teaching"
<http://rc.fmf.uni-lj.si/matija/acdca2000/long/locar.doc> , (2000).
- [38] Harshbarger, R.J., "Training in-service and pre-service teachers in the use of technology", <http://archieives.math.uth.edu/ICTCM/EP-8/C85/pdf/paper.pdf>
- [39] Gür, H., Çömlekoğlu, G., Ersoy, Y., "Hesap makinesi destekli matematik eğitimi".
Matematik Etkinlikleri-2001: Matematik Sempozyumu Bildiri Kitabı (Düzenleme: O. Çelebi, Y. Ersoy, G. Öner), ss: 78-86. Ankara: Matematikçiler Derneği Yay. (2002).
- [40] Gür, H., Çömlekoğlu, G., Ersoy, Y., "Reflections from a two-days seminer and workshop on using technology in teaching elementary school mathematics",
Proceedings of the 25. Annual Meeting of Psychology of Mathematics Education, Utrecht, Hollanda (2001), 1, s:311.

EK A. RESEARCH WITH GRAPHING CALCULATORS- JOURNAL ARTICLES & BOOK CHAPTERS

- Adams, T. L. (1997). Addressing students' difficulties with the concept of function: Applying graphing calculators and a model of conceptual change. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 19 (2), 43-57.
- Adie, G. (1998). The impact of the graphics calculator on physics teaching. *Physics Education*, 33, 50-54.
- Barbour, R., & Bethel, F. (1995, September). We have seen the future, and its screen is small . . . *Mathematics in School*, 24, 20-31.
- Boers, M. A. M., & Jones, P. L. (1994). Students' use of graphics calculators under examination conditions. *International Journal of Mathematics Education in Science and Technology*, 25, 491-516.
- Bridgeman, B., Harvey, A. & Braswell, J. (1995). Effects of calculator use on scores on a test of mathematical reasoning. *Journal of Educational Measurement*, 32, 323-340.
- Bruns, G. (1993). Calculator = CCH tool. *Mathematics and Computer Education*, 27, 215-218.
- Burton, N. (1996). Have changes in the SAT affected women's mathematics performance? *Educational Measurement: Issues and Practices*, 15 (4), 5-9.
- Christmann, E. P., & Badgett, J. L. (1997). The effects of computers and calculators on male and female statistics achievement. *Journal of Computing in Higher Education*, 9, 49-58.
- Demana, F., Schoen, H. L., & Waits, B. (1993). Graphing in the K-12 curriculum: The impact of the graphing calculator. In T. A. Romberg, E. Fennema, & T. P. Carpenter (Eds.), *Integrating research on the graphical representation of functions*, (pp. 11-39). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Demana, F., & Waits, B. K. (1988). The Ohio State University Calculator and Computer Precalculus Project: The mathematics of tomorrow today! *The AMATYC Review*, 10(1), 46-55.
- Dick, T. (1992a). Supercalculators: Implications for calculus curriculum, instruction, and assessment. In J. T. Fey (Ed.), *Calculators in Mathematics Education: 1992 Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics* (pp. 145-157). Reston, VA: NCTM.
- Dick, T. (1992b). Symbolic-graphical calculators: Teaching tools for mathematics. *School Science and Mathematics*, 92, 1-5.
- Drijvers, P., & Doorman, M. (1996). The graphics calculator in mathematics education. *Journal of Mathematical Behavior*, 15, 425-440.
- Dugdale, S., Thompson, P. W., Harvey, W., Demana, F., Waits, B., Kieran, C., McConnell, J. W., & Christmas, P. (1995). Technology and algebra curriculum reform: Current issues, potential directions, and research questions. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 14, 325-357.
- Dunham, P. H. (1993). Does using calculators work? The jury is almost in. *UME Trends*, 5(2), 8-9.
- Dunham, P. H. (1995). Calculator use and gender issues. *Association for Women in Mathematics Newsletter*, 25 (2), 16-18.
- Dunham, P. H., & Dick, T. P. (1994). Research on graphing calculators. *Mathematics Teacher*, 87, 440-445.
- Dunham, P. H., & Osborne, A. (1991). Learning how to see: Students' graphing difficulties. *Focus on Learning Problems in Mathematics*, 13(4), 35-49.
- Farrell, A. M. (1996). Roles and behaviors in technology-integrated precalculus classrooms. *Journal of Mathematical Behavior*, 15, 35-53.
- Fleener, M. J. (1995). The relationship between experience and philosophical orientation: A comparison of preservice and practicing teachers' beliefs about calculators. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 14, 359-376.
- Fleener, M. J. (1995). A survey of mathematics teachers' attitudes about calculators: The impact of philosophical orientation. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 14, 481-498.
- Gage, J. (1999). Shifts in confidence: The graphic calculator as a space in which to do mathematics. *Micromath*, 15 (2), 13-17.
- Glasgow, B., & Reys, B. J. (1998). The authority of the calculator in the minds of college students. *School Science and Mathematics*, 98, 383-388.
- Goldenberg, E. P. (1988). Mathematics, metaphors, and human factors: Mathematical, technical, and pedagogical challenges in the educational use of graphical representation of functions. *Journal of Mathematical Behavior*, 7, 135-173.
- Goldstein, R. (1994). Mathematics education, computers, and calculators: The next ten years. In M. Selinger (Ed.), *Teaching Mathematics* (pp. 169-181). London: Routledge.
- Harskamp, E. G., Suhre, C. J. M., & van Streun, A. (1998). The graphics calculator in mathematics education. *Hiroshima Journal of Mathematics Education*, 6, 13-31.
- Harvey, J. G., Waits, B. K., & Demana, F. D. (1995). The influence of technology on the teaching and learning of algebra. *Journal of Mathematical Behavior*, 14, 75-109.
- Heid, M. K. (1997). The technological revolution and the reform of school mathematics. *American Journal of Education*, 106, 5-61.
- Hennessy, S. (1999). The potential of portable technologies for supporting graphing investigations. *British Journal of Educational Technology*, 30 (1), 57-60.
- Hennessy, S., Fung, P., Scanlon, E., & Northern, L. (1998). Graphing with palmtops. *Micromath*, 16, 30-33.
- Hollar, J. C., & Norwood, K. (1999). The effects of graphing-approach intermediate algebra curriculum on students' understanding of function. *Journal for Research in Mathematics Education*, 30, 220-226.

