

Elevers möte med ett avancerat CAS-verktyg använt på laptops i en gymnasiekurs

Per-Eskil Persson
Malmö Högskola, Sverige

I denna delrapportering av en större studie ges en inblick i hur elever och deras lärare kan använda laptops med TI-Nspire CAS som programvara, med resp. utan samtidig användning av handenheter. Av särskilt intresse har varit att undersöka eventuella förändringar i undervisningspraktiken, av elevernas sätt att samarbeta och kommunicera, deras problemlösningsmetoder samt hur de dokumenterar sina lösningar. De olika möjligheterna, av teknisk, matematisk och konceptuell natur, pekas på. Men även de olika hindren och riskerna med denna typ av teknologi identifieras, och exempel på elevers och lärares sätt att tackla dem beskrivs. De kanske viktigaste resultaten från studien är exemplen på hur laptops kunnat användas i reguljär undervisning i gymnasiekurser.

Inledning

Miniräknare och datorprogram har använts under en tämligen lång period i den allmänna matematikundervisningen i Sverige. En utveckling av räknarna (handenheterna) har skett genom åren, från grundläggande miniräknare till grafitande och vidare till avancerade räknare som arbetar med datoralgebra (CAS) och med dynamiska grafer och geometri (DGS). Samtidigt har datorerna förändrats från att vara stora och ganska sällan använda i matematikundervisningen till mindre, mobila enheter (bärbara datorer eller laptops) som lättare kan användas kontinuerligt i undervisningen. Mjukvaran har också transformerats från mer speciella matematikprogram till mer generella sådana. En iakttagelse man kan göra är att miniräknare och programvaror visar en konvergerande utveckling, även om det finns skillnader i den praktiska användningen av dem. De kan även kombineras genom ett system av mjukvara och handenheter som ger användaren möjlighet att välja när och var han/hon vill använda den ena eller den andra. TI-Nspire-systemet, med eller utan CAS, kan utnyttjas antingen som handenheter eller i form av datorprogram, eller som en kombination av båda. De till vissa delar unika egenskaperna hos TI-Nspire-plattformen, med flera dynamiskt sammanbundna applikationer (se nedan), gör denna speciellt lämpad för studien.

Mycket av den publicerade forskningen kring den teknologi som används i matematikundervisningen har varit inriktad mot räknare, också vad gäller CAS. Därför är det av stort värde att även studera hur lärare och elever kan använda bärbara datorer med TI-Nspire-teknologi som programvara, med eller utan sam-

tidig användning av handenheter, och med ett särskilt anpassat undervisningsmaterial som frivilligt stöd. Av särskilt intresse är vidare att undersöka eventuella förändringar i lärarnas undervisningspraktik, av elevernas problem-lösningsmetoder och av elevernas matematiska lärande och förståelse av matematik, samt andra resultat av undervisning inom denna teknologiska undervisningsmiljö.

Teoretiskt ramverk och annan forskning om TI-Nspire CAS

Den teoretiska bakgrunden för denna utvärdering vilar på den klassiska *didaktiska triangeln* med dess huvudelement *elev-lärare-matematik*, diskuterad exempelvis av Steinbring (2005). Dessa kan tolkas med en dubbel mening, både som *lärandeprocesserna*, i vilka lärare och den lärande interagerar kring lärandeobjektet, och som *individerna* och *lärostoffet* med *läranderesultat* som är involverade i undervisningssituationen. Lärande äger rum genom erfarenheter som medieras via redskap eller verktyg, som kan vara mentala (som talat språk), symboliska (som matematiska tecken) eller fysiska (som passare), och med hjälp tagen från andra, kompetenta individer (Vygotsky, 1978). Räknare och datorprogramvara intar en speciell position här, i det att de kan betraktas som redskap inom alla tre aspekterna.