- Hudson, B., & Borba, M. (1999). The role of technology in the mathematics classroom: ICME 8 Working Group 16 Secondary School Sub-group. *Micromath*, 15 (1), 19-23.
- Kaplan, R., & Herrera, T. (1995). Implementing the graphing calculator in Cincinnati's precalculus classes: Teachers' reactions. *Ohio Journal of School Mathematics*, No. 31, 8-12.
- Kaput, J. J. (1992). Technology and mathematics education. In D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 515-556). Reston, VA: NCTM.
- Kaput, J. J., & Thompson, P. W. (1994). Technology in mathematics education research: The first 25 years in the *JRME. Journal for Research in Mathematics Education*, 25, 676-684.
- Keller, B. A., & Hirsch, C. R. (1998). Student preferences for representations of functions. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 29, 1-17.
- Keller, B., & Russell, C. (1997). Effects of the TI-92 on calculus students solving symbolic problems. *International Journal of Computer Algebra in Mathematics Education*, 4, 77-97.
- Keller, B., Russell, C., & Thompson, H. (1999). A large-scale study clarifying the roles of the TI-92 and instructional format on student success in calculus. *International Journal of Computer Algebra in Mathematics Education*, 6, 191-207.
- Kemp, M. (1996). Graphics calculator use in examinations: Accident or design? ? *Australian Senior Mathematics Journal*, 10, 36-50.
- Lauten, A. D., Graham, K., & Ferrini-Mundy, J. (1994). Student understanding of basic calculus concepts: Interaction with the graphics calculator. *Journal of Mathematical Behavior*, 13, 225-237.
- Leinhardt, G., Zaslavsky, O., & Stein, M. K. (1990). Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching. *Review of Educational Research*, 60, 1-64.
- Marshall, J. A. (1996). The effects of technology on student understanding of mathematical concepts. In M. K. Heid & G. W. Blume (Eds.), *Integrated mathematics and integrating mathematics, 1996 Yearbook* (pp. 51-60). State College, PA: Pennsylvania Council of Teachers of Mathematics.
- Merriweather, M., & Tharp, M. L. (1999). The effect of instruction with graphing calculators on general mathematics students naturalistically solving algebraic problems. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 18 (1), 7-22.
- Milou, E. (1999). The graphing calculator: A survey of classroom usage. *School Science and Mathematics*, 99, 133-139.
- Penglase, M., & Arnold, S. (1996). The graphics calculator in mathematics education: A critical review of recent research. *Mathematics Education Research Journal*, 8, 58-90.
- Quesada, A. R., & Maxwell, M. E. (1994). The effect of using graphing calculators to enhance college students' performance in precalculus. *Educational Studies in Mathematics*, 27, 205-215.
- Rochowicz, J. A., Jr. (1996). The impact of using computers and calculators on calculus instruction. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 15, 423-435.
- Rogers, Y. (1999). What is different about interactive graphical representations? ? *Learning and Instruction*, 9, 419-425.
- Romberg, T. A., Fennema, E., & Carpenter, T. P. (Eds.) (1993). *Integrating research on the graphical representation of functions*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Ruthven, K. (1990). The influence of graphic calculator use on translation from graphic to symbolic forms. *Educational Studies in Mathematics*, 21, 431-450.
- Ruthven, K. (Ed.) (1992). *Graphic calculators in advanced mathematics*. Coventry: NCET.
- Ruthven, K. (1994). Supercalculators and the secondary mathematics curriculum. In M. Selinger (Ed.), *Teaching Mathematics*. London: Routledge.
- Ruthven, K. (1996). Calculators in the mathematics curriculum: The scope of personal computational technology. In A. Bishop, K. Clements, C. Keitel, J. Kilpatrick, & C. Laborde (Eds.), *International Handbook of Mathematics Education* (pp. 435-468). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Senk, S. L., Beckmann, C. E., & Thompson, D. R. (1997). Assessment and grading in high school mathematics classrooms. *Journal for Research in Mathematics Education*, 28, 187-215.
- Simmt, E. (1997). Graphing calculators in high school. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 16, 269-289.
- Simonsen, L. M., & Dick, T. P. (1997). Teachers' perceptions of the impact of graphing calculators in the mathematics classroom. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 16, 239-268.
- Slavit, D. (1996). Graphing calculators in a "hybrid" Algebra II classroom. *For the Learning of Mathematics*, 16, 9-14.
- Smith, K. B., & Shotsberger. (1997). Assessing the use of graphing calculators in college algebra: Reflecting on dimensions of teaching and learning. *School Science and Mathematics*, 97, 368-376.
- Steele, D. (1995). The Wesley College Technology Enriched Graphing Project. In J. Wakefield & L. Velardi (Eds.), *Celebrating Mathematics Learning* (pp. 35-43). Brunswick, Australia: Mathematical Association of Victoria.
- Stiff, L. V., McCollum, M., & Johnson, J. (1992). Using symbolic calculators in a constructivist approach to teaching mathematics of finance. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 11, 75-84.
- Testone, S. (1998). Determining the appropriate use of graphing calculators in elementary algebra. *Research and Teaching in Developmental Education*, 14 (2), 87-89.
- Tharp, M. L., Fitzsimmons, J. A., & Ayers, R. A. B. (1997). Negotiating a technological shift: Teacher perception of the implementation of graphing calculators. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 16, 551-575.

- Waits, B., & Demana, F. (1994). The Calculator and Computer Precalculus Project (C2PC): What have we learned in ten years? In Bright, G. (Ed.), *The impact of calculators on mathematics instruction*. Lanham, MD: University Press of America.
- Williams, C. G. (1993). Looking over their shoulders: Some difficulties students have with graphing calculators. *Mathematics and Computer Education*, 27 (3), 198-202.
- Wilson, M. R. (1994). One preservice secondary teacher's understanding of function: The impact of a course integrating mathematical content and pedagogy. *Journal for Research in Mathematics Education*, 25, 346-370.
- Wilson, M. R., & Krapfl, C. M. (1994). The impact of graphics calculators on students' understanding of function. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 13, 252-264.
- Zand, H., & Crowe, W. D. (1997). Novices entering Mathematics 2: The graphic calculator and distance learners. *Computers in Education*, 29, 25-32.
- Zbiek, R. M. (1998). Prospective teachers' use of computing tools to develop and evaluate functions as mathematical models. *Journal for Research in Mathematics Education*, 29, 184-201.

EK B. RESEARCH WITH GRAPHING CALCULATORS- DISSERTATIONS

- Abuloum, K. M. (1996). Graphing calculators: Teacher perceptions, training, and attitude. (University of Nebraska, 1996). *Dissertation Abstracts International*, 57, 1063A.
- Adams, T. L. (1995). The effects of graphing calculators and a model for conceptual change on community college algebra students' concept of function. (University of Florida, 1993). *Dissertation Abstracts International*, 55, 1859A.
- Agwu, N. M. A. (1996). Using a computer laboratory setting (CLS) to teach college calculus. (Syracuse University, 1995). *Dissertation Abstracts International*, 57, 611A.
- Alexander, M. P. (1993). The effective use of computers and graphing calculators in college algebra. (Georgia State University, 1993). *Dissertation Abstracts International*, 54, 2080A.
- Alkalay, M. (1991). Using computers for independent exploration in precalculus. (Columbia University Teachers College, 1990). *Dissertation Abstracts International*, 51, 2300A-2301A.
- Alkhateeb, H. M. (1995). The effect of using graphics calculators on students' attitudes towards mathematics and students' achievement in introductory calculus. (Ohio University, 1995). *Dissertation Abstracts International*, 56, 2155A.
- Almeqdadi, F. A. (1997). Graphics calculators in calculus: An analysis of students' and teachers' attitudes. (Ohio University, 1997). *Dissertation Abstracts International*, 58, 1627A.
- Armstrong, S. M. (1997). A multivariate analysis of the dynamics of factors of social context, curriculum, and classroom process to achievement in calculus at the community college. (University of Rochester, 1997). *Dissertation Abstracts International*, 58, 783A.
- Army, P. D. (1992). An approach to teaching a college course in trigonometry using applications and a graphing calculator. (Illinois State University, 1991). *Dissertation Abstracts International*, 52, 2850A.
- Austin, J. S. (1997). Effect of graphing calculator use on student achievement in college algebra: Gender and age related differences. (University of Missouri-Kansas City, 1996). *Dissertation Abstracts International*, 57, 3433A.
- Barker, J. L. (1994). Selected factors related to academic achievement of developmental introductory algebra students at the two-year college level. (The University of Oklahoma, 1994). *Dissertation Abstracts International*, 55, 476A.
- Barton, S. D. (1996). Graphing calculators in college calculus: An examination of teachers' conceptions and instructional practice. (Oregon State University, 1995). *Dissertation Abstracts International*, 56, 3868A.
- Becker, B. A. (1992). The concept of function: Misconceptions and remediation at the collegiate level. (Illinois State University, 1991). *Dissertation Abstracts International*, 52, 2850A.
- Beckmann, C. E. (1989). Effects of computer graphics use on student understanding of calculus concepts. (Western Michigan University, 1988). *Dissertation Abstracts International*, 50, 1974B.
- Bosche, W. W., Jr. (1998). Impact of a nontraditional technology-enhanced approach on student conceptualization in a precalculus course. (Georgia State University, 1997). *Dissertation Abstracts International*, 58, 3049A.
- Bowles, W. R. (1996). Using graphics calculators and computers to teach transformations of functions and relations in Mathematics 11. (Master's thesis, Simon Fraser University, 1993). *Masters Abstracts International*, 34, 495.
- Bradford, J. W. (1991). A meta-analysis of selected research on student attitudes toward mathematics. (University of Iowa, 1990). *Dissertation Abstracts International*, 51, 4049A.
- Brekke, D. L. (1991). The effects of training in teacher attitudes toward calculators and problem solving and the effects of calculator training in student problem solving ability and attitude toward mathematics. (University of South Carolina, 1990). *Dissertation Abstracts International*, 51, 4049A-4050A.
- Browning, C. A. (1989a). Characterizing levels of understanding of functions and their graphs. (The Ohio State University, 1988). *Dissertation Abstracts International*, 49, 2957A.
- Burke, G., Jr. (1996). The status of instructional computing and calculator use in the teaching of secondary school mathematics, grades nine through twelve, in Alabama. (Kansas State University, 1995). *Dissertation Abstracts International*, 56, 3489A.