Balling (2003) skiljer mellan användningen av mjuk- och hårdvara som *beräkningsverktyg*, *undervisningsverktyg* och *lärandeverktyg*. När dessa huvudsakligen används för att underlätta beräkningar ("förlängningar" av räknarna man tidigare använt) fungerar de som beräkningsverktyg. När läraren utnyttjar deras möjligheter att illustrera och visa viktiga egenskaper hos begrepp och metoder används de som undervisningsverktyg. Slutligen, när eleverna använder dem för att utforska matematiska objekt, för att upptäcka egenskaper hos begrepp och för att lösa problem har de rollen av lärandeverktyg.

Ett verktyg kan utvecklas till ett användbart redskap i en lärandeprocess som benämns *instrumentell genes* (Guin & Trouche, 1999). Denna process kräver tid och mödosamt arbete av användaren. Hon/han måste utveckla färdigheter i att känna igen uppgifterna i vilka instrumentet kan användas och sedan lösa uppgifterna med detta instrument. För detta måste användaren utveckla *instrumenterade aktionsscheman*, som består av en *teknisk del* och en *mental del* (Guin & Trouche, 1999; Drijvers & Gravemeijer, 2005). Att tillägna sig instrumentations-scheman skapar inte i sig själv matematisk mening och kunskap. Istället måste läraren aktivt leda eleverna i en kontrollerad utveckling av kunskap, som uppnås genom social konstruktion i en klassgemenskap (Mariotti, 2002). Av speciellt intresse för studien är den *instrumentella orkestreringen*, som definieras som det avsiktliga och systematiska organiserandet och användningen av de artefakter som är tillgängliga i en lärandemiljö, för att på så sätt stödja elevernas instrumentella genes (Drijvers et al., 2010). I detta forsknings-projekt utgör CAS-räk-

nare tillsammans med emulerande datorprogramvara de fysiska delarna i instrumenteringsprocessen.

Termen *resurser* används för att beteckna olika artefakter som vi kan ta i beaktande: en lärobok, en programvara, en elevs arbetsblad, en diskussion etc. (Gueudet & Trouche, 2009). En resurs är aldrig isolerad, utan hör till en *uppsättning resurser* som kan utnyttjas i en viss undervisningssituation. En utvecklingsprocess sker hos individen/gruppen och ger upphov till vad som kallas ett *dokument*. Läraren och eleverna bygger användningsscheman för en uppsättning resurser för en viss klass av situationer i en rad olika kontexter. Denna process kallas *dokumentell genes* och kräver även den tid och ansträngning (Gueudet & Trouche, 2009). Deltagandet och identiteten i det matematiska klassrummet bygger på *integrerade infrastrukturer för kommunikation och representation* (Hegedus & Penuel, 2008). Sättet det här förverkligas på i undervisningspraktiken avgör effektiviteten i informationsöverföringen och av samarbetet, både elev-elev och lärare-elev.

TI-Nspire-miljön har studerats till exempel av Artigue och Bardini (2009). De anför en lista över skäl för att denna slags teknologi kan betraktas som både ny och speciell, såsom dess natur, dess filorganisations- och sidstruktur, dess navigationssystem, dess dynamiska koppling mellan grafisk och geometrisk miljö och listor/kalkylblad samt dess möjligheter att skapa variabler som kan användas på vilken som helst av sidorna och applikationerna inom en aktivitet. I sina resultat noterade de att:

... införandet av detta nya verktyg var inte utan svårigheter och krävde omfattande inledande arbete för lärarnas del, både för att medge en snabb förtrogenhet ur både deras och elevernas synvinkel, men också för att förverkliga den potential som erbjuds av detta nya verktyg inom matematiska aktiviteter (s. 1179, förf. övers.).

De hävdar också att:

Dessa egenskaper påverkar lärare och elever på olika sätt, och individer som tillhör samma kategori olika, beroende på deras personliga egenskaper och erfarenhet. De kan ha både positiv och negativ inverkan på undervisningen och på lärandeprocesserna och behöver bli bättre förstådda (s. 1179, förf. övers.).