- Caldwell, F. W., Jr. (1995). Conceptual and procedural achievements: Effect of a graphics calculator as a learning tool on college students' learning of mathematical functions and graphs. (Clemson University, 1994). *Dissertation Abstracts International*, 56, 483A.
- Carson, V. M. (1996). Data analysis to explore the sampling distribution of the sample mean. (Georgia State University, 1995). *Dissertation Abstracts International*, 57, 598A.
- Carter, H. H. (1996). A visual approach to understanding the function concept using graphing calculators. (Georgia State University, 1995). *Dissertation Abstracts International*, 56, 3869A.
- Cassity, C. L. (1998). The relation of gender, spatial visualization, mathematical confidence, and classroom graphing calculator utilization to conceptual mathematical performance: Learning with technology. (University of Wyoming, 1997). *Dissertation Abstracts International*, 58, 3095A.
- Castillo, T. F. (1998). Visualization, attitude, and performance in multivariable calculus: Relationship between use and nonuse of graphing calculators. (The University of Texas at Austin, 1997). *Dissertation Abstracts International*, 59, 438A.
- Cates, J. M. (1999). The teacher's role in the utilization of the graphing in teaching graphing linear functions in middle school Algebra I. (The Florida State University, 1998). *Dissertation Abstracts International*, 59, 2404A.
- Chamblee, G. E. (1996). Using graphing calculators to teach first-year algebra: North Carolina mathematics teachers' concerns. (The University of North Carolina at Chapel Hill, 1995). *Dissertation Abstracts International*, 56, 3869A.
- Chandler, P. A. (1993). The effect of the graphing calculator on high school students' mathematical achievement. (University of Houston, 1992). *Dissertation Abstracts International*, 53, 3832A.
- Clay, J. H. (1994). The use of technology in the delivery of instruction in Algebra II in Texas public secondary schools. (University of North Texas, 1993). *Dissertation Abstracts International*, 54, 2862A.
- Coles, C. D. (1990). The effects of graphing with the microcomputer in college precalculus mathematics. (University of Texas at Austin, 1989). *Dissertation Abstracts International*, 50, 3173A.
- Colgan, L. E. C. (1993). Graphing tools in the mathematics classroom: Some factors affecting successful use. (University of Toronto, 1992). *Dissertation Abstracts International*, 54, 1712A.
- Coston, Y. M. (1995). The effects of graphics calculator-enhanced instruction, and cooperative learning on college algebra students' understanding of the function concept, achievement of algebraic skills, and attitudes toward mathematics. (North Carolina State University, 1994). *Dissertation Abstracts International*, 55, 2310A.
- Crates, G. H. (1995). Changes in curricula design and the effect on transfer of learning in developmental mathematics students. (University of Tennessee, 1994). *Dissertation Abstracts International*, 55, 1859A.
- Currence, A. J. (1993). A descriptive study of instructional delivery systems for mathematics teachers related to the graphics calculator. (University of South Carolina, 1992). *Dissertation Abstracts International*, 53, 3832A.
- Devantier, A. T. (1993). The impact of graphing calculators on the understanding of functions and their graphs. (Master's thesis, Central Michigan University, 1992). *Masters Abstracts International*, 31, 535.
- Dinkheller, A. L. (1994). Graphing calculators in precalculus: Gender, anxiety, and achievement. (University of Cincinnati, 1993). *Dissertation Abstracts International*, 54, 4020A.
- Doenges, K. G. (1997). Spatial skills, confidence, gender and graphing calculator use in the high school precalculus classroom. (The Ohio State University, 1996). *Dissertation Abstracts International*, 57, 2923A.
- Donald, J. B. (1999). Technology in mathematics education: A descriptive study of the availability and uses of calculators and computers in public high school mathematics classes in the State of Virginia. (Virginia Polytechnic institute and State University, 1998). *Dissertation Abstracts International*, 59, 3762A.
- Dunham, P. H. (1991). Mathematical confidence and performance in technology-enhanced precalculus: Gender-related differences. (The Ohio State University, 1990). *Dissertation Abstracts International*, 51, 3353A.
- Dyer, D. M. (1995). The effects of computer and non-computer based instruction on symbolic, graphic, and numerical representations of mathematical functions in applied college algebra. (University of Maryland College Park, 1994). *Dissertation Abstracts International*, 55, 3438A.
- Easley, K. (1997). A bridge to calculus: A textbook for the study of functions and graphs. (Master's thesis, Texas Women's University, 1997). *Masters Abstracts International*, 35, 162.
- Ellison, M. J. (1994). The effect of computer and calculator graphics on students' ability to mentally construct calculus concepts. (University of Minnesota, 1993). *Dissertation Abstracts International*, 54, 4020A.
- Emese, G. (1993). The effects of guided discovery style teaching and graphing calculator use in differential calculus. (Ohio State University, 1993). *Dissertation Abstracts International*, 54, 450A.
- Estes, K. A. (1990). Graphics technologies as instructional tools in applied calculus: Impact on instructor, students, and conceptual and procedural achievement. (University of South Florida, 1990). *Dissertation Abstracts International*, 51, 1147A.
- Farrell, A. M. (1990). Teaching and learning behaviors in technology-oriented precalculus classrooms. (The Ohio State University, 1989). *Dissertation Abstracts International*, 51, 100A.
- Ferraro, M. E. (1997). The use of supplementary units designed to promote mathematical applications in a college algebra course. (Columbia University Teachers College, 1996). *Dissertation Abstracts International*, 57, 4677A.
- Ferrell, M. J. (1995). How three instructors' conceptions about mathematics and mathematics teaching relate to their instructional practices. (Arizona State University, 1995). *Dissertation Abstracts International*, 56, 1642A.

- Fitzsimmons, R. W. (1995). The relationship between cooperative student pairs' Van Hiele levels and success in solving geometric calculus problems following graphing calculator-assisted spatial training. (Columbia University, 1995). *Dissertation Abstracts International*, 56, 2156A.
- Frederick, H. R. (1989). The effects of using software tools to study functions and their graphs. (University of Illinois, 1989). *Dissertation Abstracts International*, 50, 1282A.
- Fox, T. B. (1998). Teacher change during the first-year implementation of a reform calculus curriculum in a small, rural high school: A case study. (Illinois State University, 1997). *Dissertation Abstracts International*, 58, 3051A.
- Fox, L. F. (1998). The effect of a graphing calculator used in an active learning environment on intermediate algebra students' achievement and attitude. (University of South Florida, 1998). *Dissertation Abstracts International*, 59, 761A.
- Galindo-Morales, E. (1995). Visualization in the calculus class: Relationship between cognitive style, gender, and use of technology. (The Ohio State University, 1994). *Dissertation Abstracts International*, 55, 3125A.
- Gaston, J. L. (1991). Student reluctance/difficulty with calculator use in community college mathematics courses. (Columbia University Teachers College, 1990). *Dissertation Abstracts International*, 51, 2301A-2302A.
- Giamati, C. M. (1991). The effect of graphing calculator use on students' understanding of variations on a family of equations and the transformations of their graphs. (University of Michigan, 1990). *Dissertation Abstracts International*, 52, 103A.
- Gordon, M. B. (1992). A quantitative analysis of the relationship between computer graphics and mathematics achievement and problem solving. (University of Cincinnati, 1991). *Dissertation Abstracts International*, 52, 2511A.
- Hale, P. L. (1997). Building conceptions and repairing misconceptions in student understanding of kinematic graphs: Using student discourse in calculator-based laboratories. (Oregon State University, 1996). *Dissertation Abstracts International*, 57, 3434A.
- Hall, M. K. (1993). Impact of the graphing calculator on instruction of trigonometric functions in precalculus classes. (Baylor University, 1992). *Dissertation Abstracts International*, 54, 451A.
- Hamm, D. M. (1990). The association between computer-oriented and noncomputer-oriented mathematics instruction, student achievement, and attitude toward mathematics in introductory calculus. (University of North Texas, Denton, 1989). *Dissertation Abstracts International*, 50, 2817A.
- Hardin, W. J. (1998). Comparison of four instructional approaches and mathematics background on students' conception of limits (calculus). (Syracuse University, 1997). *Dissertation Abstracts International*, 59, 114A.
- Hart, D. K. (1992). Building concept images: Supercalculators and students' use of multiple representations in calculus. (Oregon State University, 1991). *Dissertation Abstracts International*, 52, 4254A.
- Hinerman, S. D. (1997). Graphing calculators in the calculus classroom. (Master's thesis, Salem-Teikyo University, 1997). (ERIC Document Reproduction Service No. ED 416100)
- Hirschhorn, D. B. (1992). Implementation of the first four years of the University of Chicago School Mathematics Project secondary curriculum. (University of Chicago, 1991). *Dissertation Abstracts International*, 52, 3549A.
- Hollar, J. C. (1997). The effects of a graphing approach college algebra curriculum on students' understanding of the function concept. (North Carolina State University, 1996). *Dissertation Abstracts International*, 57, 2924A.
- Hooper, J. J. (1997). Students' concepts of rational functions as developed in a computer graphing environment. (University of Georgia, 1996). *Dissertation Abstracts International*, 57, 3862A.
- Hylton-Lindsay, A. A. (1998). The effect of the graphing calculator on metacognitive aspects of student performance in precalculus for business. (Columbia University Teachers College, 1997). *Dissertation Abstracts International*, 58, 3449A.
- Johnson, J. L. (1992). Using symbolic calculators to facilitate constructivist learning in mathematics of finance. (North Carolina State University, 1992). *Dissertation Abstracts International*, 53, 434A.
- Johnson, L. H. (1991). A "snapshot" of the use of computers and calculators in teaching mathematics in grades nine through twelve in selected schools in Erie County. (State University of New York at Buffalo, 1990). *Dissertation Abstracts International*, 52, 103A.
- Johnson, T. M. (1995). A teacher's role and calculator tasks in two twelfth-grade mathematics classes. (The University of Wisconsin-Madison, 1994). *Dissertation Abstracts International*, 55, 1861A.
- Jones, K. L. (1998). The effects of the use of graphing calculator on learning disabled students' achievement and attitudes in a university finite mathematics course. (The American University, 1997). *Dissertation Abstracts International*, 59, 438A.
- Jost, K. L. E. (1992). The implementation of technology in the calculus classroom: An examination of teacher beliefs, practice and curriculum change. (Syracuse University, 1992). *Dissertation Abstracts International*, 53, 1876A.
- King, H. J. (1998). Effects of computer-enhanced instruction in college level mathematics as determined by a meta-analysis. (The University of Tennessee, 1997). *Dissertation Abstracts International*, 59, 114A.
- King, M. J. (1998). The effects of frequency of technology use on high school students' mathematics and science achievement (mathematics achievement). (University of Houston, 1998). *Dissertation Abstracts International*, 59, 778A.

- Kinney, D. P. (1997). The effect of graphing calculator use and the Lesh translation model on student understanding of the relationship between function and derivative in a nonrigorous calculus course. (University of Minnesota, 1997). *Dissertation Abstracts International*, 57, 5090A.
- Lapp, D. A. (1996). Student perception of the authority of the computer/calculator in the curve fitting of data. (The Ohio State University, 1995). *Dissertation Abstracts International*, 56, 3490A.
- Lauten, A. D. (1997). Profiles of reform in the teaching of calculus: A study of the implementation of materials developed by the Calculus Consortium based at Harvard (CCH) Curriculum Project. (University of New Hampshire, 1996). *Dissertation Abstracts International*, 57, 3419A.
- Lesmeister, L. M. (1997). The effect of graphing calculators on secondary mathematics achievement. (Master's thesis, University of Houston-Clear Lake, 1996). *Masters Abstracts International*, 35, 39.
- Lim, C. Y. (1992). Effects of using calculators on computational ability of non-college bound students, their attitudes toward mathematics and achievement on unit tests in probability and statistics. (Temple University, 1991). *Dissertation Abstracts International*, 52, 2450A.
- Maldonado, A. R. (1998). Conversations with Hypatia: The use of computers and graphing calculators in the formulation of mathematical arguments in college calculus. (The University of Texas at Austin, 1998). *Dissertation Abstracts International*, 59, 1955A.
- Martin, W. O. (1994). Lasting effects of the integrated use of graphing technologies in precalculus mathematics. (The University of Wisconsin-Madison, 1993). *Dissertation Abstracts International*, 54, 3694A.
- Martinez-Cruz, A. M. (1993). Knowledge and development of functions in a technology-enhanced high school precalculus class: A case study. (Ohio State University, 1993). *Dissertation Abstracts International*, 54, 452A.
- Mathews, H. W. (1996). The use of parametric representations to simulate motion on a graphics calculator. (Master's thesis, Simon Fraser University, 1993). *Masters Abstracts International*, 34, 514.
- May, C. M. (1995). Factors affecting the integration of graphing calculator technology in the secondary precalculus classroom: Attitudes, teacher training, and curriculum issues. (University of Texas at Austin, 1994). *Dissertation Abstracts International*, 55, 3127A.
- McClendon, M. A. (1992). The development of a graphics calculator study guide for calculus students. (University of Oregon, 1991). *Dissertation Abstracts International*, 52, 2450A.
- Merriweather, M. (1998). A study of high school mathematics teachers on their attitude towards and use of calculators. (The American University, 1998). *Dissertation Abstracts International*, 59, 672A.
- Mesa, V. M. (1997). The role of the graphing calculator in solving problems on functions. (Master's thesis, University of Georgia, 1996). *Masters Abstracts International*, 35, 937.
- Milou, E. (1998). Attitudes toward and use of the graphing calculator in the teaching of algebra (high school teachers). (Temple University, 1998). *Dissertation Abstracts International*, 59, 1956A.
- Monticelli, C. A. (1996). Effects of using the graphing calculator as compared to scientific calculator on achievement and attitude in college algebra. (Temple University, 1996). *Dissertation Abstracts International*, 57, 1066A.
- Mustafa, A. M. (1997). An investigation of the understanding of the numerical experience associated with the global behavior of polynomial functions for students in graphing and non-graphing calculator college algebra courses. (University of New Orleans, 1997). *Dissertation Abstracts International*, 58, 1629A.
- Myers, K. A. (1998). The use of graphing/symbolic calculators in high school mathematics: a study of teacher knowledge, beliefs, and practices. (University of Cincinnati, 1998). *Dissertation Abstracts International*, 59, 1500A.
- Nath, J. L. M. (1995). Expert/novice differences in teaching with calculators. (University of Houston, 1995). *Dissertation Abstracts International*, 56, 1647A.
- Nichols, J. A. (1992). The use of graphing technology to facilitate transfer of learning: The interpretation of graphs in physics. (The Ohio State University, 1992). *Dissertation Abstracts International*, 53, 748A.
- Nicol, M. L. P. (1995). Examining the changing beliefs of a high school physics teacher integrating mathematics through technology: A case study. (The Ohio State University, 1995). *Dissertation Abstracts International*, 56, 2158A.
- Nimmons, L. A. (1998). Spatial ability and dispositions toward mathematics in college algebra: Gender-related differences. (Georgia State University, 1997). *Dissertation Abstracts International*, 58, 3054A.
- Norris, C. W. (1995). The impact of using graphic calculators as an aid for the teaching and learning of precalculus in a university setting. (Michigan State University, 1994). *Dissertation Abstracts International*, 55, 1862A.
- Novak, C. W. (1991). A study to determine possible trends between students' problems and successes and instructors' and teaching assistants' usage levels and concerns stages implementing calculators into class. (Syracuse University, 1990). *Dissertation Abstracts International*, 52, 457A.
- O'Neill, C. I. F. (1996). Incorporating the graphing calculator into college algebra. (Kansas State University, 1995). *Dissertation Abstracts International*, 56, 3491A.
- Oster, J. L. (1995). Graphics technology and calculus readiness: The effects of instruction using a programmable scientific graphing calculator on conceptual and procedural understanding in precalculus. (Florida Institute of Technology, 1994). *Dissertation Abstracts International*, 55, 3466A.
- Ottinger, T. P. (1994). Conceptual and procedural learning in first year algebra using graphing calculators and computers. (Georgia State University, 1993). *Dissertation Abstracts International*, 54, 2934A.
- Pankow, C. K. (1995). The effects of college student use of graphics calculators on the learning of algebraic concepts. (The University of North Dakota, 1994). *Dissertation Abstracts International*, 55, 3774A.