Aldon (2010) har speciellt studerat användningen av TI-Nspire-räknare, och förutsätter att räknaren är både ett verktyg som möjliggör beräkningar och representationer av matematiska objekt, och också ett element i elevers och lärares uppsättningar av resurser. Som en digital resurs innehåller dessa handenheter de viktigaste funktionerna som krävs för dokumentell produktion (Gueudet & Trouche, 2009). Även Weigand och Bichler (2009) har undersökt användandet av räknare, och de formulerar även några intressanta frågor för forskningen. Det handlar om hur man kan motverka den polarisering som tycks uppstå mellan ele-

ver vid användningen av teknologi, om sambandet mellan osäkerhet hos elever om den tekniska hanteringen och brist på kunskap om användningen av enheten på ett sätt som är lämpligt för det aktuella problemet samt om problemet med att vissa elever tar väldigt lång tid på sig att få sådan förtrogenhet med verktyget att de kan använda det på ett adekvat sätt.

Syften och frågor för studien

Avsikten var att göra en studie av användningen av TI-Nspire CAS-teknologi, som programvara för bärbara datorer och som mjukvara i kombination med handenheter, i reguljär undervisning under en hel termin i några gymnasieklasser där varje elev har kontinuerlig tillgång till sin egen laptop och kan använda den i matematik samt för kommunikation över nätet (intranät och Internet).

Av särskilt intresse för studien var möjliga förändringar i elevernas klassrumsarbete och lärarnas undervisningspraktik när de övergick från sina nuvarande handenheter (i de flesta fall grafräknare) till endera versionen av TI-Nspire eller för en kombination av de båda. Ett särskilt syfte var att ta reda på eventuella för- eller nackdelar med att använda både handhållna enheter och bärbara datorer i klassrumsarbetet och om viktiga funktioner och möjligheter med teknologin saknas när enbart bärbara datorer används.

Elever, liksom lärare, skulle ha möjligheter att visa och även att uttrycka sina åsikter om användningen av detta material och denna teknologi, särskilt i jämförelse med andra verktyg för lärande, såsom vanliga läroböcker och grafräknare eller annan programvara, t.ex. Geogebra. Dock är en av de viktigaste frågorna effekterna av denna speciella inlärmingsmiljö på elevernas förmåga att lösa problem och på deras matematiska kunskaper och begreppsförståelse.

Forskningsfrågorna i hela studien strukturerades i enlighet med de tre hörnen i den didaktiska triangeln. I detta paper redovisas endast den del av studien som huvudsakligen utgår från ett elevperspektiv:

1. Vilka erfarenheter uttrycker eleverna av lärandemiljön som inkluderar TI-Nspire programvara på bärbara datorer, med eller utan kombination med handhållna enheter, samt även med enbart handhållna enheter, speciellt i jämförelse med andra typer av lärandemiljöer?
2. Vilka förändringar i arbetssätt och i hur eleverna interagerar och samarbetar kan upptäckas under forskningsperioden? Vad är speciellt skillnaderna mellan klasserna med enbart bärbara datorer och de som även använder handenheter?
3. Vilka exempel på hur instrumentell och dokumentell genes har framskridit under projektet finns? Framför allt, finns det skillnader mellan miljöerna med och utan handenheter?

4. Vilka färdigheter i att använda TI-Nspire-teknologi i de båda versionerna för problemlösning och för att utforska matematiska uppgifter visar eleverna efter att ha arbetat med den under en längre period?

Metoder

Sex klasser med laptops deltog, varav en hade samtidigt tillgång till handenheter. Två klasser med enbart handenheter användes som kontrollgrupper, och totalt ingick 133 elever från teoretiska program (NV och SP) med sina ordinarie lärare. Studiens resultat baseras på erfarenheterna från lärare och elever givna i intervjuer och enkäter, på observationer av lektioner, på en speciell problemlösningssituation konstruerad av forskaren, på insamlat undervisnings-material samt på hur elevernas användning av laptops i de svenska nationella proven kunde genomföras. Intervjuerna genomfördes genast efter de observerade lektionerna och innehöll delvis frågor som anslöt till dessa. Enkäterna var nätbaserade och besvarades av elever respektive lärare vid slutet av datainsamlingen.