- Paschal, S. G. (1995). Effects of a visualization-enhanced course in college algebra using graphing calculators and video tapes. (Georgia State University, 1994). *Dissertation Abstracts International*, 55, 27 54A.
- Porzio, D. T. (1995). The effects of differing technological approaches to calculus on students' use and understanding of multiple representations when solving problems. (The Ohio State University, 1994). *Dissertation Abstracts International*, 55, 3128A.
- Postner, M. H. (1991). The development of a laboratory manual for an introductory undergraduate linear algebra course using an advanced scientific calculator. (University of Maryland College Park, 1990). *Dissertation Abstracts International*, 51, 2305A..
- Rich, B. (1991). The effect of the use of graphing calculators on the learning of function concepts in precalculus mathematics. (University of Iowa, 1990). *Dissertation Abstracts International*, 52, 835A.
- Rizzuti, J. M. (1992). Students' conceptualizations of mathematical functions: The effects of a pedagogical approach involving multiple representations. (Cornell University, 1991). *Dissertation Abstracts International*, 52, 3549A.
- Rochowicz, J. A. (1993). An analysis of the perceived impact of computing devices on calculus instruction in engineering curricula. (Lehigh University, 1993). *Dissertation Abstracts International*, 53, 4290A.
- Rodgers, K. V. (1996). The effects of achievement, retention of mathematical knowledge, and attitudes toward mathematics as a result of supplementing the traditional Algebra II curriculum with graphing calculator activities. (Southern Illinois University at Carbondale, 1995). *Dissertation Abstracts International*, 57, 91A.
- Rogers, B. M. (1997). A study of the pedagogy and curriculum of introductory mathematics courses at colleges and universities in Georgia. (University of Georgia, 1996). *Dissertation Abstracts International*, 57, 3847A.
- Round, E. L. (1998). A study of the potential benefits of using interactive software in high school geometry solely for whole class demonstration and discussion (TI-92). (The Ohio State University, 1998). *Dissertation Abstracts International*, 59 115A.
- Runde, D. C. (1999). Effects of portable computer algebra systems and problem-solving heuristics on community college algebra students' word-problem-solving abilities. (University of South Florida, 1998). *Dissertation Abstracts International*, 59, 4089A.
- Scott, B. A. (1995). The effect of graphing calculator in algebra II classrooms: A study comparing achievement, attitude, and confidence. (University of North Texas, 1994). *Dissertation Abstracts International*, 55, 2755A.
- Seavertson, P. (1996). Comparing the use of the graphics calculator and scientific calculator in college algebra. (University of Kansas, 1995). *Dissertation Abstracts International*, 56, 4309A.
- Shoaf-Grubbs, M. M. (1993). The effect of the graphics calculator on female students' cognitive levels and visual thinking. (Columbia University, 1992). *Dissertation Abstracts International*, 54, 119A.
- Simeon, P. B. (1997). Formative evaluation of a graphing calculator study guide designed for developmental mathematics. (Grambling State University, 1996). *Dissertation Abstracts International*, 57, 4300A.
- Simmt, E. (1995). Living one's philosophy of mathematics: Graphing calculators in high school mathematics. (Master's thesis, University of Alberta, 1993). *Masters Abstracts International*, 33, 39.
- Slavit, D. B. (1995). Algebra instruction using the graphing calculator and its effect on the students' conceptions of function. (University of Delaware, 1994). *Dissertation Abstracts International*, 56, 127A.
- Stiles, N. L. (1995). Graphing calculators and calculus. (Illinois State University, 1994). *Dissertation Abstracts International*, 55, 4888B.
- Strait, G. J. (1993). A comparison of deductive and inductive teaching strategies utilizing graphing calculator capabilities. (Texas Tech University, 1993). *Dissertation Abstracts International*, 54, 161A
- Stroup, W. J., Jr. (1997). Embodying a nominalist constructivism: Making graphical sense of learning the calculus of how much and how fast. (Harvard University, 1997). *Dissertation Abstracts International*, 57, 2928A.
- Teles, E. J. (1990). Numerical and graphical presentation of functions in precalculus. (University of Maryland College Park, 1989). *Dissertation Abstracts International*, 51, 777A.
- Thomas, E. J. (1990). A study of the effects of a computer graphics problem-solving activity on student achievement, attitudes, and task motivation. (Georgia State University, 1989). *Dissertation Abstracts International*, 51, 102A.
- Thomasson, S. J. (1993). The effects of the graphing calculator on the achievement and attitude of college students enrolled in elementary algebra. (University of Tennessee, 1992). *Dissertation Abstracts International*, 53, 3835A.
- Thompson, D. R. (1993). An evaluation of a new course in precalculus and discrete mathematics. (University of Chicago, 1992). *Dissertation Abstracts International*, 54, 1716A.
- Treacy, A. L. (1996). Learning styles, feelings and beliefs about technology and mathematics achievement. (The Claremont Graduate School, 1996). *Dissertation Abstracts International*, 56, 4691A.
- Tolias, G. (1993). The effects of using graphing technology in college precalculus. (University of Texas at Austin, 1993). *Dissertation Abstracts International*, 54, 1274-1275A.
- Tufte, F. W. (1990). The influence of computer programming and computer graphics on the formation of the derivative and integral concepts. (The University of Wisconsin-Madison, 1990). *Dissertation Abstracts International*, 51, 1149A.
- Tuska, A. (1993a). Students' errors in graphing calculator-based precalculus classes. (Ohio State University, 1992). *Dissertation Abstracts International*, 53, 2725A.