Samtliga data, både av kvalitativ (som från intervjuerna) och kvantitativ (som från enkäterna) natur, klassificerades och strukturerades i enlighet med forskningsfrågorna, med den didaktiska triangeln som huvudstruktur. Analysmetoden är huvudsakligen *deskriptiv* (se t.ex. Steinbring, 2005).

Några resultat

Här kan bara redovisas några få exempel på vad som framkom i studien. Kombinerade data från intervjuerna och från enkäterna ger en intressant bild av fördelarna och svårigheterna med att använda TI-Nspire-teknologi. Många av dessa stämmer väl med kända åsikter från lärare och elever som har presenterats i annan forskning kring användningen av teknologi generellt. I detta forskningsprojekt handlar det specifikt om användningen av bärbara datorer i reguljär undervisning under en längre tid. Här är några röster:

Manl. elev: Det är ju väldigt smidigt, och det visar att man kan räkna ut matematik mycket enklare när man har datorer. Så istället för ett anteckningsblock där du måste ha en hel sida för en uppgift, så kan du skriva ner allt på din dator och spara det. Sen kan du titta på hur du löste det.

Kvinnl. elev: Vi hade geometri ganska tidigt, och då blev det ju användbart direkt. Det blir helt annorlunda och inte vad man är van vid. Det underlättade väldigt mycket.

Kritiska meningar fanns också hos en del:

Manl. elev: Det är en ganska hög inlärningskurva, tycker jag. Det har gått 1-2 månader nu, och först nu har man verkligen börjat sätta sig in i allt. I början var det helt kaos.

Fördelar med laptop resp. handenhet eller en kombination av båda:

- Manl. elev: Användarvänligheten är oerhört mycket bättre på datorprogramvaran än på räknaren, så den är smidigare att använda. Och det är större och tydligare med färgskärmen. Och lite lättare också med filhantering.
- Kvinnl. elev: Men graferna är ju mycket lättare att göra på datorn än på räknaren. Och hitta skärningspunkter går snabbt.
- Manl. elev: Det är mycket skönare att sitta med en räknare på ett prov istället för en dator framför sig. Och handenheten är mycket skönare att jobba med när du vill få fram någonting snabbt. Det är också lättare att gå omkring och bära på en räknare än en dator.

Eleverna tillfrågades också i enkäten om de ville behålla den konfiguration av utrustning som de hade använt i projektet, eller om de hade velat annan om de kunde ha valt själva. Oftast är man tämligen nöjd med det man arbetat med, men av dem som hade både laptop och handenhet svarade samtliga att denna kombination är vad de verkligen önskar. Man vill själv ha en valmöjlighet i en given situation.

Samtliga sex klasser med laptops kunde, med specialtillstånd av Skolverket, använda dessa vid det nationella provet (Ma A alt. Ma B). Villkoren var att eleverna inte kunde kommunicera utåt samt att ej tillåtna filer inte kunde nås under provet. Detta gick i samtliga fall ganska smidigt. En av de sex lärarna tillämpade avstängt nätverk, medan övriga fem placerade sig så att de kunde övervaka samtliga elevers skärmar under hela provet.

Den största förändringen i hur eleverna interagerade i detta projekt var att de enligt lärares och elevers samstämmiga bedömning samarbetade mer när de arbetade med TI-Nspire än de hade gjort tidigare. Det var fler diskussioner i par, i grupper och i hela klassen. Många gånger uppstod spontan gruppering under de matematiska aktiviteterna. Intressant nog började många av dessa diskussioner med praktiska frågor om hur TI-Nspire kan användas för en viss uppgift eller problem, för att sedan gradvis förbytas i mer matematiska sådana kring metoder och begrepp.

- Manl. elev: Jag tycker man jobbar mer i grupp. För om jag har hittat på räknaren hur man gör, så är det alltid nån som frågar ”Hur gör man?”. På papper vet alla hur man gör, så då jobbar man ensam.

En annan viktig förändring var att elevernas klassrumsarbete tenderade att vara mindre styrt av läraren, vilket gav dem mer självständighet. En anledning till detta var att lärarna inte var experter på teknologin, så några av eleverna visste efter ett tag lika mycket som eller mer än läraren om TI-Nspire-funktionerna. En annan anledning var att lärarna gav fler problem och undersökande uppgifter, som ofta krävde någon slags diskussion för att helt lösa.

En tredje viktig förändring, som beskrevs av lärare och elever, var att lektionerna innehöll mer av kommunikation elev-elev och lärare-elev via nätverket

och på andra elektroniska sätt. Detta gav eleverna ytterligare förmågor inom den viktiga kommunikationsdelen av "IKT", vilken särskilt nämns i läroplanen. Och eleverna använde de bärbara datorerna mer direkt i klassrummet:

Under projektet framskred elevernas skicklighet i användningen av TI-Nspire märkbart. Många av de svårigheter de såg i början försvann, även om det fanns några elever som vid projektets slut fortfarande hade ganska stora problem med användning av programvaran eller handenheter. Lärarna vittnade om att vissa elever tog till sig teknologin lite snabbare, och att dessa ofta delade med sig av vad de tagit reda på till andra elever och ibland även till läraren.

Intervjuare: Är det besvärligt om läraren inte är expert på programmet?

Manl. elev: Men det är mänskligt på nåt sätt. Ibland kommer nån elev och hjälper henne. Det känns som om vi umgås mera, vi förstår henne bättre och hon förstår oss bättre.

De sätt på vilka eleverna dokumenterade sitt arbete med uppgifter och problem visade ofta tämligen små framsteg under projektet. I viss utsträckning berodde detta på det faktum att lärarna sällan använt möjligheterna att arbeta med filer med många sidor eller bilder, och att eleverna inte använde applikationen "Anteckningar" i TI-Nspire för att dokumentera, med undantag för två av klasserna där detta istället var ganska vanligt. Eleverna var dock i allmänhet vana vid att spara sitt arbete som s.k. tns-filer (filformatet i TI-Nspire). De använde dessa främst för att gå tillbaka och se hur de hade löst en uppgift eller ett problem när en liknande återkom.

Med ett problemlösningsexperiment i slutet av projektet sattes elevernas allmänna färdigheter i att använda programvaran eller handenheter på prov. De problem som gavs till eleverna konstruerades med tre nivåer: Först innehöll det vanliga beräkningar och/eller avläsningar av grafer, sedan några mer komplicerade beräkningar med jämförelser mellan olika svar och fattande av beslut, och till sist en undersökande uppgift där eleverna fick skriva sina svar i en textapplikation. Observationen av klasserna visade att de i stort kunde hantera TI-Nspire som ett instrument i matematikkurserna. Deras förmåga att lösa problem med TI-Nspire var god, med endast ett fåtal undantag. Många lyckades också ge bra svar på de svårare delarna av problemen. De metoder de använde i lösningsprocessen varierade. Vissa arbetade mer med algebraiska metoder, andra mer med grafiska lösningar. Till exempel demonstrerade att en del elever att de kunde manipulera grafer genom att dra dem upp och ner (drag-verktyget). Andra arbetade istället med ekvationerna för funktionerna och gjorde ändringar i dem, antingen direkt i inmatningsraden eller i formeln inuti diagrammet.

Diskussion

Detta forskningsprojekt, med alla dess olika använda metoder, har skapat en mängd data. Vissa delar av dessa data pekar i skilda riktningar, men detta är att

vänta sig när man genomför forskning som involverar människor. Människor är individer, med olika uppfattningar, intressen och mål. Dessa kan skapa hinder när ny teknologi införs, särskilt i ett speciellt ämne som matematik, där föreställningarna om vad som räknas som lämpliga aktiviteter och metoder går djupt. Och det gäller både lärare och elever samt föräldrar, rektorer och andra i samhället, vars åsikter inte syns i denna studie.