- Upshaw, J. T. (1994). The effect of the calculator-based, graph-exploration method of instruction on advanced placement calculus achievement. (University of South Carolina, 1993). *Dissertation Abstracts International*, 54, 4023A.
- Utter, F. W. (1997). Relationships among AP Calculus teachers' pedagogical content beliefs, classroom practice, and their students' achievement. (Oregon State University, 1996). *Dissertation Abstracts International*, 57, 5091A.
- Vazquez, J. L. (1991). The effect of the calculator on student achievement in graphing linear functions. (University of Florida, 1990). *Dissertation Abstracts International*, 51, 3660A.
- Vermilya, W. (1990). Using transformational geometry and computer graphics to teach function concepts in a high school precalculus course. (Georgia State University, 1989). *Dissertation Abstracts International*, 50, 3508A.
- Ward, R. A. (1997). An investigation of scaling issues and graphing calculator-associated misconceptions among high school students. (University of Virginia, 1997). *Dissertation Abstracts International*, 58, 2124A.
- Whisenant, M. A. (1990). The effects of the use of the calculator in Algebra I classes on basic skills maintenance and algebra achievement. (University of North Texas, 1989). *Dissertation Abstracts International*, 51, 102A.
- Wilkins, C. W. (1995). The effect of the graphing calculator on student achievement in factoring quadratic equations. (Mississippi State University, 1995). *Dissertation Abstracts International*, 56, 2159A.
- Williams, C. W. (1996). Relationships between learning style preferences, mathematics attitudes, calculator usage, and achievement. (The University of Tennessee, 1995). *Dissertation Abstracts International*, 57, 616A.
- Williams, S. E. (1993). Effects of teacher involvement in curriculum development on the implementation of calculators. (University of Houston, 1992). *Dissertation Abstracts International*, 53, 3836A.
- Windsor, A. M. (1998). A descriptive study of level three advanced mathematics students' conceptual understanding of the roots of polynomial functions. (Master's thesis, Memorial University of Newfoundland, 1997). *Masters Abstracts International*, 36, 325.
- Wolfe, M. D. (1990). Design and development of an interactive computer graphics tool to aid in the understanding of the general function concept. (Georgia State University, 1990). *Dissertation Abstracts International*, 51, 1945A.
- Worth, S. S. (1998). Teaching graphing skills in college algebra using an information-processing instruction model and a direct-instruction model. (University of North Carolina at Greensboro, 1998). *Dissertation Abstracts International*, 59, 1502A.
- Zieberth, S. W. (1995). An evaluation study of an inservice project designed to promote leadership in mathematics education. (The University of Iowa, 1994). *Dissertation Abstracts International*, 56, 1282A.

EK C. RESEARCH WITH GRAPHING CALCULATORS- REPORTS AND CONFERENCE PAPERS

- Adams, T. L. (1994). *Graphing function problems in teaching algebra* (Research Bulletin, Vol. 25, No. 2). Sanibel, FL: Florida Education Research Council. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 372 942)
- Alexander, M. P. (1994). The effective use of computers and graphing calculators in college algebra. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 410-414). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Barton, S. D. (1997). Reluctant reformers' beliefs, instruction, and assessment when teaching with supercalculators. In G. Goodell (Ed.), *Proceedings of the Ninth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 43-47). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Beckmann, C. E. (January, 1991). *Student understanding of calculus through the use of computer graphics*. Paper presented at AMS-MAA Joint Mathematics Meetings, San Francisco.
- Berger, M. (1998). Graphic calculators: An interpretative framework. In *Proceedings of the Twenty-Second International Conference for the Psychology of Mathematics Education*, Stellenbosch, SA, p. 237.
- Bergthold, T. A. (1999, January). *Multiple representations of local function behavior and the limit concept*. Poster session presented at the Joint AMS/MAA Annual Meeting, San Antonio, TX.
- Boers, M. A. M., & Jones, P. L. (1992). *The graphics calculator in tertiary mathematics: An evaluation of the effect of the graphics calculator on attitudes and performance at the secondary/tertiary interface*. Final report to the sponsor, The Victorian Education Foundation, Hawthorn: Swinburne Institute of Technology.
- Boers, M. A. M., & Jones, P. L. (1993). Exam performance and the graphics calculator in calculus. In B. Atweh, C. Kanes, M. Carss, & G. Booker (Eds.), *Proceedings of the Sixteenth Annual Conference of the Mathematics Research Groups of Australasia* (pp. 123-128). Queensland University of Technology.
- Bright, G. W., & Williams, S. E. (1994). Research and evaluation: Creating a complete picture of the impact of calculator use on mathematics teaching and learning. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 88-98). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Brosnan, P. & Ralley, T. G. (October, 1995). *Impact of calculus reform in a liberal arts calculus course*. Paper presented at the Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Columbus, OH. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 389 559)