Några intressanta slutsatser har varit möjliga att dra, särskilt kring fördelarna och svårigheterna med att använda bärbara datorer, med eller utan handenheter. Dessa slutsatser involverar ganska ytliga aspekter som utseende eller likheten med datorer, men även för matematikutbildning viktiga saker som betydelsen för problemlösning och utforskande samt utvecklande av förståelse för matematiska begrepp och metoder. Resultaten har också pekat mot att elever i allmänhet är högst positiva till användningen av teknologi som TI-Nspire CAS, med dess många möjligheter och dess matematiska kraftfullhet.

- Eleverna uttryckte samstämt ett antal fördelar med TI-Nspire-teknologi i allmänhet och laptops i synnerhet. Bland dessa fanns mer *fysiska* fördelar, som en bra skärm och att den är snabb och flexibel att arbeta med. Men viktigare är de *matematiska*, som t.ex. enklare att arbeta med funktioner och andra områden i matematik, nya sätt att arbeta med problemlösning, hantera svårare uppgifter osv., samt de *konceptuella*, som att lära sig mer matematik och förstå den bättre.
- Bland de *risker och svårigheter* med TI-Nspire eleverna nämnde var att den är svår att börja med och att den tar en del tid att lära sig använda. Men efter att den första ”inkörningsperioden” menade de flesta av dem att teknologin var ganska lätt att använda. Speciella svårigheter uttrycktes i samband med CAS, som att det är svårt att hantera och att förstå svaren, och att man ibland inte riktigt vet vad man gör.
- Fördelar med *bärbara datorer jämfört med handenheter* som angavs av eleverna var: större skärm med färg så att man ser mer av vad man gör, lättare att arbeta med helt tangentbord, mer användarvänliga, lättare att redigera och hitta rätt i menyerna, lättare att hantera filer mm. Fördelar med *handenheter jämfört med bärbara datorer* var exempelvis att det går snabbare med dessa när man utför enklare beräkningar och att de därför är mer flexibla i andra ämnen som fysik, lättare att hantera i provsituationer, lättare att bära än en laptop och därför mindre risk att glömma samt att man inte är beroende av ett nätverk. Fördelar med att ha *handenheter kombinerat med bärbara datorer* är att man kan välja själv vilkendera som är bäst i varje situation om man är van vid båda. Handenheter är bättre för snabba beräkningar, datorer för arbete med grafer eller för att lösa större problem. Det är också lättare att överföra filer när man har tillgång till hela systemet, och man är inte så beroende av ett nätverk som kanske inte fungerar så bra.

- Den största förändringen i hur eleverna interagerade inom projektet var att de *samarbetade mycket mer* när de arbetade med TI-Nspire än de hade gjort tidigare. En annan viktig förändring var att elevernas klassrumsarbete tenderade att vara *mindre styrt* av läraren, vilket gav dem mer självständighet. En tredje viktig förändring var att lektionerna innehöll *mer kommunikation* elev-elev och lärare-elev via nätverket och andra elektroniska vägar. För elever i specialskolan för fysiskt funktionshindrade var förändringen betydande, i det att de kunde arbeta med matematik i mycket högre grad oberoende av särskild hjälp än tidigare.
- Bland *skillnader i arbetssätt eller i elevsamarbete* mellan klassrumsarbete med bärbara datorer och handenheter märks att de som utnyttjade handenheter tenderade att samarbeta mindre än de med bärbara datorer, att det var svårare att överföra filer med handenheter, och att det var svårare att skriva text i handenheter, vilket medförde att eleverna bara dokumenterade sina arbeten på papper.
- Med problemlösningsexperimentet vid slutet av projektet sattes elevernas allmänna färdigheter i att använda programvaran eller handenheter på prov. Observationen av klasserna visade att de *hanterade TI-Nspire som ett instrument för matematiklärande*. Deras förmåga att lösa problem med TI-Nspire var god, med endast ett fåtal undantag. Många lyckades också ge kvalitativt bra svar på de svårare delarna av problemen. Men eleverna var i allmänhet inte vana vid att skriva text inom systemet, och i synnerhet var detta fallet med dem som enbart använde handenheter.
- *De sätt på vilka eleverna dokumenterade sitt arbete med uppgifter och problem gjorde tämligen små framsteg* under projektet. De flesta av dem använde papper och penna för att dokumentera, vilket också var vad majoriteten av lärarna ville att de skulle göra. Men två av klasserna, som använde bärbara datorer, var undantag såtillvida att de var vana vid att läraren gav dem uppgifter som tns-filer, som de sedan skulle returnera med sina lösningar inskrivna. Ett klart exempel på skillnader mellan miljöerna med och utan handenheter vid dokumentationen är att det är svårare att arbeta med text med hjälp av handenheter. Displayen är ganska liten och det gäller också tangentbordet. Detta gör det svårt att uppnå någon högre hastighet i arbetet med mer komplicerade problem.