- Browning, C. A. (1989b). The Computer/Calculator Precalculus (C2PC) Project and levels of graphical understanding. In F. Demana, B. Waits, & J. Harvey (Eds.), *Proceedings of the Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 114-117). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Cayco, B., & Pence, B. J. (1997). A common final: The explicit communication of beliefs about the content and learning of calculus. In G. Goodell (Ed.), *Proceedings of the Ninth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 74-78). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Chen, Y. (1993). Using graphing calculators in mathematics classrooms. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Fifth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 670-673). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Coston, Y. M. (1993). The effect of graphic calculator use on mathematics achievement, attitude, and skill in translation among multiple representations of elementary functions. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Fifth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 674-678). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Coston, Y. M. (1994). The effect of a graphics calculator enhanced college algebra curriculum and cooperative learning on mathematics achievement. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 460-466). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Davis, M. (1990). *Calculating women: Precalculus in context*. Paper presented at Third Annual Conference on Technology in Collegiate Mathematics, Columbus, OH, November 9-11, 1990.
- Dick, T., & Shaughnessy, M. (1988). The influence of symbolic/graphic calculators on the perceptions of students and teachers toward mathematics. In M. Behr, C. Lacampagne, & M. Wheeler (Eds.) *Proceedings of the Tenth Annual Meeting of PME-NA* (pp. 327-333) DeKalb, IL: Northern Illinois University.
- Dunham, P. H. (1990). An investigation of students' understanding of scale in technology-oriented classrooms. In F. Demana, B. Waits, & J. Harvey (Eds.), *Proceedings of the Second Annual Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 148-151). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Dunham, P. H. (1992). Teaching with graphing calculators; A survey of research on graphing technology. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Fourth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 89-101). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Dunham, P. H. (1996). Looking for trends: What's new in graphing calculator research? In G. Goodell (Ed.), *Proceedings of the Eighth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 120-124). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Ebert, C. L. (1994). Multiple layers of technology: An assessment of videotapes of prospective secondary teachers utilizing graphing calculators to teach quadratic functions. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 483-489). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Emese, G. (1992). Results of a survey on the use of graphing calculators and computers in high school precalculus. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Fourth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 279-280). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Fetta, I. (1992). Integrating graphing calculators and computer testing. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Fourth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 281-284). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Flores, A., & McLeod, D. (1990). *Calculus for middle school teachers using computers and graphing calculators*. Paper presented at Third Annual Conference on Technology in Collegiate Mathematics, Columbus, OH, November 9-11, 1990.
- Galindo-Morales, E. (1993). Using graphing calculators and chaos theory to help students visualize the limit concept. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Fifth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 594-601). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Galindo-Morales, E. (October, 1995). *Visualization and students' performance in technology-based calculus*. Paper presented at the Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Columbus, OH. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 389 622)
- Goldenberg, E. P. (1991). The difference between graphing software and educational graphing software. In F. Demana, B. Waits, & J. Harvey (Eds.), *Proceedings of the Second Annual Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 34-42). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Goldenberg, E. P., Harvey, W., Lewis, P. G., Umiker, R. J., West, J., & Zodiates, P. (1988). *Mathematical, technical, and pedagogical challenges in the graphical representation of functions* (Tech. Rep. No. 88-4). Cambridge, MA: Harvard University, Educational Technology Center.
- Harvey, J. G. (1993). *Effectiveness of graphing technologies in a precalculus course: The 1988-89 field test of the C2PC materials*. Paper presented at the Technology in Mathematics Teaching Conference, Birmingham, England, September, 1993.
- Harvey, J. G., & Waits, B. (1989). *Assessing precalculus student achievement in a course requiring the use of graphing utilities: Background and preliminary results*. Paper presented at the annual meeting of PME-North America, October, 1989.
- Jones, P. L. (1992). Technology in college level mathematics: Some issues of implementation. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Fourth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 28-36). Reading, MA: Addison-Wesley.

- Jones, P. L. (November, 1993). Realising the educational potential of the graphics calculator. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 212-217). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Jones, P. L., & Boers, M. A. (1993). Some gender differences in attitudes and mathematics performance with graphics calculators. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Fifth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 173-177). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Keller, B. A., & Hirsch, C. R. (1993). Student preferences for representations of functions. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Fifth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 178-190). Reading, MA: Addison-Wesley.
- LaTorre, D. R. (1991). *Revitalized undergraduate mathematics with symbol manipulating graphics calculators*. Final report to Fund for the Improvement of Postsecondary Education: Washington, DC. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 367 532)
- Lawrence, I. M., & Dorans, N. J. (August, 1994). *Optional use of calculators on a mathematical test: Effect on item difficulty and score equation*. Research report available from Educational Testing Service, Princeton, NJ. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 382 656)
- Martin, W. O. (1993). *Lasting effects of the integrated use of graphing technologies in precalculus mathematics*. Paper presented at the Technology in Mathematics Teaching Conference, Birmingham, England, September, 1993.
- Melin, J. (1990). *The enhancement of concept development in calculus through the use of the graphing calculator*. Paper presented at Third Annual Conference on Technology in Collegiate Mathematics, Columbus, OH, November 9-11, 1990.
- Mittag, K. C., & Taylor, S. (1996). *Using graphing calculator technology in educational statistics courses*. Paper presented at Annual Meeting of American Educational Research Association, New York, April, 1996. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 401 314)
- Morgan, R., & Stevens, J. (1991). *Experimental study of the effects of calculator use on the Advanced Placement Calculus Exam*. Research report ETS-RR-91-5, Educational Testing Service, Princeton, NJ. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 392 816)
- Owens, J. E. (1995). *The day the calculator changed: Visual calculators in prealgebra and algebra*. Paper presented at Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Columbus, OH, October, 1995. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 389 620)
- Prettyman, T., & Sorkin, S. (1997). First year evaluation of NSF-ILI Grant to study effects of technology on introductory mathematics courses. In G. Goodell (Ed.), *Proceedings of the Ninth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 396-400). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Quesada, A. R. (1993). What graphics calculators can do for college students: A recount of an experiment. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Fifth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 683-688). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Quesada, A. R. (1994). On the effects of using graphing calculators in precalculus and calculus: Part II. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 296-300). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Quigley, M. (Ed.) (1992). *Canadian Mathematics Study Group: Proceedings of the Annual Meeting, May 23-27, 1991*. Social Sciences and Humanities Research Council of Canada, Ottawa. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 350 161)
- Runde, D. C. (1997). *The effect of using the TI-92 on basic college algebra students' ability to solve word problems*. Research Report (143), Manatee Community College, Florida. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 409 046)
- Sharp, K. (1994). Technology in two-year college mathematics. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 332-334). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Shoaf-Grubbs, M. M. (1992). The effect of the graphics calculator on female students cognitive levels and visual thinking. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Fourth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp.394-398): Reading, MA: Addison-Wesley.
- Shoaf-Grubbs, M. M. (1994). The role of the graphing calculator in helping the weaker mathematics student succeed in the game of "Catch up." In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 695-701). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Shoaf-Grubbs, M. M. (January, 1995). *The long-term effects of the graphics calculator on female students' spatial visualization skills and level of understanding in elementary graphing and algebra concepts*. Paper presented at AMS-MAA Joint Meetings, San Francisco, January, 1995.
- Slavit, D. (April, 1994). *The effect of graphing calculators on students' conceptions of function*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, April, 1994. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 374 811)
- Tan, S. (1995). *Calculators in the mathematics curriculum: A survey of calculator technology in the Westchester/Putnam high schools*. Research report, White Plains, NY: Westchester Education Coalition.
- Taylor, L. J. C. (1990). Assessing the graphing levels of understanding and quadratic knowledge of C2PC students. In F. Demana, B. Waits, & J. Harvey (Eds.), *Proceedings of the Second Annual Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 324-327). Reading, MA: Addison-Wesley.

- Tuska, A. (1992). Graphing calculators and misconceptions of precalculus students. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Fourth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 428–432). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Tuska, A. (1993b). The use of examples and nonexamples to overcome graphing calculator related false conceptions. In L. Lum (Ed.), *Proceedings of the Fifth International Conference on Technology in Collegiate Mathematics* (pp. 643-645). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Whitkanack, D. (1990). *Attitudes of minority students toward graphing calculators*. Paper presented at Third Annual Conference on Technology in Collegiate Mathematics, Columbus, OH, November 9-11, 1990.