Fortsatt forskning

I forskningsprojektet, som till sin karaktär hade en bred och till vissa delar något ytlig karaktär, framträdde några viktiga frågor som en fortsatt forskning skulle kunna ge svar på. En sådan bygger på en djupare analys av de tns-filer som eleverna lämnade i problemlösningsexperimentet. Hur argumenterade de i och för sina lösningar, hur presenterade de dessa i textform, hur kunde de utnyttja de dynamiska kopplingarna mellan olika applikationer vid presentationen? Vidare vore de av intresse att specifikt följa och analysera den dokumentella genesen,

både hos elever och hos lärare, över en längre tid. Tidsspannet i den aktuella studien visade sig inte tillräckligt. Slutligen skulle det vara av stort intresse att studera hur lärarna kan utnyttja de speciella möjligheterna hos plattformar som TI-Nspire för att bedöma eleverna ur de färdighetsaspekter som de nya kursplanerna innehåller.

Referenser

- Aldon, G. (2011). *Calculators as digital resources*. Paper presenterat vid CERME 7, 9 - 13 februari 2011, Rzeszów, Poland.
- Artigue, M & Bardini, C. (2009). New didactical phenomena prompted by TI-Nspire specificities – The mathematical component of the instrumentation process. I V. Durand-Guerrier, S. Soury-Lavergne, & F. Arzarello, (red.). *Proceedings of CERME 6* (ss. 1171-1180), 28 januari-1 februari 2009, Lyon, Frankrike.
- Balling, D. (2003). *Grafregneren i gymnasiets matematikundervisning – Lærernes holdninger og erfaringer*. Doktorsavhandling. Aarhus: Syddansk universitet.
- Drijvers, P., Doorman, M., Boon, P., Reed, H., & Gravemeijer, K. (2010). The teacher and the tool: instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. *Educational Studies in Mathematics*, 75(2), 213-234.
- Gueudet, G. & Trouche, L. (2009). Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics*, 71, 199-218.
- Guin, D. & Trouche, L. (1999). The complex process of converting tools into mathematical instruments: The case of calculators. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 3(3), 195–227.
- Hegedus, S. & Penuel, W. (2008). Studying new forms of participation and identity in mathematics classrooms with integrated communication and representational infrastructures. *Educational Studies in Mathematics*, 68, 171–183.
- Mariotti, M. A. (2002). The influence of technological advances on students mathematics learning. I L. English (red.), *Handbook of international research in mathematics learning* (ss. 695- 723). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Steinbring, H. (2005). Analyzing mathematical teaching-learning situations – The interplay of communicational and epistemological constraints. *Educational Studies in Mathematics*, 59, 313-324.
- Weigand, H-G. & Bichler, E. (2009). The long term project “Integration of symbolic calculator in mathematics lessons” – The case of calculus. I V. Durand-Guerrier, S. Soury-Lavergne & F. Arzarello (red.). *Proceedings of CERME 6* (ss. 1191-1200), 28 januari-1 februari 2009, Lyon, Frankrike.
- Vygotsky, L. (1978). *Mind in Society*. Cambridge, MA: Harvard University Press.